

ROTSE3D GÖZLEMLERİNDE ÖRTEN DEĞİŞEN YILDIZ TARAMASI

Ahmet DEVLEN, Varol KESKİN, Kadri YAKUT

*Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100,
Bornova, İzmir*

Özet.

Bu çalışmada, “Bazı Yeni Uzun-Dönemli Değişen Yıldızların Gözlemi” başlıklı TUG projesi kapsamında, ‘TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi’nde bulunan Rotse3d teleskobuyla 2007 yılı içinde yapılan gözlemler kullanılmıştır. Rotse3d teleskopu beyaz ışıktaki yapılmış olan gözlemleri işlemden geçirip, kaynakların R-bandına eşdeğer parlaklıklarını vermektedir. Bu gözlem verilerinden örten değişen yıldız taraması yapılmış ve **bu çalışmayla yeni bulunan 20** örten değişen yıldızın ışık eğrileri elde edilmiştir. Bunlardan ayırık olan sistemlerin ışık eğrileri DEBİL adlı yazılım kullanılarak çözümlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Örten değişenler, Ayırık sistemler

Abstract.

In this study, observations obtained using the Rotse3d telescope of ‘TÜBİTAK National Observatory’ for the project “The Observations of the Some New Long-period Variable Stars” during 2007, were used. Rotse3d processes the white-light observations and gives the R-band equivalent magnitudes of the sources. Eclipsing variable search were made using these observations and the light curves of the 20 eclipsing variable star were obtained. The light curves of the detached systems among them analyzed using the code of DEBİL.

Key words: Eclipsing Variables, Detached systems

1.Giriş

Bu çalışma, “Bazı Yeni Uzun-Dönemli Değişen Yıldızların Gözlemi” başlıklı TUG projesinin bir yan ürünüdür ve bu çalışmanın amacı, projede yer alan hedef gök cisimlerinin bulunduğu bölgelerde örten değişen yıldız taraması yapmak ve bulunan yeni değişen yıldızları gruplandırarak ayırık örten değişen yıldızların ilk parametrelerini belirlemek olmuştur. Önce indirgenmiş ve standart parlaklığa dönüştürülmüş gözlemlerden bölgedeki bütün yıldızların parlaklıkları okutulup dosyalar oluşturuldu. Seçilen yıldızların parlaklıkları bu dosyalardan okutuldu ve dönem bulma programıyla dönemler arandı. Bulunan örten çiftlerin elde edilen ışık eğrilerinin çözümleri DEBIL (Detached Eclipsing Binary Light Curve Fitter) (Devor, 2005) yazılımı ile yapıldı.

2.Gözlemler ve İndirgeme

Gözlemler 01 Ocak 2007 – 01 Mart 2008 dönemi içinde, Antalya Bakırlıtepe’de kurulu bulunan TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi’ndeki (TUG) Robotic Optical Transient Search Experiment –IIIId (ROTSE-IIIId) teleskobuyla yapılmıştır. ROTSE-III teleskopları, uydular tarafından tespit edilen Gama-Işın Patlamalarına çok hızlı cevap verebilecek şekilde, ~6sn gibi bir sürede o kaynağa yönelip gözleme başlayacak şekilde dizayn edilmişlerdir, detayları Akerlof ve diğ. (2003) makalesinde anlatılmıştır (Kızıloğlu ve diğ., 2005).

TUG’da bulunan ROTSE-IIIId teleskopu 45 cm çaplıdır. Gözlemler filtresiz yapılmıştır. Kullanılan Yük Eşleme Cihazı (YEC) 2048 x 2048 göze sahip ve göze ölçeği ise 3”.3 göze⁻¹ dir. Toplam görüş alanı 1°.85 x 1°.85 dir. Bütün gözlemlerde 20 saniye poz süresi verilmiştir. Gözlem programında uygun olan gecelerde 1 - 10 adet görüntü alınmıştır. Günlük gözlem programında gözlem zamanı ayrılması mümkün olunca aynı gök cismine tekrar dönülerek gözleme devam edilmiştir. Bütün görüntülerde kara akım düzeltmesi ve düz alan düzeltmesi, görüntü alınır alınmaz hemen otomatik olarak yapılmaktadır (Kızıloğlu ve diğ., 2005). Ön indirgemesi yapılmış her bir görüntü için, Sextractor yazılımıyla (Bertin ve Arnouts, 1996) 5 göze çaplı açıklık kullanılarak aletsel parlaklıklar elde edilmiştir. Daha

