

Yeni Bulunan Örtün Çiftlerin Gözlemleri ve Işık Eğrisi Analizi

Ahmet DEVLEN ve Varol KESKİN

Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İzmir

Özet MISAO (Multitudinous Image-based Sky-survey and Accumulative Observations) projesinde yeni bulunan değişenlerden seçilen yıldızların, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinde bulunan ROTSE-III'de robotik teleskobuyla ve Ege Üniversitesi Gözlemevi'ndeki 40 cm'lik teleskopla çok renk gözlemleri yapıldı. Elde edilen ışık eğrileri DEBIL (Detached Eclipsing Binary Light Curve Fitter) kodu ve Wilson-Devinney koduyla analiz edilerek gözlemi yapılan örtün çift sistemlerin parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1 Giriş

Bu çalışmada, MISAO (Multitudinous Image-based Sky-survey and Accumulative Observations) projesinde yeni bulunan değişenlerden seçilen yıldızların gözlenerek ışık eğrilerinin elde edilmesi ve çözülmesi amaçlanmıştır. Seçilen yıldızların bazıları TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) bulunan ROTSE-III'de robotik teleskobuyla gözlenmiştir. Parlaklıkları ve konumları uygun olanlar ise Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde (EÜG) gözlenmiştir. Hem TUG ve hem de EÜG'de yapılan gözlemlerde alanlardaki bütün yıldızların parlaklıkları ölçülmüştür. Seçilen yıldızların dönemleri belirlenerek ışık eğrileri elde edilmiş ve elde edilen ışık eğrilerinin çözümleri önce DEBIL (Detached Eclipsing Binary Light Curve Fitter) (Devor, 2005) yazılımı ile yapılmıştır. Sonra Wilson-Devinney kodu kullanılarak çözüm aranmıştır.

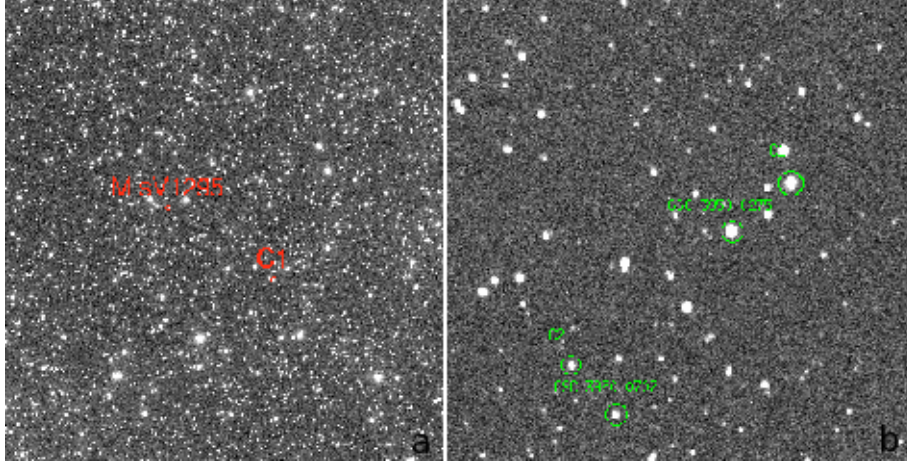
2 Gözlemler ve İndirgeme

Gözlemler TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) ve Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde (EÜG) yapılmıştır. MISAO projesinde yeni bulunan değişenlerden seçilen yıldızların gözlemleri 01 Ocak 2007 - 01 Ocak 2009 dönemi içinde, Antalya Bakırtepe'de kurulu bulunan TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki (TUG) Robotic Optical Transient Search Experiment -III'de (ROTSE-III'd) teleskobuyla yapılmıştır. ROTSE teleskopları, uydular tarafından tespit edilen Gama-Işın Patlamalarına çok hızlı cevap verebilecek şekilde (6 sn gibi bir sürede o kaynağa yönelip gözleme başlayacak şekilde) dizayn edilmişlerdir, detayları Akerlof ve diğ. (2003) makalesinde anlatılmıştır (Kızıloğlu ve diğ., 2005). ROTSE-III'de teleskobunda yapılan gözlemlerde, bütün görüntülerde kara akım düzeltmesi ve düz

alan düzeltmesi, görüntü alınır alınmaz hemen otomatik olarak yapılmaktadır (Kızıloğlu ve diğ., 2005). Daha sonra her bir görüntü için, Sextractor yazılımı (Bertin ve Arnouts, 1996) kullanılarak aletsel parlaklıklar elde edilmektedir ve alandaki bütün yıldızlar, üçgen-eşleme yöntemi kullanılarak USNO A2.0 R-Süzgeci kataloğu ile karşılaştırılıp parlaklıklar kalibre edilmektedir (Kızıloğlu ve diğ., 2005).

