

PARÇALI TUTULMA GÖSTEREN SİSTEMLERDE KÜTLE ORANI TARAMASI SONUÇ VERİYOR MU ?

Z. TERZİOĞLU¹, G. GÖKAY¹, İ. E. DERMAN¹

Özet

Bu çalışmada parçalı tutulma gösteren, farklı kütle oranlarına ve farklı gürültü değerlerine sahip A ve W türü W UMa sistemleri için yapay ışık eğrileri üretildi. Üretilen bu ışık eğrileri üzerinde Phoebe arayüzü kullanılarak Wilson-Devinney programı ile kütle oranı taraması yapıldı. Taramayı bir normal yoldan bir de PHOEBE'de hazırladığımız bir program yardımıyla yaptık. Her iki yöntem arasında çok büyük bir fark olmadığını saptadık. Bulunan kütle oranı değerleri, ışık eğrileri oluşturulurken kullanılan kütle oranı değerleri ile karşılaştırıldı. Aynı işlemi lekeli yapay ışık eğrileri için de tekrarladık. Burada bu çalışmanın sonuçları verilmiştir.

Anahtar kelimeler: W UMa, kütle oranı taraması

Abstract

In this paper we present synthetic light curves for A- and W-type W Uma contact binary systems with partial eclipse, different mass ratios and different noise values. We apply q search method by using "Physics Of Eclipsing Binaries" program PHOEBE built on top of the widely used WD program. The q search is made by both the usual way and with the programme prepared in PHOEBE script. We find out that there is no big difference between the two methods. The mass ratio values found from the q search are compared with the ones used in obtaining the light curves. We also compare the mass ratio values which outcome from q search and used when creating the light curves. We apply the same method to the light curve which have one cold spot located on the primary. The results of this work are given here.

Keywords: W UMa, q search method

1.Giriş

Değen sistemlerin kütle oranları hem tayfsal hem de fotometrik olarak bulunabilmektedir. W UMa yıldızlarının tayflarını elde etmek genellikle zordur. Çünkü dolanma dönemleri gün kesrinde olduğu için alınan tayflarda poz süresinin kısa olması gerekir. Oysa bu sistemlerin büyük bir kısmı aynı zamanda sönük olduklarından büyük çaplı teleskoplara gereksinme duyulmaktadır. Bu nedenle ışık eğrileri çözümlerinde fotometrik kütle oranı kullanılmaktadır.

Terrell ve Wilson [1] oluşturdukları yapay ışık eğrilerinden fotometrik kütle oranını tam tutulma gösteren sistemlerde doğru olarak bulunabileceğini bunun yanında parçalı tutulma gösteren sistemlerde ise kabul edilemeyecek bir hata oranı ile belirleyebildiklerini ifade etmişlerdir.

¹ Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100, Tandoğan, Ankara
e-postalar: zahideterzioglu@gmail.com, ggokay@science.ankara.edu.tr, ethem.derman@ankara.edu.tr

Bu çalışmada, parçalı tutulma gösteren sistemler için fotometrik kütle oranı hangi doğruluk oranında bulunabilir diye araştırdık. Bulacağımız sonuçların kütle oranına bağlı olup olmadığını araştırmak için de üç farklı kütle oranı değeri seçtik. Yaptığımız çalışmada gürültünün önemini göstermek için, gürültülü ($\sigma=0.02$) ve gürültüsüz ($\sigma=0.00$) yapay ışık eğrileri üreterek kütle oranı taraması yapıldı.

2. Yapay Işık Eğrilerinin Oluşturulması

Bu çalışmada parçalı tutulma gösteren yörünge eğikliği 72° olan A ve W türü W UMA sistemleri için hem lekeli hem de lekesiz yapay ışık eğrilerini oluşturduk. Her iki sistem için de yapay ışık eğrileri gürültülü ($\sigma=0.02$) ve gürültüsüz olarak üretildi. Çalışmaya başladığımızda Terrell&Wilson'ın makalesini dikkate aldık. A türü sistemler için, üç farklı kütle oranına sahip sistem oluşturuldu. W türü sistemlerdeki kütle oranları, A türü sistemlerin matematiksel olarak tersi alınarak oluşturuldu. Yapay ışık eğrileri Phoebe [2] arayüzü kullanılarak Wilson-Devinney (WD) [3] programı ile üretildi. Her iki tür sistem için girilen parametreler Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'de potansiyel değerleri Mochnacki'nin [4] verdiği fortran programı kullanılarak elde edilmiştir. Potansiyelin kütle oranına bağımlılığı bilindiğinden bu programı kullanarak değme parametresi %20 olacak şekilde her q için bir potansiyel değeri hesapladık. Terrell ve Wilson'ın çalışmalarında oluşturduğu yapay ışık eğrileri için kullandıkları parametrelerin değerleri Çizelge2 'de verilmiştir. Çizelge1 ve Çizelge2 de q kütle oranı; Ω_1, Ω_2 birinci ve ikinci bileşenlerin yüzey potansiyel değeri; T_1 birinci bileşenin sıcaklığı, T_2 ikinci bileşenin sıcaklığı olup, i sistemin yörünge eğimidir. WD'de mod 3 seçilerek bu parametrelerle yapay ışık eğrileri oluşturuldu.