sonra alandaki bütün yıldızlar, üçgen-eşleme yöntemi kullanılarak USNO A2.0 R-Süzgeci kataloğu ile karşılaştırılıp parlaklıklar kalibre edilmiştir (Kızıloğlu ve diğ., 2005).

Bu çalışmada, gözlem görüntülerinden bütün yıldızların parlaklıkları okutulup parlaklık dosyaları (TBL) oluşturulurken gözlem zamanlarına Güneş merkezli zaman düzeltmesi uygulanmıştır. Gözlem görüntülerinden seçilen mukayese ve diğer yıldızların standartlaştırılmış R parlaklıkları bu TBL dosyalarından PHP yazılım kodu kullanılarak okutulmuştur. Bu işlem sırasında bulutlu ve görüş kalitesi düşük olan geceler yıldızların FWHM değerlerine bakılarak ayıklanmıştır. Gözlem bölgeleri alfabenin harfleri kullanılarak isimlendirilmiştir (A, B, D, E, vb.). Gözlem yapılan bölgelerdeki yıldız sayısı 4000 – 20000 arasında değişmektedir. Daha sonra SIMBAD ve GCVS (<http://www.sai.msu.su/gcvs/>) veri tabanları taranarak her bir gözlem bölgesinde bilinen değişen yıldızlar işaretlenmiştir. Bilinen ve bu bölgelerde işaretlenen değişen yıldızlar dışında kalan ve o bölgeden seçilen yıldızlar görüntülerdeki (x,y) koordinatlarına göre sırayla numaralandırılmıştır (A0262, D044, G1245, M4496 vb.).

Seçilen yıldızların USNO-A2.0 katalog isimleri, katalogta verilen R parlaklıkları ve 2000 yılına ait koordinatları, gözlemlerde elde edilen nokta sayısı ve kullanılan mukayese yıldızlarının USNO-A2.0 numaraları Çizelge 1’de verilmiştir. Yıldızların koordinatları ve USNO-A2.0 numaraları Aladin veri tabanı (Bonnarel, F., ve diğ., 2000) kullanılarak belirlenmiştir. Çizelge 2’de ise çözüm sonucunda bulunan parametreler verilmiştir. Elde edilen ışık eğrileri ve çözüm sonucu oluşturulan kuramsal eğriler Şekil 1 – Şekil 20’de verilmiştir. Şekillerde üstteki grafikler gözlemlerle kuramsal eğri arasındaki farkı göstermektedir. Altaki grafiklerde ise: Kırmızı noktalar: gözlem noktalarını, Yeşil bar: gözlem noktalarının hatalarını ve Mavi noktalar: kuramsal ışık eğrisini temsil etmektedir.

3.Dönem Belirlenmesi

Kullanılan yazılım, Schwarzenberg-Czerny (1989, 1996) tarafından geliştirilen ve varyans analizine dayalı bir algoritma ile çalışmaktadır. 0.1 ile 1000 gün arasında tarama yapılmakta, 8 evre

bölümü için 2. derece bir polinom çakıştırması etrafında varyansı en küçük yapan dönem seçilmektedir. Aliaslar, dönem taramasında zayıf dönemlilikleri ve aliasa yakın dönemleri bastırabildiği için sorun olmaktadır. Aliaslardan en kuvvetli 12 tanesi, yanlış belirlenen dönemleri içerecek biçimde elenmekte ve bundan sonraki en iyi dönem alınmaktadır. Çok sayıda farklı veri için %1 kadar gerçek dönem elemesi olmaktadır. Sonuç olarak dönem belirlendiğinde, 1'den 19'a kadar oranlı katları da, daha iyi dönem verip vermeyeceğini görmek için ayrıca denenmektedir.

