

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

YAKIN ÇİFTYILDIZLARDA IŞIK EĞRİLERİNDE
BOZULMAYA NEDEN OLAN ETKİLER

Bülent YAŞARSOY

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 402.02.01

Sunuş Tarihi : 17. 08. 2001

114015

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Varol KEŞKİN

Bornova-İZMİR

114015

III

Sayın **Bülent YAŞARSOY** tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak sunulan **“Yakın Çiftyıldızlarda Işık Eğrilerinde Bozulmaya Neden Olan Etkiler”** adlı bu çalışma “Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği” nin 12 inci madde (c) ve (d) bentleri ve Enstitü yönergesinin ilgili hükümleri dikkate alınarak tarafımızdan değerlendirilmiş olup yapılan sözlü sınavda aday oy.....*birliği*.....ile başarılı bulunmuştur. Bu nedenle Bülent YAŞARSOY’un sunduğu metnin yüksek lisans tezi olarak kabulüne oy*birliği*.....ile karar verilmiştir.

Jüri Başkanı; *Prof. Dr. M. Levent Terzioğlu*
Üye ; *Doç. Dr. Can Bahadır Kılıç*
Üye ; *Doç. Dr. Vural Keskin*

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’ nun *27.8.201* gün ve*35-26*.....sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Süleyman Boruzanlı
Süleyman BORUZANLI

Prof. Dr. Alaattin Taysun
Prof. Dr. Alaattin TAYSUN

Enstitü Sekreteri

Enstitü Müdürü

ÖZET
YAKIN ÇİFT YILDIZLARDA
IŞIK EĞRİLERİNDE BOZULMAYA OLAN ETKİLER

YAŞARSOY, Bülent

Yüksek Lisans Tezi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Varol KESKİN

17. 08. 2001, 28 sayfa

Yakın çiftyıldızlar, ortak zarf ile çevrelenmiş ve çoğunlukla diğer yarı-ayrık ya da ayrık sistemlere göre etkinlikleri fazla olan sistemlerdir. Bu etkinlikler, bu sistemlerin hem ışık eğrilerine hem de yörünge dönemlerine yansımaktadır. Çoğu yakın çiftin minimumlarına bakıldığında, özellikle baş minimumlarda bozulmalar görünmekte, bu tür etkiler de hesaplanan minimum zamanlarının gerçek değerlerinden sapmasına neden olmaktadır. Bundan başka, bu tür sistemlerde maksimumlar birbirinden farklı düzeylerde olmakta, bu da sistemlerin yörünge çözümlerini zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada yakın çiftyıldızların dönem değişimlerinde gözlenen çevrimli ve dönemli değişimlerin nedenleri açıklanmaya çalışılacaktır.

Anahtar sözcük: Yakın çift yıldızlar, dönem değişimi.

VII

ABSTRACT

THE EFFECTS THAT CAUSE DISTORTIONS ON THE LIGHT CURVES OF THE CLOSE BINARY STARS

YAŞARSOY, Bülent

MSc in, Astronomy and Space Science Department

Supervisor : Ass. Prof. Dr. Varol KESKİN

17.08. 2001, 28 pages

Close binary stars are systems surrounded by a common envelope and mostly have more activity according to other semi-detached or detached systems. These activities, reflect on both the light curves and orbital periods of these systems. When the minima of most of the close binaries are examined, distortions are seen especially in the primary minimum and these kind of effects cause deviation on the calculated minimum times from their observed values. Furthermore, maxima of these kind of systems are at different levels and this causes difficulty in orbital solutions. In this study, the reasons of the observed cyclic and periodic changes of the close binary stars' period changes will be explained.

Key Words : Close binary stars, period change.

IX

TEŞEKKÜR

Bu tezin oluŐmasında, bilgi ve tecrübelerinden yararlanmama izin veren değerli danıŐmanım Doç.Dr. Varol KESKİN'e , çalışma boyunca yardımcı olabileceği konularda desteğini esirgemeyen Doç.Dr. Ömer L. DEĞİRMENCİ'ye ve Doç.Dr. M. Can AKAN'a, tezimin yazım aŐamasında desteğini esirgemeyen AraŐ.Gör. Esin SİPAHI'ye ve Yrd.Doç.Dr. Günay TAŐ'a içten teŐekkürlerimi sunarım.

Tüm yaŐamım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme, özellikle de bu aŐamaya gelmemde yardımcı ve destek olan babam Őükrü YAŞARSOY'a ve eŐim Paola YAŞARSOY'a teşekkür ederim. Ayrıca bu tezi oluŐturmamda yardımcı olan bölüm çalıŐanlarına ve tüm astronomlara teşekkür ederim.

XI

İÇİNDEKİLER

	ÖZET	V
	ABSTRACT	VII
	TEŞEKKÜR	IX
	ŞEKİLLER DİZİNİ	XIII
	ÇİZELGELER DİZİNİ	XVI
1	GİRİŞ	1
2	YAKIN ÇİFTYILDIZLARDA IŞIK EĞRİLERİNDE BOZULMAYA NEDEN OLAN ETKİLER	8
2.1	Manyetik Etkinlik	8
2.2	Üçüncü Cisim Etkisi	10
2.3	O'Connell Etkisi	11
3	UYGULAMA	13
3.1	VW Cep Örten Çift Sistemi	13
4	TARTIŞMA VE SONUÇLAR	20
	KAYNAKLAR DİZİNİ	22
	ÖZGEÇMİŞ	

XIII

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>		<u>Sayfa</u>
3.1	VW Cep örten çiftinin 1992 ve 1995 yılında elde edilmiş ışık eğrileri	14
3.2	VW Cep sisteminin O-C değişimi. Burada noktalar sistemin O-C değerleri, düz çizgi ise kuramsal O-C değişimidir	17
3.3	O-C değişiminde parabol değişimi çıkarıldıktan sonra elde edilen fark O-C değişimi. Burada noktalar farkları, düz çizgi ise Fourier analizi sonucunda elde edilen iki sinüs değişiminin bileşkesini temsil etmektedir	19
3.4	Heintz (1993) tarafından elde edilen VW Cep'in astrometrik yörüngesi	19

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge		Sayfa
3.1	Işık zaman etkisinden kaynaklanan O-C değişiminin parametreleri	16



1. GİRİŞ

Bir çift yıldız dizgesinde yörünge dönemi, öteki öğelerine göre daha duyarlı olarak elde edilir. Örtlen çiftlerde yörünge dönemi minimum parlaklığa karşılık gelen zamanlardan bulunur. Bir dizgenin ışık öğeleri genellikle çok iyi belirlenmiş bir baş minimum zamanı ile yörünge döneminden oluşur. Baş minimum zamanı Jülyen günü, dönem de gün biriminde alınır. Dönemin tam katları olan herhangi bir E sayısı için minimum zamanı,

$$T = T_0 + EP \quad (1)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir ve gözlemle bulunan zaman ile karşılaştırılabilir. Gözlemle bulunan minimum zamanı ile (1) bağıntısının verdiği zamanlar arasındaki fark O-C ile gösterilir.

