

HIPPARCOS Keşfi W UMa Türü Değen Çiftlerin Anahtar Parametreleri

Selim O. SELAM

Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Fakültesi, 06100, Tandoğan, Ankara
selim@astro1.science.ankara.edu.tr

Özet: Bu çalışmada tarif edilen seçim ölçütlerine dayanarak HIPPARCOS uydusu ile keşfedilen W UMa türü çiftleri içeren bir örnek grubu oluşturulmuştur. Seçim işlemi, HIPPARCOS kataloğunda değişim türü EB olarak belirtilen birkaç sistemin aslında W UMa türü değen çiftler olduğunu göstermiştir. Seçim sonucu ayıklanan 64 sistemin HIPPARCOS ışık ölçüm gözlemlerine dayalı ışık eğrileri Rucinski yöntemi ile analiz edilmiş ve geometrik elemanları (q kütle oranı, f değme derecesi ve i yörünge eğimi) belirlenmiştir. Elde edilen yörünge çözümleri çok sayıda sistem için ilk kez ortaya konmuştur. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen bulguların, irdelenen sistemler için gelecekte elde edilecek daha duyarlı ışık eğrilerinin analizinde iyi bir kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: yıldızlar: çiftler: yakın – yıldızlar: çiftler: örten

Abstract: A sample of W UMa-type binaries which were discovered by the HIPPARCOS satellite was constructed with the aid of well defined selection criteria described in this work. The selection process showed up that several systems of which the variability types have been assigned as EB in HIPPARCOS catalogue are genuine contact binaries of W UMa-type. The light curves of the 64 selected systems based on HIPPARCOS photometry were analyzed with the aid of light curve synthesis method by Rucinski and their geometric elements (namely mass ratio q , degree of contact f , and orbital inclination i) were determined. The solutions were obtained for the first time for many of the systems in the sample and would be a good source for their future light curve analyses based on more precise follow-up observations.

Keywords: stars: binaries: close – stars: binaries: eclipsing

1. Giriş

W UMa türü (EW) sistemler sürekli ışık değişimi gösteren ve 5-20 saat arasında yörünge dönemine sahip örten çift yıldızlardır. Ortak bir zarfla sarılı iki güneş benzeri yıldız içerirler. Büyük kütleli bileşenden küçük kütleliye geniş ölçekli bir enerji aktarımı söz konusudur ve bu olgu ortak zarf boyunca her iki bileşenin yüzey sıcaklıklarını kabaca eşitlemektedir. Bileşenlerinin yüzey sıcaklıklarının eşitliği, W UMa türü sistemlerin ayırt edici bir özelliğidir. Başlangıçta açıklanması en güç olan bu özellikleri, Lucy (1968) tarafından önerilen *Değen Model*'in ortaya konmasına öncülük etmiştir. Birbirlerine uyguladıkları güçlü tedirginlik etkileri altında her iki bileşen de eşdönme özelliğine sahiptir. W UMa türü sistemler, çift yıldızların sahip olabileceği en düşük açılal momentum değerlerini gösterirler ve bu açıdan çift yıldız evrimi konusunda da ayrıcalıklı bir yere sahiptirler. W UMa türü çift sistemlerin genel özellikleri hakkındaki son derlemeler, kuramsal konularda Eggleton (1996) ve gözlemsel konularda Rucinski (1993a) tarafından yayınlanmıştır. Ayrıca

yakın tarihte Pribulla vd. (2003) tarafından yayınlanan katalog, bu türden yıldızların fiziksel parametrelerini bir araya getirmesi açısından önemli bir başvuru kaynağı durumundadır.

Bu çalışmada HIPPARCOS uydusu tarafından keşfedilen W UMa türü sistemlerin anahtar parametrelerinin ilk yaklaşım değerlerinin belirlenmesi üzerinde durulmuştur. Böylece, aralarında literatürde henüz yörünge çözümleri bulunmayan bu sistemlerin ileride yapılacak daha duyarlı fotometrik gözlemlerinden türeyecek ışık eğrilerinin analizi için temel girdi parametrelerinin üretilmesi amaçlanmıştır.