Verilen dönem kullanılarak saçılma miktarı belirlenmektedir. Eğer dönem doğruysa, saçılma da minimum olmaktadır. Eğer ışık eğrisi yanlış dönem ile katlanırsa, saçılma artmakta ve verinin dağılımı rastgele olmaktadır. Bu aşamada, test edilen her dönem için saçılmalar hesaplanmakta ve ortalama saçılmadan en az ayrılan sigma değerleri hesaplanmaktadır.

Çok benzer minimumları olan ya da ikinci minimumları çok sığ olduğu için belirlenemeyen ışık eğrilerinde dönem genellikle gerçek değer yarısı olarak belirlenmektedir.

4. Işık Eğrisi Çözümlemesi

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, yansıma ya da 3. ışık olmayan klasik çift sistem yörüngesi olduğu varsayımı yapılmıştır. Yazılıma gözlenen ışık eğrisinin yanında dönem ve kuadratik kenar kararma 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 yarıbüyük eksen uzunluğu cinsinden bulunmaktadır. Yöntemle yarıayrık ve degen çiftler de çözülebilmesine karşın, bunların sonuçları daha kabadır.

DEBİL başlangıçta parametreler için başlangıç değerleri belirlemektedir. Işık eğrisinden evre hesaplanarak minimumların derinlikleri ve genişlikleri hesaplanmaktadır. Ayrık sistemler için basitleştirilmiş analitik çözümlere (Danby 1964; Mallen-Ornelas ve diğ. 2003; Seager ve Mallen-Ornelas 2003) dayanan bir dizi denklem kullanılarak, çakıştırma optimizasyon işlemi için DEBİL bir başlangıç noktası oluşturmaktadır. Bundan sonra parametreler, en iyi çakıştırmayı bulmak amacıyla, farkların karelerinin minimum olacak biçimde, optimizasyon algoritmasına göre sistematik olarak değiştirilmektedir. Seçilen optimizasyon algoritması downhill simplex yöntemidir ve bu simule edilmiş annealing (Nelder 1965; Kirkpatrick ve diğ. 1983; Vanderbilt ve Louie 1983; Otten ve van Ginneken 1989; Press ve diğ. 1992) ile birlikte kullanılmaktadır. Bu algoritma, basitliği, hızı ve uzun zamandan beri benzer çözümler için güvenli olarak kullanılıyor olması nedeniyle seçilmiştir. Nerede durulacağını belirlemek zor olduğundan, 10000 iterasyon yapılarak, minimum bunların içinden belirlenmektedir. Bu yolla olması gereken minimumdan en çok % 0.1 sapılmaktadır. Bu aşamadan sonra DEBİL bulunan parametrelerin belirsizliklerini hesaplamaktadır. En son olarak ta dalgalılık ve saçılma parametreleri hesaplanmakta, böylelikle de zonklayan yıldızlar gibi örten olmayan değişenler ayıklanabilmektedir (Devor, 2005).

Çözümlerimizde yörünge dış merkezlik (e) değerini sıfır olarak aldık. Yalnızca bir sistemde (M259) yörünge dış merkezliğinin sıfırdan çok farklı olduğu açıkça görülmektedir (Bkz. Şekil 16). Bu yıldızın ışık eğrisini çözerken yörünge dış merkezlik değerini serbest bıraktık. Ayrıca bir tane de β lyr türü örten değişen (K2790) için çözüm denemesi yaptık. Elde edilen kuramsal eğri ve gözlemsel ışık eğrisi Şekil 11'de verilmektedir. Çözüm sonuçlarında bazı sistemlerde hatalar yüksek çıkmıştır (örneğin; iki sistemin (D044 ve E517) r_2 yarıçaplarının hatası kendisinden yüksektir), bu durum yan minimumların saçılmalı olmasından veya bant şeklinde olmasından kaynaklanmaktadır. Kenar kararma katsayıları $x_1(R)=0.4465$ ve $x_2(R)=0.1855$ olarak sabit alınmıştır.