Örtlen çiftlerde dönem çalışmaları O-C değerlerinin E sayısına göre noktalanmasıyla elde edilen grafiğin (O-C diyagramı) yorumlanmasıyla başlar. Yakın çift yıldızlarda dönem değişimine neden olan birçok etken vardır. Bu etkiler Hall (1990) tarafından oluşturulan şemada şöyle sınıflanmıştır:

1. Tekdüze Dönem Değişimi
 - 1.1. Kütle Aktarımı
 - 1.2. Rüzgar ya da Kabuk ile Kütle Kaybı
 - 1.3. Çekimsel Işıma
 - 1.4. Gökada İvmelenmesi
2. Dönemli Dönem Değişimi
 - 2.1 Eksen Dönmesi

2.2 Üçüncü Cisim

3. Çevrimli Dönem Değişimi

Kütle Aktarımı: Yarı-ayrık çift yıldız sistemlerinde Roche lobunu dolduran bileşen diğer bileşene madde aktarmaya başlar. Bu durumda toplam kütle ve yörünge açısal momentumu korunumludur. Bu durum altında eğer aktarılan kütle düşük kütleli den büyük kütleliye doğru ise dönem artar fakat aktarılan kütle büyük kütleli den küçük kütleliye doğru ise dönem azalır.

Değen çiftler sınıfı için Roche lobunu doldurmuş her iki bileşen ve yaygın bir zarf için, kütle aktarımı mekanizması daha duyarlı çalışabilir fakat bu durumda problem, kütle nin çok büyük bölümünün değen bölgeden birinci bileşenden diğerine aktarılması zorunluluğu ve gözlenen dönem sıçramalarının açıklanmasıdır (Van't Veer, 1986).

Rüzgar ya da Kabuk ile Kütle Kaybı: Eğer bir çift sistemin bir bileşeni izotropik olarak kütle kaybediyorsa, yörünge dönemi tekdüze olarak değişecektir. Dönemin artması ya da azalması kütle kaybının biçimine bağlıdır. Örneğin eğer fırlatılan madde manyetik alan tarafından oldukça geniş bir Alfven yarıçapının üzerinde kütle kaybeden yıldızla birlikte dönmeye zorlanırsa yörünge dönemi azalacaktır. Çünkü birim kütledeki açısal momentumun büyük bir kısmı sistem tarafından uzaklaştırılır (Hall ve Kreiner, 1980).

Manyetik frenleme muhtemelen bazı tek yıldızlarda artan bir dönme dönemini açıklamak için uygundur. Bu bir kaç atarcanın azalan dönmesinde açıkça gözlenmiştir fakat tek yıldızların diğer türlerinde gözlenememiştir.

Çekimsel Işıma: Çekimsel ışımada, bir nesnenin ya da yörünge hareketi yapan bir çift sistemin açısal momentum kaybetmesine neden olur. Bu durumda dönem tekdüze olarak azalacaktır.

Galaktik Toplanma: Örten çiftlerin gökadamızın merkezi etrafında eğrisel yörüngelerde olmaları nedeniyle prensipte tutulma zamanları tekdüze dönem değişimlerini göstermelidir. Bu değişimler çiftin gökadamızda Güneş'e göre görelî konumuna bağılı olarak artacak ya da azalacaktır. Kreiner (1971) bu etkinin varlığını 137 örten çift üzerinde incelemiştir fakat bulduğu sonuç gözlemsel materyalindeki belirsizlikten daha küçüktür.

Efemeris Zamanı: Efemeris zamanı yerin Güneş çevresindeki dolanımına bağılı olarak belirlenen bir zaman dilimidir. Greenwich başlangıç meridyenine göre tanımlanan ortalama güneş zamanına da Evrensel zaman adı verilir. Yer, tamamen katı bir cisim değildir. Dolayısıyla, evrensel zaman gözlemcinin yer küresi üzerinde bulunduğu yere bağılıdır.

Bir örten çiftin yörünge döneminde bir değişme yoksa, minimum zamanı, efemeris zamanı yerine evrensel zaman olarak verilmişse çiftin yörünge döneminde değişmeler gözlenir. Dönemde gözlenen bu düzgün değişme yerin dönme miktarındaki düzgün azalmadan kaynaklanır. Ancak, bu etki şimdiye değin gösterilememiştir (İbanoğlu, 2000).

2. Dönemli Dönem Değişimi:

Eksen Dönmesi: Bu etki bazı zamanlar eksen çizgilerinin dönmesi ya da perihel enleminin presesyonu olarak ta isimlendirilir ve baş minimum zamanlarının (yörünge eğimiyle orantılı bir genlikle) sinüsoidal bir O-C

eğrisi çizmesine neden olur. Yan minimum zamanları eşit genlikli fakat 180° kaymış sinüsoidal bir O-C eğrisi çizer.

Bu sinüsoidal O-C eğrilerinin dönemini belirleyen matematiksel ifade klasik ve relativistik ifadelerin birleşimiyle ilişkilidir. Tek başına baskın bir etki yoktur. Bileşke eksen dönme dönemi (relativistik ve klasik etki) verilen bir çift sistemde sabittir.

Üçüncü Cisim: Işık değişimi gösteren bir çift sistem, üçüncü bir cisimle ortak kütle merkezi etrafında bir hareket yapıyorsa, bu sistemin O-C eğrisinin biçimi, döneme, yarı büyük eksen uzunluğu ve kütle merkezi etrafındaki eğriliğine bağlı olarak değişecektir. Yörünge çember ise O-C eğrisi, sinüsoidal olacaktır fakat dönem sabit olmalıdır. Dönemli bir ışık değişimi gösteren cisimler atarcalar, Cepheidler, RR Lyr değişenleri ve örten çift sistemleri içerir. Baş ve yan tutulma zamanlarının her ikisi birlikte bir O-C eğrisi çizerler. Eksen dönmesinde olduğu gibi baş ve yan minimumların çizdiği sinüsoidal değişimler arasında evre farkı oluşmaz. Bununla birlikte yakın çiftin yörüngesi eksantrik ise, O-C eğrisi bozulmuş bir sinüs biçiminde olacaktır (Mazeh ve Shaham, 1979).

3. Çevrimli Dönem Değişimi:

Birçok örten çiftte ve tabi ki Cepheid ve RR Lyr türünün birçok zonklayan değişeninde değişen dönem değişimleri bilinmektedir. Bu karmaşık olay ilk kez, belirlenen ilk örten çift olan Algol'un kendisinde de farkedilmiştir.

Hatalı Açıklamalar: Bu yüzyılda yüzlerce yayın, bu değişen dönem değişimleri için önerilen açıklamalar ile doludur. Bunların büyük bir

kısmı eksen dönmesini, ortak kütle merkezi etrafındaki hareketi, kütle aktarımını ya da kütle kaybını içerir.

Eksen dönmesi durumunda; 1. dönem değişimleri kesinlikle dönemli ya da sinüsoidal değildir, 2. örten çift eksantrik bir yörüngeye sahip değildir, ve/veya 3. baş ve yan minimum zamanları gerektiği gibi 180° evre kayması göstermemiştir. Önceleri Algol'de 32 yıllık eksen dönmesine inanılması bu düşüncelerin kullanılması ile Soderhjelm (1980) tarafından açıklanmıştır.