2. Sistemlerin Seçimi

Fotometrik olarak HIPPARCOS uydusu tarafından keşfedilen W UMa sistemleri, HIPPARCOS kataloğunun (ESA 1997) "Variability Annex (HIPVA)" cildinden, aşağıda listelenen seçim ölçütleri doğrultusunda belirlenmiş ve bu çalışma kapsamına alınmıştır:

- HIPVA'nın P5 alanında değişim türü EW, EB, E, EW?, EB? ve E? olarak belirtilen sistemler

- HIPVA'nın P2 alanında * ile işaretlenmiş (ışık değişiminin ilk kez HIPPARCOS görevi sırasında keşfedildiğini simgeler) sistemler
- HIPVA'nın P3 alanında tayf türü A5-K9 arasında olan sistemler
- HIPVA'nın P11 alanında verilen ışık değişim dönemi 1 günden kısa olan sistemler

Bu ölçütlerle seçilen ve bu çalışma kapsamında değerlendirilen 79 adet sistem Selam'ın (2004) çalışmasında, Tablo 1'de listelenmiştir. Bazı sistemlerin, HIPVA'daki bilgileri, yukarıdaki ölçütleri sağlasa da, daha sonra yapılan çalışmalar sonucu bünyesel değişim gösteren tek yıldızlar oldukları veya bunun tersi olarak, HIPVA'da zonklayan değişenler olarak sınıflanmış olmalarına rağmen birinci ölçüte uyan örten değişenler oldukları kanıtlanmıştır. Örnek grubu içerisinde yer alan birkaç HIPPARCOS keşfinin, daha sonra farklı araştırmacılar tarafından elde edilen detaylı gözlemlerine dayalı fotometrik ve tayfsal çalışmaları literatürde yer almaktadır. Bu sistemler, bu çalışmada elde edilen bulgularla karşılaştırma olanağı sağlamaları açısından örnek grubundan çıkarılmamıştır. Buna göre örnek grubunda yapılan düzenlemeler, tabloya ilişkin açıklamalar ve yukarıda tanımlanan ölçütler dışında örnek listesine giren/çıkan sistemler için bkz. Selam (2004).

Örnek grubundan bazı sistemler için mevcut literatür bilgisi, HIPPARCOS kataloğunda yer alan değişim türü bilgilerinin çok güvenilir olmadığını göstermiştir. Bu durum özellikle değişim türü EB olarak kodlanmış, görel olarak düşük ışık değişim genliğine sahip β Lyr türü sistemlerde belirgin olarak ortaya çıkmaktadır ve HIPPARCOS kataloğunu oluştururken kullanılan otomatik sınıflandırma aracından kaynaklanmaktadır. Bu sistemler gerçekten düşük genlikli EB türü sistemler olabileceği gibi çok düşük yörünge eğim açısı altında görülen EW türü sistemler de olabilir. Bu durumda sadece ışık eğrisinin biçimine dayalı bir sınıflama yanlış yöne gidebilmektedir. Dolayısıyla yukarıdaki ölçütlere dayalı olarak örnek grubuna dahil edilen sistemlerin içinden EB olarak kodlanmış ama gerçekte EW türü olma olasılığı yüksek olan sistemler bulunabilir ve ayıklanması gerekmektedir.

Örnek grubu içerisinde birkaç sistem görsel, interferometrik veya tayfsal yolla tanımlanmış yakın ilave bileşenler içermektedir. Bu sistemler Selam'ın (2004) çalışmasında yer alan Tablo 1'de CCDM katalog (Dommanget ve Nys 2002) numaraları ile listelenmiştir. Bir nesnenin HIPPARCOS fotometrik gözlemleri, uydu alıcısının 10" olan etkin görüş alanı altında integre edilmiş akılardan hesaplanmıştır. Dolayısıyla açisal ayrıklığı 10"sinden daha küçük ilave bileşen içeren sistemlerin fotometrisi, uydu alıcısının görel olarak