Çizelge 1: Seçilen Yıldızlar

Yıldız Adı	USNO-A2.0 Numarası	R (kadir)	α (2000)	δ (2000)	N. Say.	Mukayese (USNO-A2.0)
A0262	1125-17586161	13.6	20:59:24.80	27:24:24.2	539	1125-17618110
D044	1275-00290726	11.7	00:28:09.59	41:40:19.9	565	1275-00285358
E246	1350-17053466	12.0	22:38:28.39	47:20:22.3	532	1350-17104672
E517	1350-17033002	10.7	22:37:51.49	48:11:00.2	735	1425-04794255
F120	1425-04782400	12.0	04:02:41.58	55:18:51.1	492	1425-04794255
G401	1425-00825278	12.2	00:34:56.39	54:13:54.7	739	1425-00757032
G1487	1425-00964274	13.2	00:41:11.66	54:41:45.4	647	1425-00757032
G1884	1425-00685816	12.6	00:29:05.45	54:53:57.8	568	1425-03125027
J90	1425-03324675	12.0	02:22:03.28	55:17:39.8	491	1425-03125027
J1339	1425-03363379	13.5	02:23:30.37	55:56:42.6	449	1425-01680711
K2337	1425-01649652	12.0	01:12:09.61	53:22:06.7	426	1425-01680711
K2790	1425-01732416	12.9	01:16:00.43	53:36:56.5	417	1425-01680711
L2355	1425-02621028	12.3	01:54:37.20	57:49:34.7	427	1425-02568626
L3021	1425-02646518	12.6	01:55:36.71	58:06:05.5	427	1425-02568626
L3030	1425-02615609	11.8	01:54:24.75	58:06:38.6	442	1425-02568626
M259	1425-02833897	9.6	02:02:44.04	58:07:02.3	554	1425-02759447
M2220	1425-02918269	13.2	02:06:01.40	58:51:32.1	501	1425-02759447
M2471	1425-02795585	12.7	02:01:16.26	58:58:03.5	532	1425-02759447
M2564	1425-02994340	12.7	02:08:59.17	58:58:39.9	562	1425-02759447
M4496	1425-02878948	12.7	02:04:28.72	59:45:48.0	538	1425-02759447

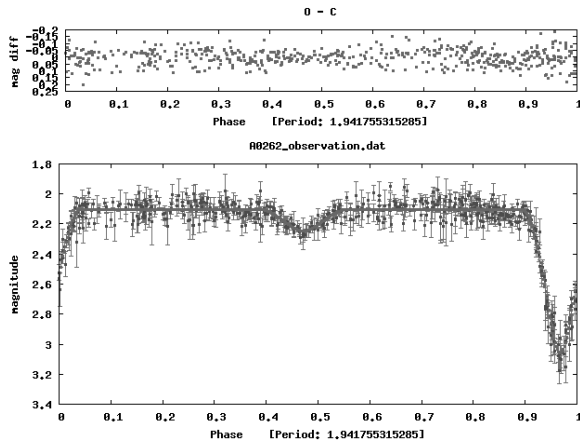
Çizelge 2: Elde edilen parametreler

Yıldız Adı	T_0 (HJD) 2454000 +	P (gün)	i (°)	r_1 (a)	r_2 (a)	m_1 (R) (kadir)	m_2 (R) (kadir)
A0262	328.3069	1.941755315	89.55 ± 056	0.265 ± 0.067	0.195 ± 0.019	15.13 ± 0.93	14 ± 2
D044	325.4244	2.016876412	77 ± 3	0.419 ± 0.015	0.137 ± 0.029	11.21 ± 0.31	15 ± 3
E246	454.2724	2.662269637	85.22 ± 0.26	0.207 ± 0.022	0.138 ± 0.026	11.53 ± 0.29	12.42 ± 0.54
E517	254.4810	2.851891726	78.95 ± 0.36	0.226 ± 0.027	0.072 ± 0.013	11.30 ± 0.43	12 ± 4
F120	107.2873	2.648290318	85.65 ± 0.42	0.180 ± 0.026	0.134 ± 0.051	12.93 ± 0.55	14 ± 1
G401	110.3289	2.137893877	89.71 ± 0.38	0.212 ± 0.020	0.152 ± 0.032	12.64 ± 0.36	13.26 ± 0.65
G1487	110.3515	1.270618248	79 ± 1	0.278 ± 0.021	0.188 ± 0.013	13 ± 1	14 ± 3
G1884	363.4475	1.49117189	78 ± 1	0.350 ± 0.042	0.262 ± 0.014	12.71 ± 0.45	13 ± 2
J90	107.3457	4.224860849	89.31 ± 0.15	0.096 ± 0.002	0.060 ± 0.015	11.56 ± 0.26	13.40 ± 0.89
J1339	388.4270	2.711766175	87.47 ± 0.23	0.127 ± 0.002	0.066 ± 0.037	12.78 ± 0.16	16 ± 1
K2337	393.2304	4.399139432	90.00 ± 0.12	0.113 ± 0.005	0.068 ± 0.010	11.57 ± 0.13	12.53 ± 0.34