Rucinski [5], konvektif yıldızlar için bolometrik aklık derecesi değerinin $A=0.5$ olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada sözkonusu değer ($A_1=A_2$) 0.5 olarak alındı. Birinci ve ikinci bileşenlerin çekim kararma sabitleri için ($g_1=g_2$) 0.32 alındı [6]. Kenar kararma katsayıları çeşitli araştırmacılar tarafından teorik olarak hesaplanmış ve çizelgeler halinde yayınlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan Phoebe arayüzü, Van Hamme [7] tablolarını esas alarak kenar kararma katsayılarını hesaplamaktadır.

Çizelge 1. Lekeli, Lekesiz A ve W türü yapay ışık eğrileri oluşturulurken Phoebe arayüzünde kullanılan parametrelerin değerleri.

Parametre	A türü sistem için			W türü sistem için		
q	0.17	0.63	0.82	$5.88(=1/0.17)$	$1.59(=1/0.63)$	$1.22(=1/0.82)$
$\Omega_1 = \Omega_2$	2.06182	2.85158	3.13380	9.68500	4.19538	3.69708
T_1	5500 °K	5500 °K	5500 °K	5500 °K	5500 °K	5500 °K
T_2	5350 °K	5350 °K	5350 °K	5350 °K	5350 °K	5350 °K
i	72°	72°	72°	72°	72°	72°

Çizelge 2. Terrell ve Wilson'ın kullandığı parametrelerin değerleri.

Parametre	OC(overcontact)
q	0.6
$\Omega_1 = \Omega_2$	3.0
T_1	5500 °K
T_2	5350 °K

A ve W türleri için oluşturulan yapay ışık eğrilerine 0.75 evresine etki edecek şekilde leke yerleştirildi. Yerleştirilen leke parametreleri Çizelge 3’de verilmektedir. Yapay ışık eğrileri oluşturulduktan sonra sistemlerin kütle oranı taraması Phoebe arayüzünde yapıldı.

Çizelge 3. A ve W türü lekeli ışık eğrileri oluşturulurken kullanılan leke parametreleri.

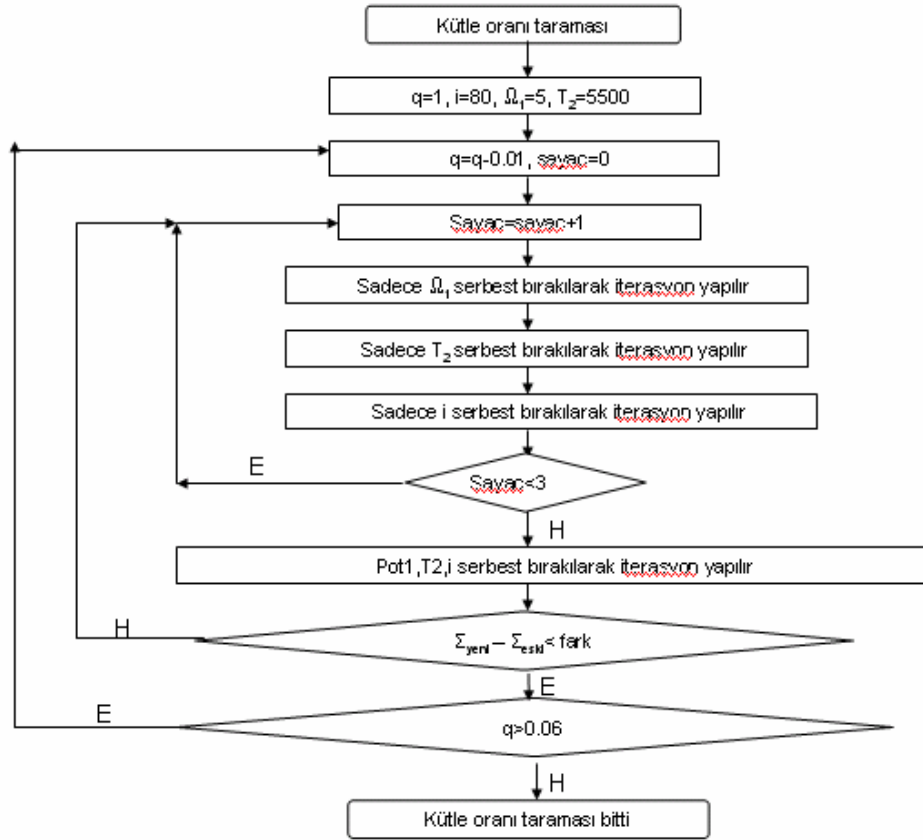
Parametre	A türü sistemler için	W türü sistemler için
Lekenin enlemi	1.57	1.57
Lekenin boylamı	1.57	4.71
Lekenin yarıçapı	0.25	0.25
Lekenin sıcaklığı	0.85	0.85