büyük olan bu görüş alanından dolayı yakın bileşenlerinin ışığından etkilenmiş olabilir. Bu durum ilgili sistem için HIPPARCOS kataloğunda yer alan H48 alanının kontrol edilmesi ile kolayca anlaşılabilir. Buna göre örnek grubu içerisinde yer alan 20 sistemin fotometrisinin yakın bileşenleri tarafından etkilendiği ortaya çıkmıştır. Bu sistemlerin yakın çifti oluşturan bileşenlerinin bütünlük ve ilave bileşenlerine ait HIPPARCOS H_p parlaklıkları, kataloğun "Double and Multiple System Annex" cildinden alınmış ve L_3 üçüncü ışık parametreleri hesaplanmıştır. Bazı sistemler için literatürde detaylı fotometrik veya tayfsal analizler sonucu belirlenmiş L_3 değerleri bulunmaktadır. Toplamda 5 adet olan bu sistemler için ilgili literatür verisinin kullanımı tercih edilmiştir. Üçüncü ışık etkisi altında olan sistemler ve HIPPARCOS fotometrilerinin arındırma işlemi ile ilgili detaylar için bkz. Selam (2004).

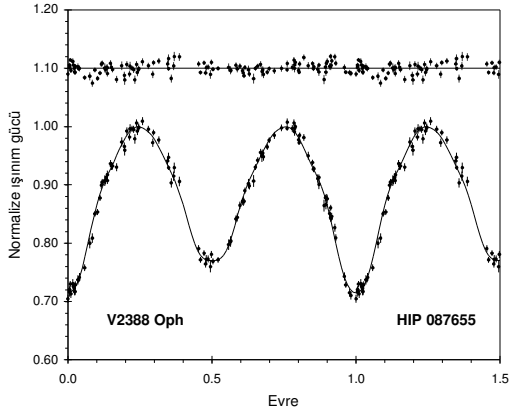
Bu çalışma için seçilen sistemlerin fotometrik gözlemleri (H_p parlaklıkları) ve standart hataları (σ_{H_p}) HIPPARCOS "Epoch Photometry Annex (HIPEPA)" veri arşivinden³² alınmış ve ilgili ışık eğrileri, Selam'ın (2004) çalışmasında Tablo 1'de listelediği ışık elemanları (T_0 ve P) kullanılarak oluşturulmuştur. Bu çalışmada, HIPEPA'nın HT4 alanında her bir gözlem noktası için betimlenen kalite ölçütlerinden yalnızca 0 ve 1 değerine sahip olanlar kullanılmıştır.

Yukarıda tanımlanan seçim ölçütlerine göre 79 sistemden oluşan örnek grubunun öncelikle değişim türü karmaşasından arındırılması gerekmektedir. Bu işlem, Rucinski'nin (1997a,b, 2002) önerdiği ve seçilmiş sistemlerin ışık eğrilerinin Fourier analizine dayalı bir teknik ile gerçekleştirilmiştir. "Fourier filtresi" olarak adlandırabileceğimiz bu teknik, en yüksek ışık düzeyinde (0.25 veya 0.75 yörünge evresi) 1'e normalize edilmiş ve eğer gerekli ise üçüncü ışık etkisinden arındırılmış HIPPARCOS ışık eğrilerine yapılan Fourier filterlerinden elde edilen bazı katsayılar arasındaki ilişkilere dayanmaktadır. Bu çalışmada Rucinski'nin (1993b) kullandığı

$$I(\theta) = \sum_{i=0}^{10} \alpha_i \cos(2\pi i \theta) \dots\dots\dots (1)$$

şeklindeki 11 terimli Fourier kosinüs serisi, fit fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Burada α_i , θ ve $I(\theta)$ sırası ile Fourier katsayılarını, yörünge evresini ve normalize edilmiş ışınım gücü değerlerini temsil etmektedir. (1) bağıntısı ile verilen fit fonksiyonu, bu çalışmada da kullanılan Rucinski'nin basitleştirilmiş ışık eğrisi analiz metodunun