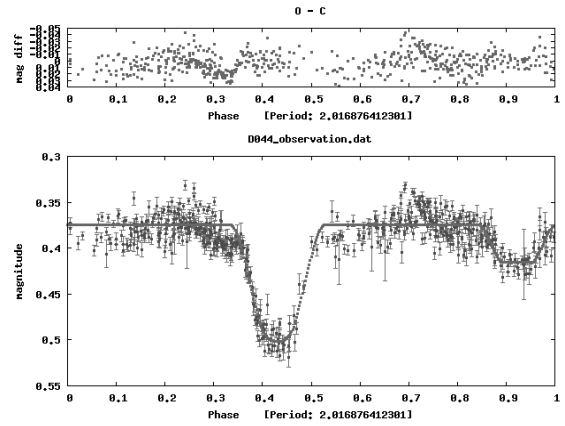
K2790 ⁽¹⁾	374.3606	0.574306067	83 ± 1	0.535±0.05 1	0.418±0.03 7	12.99±0.2 3	14.26±0.32
L2355	366.3014	1.347064668	74.06 ± 0.92	0.290±0.00 7	0.238±0.04 9	12.55±0.1 1	14.33±0.68
L3021	359.4453	2.131553616	81.81 ± 0.37	0.188±0.01 1	0.130±0.05 4	12.75±0.3 9	14±1
L3030	361.4960	2.947866967	81.88 ± 0.29	0.146±0.01 9	0.145±0.01 8	13.05±0.3 2	13.27±0.29
M259 ⁽²⁾	332.4539	7.453003631	87.31 ± 0.45	0.202±0.02	0.132±0.03 2	10.20±0.3 7	11.28±0.73
M2220	463.2583	4.82101616	87.36 ± 0.32	0.161±0.01 1	0.104±0.03 2	13.69±0.5 6	14.62±0.77
M2471	357.4518	3.352661071	85.56 ± 0.47	0.201±0.02 5	0.149±0.07 7	13.44±0.9 5	14±2
M2564	451.3356	3.068550137	83.23 ± 0.44	0.181±0.00 6	0.112±0.04 6	12.94±0.5 0	14±1
M4496	463.3005	0.916758511	73 ± 2	0.463±0.01 2	0.249±0.16 5	12.87±0.2 3	15±2

(1) β lyr türü örten değişen yıldız.