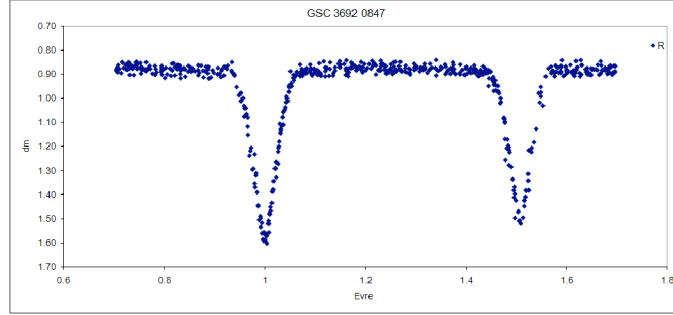
Ege Üniversitesi Gözlemevi'ndeki gözlemler, 16" Meade LX200 Schmidt-Cassegrain teleskop ve ona takılı bulunan 2048x2048 piksel Alta Apogee U42 CCD kamerasıyla yapılmıştır. Gözlemlerde geniş band, B,V,R Bessel süzgeçleri (sönük olan yıldızlarda yalnızca V ve R süzgeçleri) kullanılmıştır. Yapılan gözlemler IRAF (Image Reduction Analysis and Facilities) programıyla indirgenmiştir. Gözlemlerde sırasıyla sıfır (bias), kara akım (dark) ve düz alan (flat field) düzeltmeleri NOAO/IMRED/CCDRED paketindeki ccdproc işlem paketiyle yapılmış ve sonra parlaklıklar yine IRAF'taki NOAO/DIGIPHOT/APPHOT paketindeki phot işlem paketiyle ölçülmüştür. Bütün gözlemler Güneş merkezli zamana (Heliocentric) indirgenmiştir. Daha sonra evreler hesaplatılarak ışık eğrileri elde edilmiştir. Her bir yıldız için aynı gözlem karesinde yeralan bir ya da iki mukayese yıldızı ve en az bir denet yıldızı seçilerek, mukayese yıldızlarının ışık değişimi gösterip göstermediği incelenmiş ve fark ışık eğrileri elde edilirken değişim göstermeyen mukayese yıldızları kullanılmıştır.

TUG'da yapılan gözlemlerde her bir gözlem karesinde en az 5 tane mukayese yıldızı seçilmiş ve mukayeselerin değişim gösterip göstermediği incelenmiştir. Gözlenen örten değişen yıldızların ışık eğrileri parlaklığı değişim göstermeyen ve yakın olan mukayese yıldızlarına göre çizilmiştir. Şekil 1 a) ve b)'de sırasıyla TUG ve EÜG için indirgenmiş gözlemlere ilişkin örnek görüntüler verilmiştir.

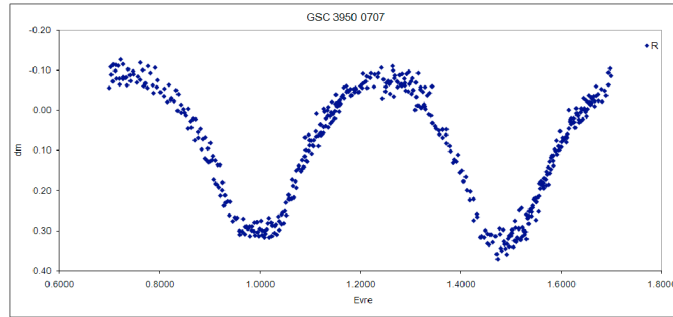


Şekil 1. Gözlemlerden örnek görüntüler; a) TUG, b) EÜG.