Diğer cisim etrafında yörünge durumunda; 1. dönem değişimleri kesinlikle dönemli değildir ya da tayfsal, görsel veya astrometrik ölçümlerle belirlenen uzun dönemli yörüngeden farklı bir dönemlilik görülmez, 2. diğer cismin belirlenen kütlesi birleşik tayfta niçin görüldüğünü açıklamak için çok büyüktür, 3. belirlenen yörünge gözlenemeyen hız değişimlerini gerektirir ve 4. bileşen yıldızların düşünülen sayısı gözlenen dönem değişimlerinin açıklanmasını gerektirir (Abhyankar ve Panchatsaram, 1984).

Kütle aktarımı durumunda temel sorun, verilen bir çift sistemde korunumlu aktarımın tekdüze dönem değişimine yolaçması, ancak madde akış yönü değişmedikçe tekdüze dönem değişiminin değişmemesidir. Zaten bu da olası bir durum değildir. Aktarılan kütle, kütle alan yıldız etrafında bir diskte toplanacaktır. Bundan dolayı yörüngenin açısal momentumu azalır ve bu da yörünge döneminin azalmasına neden olur. Bundan sonra belli bir viskoz zaman ölçeğinde diskteki bu madde yıldız üzerine akacak ve yörünge dönemi artacaktır. Uzun dönemli ortalama dönem değişimi tutucu kütle aktarımı teorisindeki ile benzer olmaktadır. Bu model bunun hatalı olduğunu gösterir. Çünkü yakın zamanlarda elde edilen fotometrik, tayfsal ve uzak-moröte ölçümler gözlenen dönem

azalması ile eş zamanlıdır. Bu azalma dramatik kütle aktarımının (Olson, 1985) tahmin edilen durumunun varlığını göstermez.

Kromosferik aktif çiftlerde alternatif dönem değişimlerini açıklamak için Hall ve Kreiner (1980) kütlelenin yıldız rüzgarı ile kaybedildiğini önermişlerdir. Bu öncelikle büyük manyetik yıldız leke bölgeleri tarafından sarılmış yarı küreden yarı küreye uzanan büyük koronal deliği düşündürmektedir. Koronal deliğin bulunduğu yarı küreye göre yörünge dönemi azalacak ya da artacaktır. Yıldız boylamında göç eden lekeli bölge ve onunla birlikte koronal delik gibi dönem değişimleri de artış ve azalışlar arasında çevrim yapacaktır. Roket modeli olarak bilinen problem şudur: kayıp kütle gözlenen dönem değişimleri üretmelidir. Bu dönem değişimleri büyük ölçüde birkaç kat mertebesinde gerçek değildir ve tahmin edilen dönemlilik ve gözlenen dönem değişimlerinin evresi fotometriden bulunan değişen leke boylamları ile uyuşmaz.

Doğru Açıklamalar: Bu fikrin başlangıcında Oliver ve Rucinski (1978) tarafından bir not, Hall ve Kreiner (1980) tarafından bir yayın ve Shu (1980) dan bir yorum bulunabilir. Bu çerçevede içinde yıldızlardan birinin yarıçapında (dönme yarıçapında) meydana gelen değişme onun dönme döneminde bir değişime neden olur. Eğer gelgit torku kilitli dönmeyi sağlayabiliyorsa bu durumda yörünge açısal momentumu değişecek ve buna bağlı olarak yörünge dönemi değişecektir. Bununla beraber Matese ve Whitmire (1983), eşdönme (dönme dolanma döneminin eş olması durumu) Zahn'ın (1977) gelgit teorisi ile hesaplanan gözlenen yörünge değişimlerinin zaman ölçekleri ile karşılaştırıldığında çok daha uzun olduğunu göstermişlerdir. Oliver ve Rucinski V471 Tau'yu açıklamak için kendi önerilerini sunmuş, Hall ve Kreiner bu fikrin RS CVn çiftleri

ile ilişkisini düşünmüş ve Shu W UMa çiftleri ile bağlantısı için kendi yorumunu yapmıştır.

Soderhjelm (1980) Algol'de 32 yıllık bir manyetik çevrim önermiş ve bu çevrimsel aktivitenin kütle aktarımını ayarladığını tahmin etmiştir. Bu, gözlenen dönem değişimlerini açıklamak için bir yoldur. Bununla birlikte bu yaklaşım, yukarıda tartıştığımızdan uzaktır.

Matese ve Whitmire (1983) yarıçap değişimi fikrini öne sürmüşlerdir. Fakat bu, yörünge dönem değişimlerinin çekim kuadropol kuvvetini gerektirdiğini gösterir. Bu suretle kısa bir senkronize zaman gerekliliğinin zorluğu kaçınılmazdır.

Diğer yapıcı adım Van Buren ve Young (1985) tarafından verilmiştir. Bu araştırmalar manyetik basıncın hareketini düşündüren bir yıldızın manyetik alanında çevrimsel değişimlerin yarıçapta çevrimsel değişime neden olabileceğini önermektedirler. Yüksek düzeyde kromosferik aktiviteye sahip olan RS CVn çiftleri gibi aktif çiftlerdeki çevrimsel dönem değişimini açıklamak üzere bu öneriyi ortaya koymuşlardır (Hall, 1976). Bu nedenle yarıçap değişimlerinin yıldızın konvektif zarfı için sınırlayıcı olduğuna inanmaktadırlar.

Van't Veer (1986) W UMa ve RS CVn çiftlerinde alternatif dönem değişimlerini açıklamak için bazı mekanizmalar önermiştir. Bir ya da iki yıldızın radyatif çekirdeklerinde yeniden kütle dağılımının eylemsizlik momentinde değişime neden olacağını söylemiştir.

Applegate ve Patterson (1987) zamanla değişen manyetik alan, açılal momentum, dönme dönemi ve yörünge dönemi probleminin kuramsal ayrıntılarını tartışmıştır. Manyetik alanda bir değişimin bir

yıldızın çekimsel kuadropol momentini değiştireceğini ve bundan dolayı çiftin yörünge döneminin aniden değişebileceğini ifade etmiştir. Buna benzer bir senaryo kesinlikle spin yörünge problemini çözecektir.

Manyetik aktivitenin hızlı dönen güneş türü yıldızlarda güçlü olduğu farkedildiğinde dönem sıçramalarını açıklamak için yeni bir olanak bulunmuş oldu. Manyetik aktiviteden dolayı yıldız genişleyecek ve kuadropol bozuk bir Roche potansiyelinde büzülecektir (Applegate ve Patterson, 1987). Böylece yıldızın eylemsizlik ve kuadropol momentini değişecektir. Bu durum doğrudan sistemin yörünge davranışını etkileyecek ve manyetik çevrimin zaman ölçeğinin üzerinde dönem değişimine neden olacaktır. Bu mekanizma Warner (1988) tarafından tutulma gösteren bazı kataklismik değişenlerin çevrimsel değişimlerini açıklamak için kullanılmıştır.

Kuadropol momentinin kullanıldığı mekanizma eğer doğru büyüklükte ise W UMa çiftlerinin yörünge dönemlerini etkileyebilir. Bu durumda manyetik aktivitenin değişimi tarafından yönetilen dönem sıçramalarında çevrimsel bir davranış beklememiz gerekir. Bununla beraber, Marsh ve Pringle (1990) tarafından yapılan hesaplamalara göre bu kuadropol biçimlerinde bulunan erke çok yüksektir.