3.Kütle Oranı Taraması

Unix/Linux işletim sisteminde çalışan Phoebe 0.29c programı, Wilson-Devinney (WD) ışık eğrisi analiz programının bir arayüzüdür. Phoebe arayüzü kullanım kolaylığı sağlayarak kullanıcının parametre değerlerini arayüzden kolaylıkla girebilmesine, ardışık iterasyon yapmasına ve hesaplanan parametre değerlerinin tekrar girdi değerleri olarak alınmasına olanak sağlamaktadır. Bu, kullanıcının zaman kaybını ve hata yapmasını engellemektedir. Phoebe, WD programına girdi olarak alınan her parametreyi gözönüne almaktadır. Program ışık eğrileri ile dikine hız eğrilerini eş zamanlı olarak çözebilmektedir. Phoebe’nin arayüzünün yanı sıra komut satırında da çalışan Phoebe 0.3Pre5 sürümünde [8], phoebe script dilinde program yazılmasını sağlayan modül bulunmaktadır. Bu modül, yazılan program dosyalarını çalıştırmaktadır. Arayüzde yapılan işlemler, koşul belirterek veya döngüler kullanarak program olarak yazılabilmektedir. Bu şekilde, arayüzün getirdiği kolaylık daha da artırılmıştır.

Lekesiz sistemlerin kütle oranı tarama işlemini Phoebe 0.3pre5’de yazdığımız program ile, lekeli sistemleri ise Phoebe 0.29c arayüzü kullanarak gerçekleştirildi.

Kütle oranı taraması için yazılan programın akış şeması Şekil 1’de verilmektedir. Şekil 1’deki algoritmanın işleyişi başlangıçta girilen kütle oranı (q), potansiyel ($\Omega_1 = \Omega_2$), birinci bileşenin sıcaklığı (T_1), ikinci bileşenin sıcaklığı (T_2), yörünge eğikliği (i) değerleri yazılmış olan programa başlangıç değerleri olarak girilir. Kütle oranı 1.0 ’dan 0.07’ye kadar 0.01 azalımlarla tarama yapılmaktadır. Bu işlemde $\Omega_1=\Omega_2$, T_2 , i değerleri tek tek iterasyona sokulur. Bu işlem üç kez tekrarlanır. Daha sonra $\Omega_1=\Omega_2$, T_2 , i değerleri aynı anda serbest bırakılır ve bir önceki fark kare(Σ_{eski}) ile hesaplanan fark kare(Σ_{yeni}) arasındaki fark, önceden belirtilen bir değerden küçük oluncaya kadar iterasyon devam eder ($\Sigma_{\text{eski}} - \Sigma_{\text{yeni}} < \text{fark}$). Daha sonra sonuçlar oluşturulan çıktı dosyasından alınır. Her bir kütle oranına karşılık Σ grafiği çizilir. Çizelgede en küçük Σ değerine karşılık gelen değer sistemin kütle oranını vermektedir. Diğer sistemler içinde bu şekilde kütle taraması yapıldı.