Seçilen yıldızların USNO-A2.0 ve GSC katalog isimleri ve dönemleri Tablo 1'de verilmiştir. Yıldızların koordinatları ve USNO-A2.0 numaraları Aladin veri tabanı (Bonnarel, F., ve diğ., 2000) kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen ışık eğrilerine örnek Şekil 2 ve Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2. GCS 3692 0847 yıldızının R bandındaki gözlemi (TUG).



Şekil 3. GCS 3950 0707 yıldızının R bandındaki gözlemi (EÜG).

3 Işık Eğrisi Çözümlemesi

Örten çift yıldızların ışık eğrilerini çözmek için bir çok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bir tanesi, DEBIL (Detached Eclipsing Binary Light Curve Fitter) yazılımı, çok sayıda örten çiftin ışık eğrisini analiz için tasarlanmış bir yazılımdır. Ancak, bu işlemle bulunan parametreler, bilinen daha iyi yöntemler için başlangıç parametreleri olarak kullanılmalı ve asıl çözümler WD gibi yazılımlarla yapılmalıdır. DEBIL temel olarak, adından da anlaşılacağı gibi ayrık sistemler için yazılmıştır. Bunlarda da, kenar kararması gösteren küresel yıldızlar,

Tablo 1. Seçilen Yıldızların isimleri ve dönemleri.

Yıldız Adı	USNO-A2.0	GSC	Dönem (gün)
MisV1306	1425-02852967	0.3697-01892	5.3364
MisV1275	1425-03196728	03690-02012	4.6050
MisV1140	1350-17102713	03624-01696	4.4479
MisV1061	1125-17620700	02180-00207	3.0421
MisV1227	1425-00841436	03658-00307	2.7129
MisV1225	1425-04750344	03722-00767	2.6092
-	1275-00290726	02791-01920	2.0169
MisV1294	1425-01693468	-	1.8060
MisV1095	1275-00278138	02791-02148	1.5825
MisV1317	1425-04099502	03709-00849	1.2848
MisV1278	1425-12687522	03992-01772	1.1205
MisV1295	1425-02533275	03692-00847	1.1001
MisV1239	1425-00290138	03656-01495	1.0650
MisV1289	1425-15158282	-	0.7053
MisV1292	1425-00875743	-	0.6616
-	1425-10938892	03950-00707	0.4120
-	-	03950-00275	0.2423

yansıma ya da 3. ışık olmayan klasik çift sistem yörüngesi olduğu varsayımı yapılmıştır. Yazılıma gözlenen ışık eğrisinin yanında dönem ve kuadratik kenar kararırma katsayıları verilerek, baş yıldızın yarıçapı, yoldaş yıldızın yarıçapı, baş yıldızın parlaklığı, yoldaş yıldızın parlaklığı, yörünge dışmerkezliği, yörünge eğikliği, periastron geçişi, periastron argümanı olarak 8 parametre hesaplanmaktadır. Salt ölçekler bilinmediği için, yarıçaplar yörünge yarı büyük eksen uzunluğu cinsinden bulunmaktadır. Yöntemle yarı ayırık ve degen çifler de çözülebilmesine karşın, bunların sonuçları daha kabadır.

Çok yaygın olan yöntemlerden bir tanesi de Wilson ve Deviney (Deviney 1971) tarafından tanımlanan Wilson-Deviney kodudur. Program zaman içinde sürekli yenilenmektedir. Bu çalışmada Wilson-Deviney ile çözümleri yaparken normal noktaları kullandık. Program giriş parametrelerine diferansiyel düzeltmeler uygulayarak, her çalıştırmada bir iterasyon yapmaktadır. Böylece istenildiği adımda müdahale etme olanağı tanımaktadır. Program aynı anda birden çok ışık eğrisini ortak olarak çözebilmektedir. Özellikle süzegeçlerden bağımsız olan parametreleri belirlemek için birden çok ışık eğrisini ve dikine hız eğrisini ortak çözmek en iyi sonuçları vermektedir.