2. YAKIN ÇİFT YILDIZLARDA BOZULMAYA NEDEN OLAN ETKİLER

2.1 Manyetik Etkinlik

Yakın çift yıldızlarda kütle kaybı ve kütle transferi olmaksızın açısız momentum değişimi gerektiren bir başka olgu, değişim gösteren manyetik alan etkisidir. Soğuk yıldızların manyetik etkinlik gösterdiği

yani manyetik alana sahip olduğu ve manyetik alanların Güneş'te olduğu gibi çevrimsel yapılı değişimler gösterdiği bilinmektedir (Maceroni ve ark., 1990). Bu yıldızlar için hidrostatik denge denkleminde değişen manyetik basınç dikkate alınır, manyetik basınç yarı dönemli bir değişim gösterdiği için yıldızın da manyetik çevrim içinde sürekli olarak eşpotansiyelli yüzey değiştirmesi gerektiği anlaşılır. Bu farklı eşpotansiyelli yüzeyler maddenin yer değiştirmesi yerine dönme hızı değişiminden de kaynaklanmış olabilir. Bu durumda eşpotansiyelli yüzeylerin sadece basıklıkları değişim gösterir. Yakın çift yıldızlarda bileşen yıldızlardan birinin bu şekilde çevrimli manyetik alan etkisiyle eşpotansiyelli yüzey değiştirmesi dönemli açısal momentum değişimi gerektirecek, bu da eşdönme nedeniyle yörünge açısal momentumuna yansıdığı için sistemin yörünge dönemi, dönemli salınımlar yapacaktır. Bu dönem salınımlarının ortalama değerinin, manyetik etkinlik gösteren yıldızın manyetik çevrim dönemine eşit olacağı açıktır. Bileşenlerinden biri F0'dan daha geç tayf türünde olan yakın çift yıldızların dönem değişimindeki salınımlar bu tür manyetik etkilere bağlanmaktadır (Applegate, 1992). Bu mekanizma sistemin ışınım gücünde ve renginde de dönem değişimine benzer çevrimli bir değişim öngörmektedir. Kurama göre 1. O-C değişiminin, ışınım gücü değişiminin ve renk değişiminin dönemleri aynı olmalı, 2. değişimlerden birindeki minimum ya da maksimum zamanı diğerlerindeki minimum ya da maksimum zamanlarıyla çakışmalı, 3. aktif yıldızın parlaklığı maksimum olduğunda çift sistemin rengi en mavi olmalı ve 4. aktif yıldızın içi dışına göre daha hızlı dönüyorsa ışınım gücü değişimi, O-C değişimi ile eş evreli olmalı yani maksimumları çakışmalı; diğer taraftan aktif yıldızın dışı içine göre daha hızlı dönüyorsa ışınım gücü değişimi, O-C değişimi ile 180° evre farkı göstermeli, yani birinin maksimumu diğerinin minimumu ile çakışmalı. Applegate'e (1992) göre değişim evrelerinin bu kriterlere tam olarak uymaması ise çevrimli erke akışının, konvektif katmanı

yavaşlatarak ışınım değişiminde gözlenen bir evre kaymasını oluşturması şeklinde yorumlanmaktadır.

2.2. Üçüncü Cisim

Yakın çift yıldızların yörünge dönemi değişimlerinde ek bir cisim etkisinden ilk kez Chandler (1888) söz etmiş ve etki ilk olarak Irwin (1959) bir eşitlikle ifade edilmiştir. Bu eşitliğe göre sadece çift sisteme fiziksel olarak bağlı 3. bir cismin etkisiyle oluşan dönem değişimi düzgün ve dönemli olmalıdır. Bu durumda O-C değişimi

$$(O-C) = \frac{A}{\sqrt{1-e^2 \cos^2 \omega}} \left[\frac{1-e^2}{1+e \cos v} \sin(v+\omega) + e \sin \omega \right]$$

bağıntısına uymaktadır. Burada O-C salınımının yarı genliği,

$$A = \frac{a_{1,2} (1-e^2 \cos^2 \omega)^{1/2} \sin i}{173.15}$$

üçüncü cisim için kütle fonksiyonu,

$$f(m_3) = \frac{(a_{1,2} \sin i)^3}{P_2^2} = \frac{m_3^3 \sin^3 i}{(m_{1,2} + m_3)^2}$$

şeklindedir. Bu eşitliklerde v , e , ω ve i üçüncü cisim yörüngesinin parametreleri, $a_{1,2}$ örtlen çift yıldızın ortak kütle merkezine üçlü sistemin ortak kütle merkezine uzaklığı P_2 ise üçüncü cisim yörüngesinin dönemidir. Eşitliklerde P_2 yıl, $a_{1,2}$ astronomi biriminde, A ise gün birimindedir. Üçüncü cisim yörüngesinin çember olması durumunda O-C

eğrisi düzgün bir sinüs eğrisi olacak ve ilgili eşitliklerde $e = 0$ alınacaktır.

Sistemin O-C değişimi birden fazla sinüslü terim içeren bir fonksiyon ile temsil edilebiliyorsa sisteme çekimsel olarak bağlı birden çok ek cisim var sayılabilir ve bu ek cisimlere ilişkin parametreler yukarıda verilen eşitliklerle tahmin edilebilir. Bu konuda Frieboes-Conde ve Herczeg'in (1973) yaptığı uygulamaya göre ek cisim yorumunun güvenilir olabilmesi için 1. ana ve yan minimum zamanlarının aynı O-C eğrisi üzerinde olması, 2. her sinüslü terim için kütle fonksiyonunun kabul edilebilir değerde olması, 3. ilave cisim yörüngelerindeki dikine hızların yine kabul edilebilir değerde olması ve 4. çift sistemin ışık eğrisi çözümünde de ilgili 3. ışık etkilerinin görünmesi ve hatta bunlara ek olarak ilave cisim varlığının tayfsal gözlemlerle desteklenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

2.3. O'Connell Etkisi

O'Connell etkisine ismi Webbink ve Milone (Milone, 1968) tarafından verilmiştir. Tutulma gösteren yıldızların maksimumları arasındaki büyük farklara O'Connell etkisi denilmektedir. O'Connell (1951), bu etki üzerine çok yoğun çalışma yapmıştır. Her ne kadar Mergentaler (1950) da sekiz sistem üzerine çalışmışsa da onun çalışması bir haberci olmuştur. Bu çalışmadan önce, asimetrinin kökeninin enberi boyunca çekim ve ışıma artışlarından kaynaklandığına inanılmaktaydı.

Bu çalışmanın bir sonucu olarak, parlaklık birimindeki asimetrinin boyutu Δm ile tutulan sistemin bileşenleri ve yörünge parametreleri arasında bir ilişki bulmuştur. Neredeyse bütün durumlarda Δm , görsel ve fotoğrafik ışık eğrilerinden ölçülmüştür. Δm , O'Connell

tarafından MaxII ile MaxI arasındaki parlaklık farkı olarak öngörülmüştür. Yani birinci minimumdan sonraki maksimum, ikinci minimumdan sonraki maksimumdan çıkarılmaktadır. Eğer birinci minimumu takip eden maksimum diğer maksimumdan daha parlak ise, $\Delta m > 0$ olur.