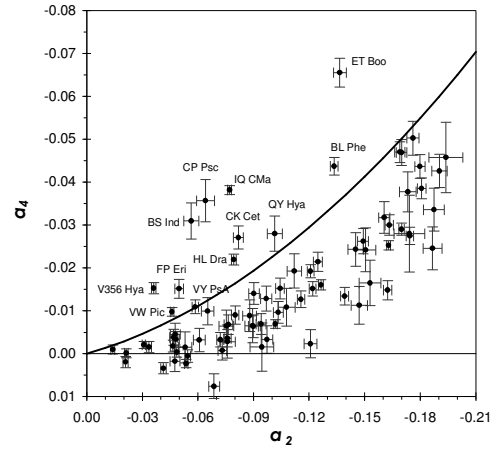
³² <http://astro.estec.esa.nl/Hipparcos/apps/PlotCurve.html>



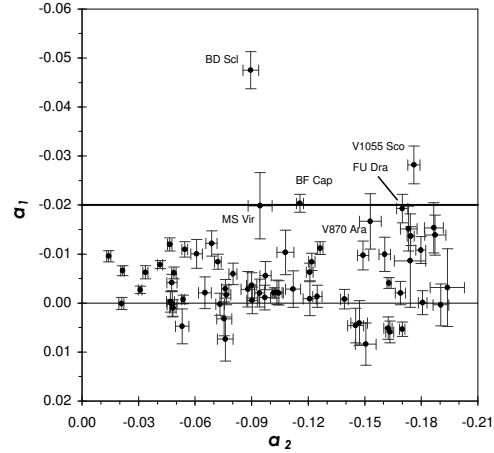
Şekil 1. Örnek olarak V2388 Oph için uygulanan tipik bir Fourier fiti. Fitten olan artıklar 1.1 kesirsel ışınım gücü değerinde yukarı kaydırılmıştır.

(Rucinski 1993b) temelini oluşturmaktadır. Şekil 1.'de V2388 Oph sisteminin HIPPARCOS ışık eğrisi için elde edilen tipik bir fourier fiti görülmektedir. Bu yolla her bir sistem için elde edilen Fourier katsayılarından sadece α_1 , α_2 ve α_4 , "Fourier filtresi" ve ışık eğrisi analizi açısından önem taşımaktadır ve her bir sistem için elde edilen değerleri, belirleme hataları ile beraber Selam'ın (2004) çalışmasına ait Tablo 1'de listelenmiştir.

Rucinski (1997a,b), OGLE projesi kapsamında gözlenen örten çiftler için otomatik bir tür belirleme algoritması geliştirilirken, $\alpha_2 - \alpha_4$ düzleminde ayrık çiftlerin (EA), EW ve EB türü sistemlerden $\alpha_4 < \alpha_2$ ($0.125 - \alpha_2$) koşulu ile kolaylıkla ayıklanabildiğini göstermiştir. Eşitlik halinde bu bağıntı marjinal (iç) değme durumunda bulunan sistemlerin teorik yerini ifade etmektedir. Rucinski yine aynı çalışmalarında yukarıdaki şekilde EA türü örten çiftlerden ayıklanmış örnek grubunda EB türü sistemlerin EW türü sistemlerden $\alpha_1 < -0.02$ koşulu ile ayıklanabileceğini de göstermiştir. Eşitlik halinde bu bağıntı değen çiftler için kabul edilebilir en yüksek minimum derinlikleri farkına sahip sistemlerin teorik yerini ifade etmektedir. Bu koşul her ne kadar sadece α_1 katsayısı ile ilgili olsa da filtreleme sonuçlarının kolay izlenebilmesini sağlamak açısından $\alpha_2 - \alpha_1$ düzlemi üzerinde gösterilmesi tercih edilmiştir. Bu koşulların bu çalışmadaki ilk seçim ölçütlerine göre belirlenmiş örnek grubuna uygulanması halinde ortaya çıkan sonuçlar $\alpha_2 - \alpha_4$ düzlemi için Şekil 2'de, $\alpha_2 - \alpha_1$ düzlemi için Şekil 3'de görülmektedir. Her iki diyagramdaki sürekli çizgiler ilgili sınır koşullarının yukarıda açıklanan eşitlik hallerini temsil etmektedir. Buna göre ilk seçim ölçütlerine göre 79 adet sistem içeren örnek grubundaki, Şekil 2'de değişen yıldız adları ile işaretlenmiş 12



Şekil 2. Örnek grubunda yer alan sistemler arasında EA türü olanların $\alpha_2 - \alpha_4$ filtresi ile ayıklanması.