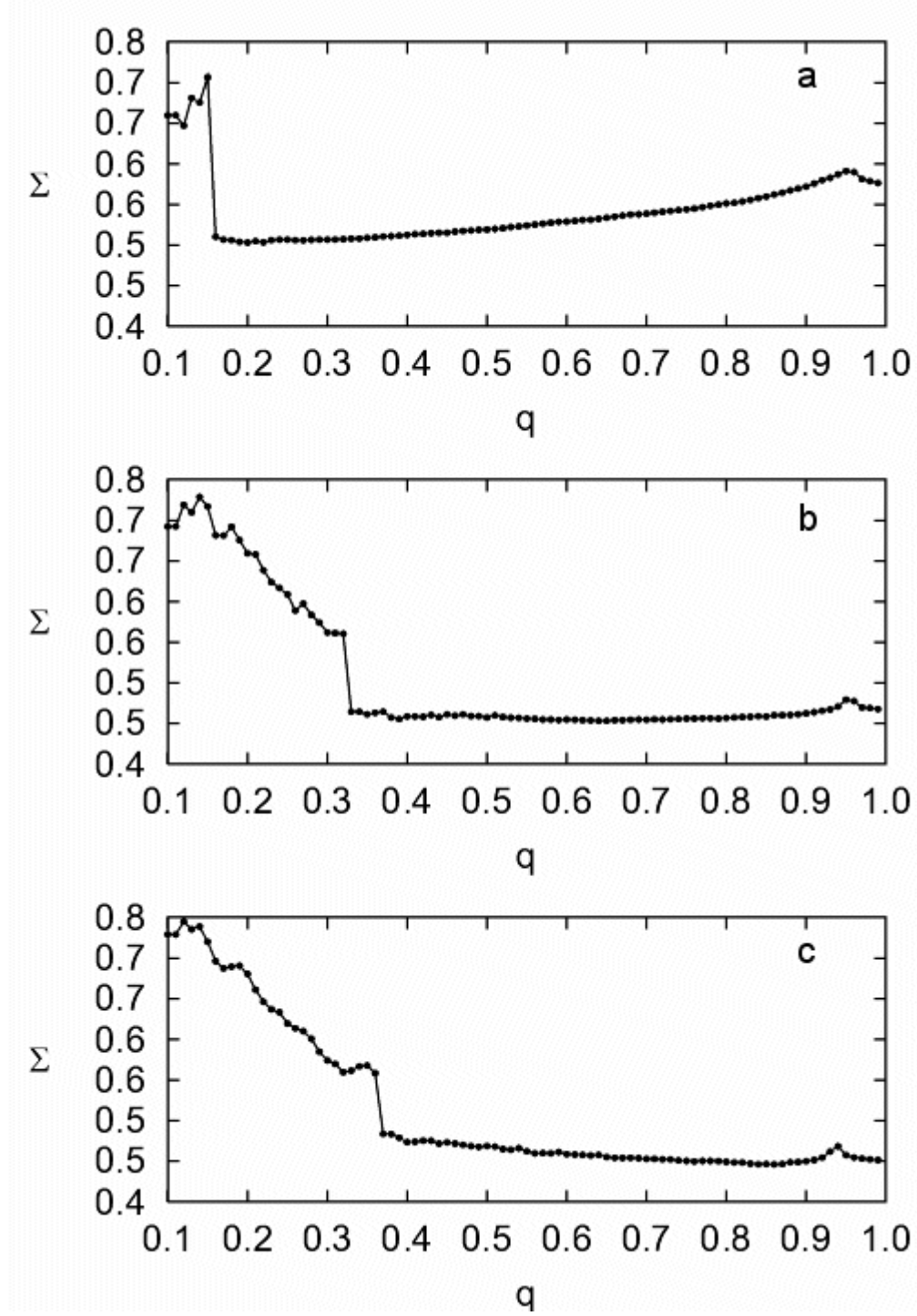


Şekil 1. Phoebe 0.3 de yazmış olduğumuz programın akış şeması.