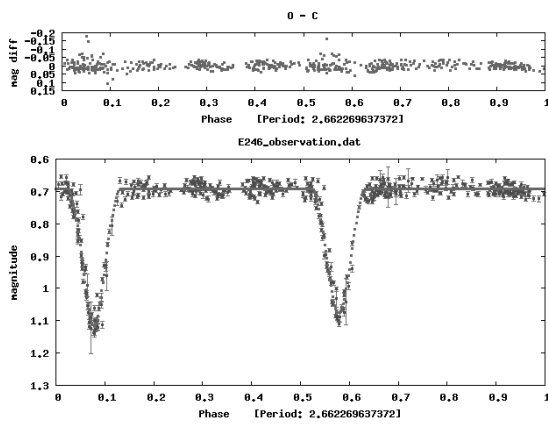
(2) $e=0.34\pm 0.06$



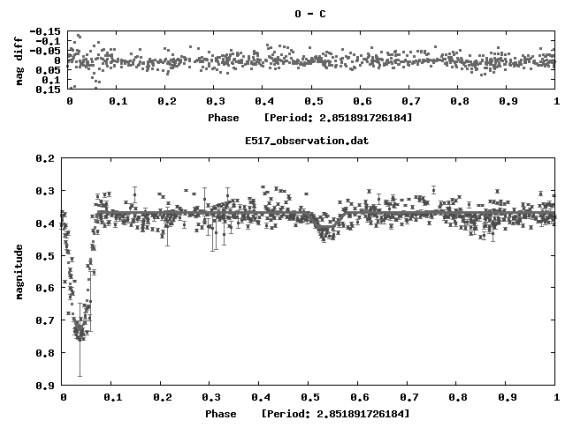
Şekil 1: USNO-A2.0 1125-17586161



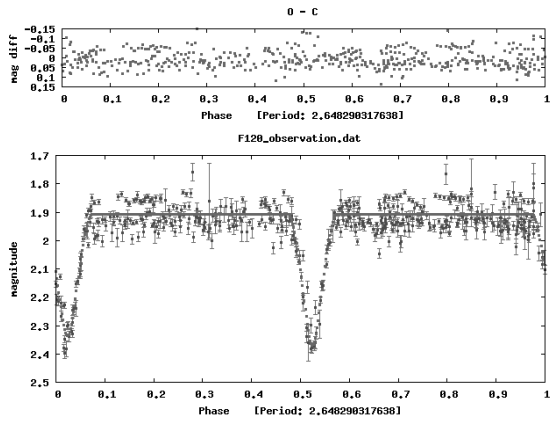
Şekil 2: USNO-A2.0 1275-00290726



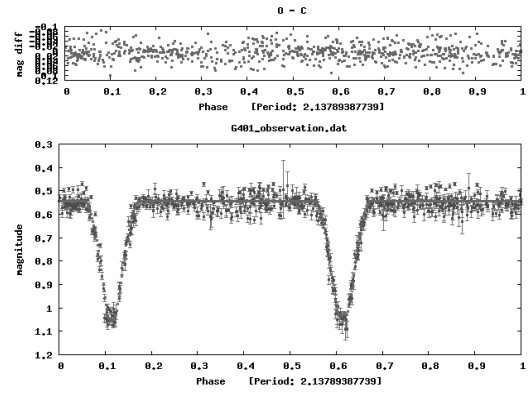
Şekil 3: USNO-A2.0 1350-17053466



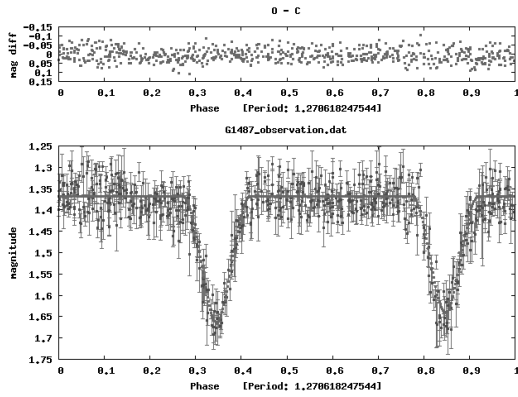
Şekil 4: USNO-A2.0 1350-17033002



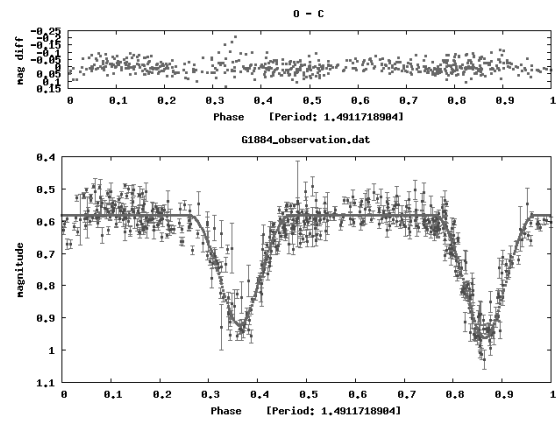