O'Connell değişmeyen sistemler arasında fotoğrafik ışık eğrilerinde Δm_{pg} 'nin neredeyse her zaman pozitif olduğunu bulmuştur: 58 sistem içinde yalnızca iki tanesi (WZ Cep ve CV Cyg) bunların dışındadır. O'Connell'ın en fazla geçerli bağlantıları; Δm_{pg} 'ye karşı $(\Delta m_{pg} - \Delta m_{vis})$, $(b/a)_s$, $(b/a)_g$, $\log(K = b_s/b_g)$, $\log(\rho_1/\rho_2)$, diğer geçerli bağlantılar ise Δm_{pg} 'ye karşı $\log R_s$, $\log D$ ve $\log \rho_1$ 'dir. Burada a ve b yıldızların yörünge düzlemine dik ve merkez çizgilerine olan görelî yarıçaplarıdır. P yörünge dönemi, R güneş biriminde yıldız yarıçapları, ρ_1 , ρ_2 bileşenlerin ortalama yoğunluğu, D yüzeyin gerçek ayrıklığı ve s , g ve h ise küçük, büyük ve sıcak bileşenleri göstermektedir. O'Connell Δm_{pg} ile M_1 , M_2 , R_g , ρ_2 , $1 - (a_s - a_g)$ ve sönük bileşenin tayf türü arasındaki ilişkinin güvenilir olamayacağını göstermiştir. Burada M_i bileşenlerin güneş birimindeki kütleleridir. O'Connell her bir yıldızın mutlak parlaklığı, kütle oranı, dönemi, mutlak parlaklık farkı, parlak bileşenin tayf türü, bileşenler arasındaki tayf türü farkları ya da yüzey parlaklıkları oranı arasında hiçbir gerçek ilişki bulamamıştır. O'Connell 4300 Å dalgaboyunda şu sonuçlara ulaşmıştır: 1. Δm , $b/a > 0.95$ ve ayrıklık > 0.5 olan B (örnek olarak β Lyrae) türü yıldızlarda pozitifdir, 2. Δm , yıldızların basınlığının artmasıyla ve bileşenlerin yoğunlukları ve boyutları arasındaki farkın artmasıyla artmaktadır, 3. Küçük yıldız ne kadar küçük ve ne kadar yoğun olursa Δm o kadar büyük olur, süperdevler ayrı olarak ele alınmaktadır. O'Connell Δm_{pv} veya Δm_v ile bağlantılı bir sonuç bulamamıştır. Bunun nedeni, Δm_{pg} 'ye göre daha az verinin ve birçok olayda daha az kesin

verinin olmasıdır. Yine de renk çalışmaları için bu değerleri kullanmıştır: sönük maksimum daha kırmızılaştığında, daha kısa dalgaboylarında Δm 'in daha büyük değerler aldığını bulmuştur. Buradan bunlara neden olan faktörün H^- iyonunun soğurmasından olamayacağı sonucuna varmıştır. O'Connell, $\Delta m_{pg} > 0$ durumunun Struve'un (1948) çift akıntı modeli ile uyuştuğunu önermektedir. Bu modelde sıcak yani birinci bileşenden olan daha sıcak akıntı maksimum I'de engellenmemiş görünmektedir. Bundan başka O'Connell, asimetrisinin enberi geçişi ile bir bağlantısının olmadığını ve gerçekte basıklığın zorunlu olarak sıfır olduğu sistemlerde en büyük olduğunu önermiştir. Bu nedenle bu etkiyi "enberi etkisi" olarak adlandırmak pek uygun değildir.

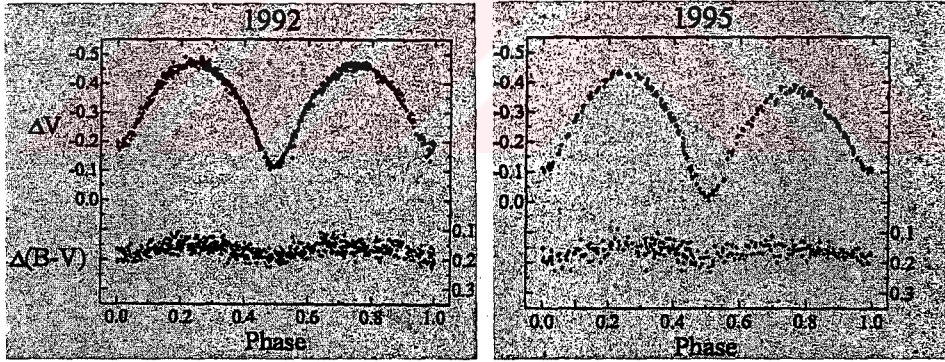
3. UYGULAMA

3.1 VW Cephei Örtün Çift Sistemi

Uzun dönemli değişimleri iyi bilinen W UMa türü değişen olan VW Cep'in (BD +75 752; HD 197433) ışık değişimi 1926 yılında Schilt tarafından bulunmuştur. Sistemin görsel ortalama parlaklığı $V = 7.5$ kadirdir. W UMa türü içindeki en parlak sistemlerden birisidir ve oldukça kolay gözlemlenebilmektedir. Yörünge dönemi oldukça kısadır, $P = 0.278314$ gündür. Sistemin ilk tayfsal gözlemleri Popper (1948) tarafından yapılmıştır. Popper, sistemin tayf türünü G8 – K0 arasında tanımlamış ve kütle oranını da 0.33 olarak vermiştir. Daha sonra Binnendijk (1967), tayfsal gözlemleri kullanarak sistemin kütle oranını, 0.41 olarak belirtmiştir. Hill (1989) ve Frasca ve ark. (1996), yüksek ve orta çözünürlüklü tayfsal gözlemleri yayınlamışlardır. Hill (1989), tayfsal kütle oranını 0.27 olarak belirtmiştir. VW Cep düşük kütleli anakol yıldızları içermektedir ($m_1 \cong 0.9 m_{\odot}$, $m_2 \cong 0.25 m_{\odot}$, $R_1 \cong 0.93 R_{\odot}$, $R_2 \cong 0.5 R_{\odot}$, $T_{1eff} \cong 5000$ K, $T_{2eff} \cong 5200$), (Hill, 1989).

VW Cep uzun süreli gözlem gerektiren yıldızlardan biridir. Çünkü sistem birçok özellik göstermekte ve bunlar W UMA türü çiftlerin karakteristik özellikleridir. Gösterdiği özellikleri sıralamak gerekirse 1. O'Connell etkisi, eşit olmayan maksimumlar, 2. artan yüzey aktivitesi ile değişen ışık eğrisi şekli ve minimum derinlikleri, 3. ışık-zaman etkisi, astrometrik olarak üçüncü cisim bulunmuştur (Hershey, 1975).

VW Cep'te aktivitenin maksimum olduğu dönemlerde 0.1 kadir büyüklüğünde O'Connell etkisi görüldüğü bilinmektedir. Son yapılan çalışmalardan biri olan Kazsaz ve ark. (1998)'nin gözlemleri sonucunda, eşit olmayan maksimumların, minimum derinliklerinin ve tutulmalar dışındaki ortalama parlaklıkların da değiştiği gösterilmiştir. Bu değişimler, Şekil 3.1'de verilen Kazsaz ve ark. tarafından 1992 ve 1995 sezonunda elde edilen V rengi ışık eğrilerinde açıkça görünmektedir.



Şekil 3.1. VW Cep örten çiftinin 1992 ve 1995 yılında elde edilmiş ışık eğrileri (Kazsaz ve ark, 1998).