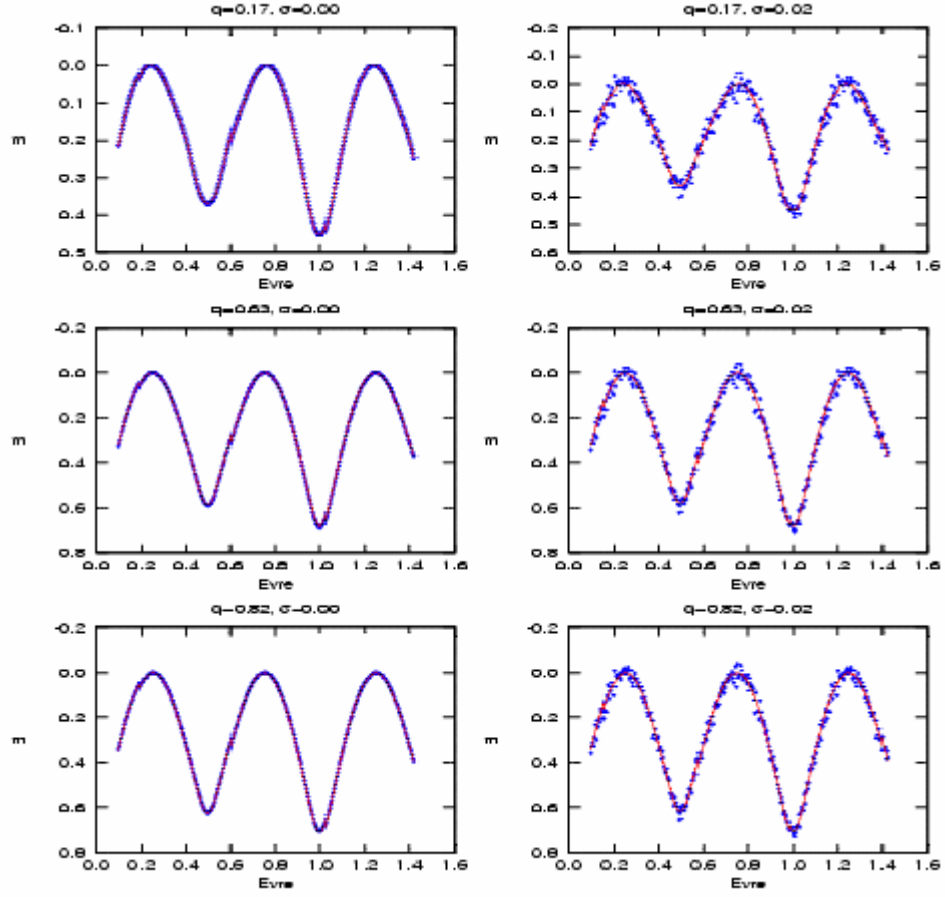
Şekil 2’de sırasıyla kütle oranı 0.17(a), 0.63(b), 0.82(c) ve gürültü oranı 0.02 olan sistemlerin kütle oranına karşılık Σ grafiği verilmektedir. Oluşturulan lekесiz yapay ışık eğrileri ile sistemin çözümünden elde edilen ışık eğrilerin karşılaştırılması Şekil 3’de ve sonuçları da Çizelge 4’de verilmektedir.

Şekil 3’de oluşturulan yapay ışık eğrileri noktalarla ve sistemin çözümünden elde edilen ışık eğrileri ise düz çizgi ile gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi sistemin çözümünden elde edilen değerler oluşturulan yapay ışık eğrilerini iyi temsil edebilmektedir. Şekil 3’den ve Çizelge 4’den de görüleceği gibi parçalı tutulma gösteren sistemlerin fotometrik kütle oranları değerlerinin de iyi bir şekilde bulunabileceğini gösterilmektedir.

Lekeli olarak oluşturulan yapay ışık eğrilerini Phoebe 0.3pre5’de yazmış olduğumuz program ile çözümde bazı problemlerle karşılaştığımızdan dolayı lekeli sistemlerin kütle taramasını phoebe 0.29c de bir çok araştırmacının yaptığı gibi manuel olarak gerçekleştirdik. Lekeliler için Phoebe’de yazmış olduğumuz program geliştirilme aşamasındadır. Manuel olarak yapılan kütle taramasında akı, potansiyel, ikinci bileşenin sıcaklığı, yörünge eğimi teker teker serbest bırakıldı. Daha sonrada hepsi aynı anda serbest bırakılarak en küçük fark kare toplamını elde edilinceye kadar bu işlem tekrar edildi. Kütle oranı 1.0 ’den 0.15 ’e kadar 0.05 azalmalar ile sabit tutularak tarama işlemi gerçekleştirildi. Bu işlemler sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 5’de verilmektedir.



Şekil 2. Gürültü oranı 0.02 olan ve kütle oranları sırasıyla 0.17(a), 0.63(b) ve 0.82(c) olarak oluşturulan lekesiz yapay ışık eğrilerine uygulanan q taraması sonucunda elde edilen q - Σ grafikleri. En küçük Σ değerlerine karşılık gelen q sırasıyla 0.20, 0.65 ve 0.86 olarak bulunmuştur.