Şekil 5: USNO-A2.0 1425-04782400



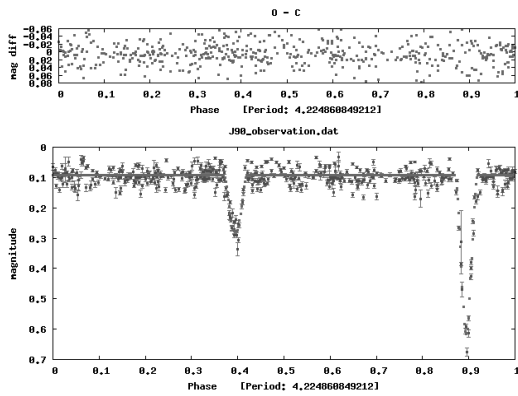
Şekil 6: USNO-A2.0 1425-00825278



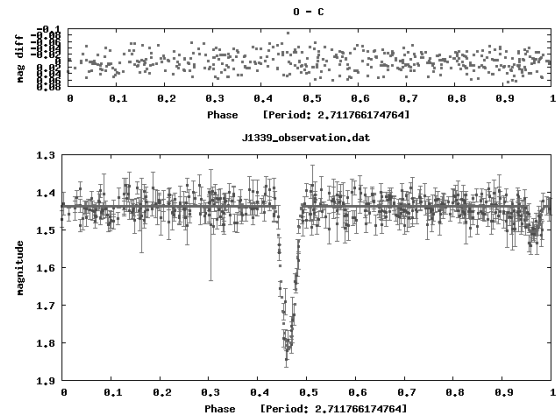
Şekil 7: USNO-A2.0 1425-00964274



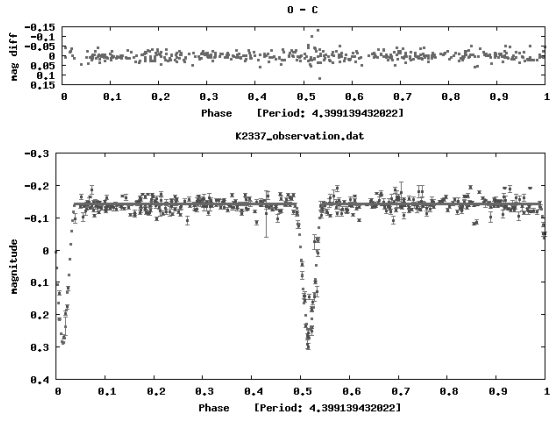
Şekil 8: USNO-A2.0 1425-00685816



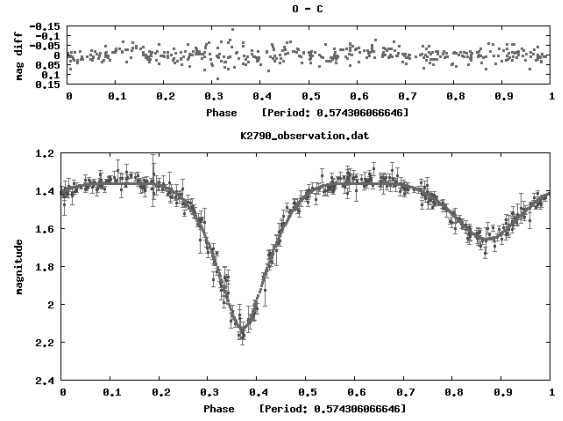
Şekil 9: USNO-A2.0 1425-03324675



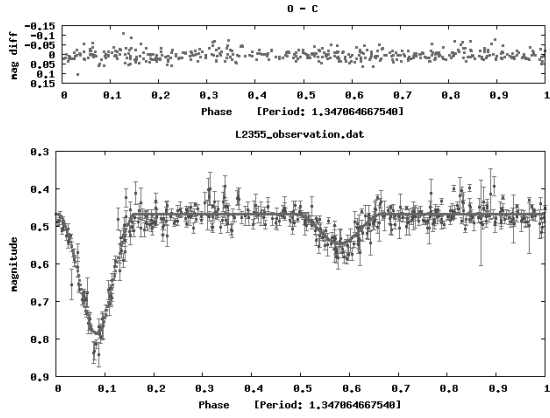