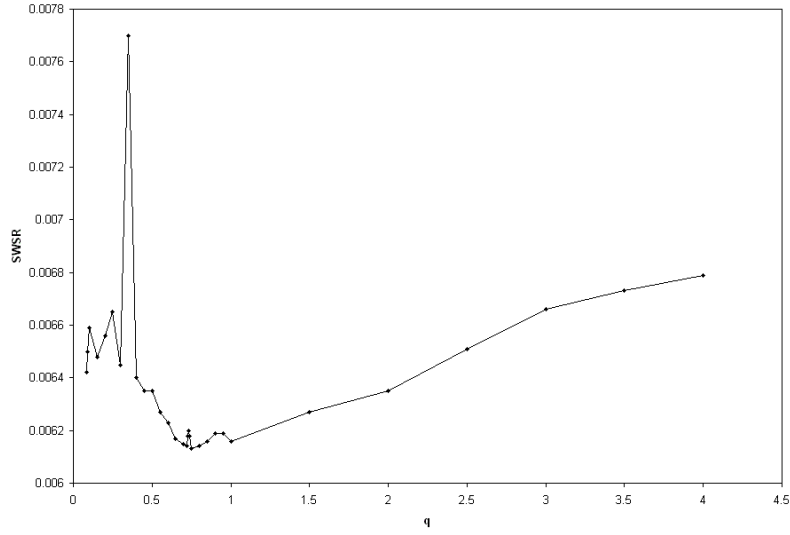
4 Sonuç

Burada yalnızca bir yıldızın çözümü örnek olarak ele alınmıştır: GSC 3950 0275. Bu yıldız Otero ve çalışma arkadaşları (Otero ve diğ.,2004) tarafından Northern Sky Variability Survey (NSVS; Wozniak ve diğ., 2004) araştırmasının serbest kullanıma açılan verilerinden bulunmuş ve bir W UMa sistemi olarak sınıflandırılmıştır.

Elde edilen ışık eğrisinin çözümü için önce q taraması yapılmış (Şekil 4) ve sonra Wilson-Devinney ile çözülmüştür. En iyi çakıştırma Kütle oranı 0.82'de olmaktadır. Sistemin değme derecesi klasik olarak aşağıdaki gibi verilir (Lucy and Wilson,1979):

$$f = \frac{\Omega - \Omega_i}{\Omega_0 - \Omega_i} \quad (1)$$

Burada Ω , Ω_i ve Ω_0 sırasıyla ortak zarfın, iç ve dış değme yüzeylerinin potansiyelleridir. Çözümde kullanılan sabit parametreler ve serbest bırakılan parametrelerin çözüm sonuçları Tablo 2'de, kuramsal eğriler ise Şekil 5'de verilmiştir. Burada noktalar gözlemleri ve sürekli eğriler de kuramsal eğrileri temsil etmektedir. Çözüm sonuçlarına göre sistem 0.11 lik değme derecesine sahip ve bileşenler arasında küçük bir sıcaklık farkı olan bir değen sistem oluşturmaktadır.



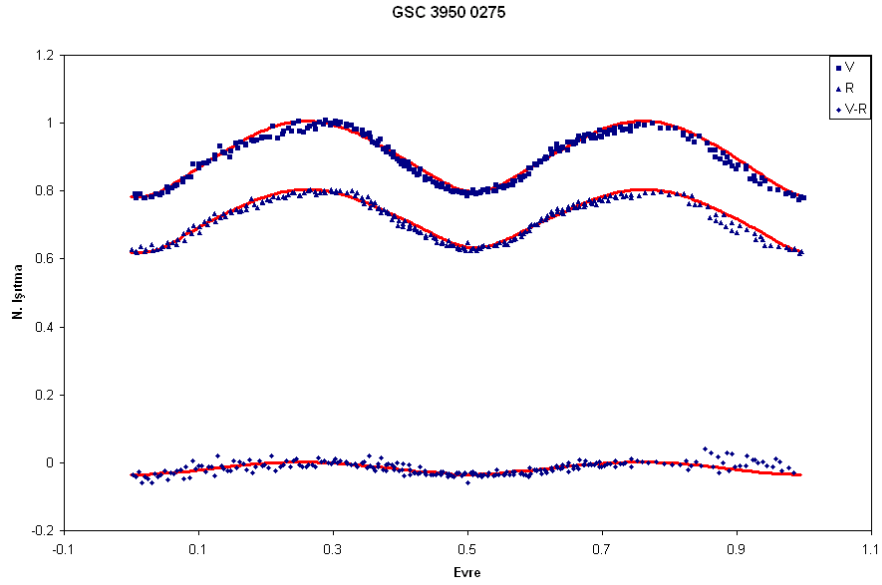
Şekil 4. Gsc 3950 0275 yıldızının q taraması.