Işık eğrisindeki değişimleri tanımlamak için birçok alternatif model yayınlanmıştır; yıldızları çevreleyen halka (Kwee, 1966), dönme ekseninin presesyonu (Walter, 1979), sıcak lekeler (Van't Veer, 1973;

Pustylink & Sorgsepp, 1976), karanlık lekeler (Yamasaki, 1982; Linnell, 1986, 1991; Hendry ve ark., 1992). Bunların içinde son model en gerçekçi olanıdır. Yüzeydeki karanlık lekelerin geçerliliğini destekleyen gözlemler bulunmaktadır. Bunlar; 1. Artan H_{α} salmaları, muhtemelen kromosfer tarafından salınmaktadır (Barden, 1985), 2. yüksek dönme hızı örnek olarak büyük Rosby numarası (Vilhu & Walter, 1987; Rucinski, 1993), 3. radyo bölgesinden X-ışın bölgesine kadar her bölgede gözlenen flare olayları (Vilhu ve ark., 1988), 4. frekanstaki ve güneş lekelerine benzer ışık eğrisi dağılımındaki yavaş çevrimli değişimler (Bradstreet & Guinan, 1988). Aktiviteyi belirleyen doğru fiziksel mekanizmalar henüz net olmamakla birlikte yıldız manyetik alanının güneş benzeri dinamo tarafından sürüldüğü görüşü en mantıklı açıklama olarak görülmektedir.

Bu çalışmada VW Cep sisteminin O-C değişimlerinin fiziksel özellikleri tartışılacaktır.

O-C değişimlerine bakıldığında sistemde bir kütle aktarımının olduğu görülmektedir. Sistem üzerine yapılan çalışmalarda astrometrik olarak bulunan üçüncü cismin etkileri de O-C değişiminde madde aktarımından kaynaklanan parabol değişimin içinde görülmektedir. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında üçüncü cismin yörüngesinin çember yörünge yerine eliptik olarak seçildiğini ve sonuçların da bu şekilde verildiği görülmektedir. Bizim yaptığımız çözümlerde ise kullanılan verinin farklılığından dolayı eliptik yörünge sonuçları yeterince verileri desteklememektedir. Bundan dolayı çözümlerde dairesel yörünge yaklaşımı yapılmıştır. Sistemin O-C değişimi üzerine son yıllarda yapılan çalışmalar Çizelge 3.1'de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Işık zaman etkisinden kaynaklanan O-C değişiminin parametreleri.

Parametre	Hershey,1975	Heintz,1993	Kaszas ¹ , 1998
P_{orb} [yıl]	30.45 ± 1.17	29	30.89 ± 0.02
i	$29^\circ.2$	$21^\circ \pm 5^\circ$	-
a_1 [10^6 km]	474.3 ± 7.3	571.8	-
$a_1 \sin i$ [10^6 km]	231.4 ± 3.6	204.9	277 ± 1
e	0.595 ± 0.028	0.65	0.431 ± 0.003
ω	$255^\circ.5$	87°	$221^\circ.4 \pm 0^\circ.4$
Ω	$0^\circ.9$	$340^\circ.5$	-
τ [JD]	2439301 ± 73	2439126	2438651 ± 12
$t_0(O-C=0)$ [JD]	-	-	2442829 ± 7
K_1 [kms^{-1}]	1.88 ± 0.15	1.85	1.98 ± 0.01
$f(M_3)$ [$10^{-3}M_\odot$]	4 ± 1	3	6.7 ± 0.1
A_{O-C} [10^{-3} d]	9 ± 1	8	10.13 ± 0.05
d [pc]	24.4 ± 1.2	26.2 ± 1.3	-

¹ : Kaszas ve ark. (1998).

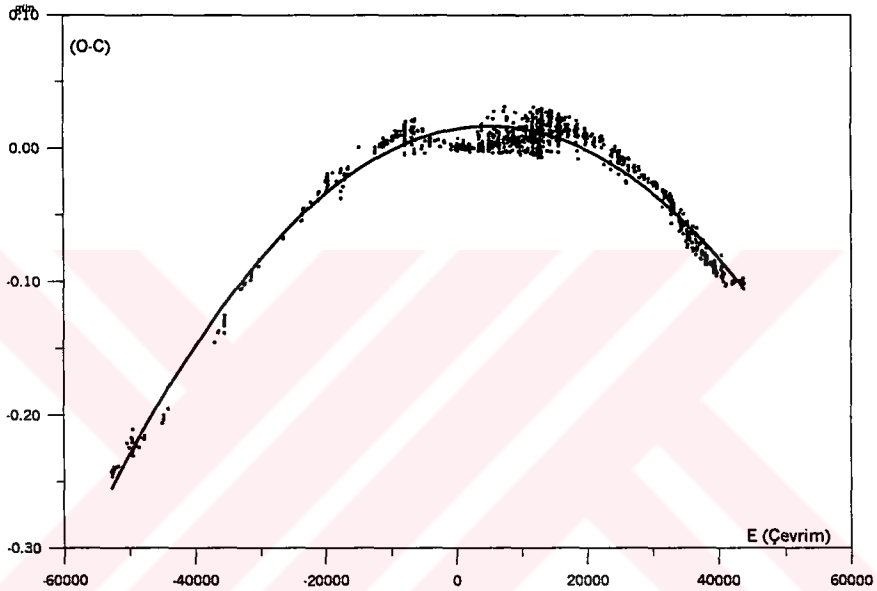
Sistemin O-C değişiminde görünen parabolik değişim madde aktarımı olarak yorumlanmaktadır. Yapılan çözümler sonucunda negatif parabolik değişim görülmektedir. Bu değişim aşağıdaki parabol denklemi ile tanımlanabilir:

$$O - C = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

Burada, $x = E$ (Çevrim sayısı); $a_0 = -1.682714$; $a_1 = 8.555 \times 10^{-5}$ $a_2 = 1.0498 \times 10^{-9}$.

Eğer devamlı dönem değişimi gerçek ise o zaman kuadratik terimin katsayısı görelî dönem azalmasının oranı ile ilişkilidir:

$\Delta P/P = 2a_2 P$. Birinci (daha kütleli) bileşenden ikinci bileşene doğru korunumlu kütle aktarımı olduğunu düşünürsek sonuçtaki kütle aktarımı oranı $\Delta m = 1.3737 \times 10^{-6} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak bulunur. Sistemin O-C değişimi Şekil 3.2’de verilmektedir.