Şekil 3. Örnek grubunda yer alan sistemler arasında EB türü olanların $\alpha_2 - \alpha_1$ filtresi ile ayıklanması.

sistemin "Fourier filtresi"ne göre EA türü örten değışen olduğu ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, EA türü sistemlerden arındırılmış örnek grubundan da Şekil 3'de değışen yıldız adları ile işaretlenmiş ve sınırın üzerinde kalan 3 sistemin EB türü örten değışen olduğu belirlenmiştir. Bu yolla "gerçek" EW türü sistemlerin örnek grubundaki sayısı 64'e inmiştir ve bu çalışmada sadece bu 64 sistemin ışık eğrisi analizi yapılmıştır. Örnek grubundan "Fourier filtresi" ile çıkarılan EA ve EB türü sistemler Selam'ın (2004) çalışmasında yer alan Tablo 1'in 14. kolonunda yeni değışim türleri ile belirtilmiştir. Aynı tabloda geri kalan tüm sistemlerin ise değışim türü EW olarak dikkate alınmalıdır.

3. Işık Eğrilerinin Analizi

Tür karmaşasından arındırılmış ve 64 adet gerçek değen sistemden oluşma örnek grubunun

HIPPARCOS ışık eğrileri Rucinski'nin (1993b) basitleştirilmiş ışık eğrisi analiz metodu ile analiz edilmiştir. Bu metod kısaca, Rucinski'nin iyi bilinen *WUMA* kodunun (bkz. Rucinski 1973, 1974, 1976; Hill ve Rucinski 1993) nomografik (tablolandırılmış) türevi olarak tarif edilebilir. Nomogram tablolarını oluştururken Rucinski'nin temel düşüncesi, *W UMa* türü değen çiftlerin ışık değişiminde geometrik nedenlerin baskın olduğudur. Buna göre *W UMa* türü sistemlerin ışık eğrilerinin, pratik olarak yalnızca $q=m_2/m_1$ kütle oranı, i yörünge eğimi ve f değme derecesi olmak üzere 3 anahtar parametre ile ifade edilebildiğini göstermiştir (bkz. Rucinski 1993b ve burada verilen kaynaklar). Değme derecesi parametresi f , Jakobi eş potansiyelleri C cinsinden;

$$f = (C_1 - C)/(C_2 - C) \dots\dots\dots (2)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada C_1 ve C_2 , sırasıyla, iç ($f = 0$) ve dış ($f = 1$) kritik eş potansiyellerdir. C ise sisteme ait ortak zarfın eş potansiyelini temsil etmektedir. Rucinski *WUMA* kodu yardımı ile, sistematik olarak (f , q , i) parametre uzayını taramış ve karşılık gelen sentetik ışık eğrilerini üretmiştir. f 'nin 0.0, 0.5 ve 1.0 değerleri için $\Delta q = 0.05$ ve $\Delta i = 2.5^\circ$ artımla $0.05 \leq q \leq 1$ ve $30^\circ \leq i \leq 90^\circ$ aralığında ürettiği sentetik ışık eğrilerine bir önceki bölümde anlatılan teknik ile Fourier fitleri uygulayarak ilgili Fourier katsayılarını içeren nomogramları oluşturmuştur. Sentetik ışık eğrisi hesabında fotometrik *V*-bandı için Güneş'i temsil eden ışımsal parametreler kullanmıştır. Buna göre $T_{eff} = 5770$ K, çekim kararması üssünü $\beta = 0.32$ ve bolometrik albedo değerini $A = 0.5$ olarak seçmiştir. Rucinski (1993b) çalışmasında, bu şekilde seçilmiş ışımsal parametrelerin çok da kısıtlayıcı olmadığını ve u doğrusal kenar karar ma katsayısı olmak üzere, bu yolla hesaplanan sentetik ışık eğrilerinin $[5900, 0.57] \leq [T_{eff}, u] \leq [5660, 0.61]$ aralığında atmosferik parametrelere sahip tüm sistemlerin ışık eğrilerini, kabul edilebilir hata sınırları içinde temsil edebildiğini de göstermiştir. Rucinski ayrıca aynı parametre uzayına karşılık gelen teorik tutulma derinlikleri $d_{min,t=1-l(0^\circ)}$ ve $d_{min,t=1-l(180^\circ)}$ tablolarını da oluşturmuştur. Bu derinlik tabloları bir sistem için elde edilen çözümün geçerliliğini sınamak açısından çok önemlidir.