Dönemi uzun olan yıldızların EÜG gözlemleri devam etmektedir. Gözlemi biten yıldızların ışık eğrileri elde edilmiş ve çözümlerine başlanmış ve devam etmektedir.

Bu çalışma için gözlem zamanı sağlayan TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne ve Ege Üniversitesi Gözlemevi'ne teşekkür ederiz. Ayrıca bu çalışmada yıldızların konum ve katalog numaralarını belirlemek için SIMBAD veri tabanından (CDS, Strasburg, Fransa) yararlanılmıştır.

Tablo 2. GSC 3950 0275 için Wilson-Devinney çözüm sonuçları.

Parametre	V	R	V,R ortak
P (shift)	0.010 ± 0.001	0.012 ± 0.001	0.011 ± 0.001
i (°)	58.412 ± 0.561	56.298 ± 0.607	57.016 ± 0.556
$x_1 = x_2$	0.586	0.523	0.586, 0.523
$A_1 = A_2$	0.5	0.5	0.5
$g_1 = g_2$	0.32	0.32	0.32
$F_1 = F_2$	1.0	1.0	1.0
$T_1(K)$	6250	6250	6250
$T_2(K)$	5980 ± 67	5878 ± 93	5938 ± 68
$\Omega_1 = \Omega_2$	3.467 ± 0.020	3.492 ± 0.023	3.472 ± 0.017
q	0.870 ± 0.012	0.869 ± 0.014	0.863 ± 0.009
f	0.14 ± 0.04	0.09 ± 0.04	0.11 ± 0.04
$L_1/(L_1 + L_2)$	0.577 ± 0.013	0.584 ± 0.012	0.586 ± 0.011 (V), 0.576 ± 0.009 (R)
$L_2/(L_1 + L_2)$	0.416	0.416	0.414 (V), 0.424 (R)
r1 (Pole)	0.377 ± 0.003	0.372 ± 0.003	0.374 ± 0.003
r1 (Side)	0.398 ± 0.004	0.392 ± 0.004	0.396 ± 0.003
r1 (Back)	0.423 ± 0.006	0.424 ± 0.006	0.430 ± 0.005
r2 (Pole)	0.351 ± 0.003	0.347 ± 0.004	0.351 ± 0.003
r2 (Side)	0.370 ± 0.004	0.364 ± 0.004	0.369 ± 0.003
r2 (Back)	0.406 ± 0.006	0.397 ± 0.006	0.404 ± 0.005
SWSR	0.001	0.001	0.003



Şekil 5. GSC 3950 0275 yıldızının kuramsal eğrileri.

Kaynaklar

- Akerlof, C. W., Kehoe, R. L., McKay, T. A., Rykoff, E. S., Smith, D. A., Casperson, D. E., McGowan, K. E., Vestrand, W. T., Wozniak, P. R., Wren, J. A., ve 5 yazar daha: 2003, PASP, 115, 132.
- Bertin, E. ve Arnouts, S.: 1996, AAS, 117, 393.
- Bonnarel, F., Fernique, P., Bienaymé, O., Egret, D., Genova, F., Louys, M., Ochsenbein, F., Wenger, M., Bartlett J. G.: 2000, AAS, 143, 33.
- Devor, J., 2005, ApJ, 628, 411.
- Kızıloğlu, Ü., Kızıloğlu, N., Baykal, A.: 2005, AJ, 130, 2766.
- Lucy, L. B. ve Wilson, R. E.: 1979, ApJ, 231, 532.
- Otero, S. A., Wils, P., Dubovsky, P.: 2004, IBVS, 5570, New Eclipsing Binaries Found in the NSVS Database I.
- Wilson, R.E. ve Devinney, E.,J.: 1971, ApJ, 166, 605.
- Wozniak, P. R., Vestrand, W. T., Akerlof, C. W., Balsano, R., Bloch, J., Casperson, D., Fletcher, S., Gisler, G., Kehoe, R., Kinemuchi, K., ve 8 yazar daha: 2004, AJ, 127, 2436, Northern Sky Variability Survey: Public Data Release.