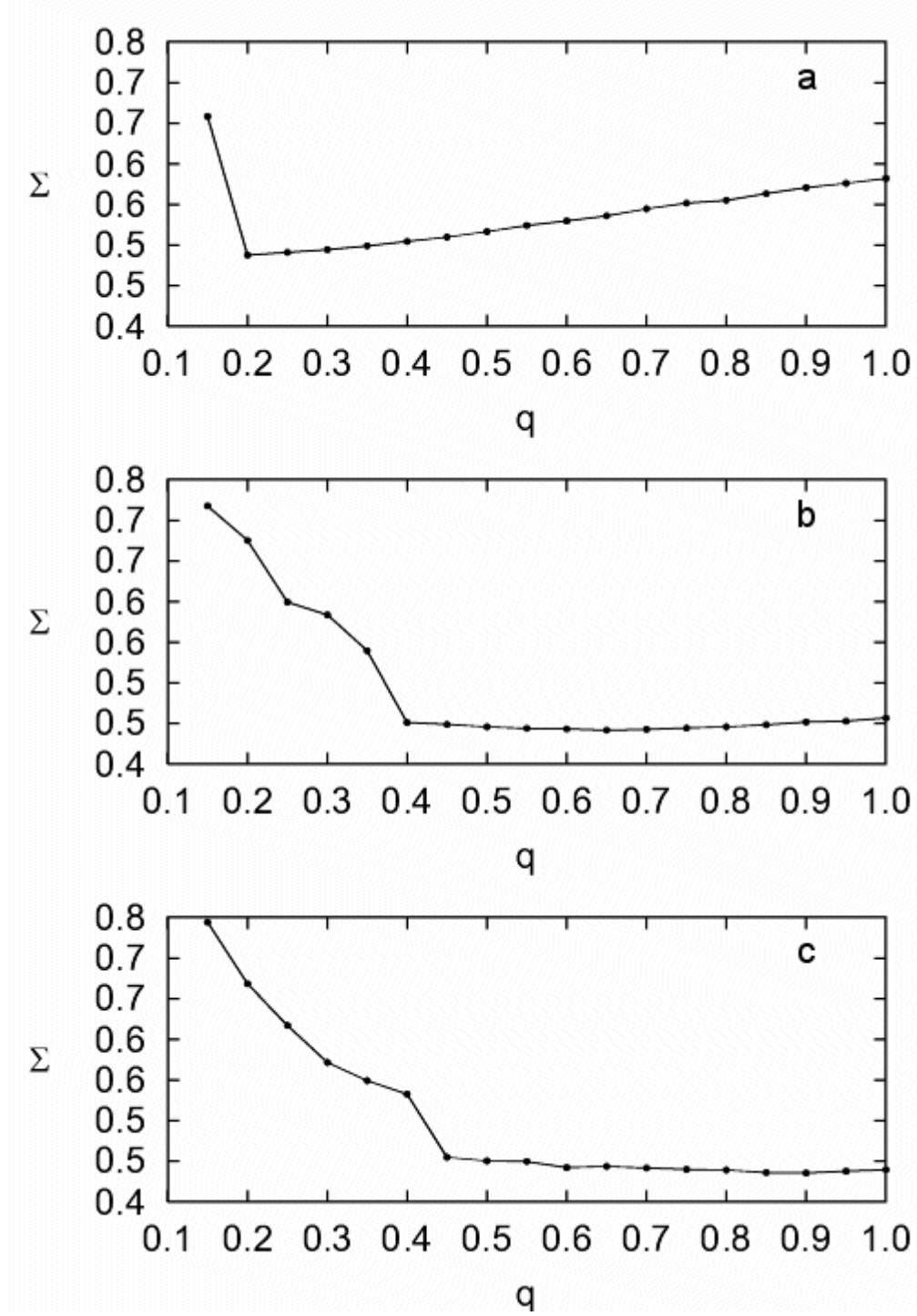


Şekil 3. Lekesiz yapay ışık eğrileri ile sistemin çözümünden elde edilen ışık eğrilerin karşılaştırılması. Burada oluşturulan yapay ışık eğrileri noktalarla ve sistemin çözümünden elde edilen ışık eğrileri ise düz çizgi ile temsil etmektedir.

Çizelge 4. Lekesiz yapay ışık eğrileri için oluşturulan parametreler ile Phoebe’de yazmış olduğumuz programdan bulunan parametre değerleri verilmektedir.