Teorik Fourier katsayıları ve tutulma derinliklerini içeren nomogramlar Rucinski'nin kişisel FTP sitesinden³³ alınmış ve f değme derecesi parametresinde daha ince aralıklı tablolar elde etmek üzere $\Delta f = 0.1$ aralıklı interpolate edilmiştir.

Bu tablolar yardımıyla çözüm metodunun gözlenmiş bir değen çiftin ışık eğrisine uygulanması oldukça basittir. Rucinski (1993b) tarafından da tarif edildiği gibi, bir sistemin ışık eğrisine yapılan Fourier yaklaşımı sonucunda bulunan gözlemsel a_2 ve a_4 katsayılarının $a_2 - a_4$ düzleminde belirttiği konuma en yakın olan teorik (a_2, a_4) noktaları seçilir. Bu noktalara karşılık gelen teorik tutulma derinliklerinden yalnızca birinin, gözlemsel tutulma derinlikleri ile uyduğu görülecektir. Bu durumda uyuşmanın sağlandığı teorik (a_2, a_4) noktasına ilişkin (f , q , i) parametre seti aranan çözümdür. Bu yolla elde edilen çözümün "tekliği" önemli bir konudur ve bu çalışmanın son bölümünde tartışılacaktır.

Johnson *V*-bandı ile HIPPARCOS H_p -bandının etkin dalgaboyları neredeyse aynıdır. Bu bandlar arasında sadece renge bağlı bir sıfır noktası farkı (offset) vardır (bkz. HIPPARCOS kataloğu, Cilt.13, s.275). Dolayısıyla, belirli bir aralık içerisindeki görelî değişim incelendiği sürece iki fotometrik bandın birbirine denk olduğu kabul edilebilir. Bu nedenle H_p -bandı gözlem verilerine herhangi bir dönüşüm uygulanmamış ve doğrudan maksimum ışık düzeyine normalize edilerek kullanılmıştır.

Yukarıda tarif edilen biçimi ile Rucinski'nin basitleştirilmiş analiz yöntemi, örnek grubundaki 64 sistemin HIPPARCOS ışık eğrilerine uygulanmış ve yaklaşık çözümleri elde edilmiştir. Çözüm sonuçları ve ilgili teorik/gözlemsel tutulma derinlikleri Selam'ın (2004) çalışmasında, Tablo 2'de listelenmiştir. Bu tabloda, daha önceden ışık ve/veya dikine hız eğrisi çözümü bulunan sistemlerin ilgili literatür çözüm sonuçları da karşılaştırma açısından listelenmiştir.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada ortaya konan seçim ölçütleri ve "Fourier filtresi"ne dayalı olarak HIPPARCOS uydusu tarafından keşfedilmiş 64 "gerçek" *W UMa* türü değen sistemden oluşma bir örnek grubu oluşturulmuştur. Bu sistemlerin HIPPARCOS ışık eğrileri, Rucinski'nin basitleştirilmiş ışık eğrisi analiz metodu (Rucinski 1993b) ile çözülmüş ve sistemlere ilişkin f değme derecesi, q kütle oranı ve i yörünge eğimi anahtar parametreleri elde edilmiştir. HIPPARCOS uydusunun fotometrik gözlemleri ortalama bir duyarlığa sahiptir. Bu kalitedeki gözlemler için, Rucinski (1997a) tarafından da tartışıldığı gibi, ileri düzeyli ışık eğrisi analiz yöntemleri yerine bu çalışmada kullanılan türden basitleştirilmiş analiz metodlarının kullanımı daha uygundur.