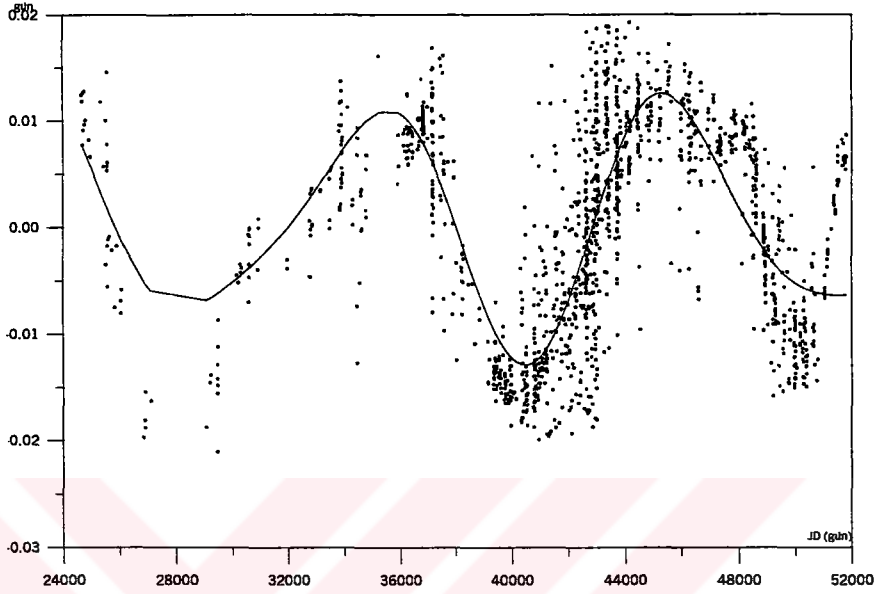
Şekil 3.2. VW Cep sisteminin O-C değişimi. Burada noktalar sistemin O-C değerleri, düz çizgi ise kuramsal O-C değişimidir.

Kütle aktarımından kaynaklanan değişim çıkarıldığı zaman artakalan değişime Fourier analizi uygulanmıştır. Bu analiz sonucunda üstüste binmiş iki sinüs değişiminin olduğu görülmüştür. Period98 (Sperl, 1998) programı ile yapılan Fourier analizi sonucunda sistemde iki farklı sinüs değişimine ilişkin değerler elde edilmiştir. Bunlardan büyük genliğe sahip olan daha önceki çalışmalarla uyumlu bir biçimde üçüncü cismin parametreleri hakkında bilgi vermektedir. Çözüm sonucu 30 yıllık bir dönem bulunmuştur. Daha düşük genliğe sahip olan ikinci sinüs değişimi ise sistemde bulunan manyetik aktivite ile bağdaştırılmaktadır.

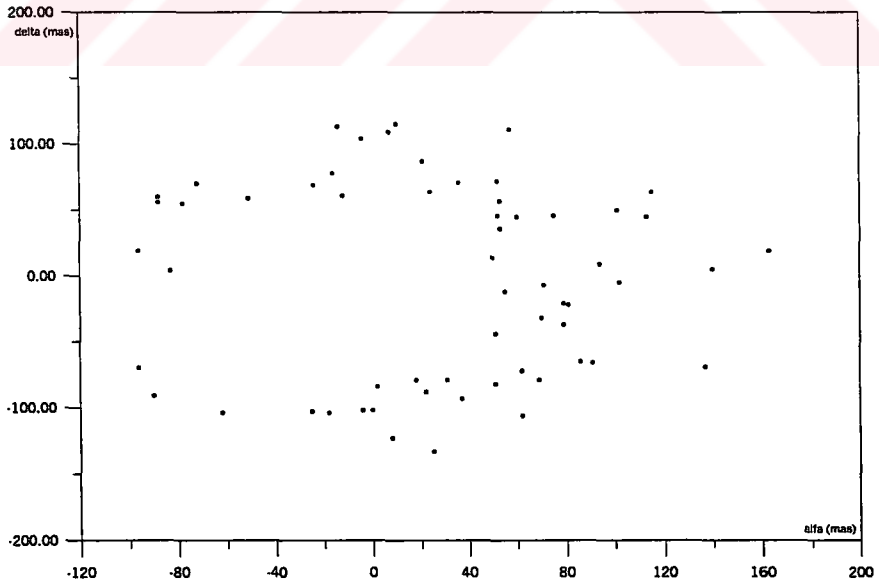
Kaszas ve ark. (1997) ile Pustylink ve Niarchos (2000) tarafından yapılan ışık eğrileri çözümlerinden elde edilen manyetik çevrim yaklaşık olarak 7 yıl bulunmuştur. Bu çalışmada Fourier analizi sonucunda ikinci sinüsün genliği yaklaşık olarak 20 yıl bulunmuştur. Birinci sinüsoidal değişime ait dönem $P = 30.81$ yıl ve genlik ise $A = 0.010383$ gün olarak, ikinci sinüsoidal değişime ait dönem de $P = 20.00$ yıl ve genlik ise $A = 0.003294$ gün olarak bulunmuştur. Kullanılan Period 98 programı çözümlerin hatalarını vermediğinden burada hatalar belirtilmemiştir. O-C değişiminde parabolik değişim arındırıldıktan sonra kalan farklar ve bulunan iki sinüsoidal değişimin bileşkesi Şekil 3.3'te verilmektedir.

Hershey (1975) ve Heintz (1993) tarafından elde edilen astrometrik yörünge değerlerine bakıldığında saçılmaların fazla olduğu görülmektedir. Şekil 3.4'te Heintz'in elde ettiği astrometrik yörünge çizilmiştir. Burada da görüldüğü gibi değerler çok saçılmaktadır.

Kazsaz ve ark. (1998) çalışmalarında da belirttiği gibi sistemin manyetik aktivite çevrimi yaklaşık 7 yıl civarındadır. Son yıllarda elde edilen minimum zamanları sistemin O-C değişimine katıldığında saçılmalarının yüksek olduğu görülmektedir. Bu saçılmanın nedeni sistemin aktivite çevriminde maksimum evrelere gelmesi olarak yorumlanabilir.



Şekil 3.3. O-C değişiminde parabol değişimi çıkarıldıktan sonra elde edilen fark O-C değişimi. Burada noktalar farkları, düz çizgi ise Fourier analizi sonucunda elde edilen iki sinüs değişiminin bileşkesini temsil etmektedir.



Şekil 3.4. Heintz (1993) tarafından elde edilen VW Cep'in astrometrik yörüngesi.

4.TARTIŞMA VE SONUÇLAR:

Yapılan bu çalışmada örten yakın çiftlerde ışık eğrilerinde bozulmaya neden olan etkiler gösterilmeye çalışılmıştır. Özellikle W UMa türü yıldızlarda bu etkiler üç temel üzerinde açıklanabilir: 1. Sistemin bileşenlerinin Roche loblarını doldurmasından kaynaklanan kütle aktarımı ve aktarılan kütlenin sistem etrafında toplanıp zarf oluşturması, 2. O'Connell etkisi eşit olmayan maksimumların bulunması, 3. Sistemin bileşenlerinden biri ya da her ikisinde bulunan manyetik etkinliklerin çevrimli olarak artması ya da azalması biçiminde özetlenebilir.

Bir örnek olarak ele alınan VW Cep sisteminde bu özelliklerin yanı sıra astrometrik olarak bulunan ilave cismin de etkisi görülmektedir. Sistemin O-C değişimine bakıldığında sistemde bir madde aktarımının olduğu görülmektedir. Sistemin O-C değişiminden madde aktarımından kaynaklanan etki çıkarıldıktan sonra kalan farklara bakıldığında sinüsoidal bir değişimin olduğu açıkça görülmektedir. Bu değişim, sistem ile ortak kütle merkezi etrafında dolanan üçüncü cismin etkisidir.

Bu sinüsoidal değişim için yapılan çözümler son yıllarda genellikle eliptik yörünge çözümü kullanılarak yapılmıştır. Ancak bizim topladığımız verilerin son yıllarda yapılan çalışmalardan daha fazla veri içermesinden eliptik yörünge çözümleri iyi sonuçlar vermemektedir. Bunun nedeni ise Kazsaz ve ark. (1998) tarafından bulunan aktivite çevrimi ve VW Cep sistemi için manyetik çevrimin 2000'li yıllarda maksimum evrede olmasından dolayı gözlenen minimum zamanlarının bu etkiden etkilenmesidir.