Yapay ışık eğrilerin parametre değerleri						Programdan bulunan parametrelerin değerleri				
gürültü	q	i	$\Omega_1 = \Omega_2$	T1	T2	q	i	Ω_1	T1	T2
$\sigma=0.00$	0.17	72 °	2.061823	5500 ° K	5350 ° K	0.17	71 °	2.058159	5500 ° K	5347 ° K
$\sigma=0.02$	0.17	72 °	2.061823	5500 ° K	5350 ° K	0.20	70 °	2.282990	5500 ° K	5294 ° K
$\sigma=0.00$	0.63	72 °	2.851588	5500 ° K	5350 ° K	0.62	72 °	2.842432	5500 ° K	5355 ° K
$\sigma=0.02$	0.63	72 °	2.851588	5500 ° K	5350 ° K	0.65	72 °	2.882765	5500 ° K	5316 ° K
$\sigma=0.00$	0.82	72 °	3.133804	5500 ° K	5350 ° K	0.82	72 °	3.130115	5500 ° K	5345 ° K
$\sigma=0.02$	0.82	72 °	3.133804	5500 ° K	5350 ° K	0.86	72 °	3.195267	5500 ° K	5330 ° K

Şekil 4’de sırasıyla kütle oranı 0.17(a), 0.63(b), 0.82(c) ve gürültü oranı 0.02 olan lekeli sistemlerin kütle oranı taraması grafiği verilmektedir.

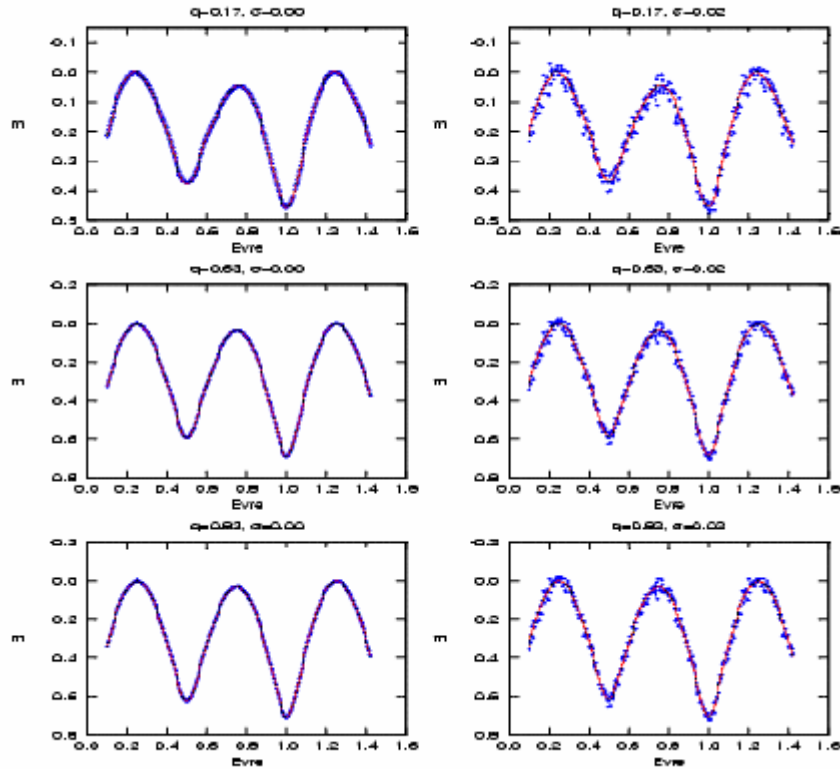


Şekil 4. Kütle oranları sırasıyla 0.17(a), 0.63(b) ve 0.82(c) ve gürültü oranı 0.02 için oluşturulan lekeli yapay ışık eğrisine uygulanan q taraması sonucunda elde edilen q - Σ grafikleri. En küçük Σ değerlerine karşılık gelen q sırasıyla 0.20, 0.65 ve 0.90 olarak bulunmuştur

Çizelge 5. Lekeli sistemlerin Phoebe’de elde edilen sonuçları.

Yapay ışık eğrilerinin parametreleri						Manuel				
gürültü	q	i	$\Omega_1 = \Omega_2$	T1	T2	q	i	Ω_1	T1	T2
$\sigma = 0.00$	0.17	72 °	2.061823	5500 ° K	5350 ° K	0.20	70 °	2.134510	5500 ° K	5316 ° K
$\sigma = 0.02$	0.17	72 °	2.061823	5500 ° K	5350 ° K	0.20	70 °	2.130190	5500 ° K	5299 ° K
$\sigma = 0.00$	0.63	72 °	2.851588	5500 ° K	5350 ° K	0.65	72 °	2.968840	5500 ° K	5348 ° K
$\sigma = 0.02$	0.63	72 °	2.851588	5500 ° K	5350 ° K	0.65	72 °	2.883230	5500 ° K	5332 ° K
$\sigma = 0.00$	0.82	72 °	3.133804	5500 ° K	5350 ° K	0.8	72 °	3.101960	5500 ° K	5353 ° K
$\sigma = 0.02$	0.82	72 °	3.133804	5500 ° K	5350 ° K	0.9	72 °	3.258920	5500 ° K	5323 ° K

Oluşturulan lekeli yapay ışık eğrileri ile sistemin çözümünden elde edilen ışık eğrilerin karşılaştırılması Şekil.5’de verilmekte. Burada yapay ışık eğrileri noktalarla, sistemin çözümünden elde edilen ışık eğrileri ise düz çizgi ile temsil etmektedir.