Daha önce literatürde detaylı analizleri bulunan sistemlerin bu çalışmada bulunan çözüm sonuçları ile literatür bulguları arasında karşılaştırma

³³ http://www.astro.utoronto.ca/~rucinski/fourier_depth.html

yapılacak olursa (bkz. Selam (2004) Tablo 2) oldukça uyumlu değerler elde edildiği görülecektir. Bu durum Rucinski'nin basitleştirilmiş ışık eğrisi analiz yönteminin, W UMa türü sistemlerin temel parametrelerinin ilk yaklaşım değerlerini elde etmede oldukça güçlü bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Bazı sistemler için izlenen belirgin farklar, elde edilen ışık eğrilerinde yeterli evre aralığının gözlenmemiş olması, gözlemsel verideki büyük saçılmalar, hatalı gözlemler ve/veya ışık eğrisi maksimumları arasında izlenen belirgin asimetricden (O'Connell etkisi) kaynaklanmaktadır. (1) bağıntısından görüleceği gibi kullanılan fit fonksiyonu yalnızca kosinüslü terimleri içeren bir fourier serisidir ve fit edildikleri gözlem verisindeki asimetric yapılar duyarlı değildir. Bu yüzden O'Connell etkisi gösteren sistemlerin çözümlerinde, bu etkinin şiddetine bağlı olarak bir takım belirsizlikler ortaya çıkmaktadır. WY Hor, örnek grubu içinde en şiddetli O'Connell etkisi gösteren sistemdir ve bu yüzden 64 sistem arasında geçerli bir çözüme ulaşamayan tek örnektir.

Kullanılan analiz yöntemine bir diğer kısıtlama, düşük ışık değişim genliğine sahip sistemlerden gelmektedir. Düşük genlikli W UMa sistemlerinin α_2 ve α_4 katsayıları sıfıra çok yakın çıkmakta ve $\alpha_2 - \alpha_4$ düzleminde f parametresinin tespit edilmesinde ciddi bir belirsizliğe yol açmaktadır. Bu nedenle $|\alpha_2| < 0.03$ olan V335 Peg, XY Pic ve V851 Ara gibi sistemlerin çözüm sonuçları, görece olarak daha belirsizdir diyebiliriz. "Fourier filtresi"ne dayalı tür ayıklama işlemi de bazı sistemler için, düşük ışık değişim genliği, yeterli evre aralığının gözlenmemiş olması ve gözlemsel verideki hata/saçılma olaylarından olumsuz yönde etkilenmiş olabilir. Bu durumda bulunan bazı sistemlerin HIPPARCOS ışık eğrilerinin biçimi, yalnızca "Fourier filtresi"ne dayalı tür tanımlamasına uymamaktadır. Bu sistemler genellikle $\alpha_2 - \alpha_4$ ve $\alpha_2 - \alpha_1$ düzlemlerinde sınır koşulu bölgesine yakın olan FP Eri, QY Hya, VW Pic, V1055 Sco, MS Vir, V870 Ara gibi sistemlerdir.

Değen çiftlerin ışık eğrilerini analiz eden diğer yöntemlerde karşımıza çıkan "çözümlerin teklifi" problemi, bu çalışmada kullanılan analiz yönteminin de temel problemidir. Eğer q değerini kesin olarak bilmiyorsak (yani tayfsal kütle oranı q_{sp} bilinmiyorsa), hangi tutulmada hangi bileşenin örtüldüğünü de bilemeyiz. Buna rağmen nomogram tabloları, kabul edilmiş bir f değeri için iki ayrı (q, i) çifti verebilmektedir. Eğer ışık eğrisinde tam tutulmalar izlenebiliyorsa, Mochnacki ve Doughty'nin (1972) önerisi ile 2. ve 3. kontak zamanları kullanılarak doğru (q, i) çifti için önemli bir ipucu elde edilebilmektedir. Böylece iki yöntemin bulgularının birleştirilmesi sonucu gerçek