Bundan sonraki yıllarda toplanacak minimum zamanları sistemin özellikle de üçüncü cisim ile ilgili yörünge çözümlerinde daha duyarlı sonuçların elde edilmesinde önemli olacaktır. Ayrıca sistemin manyetik aktivite çevrimi hakkında da daha duyarlı sonuçlar elde edilmiş olacaktır.



KAYNAKLAR DİZİNİ

Abhyankar, K.D. and Panchatsaram, T., 1984, Light time effect in TW Draconis, MNRAS, 211, 75.

Applegate, J.H. and Patterson, J., 1987, Magnetic activity, tides and orbital period changes in close binaries, ApJ, 322L, 99.

Applegate, J.H., 1992, A mechanism for orbital period modulation in close binaries, ApJ, 358, 621.

Applegate, J.H., 1992, A mechanism for orbital period modulation in close binaries, ApJ, 358, 621.

Barden, S.C., 1985, A study of short-period RS Canum Venaticorum and W Ursae Majoris binary systems: The global nature of H α , ApJ, 300, 304.

Binnendijk, L., 1967, Radial velocity curves of 44i Boo B, VW Cep and W UMa, Publ. Dom. Astrophys. Obs., 13, 27

Chandler, S.C., 1888, AJ, 7, 165.

Frasca, A., Santafilippo, D. and Catalano, S., 1990, H α observations of VW Cephei, A&A, 313, 532.

Frieboes-Conde, H. and Herczeg, T., 1973, Period variations of fourteen eclipsing binaries with possible light-time effect, A&AS, 12, 1.

Hall, D.S. and Kreiner, J.M., 1980, Period changes and mass loss rates in 34 RS CVn binaries, Acta Astr., 30, 387.

Hall, D.S., 1976, IAU Colloq. No.29, 287.

Hall, D.S., 1990, Period changes and magnetic cycles , Active Close Binaries (ed. C. İbanoğlu, Kluwer Academic Publ.), p. 95.

Heintz, W.D., 1993, The orbit of VW Cephei AB=Hei 7, PASP, 105, 586

Hendry, P.D. and Mochnacki, S.W., 1992, The GDDSYN light curve synthesis method, ApJ, 388, 603.

Hershey, C., 1975, Astrometric orbit, eclipsing period changes and parallax of VW Cephei, AJ, 80, 662.

Hill, G., 1989, Studies of late-type binaries, II. The physical parameters of VW Cephei, A&A, 218, 141.

Irwin, J.B., 1959, Standart light-time curves, AJ, 64, 148.

İbanoğlu, C., 2000, Örtten çift yıldızlar, E.Ü. Fen Faültesi Yayınları No.164, 198

Kazsaz, G., Vinko, J., Szatmary, K., Hegedüs, T., Gal, J., Kiss, L.L. and Borkovits, T., 1998, Period variations and surface activity of the contact binary VW Cephei, A&A, 331, 231.

Kreiner, J.M., 1971, Investigation of changes in periods of eclipsing binaries, Acta Astr., 21, 365.

Kwee, K.K., 1966, BAIN, 18, 448.

Linnell, A.P., 1986, A light synthesis program for binary stars. II. Light curve and color effect in a contact system, ApJ, 300, 304.

Linnell, A.P., 1991, A test of the starspot hypothesis for W-type W Ursae Majoris light curves, ApJ, 383, 330.

Maceroni, C., Bianchini, A., Rodono, M., Van't Veer, F. And Vio, R., 1990, Magnetic cycles in solar-type single and close binary stars, A&A, 237, 395.

Marsh, T.R. and Pringle, J.E., 1990, Changes in the orbital periods of close binary stars, ApJ, 365, 677.

Matese, J.J. and Whitmire, D.P., 1983, Alternate period changes in close binary systems, A&A, 117, L7.

Mazeh, T. and Shaham, J., 1979 The orbital evolution of close triple systems: the binary eccentricity, *A&A*, 77, 145.

Mergentaler, J., 1950, Wroclaw Contr., No. 4, p.1

Milone, E.F., 1968, The peculiar binary RT Lacertae, *AJ*, 73, 708.

Oliver, J.P. and Rucinski, S.M., 1978, Blue CN-absorption measurements of close binary stars, *IBVS*, 1444.

Olson, E.C., 1985, Photometry of active Algols. In: P.P. Eggleton and J.E. Pringle (editors), *Interacting binaries*, NATO ASI ser C, Vol.150, D. Reidel Publ. Comp, p127, Dordrecht.

Popper, D.M., 1948, Radial velocities of two stars of the W Ursae Majoris, *ApJ*, 108, 490

Pustylink, I. and Sorgsepp, L., 1976, *Acta Astron.* 26, 319.

Pustylink, I.B. and Niarchos, P.G., 2000, Evidence for a hot spot in the contact binary VW Cephei, *A&A*, 361, 982

Rucinski, S.M., 1993, Contact binaries of the W UMa type, In: J. Sahade (editors), *The realm of interacting binaries*, Kluwer Acad. Publ., p.111.

Schilt, J., 1926, Two new variable stars of the type of W Ursae Majoris, ApJ, 64, 215

Shu, F.H., 1980, Theories of contact binary stars, IAU Symp, 88, 526.

Söderhjelm, S., 1980, Geometry and dynamics of the Algol system, A&A, 89, 100.

Sperl, M., 1998, The author of the Period98 programme, sperl@dsn.astro.univie.ac.at

Struve, O., 1948, Whirlpools of gas around binary stars, PASP, 60, 160

Van Buren, D. and Young, A. 1985, activity-driven structure variations as a cause of period changes in RS Canis Venaticorum- like systems, ApJ, 295L, 39.

Van't Veer, F., 1973, The eclipsing binary VW Cephei, A&A, 26, 357.

Van't Veer, F., 1986, Period variations of binary system as a possible source of information about motions in the stellar core, A&A, 156, 181.

Vilhu, O., Caillault, J.-P. and Heise, J., 1988, Simultaneous EXOSAT and VLA observations of the contact binaries VW Cephei and XY Leonis: Quiescent emission and a flare on VW Cephei, ApJ, 330, 922.

Vilhu, O. and Walter, F.M., 1987, Chromospheric activity at saturated levels, ApJ, 321, 958.

Walter, K., 1979, Periodic variations in the light curve of VW Cephei, A&A, 80, 27.

Warner, B., 1988, Quasiperiodicity in cataclysmic variable stars caused by solar-type magnetic cycles, Nat., 336, 129.

Yamasaki, A., 1982, A spot model for VW Cephei, Ap&SS, 85, 43.

Zahn, J.P., 1977, Tidal friction in close binary stars , A&A, 57, 383.

ÖZGEÇMİŞ

Bülent YAŞARSOY, 11.02.1973 Afyon doğumludur. İlk öğrenimini Elazığ'da, orta öğrenimini Silifke'de ve lise öğrenimini İzmir'de tamamladıktan sonra 1997 yılında Ege Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümünden mezun olmuştur. 1999 Aralık ayında bu bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır. Halen Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri ana bilim dalında Astrofizik dalında Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.