Şekil 5. Lekeli yapay ışık eğrileri ile sistemin çözümünden elde edilen ışık eğrilerin karşılaştırılması. Noktalar ile oluşturulan yapay ışık eğrileri ve düz çizgi ile sistemin çözümünden elde edilen ışık eğrileri gösterilmektedir.

Şekil 5’de sistemlerin çözümünden elde edilen ışık eğrileri, lekeli olarak oluşturulan yapay ışık eğrileri ile gayet iyi uyushmaktadır. Ayrıca Çizelge 5’de sistemlerin kütle oranı taraması sonucunda elde edilen parametrelerin, oluşturulan yapay ışık eğrilerinde kullanılan parametreler ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Bu çalışmamızda, parçalı tutulma gösteren lekeli ve lekesiz sistemlerin ışık eğrilerinin çözümlerinde kütle oranı taramasının da iyi sonuç verdiğini gösterdik

4.Sonuç ve Tartışma

Terrell ve Wilson, parçalı tutulma gösteren sistemlerin fotometrik kütle oranının iyi bir biçimde belirlenemediğini vurgulamışlardı. Bu çalışmada yapılan kütle oranı taraması Phoebe 0.3pre5 sürümünde phoebe script diliyle yazmış olduğumuz program ile hızlı bir biçimde çok daha duyarlı olarak bulunabileceği gösterilmiştir (Çizelge 4 ve 5). Terrel&Wilson'ın çalışması ile farklı sonuçlar bulmamızın nedeni uygulanan yöntemlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Onlar parametreler üzerinde çok daha az iterasyon yapmışlar, biz ise bu çalışmada yöntemi otomasyona bağlayarak çok daha fazla iterasyon yapma olanağına sahip olduk. Ayrıca bu çalışmada 0.1 aralıklarla yapılan kütle taraması 0.01 aralıklarla yapılan kütle taramasına göre daha duyarsız sonuçlar vermektedir.

Bundan sonraki çalışmamızda gözlenen bir ışık eğrisini yaptığımız programa girerek q'nun 0-1 aralığında 0.01 adımlarla ve 1-10 aralığında ise 0.1 adımlarla otomatik kütle taramasını yapmaya çalışacağız. Bunun sonucunda sistemin kütle oranını duyarlı olarak bulmak ve aynı zamanda W UMa türü yıldızın A türü mü yoksa W türü mü olduğunu saptamak amacımızı oluşturmaktadır. Bu çalışma robotik teleskoplarla, ayrıca ESA'nın 2011 yılında uzaya göndereceği GAIA uydusunun elde edeceği örten çift yıldız verilerinin hızla indirilmesinde kullanılacaktır.

Kaynaklar

- [1] Terrell, Dirk; Wilson(2005), "Photometric Mass Ratios of Eclipsing Binary Stars" *Astrophysics and Space Science*, 296,221-230
- [2] Prsa, A. ve Zwitter(2006), "A Computational Guide to Physics of Eclipsing Binaries. I.Demonstrations and Perspectives" *Astrophysical Journal*, 628,426-428
- [3] Wilson, R.E., Devinney, E.J(1971), "Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni" *Astrophysical Journal*, 166,605
- [4] Mochnacki, S. W(1984), "Accurate integrations of the Roche model" *Astrophysical Journal Supplement Series*, 55,551-561
- [5] Rucinski, S. M(1973), "The W UMa-type Systems as Contact Binaries. I. Two Methods of Geometrical Elements Determination. Degree of Contact" *Acta Astronomica*, 23,79
- [6] Lucy, L.B(1973), "The Common Convective Envelope Model for W Ursae Majoris Systems and the Analysis of their Light Curves" *Astrophysics and Space Science*, 22,381
- [7] Van Hamme, W(1993), "New limb-darkening coefficients for modeling binary star light curves" *Astronomical Journal*, 106,2096-2117
- [8] <http://phoebe.fiz.uni-lj.si/>