q ve i elde edilebilmektedir. Ancak HIPPARCOS fotometrisinin ortalama duyarlılığı, ışık eğrilerinde tam tutulmaları ayırt etmemize olanak vermemektedir ve dolayısıyla Mochnacki ve Doughty'nin (1972) yönteminin bu çalışmada uygulanması olanaksızdır. Literatür bulgularından çok ciddi sapmalar gösteren EE Cet ($q=0.65, q_{sp}=0.315$), EX Leo ($q=0.35, q_{sp}=0.199$) ve V2377 Oph ($q=0.10, q_{sp}=0.395$) gibi sistemlerin bu belirsizliklerinin yukarıda sözü edilen "çözümlerin teklifi" probleminden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tayf türleri (yani yüzey sıcaklıkları), 3. bölümde verilen sıcaklık sınırlarının dışında kalan sistemlerin çözüm sonuçlarında da bir miktar belirsizlik beklenebilir. Gray ve Corbally'nin (1994) cüce yıldızlar için ortaya koydukları etkin sıcaklık kalibrasyonuna göre 3. bölümde verilen üst ve alt sınırlar F9 ve G3'e karşılık gelmektedir. Bu çalışmaya konu olan sistemlerin büyük çoğunluğu orta veya geç F tayf türündendir ve tanımlı aralığın üst sınırına yakın, fakat dışındadırlar. Ancak W UMa türü sistemlerin ışık değişiminde geometrik etkilerin baskın olduğu hatırlanacak olursa, buradan gelecek belirsizliklerin çok küçük olduğu tahmin edilmektedir.

Bu çalışmada 53 sistem için fotometrik çözümler ilk kez elde edilmiştir. Bu sistemler için elde edilen ilk yaklaşım parametrelerinin, ileride yapılacak daha duyarlı fotometrik gözlemlerden türeyecek ışık eğrilerinin analizinde başlangıç değerleri olarak kullanılacağı ve bu alandaki açığı önemli ölçüde kapatacağı düşünülmektedir. Bu 53 sistem arasında özellikle 19 tanesinin tayfsal olarak belirlenmiş kütle oranları bulunmaktadır ve tam bir yörünge çözümü için acil olarak kaliteli ışık eğrilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

5. Kaynaklar

- Dommanget J. ve Nys O., 2002, Observations et Travaux 54, 2 (VizieR On-Line Data Catalog: I/274)
- Eggleton P.P., 1996, ASP Conf. Proc. 90, *The Origins, Evolution, and Destinies of Binary Stars in Clusters*, (ed. E.F. Milone ve J.-C. Mermilliod) ASP, San Francisco, s.257
- ESA, 1997, *The Hipparcos and Tycho Catalogues*, ESA SP-1200
- Gray R.O., Corbally C.J. 1994, AJ, 107, 742
- Hill G., Rucinski S.M., 1993, *Light Curve Modelling of Eclipsing Stars*, (ed. E.F. Milone), Springer, s.135
- Mochnacki S.W., Doughty N.A. 1972, MNRAS, 156, 51
- Pribulla T., Kreiner J.M. ve Tremko J., 2003, CoSka, 33, 1

S.O. Selam : HIPPARCOS Keşfi W UMa Türü Değen Çiftlerin Anahtar Parametreleri

Rucinski S.M., 1973, AcA, 23, 79

Rucinski S.M., 1974, AcA, 24, 119

Rucinski S.M., 1976, PASP, 88, 777

Rucinski S.M., 1993a, *The Realm of Interacting Binary Stars*, (ed. J. Sahade, G.E. McCluskey, ve Y. Kondo), Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, s.111

Rucinski S.M., 1993b, PASP, 105, 1433

Rucinski S.M., 1997a, AJ, 113, 407

Rucinski S.M., 1997b, AJ, 113, 1112

Rucinski S.M., 2002, PASP, 114, 1124

Selam S.O., 2004, A&A, 416, 1097