Şekil 10: USNO-A2.0 1425-03363379



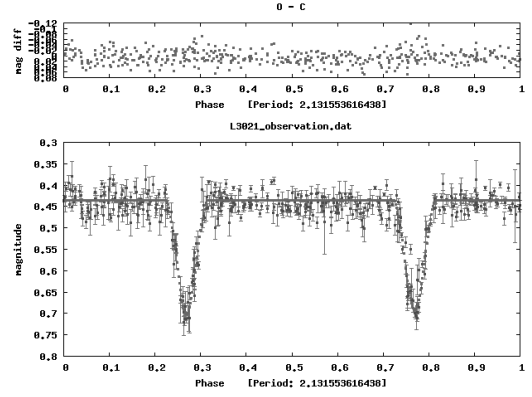
Şekil 11: USNO-A2.0 1425-01649652



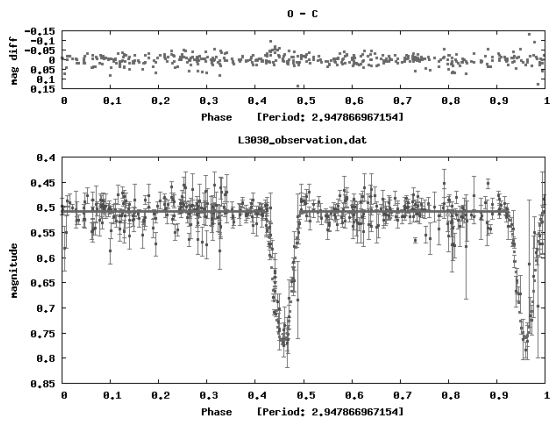
Şekil 12: USNO-A2.0 1425-01732416



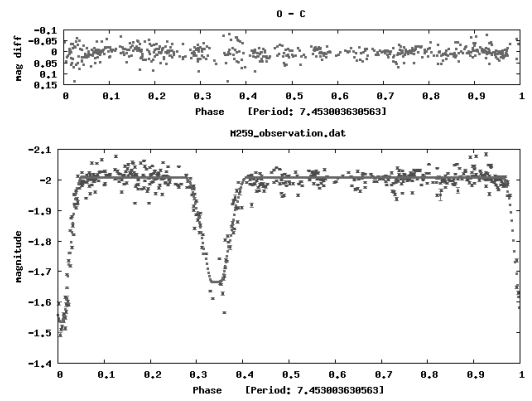
Şekil 13: USNO-A2.0 1425-02621028



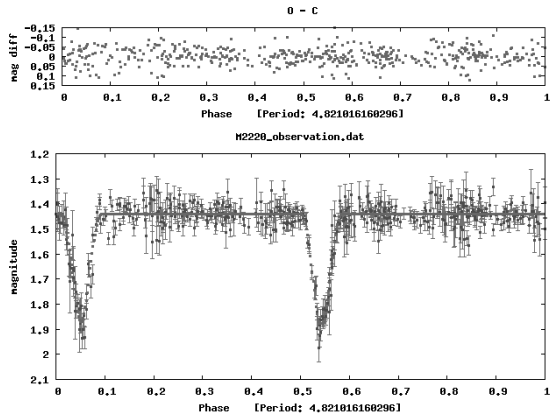
Şekil 14: USNO-A2.0 1425-02646518



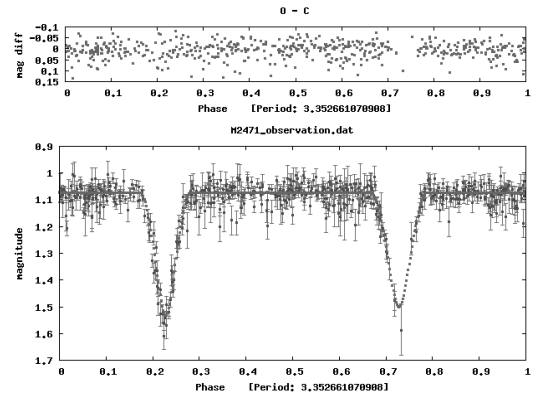
Şekil 15: USNO-A2.0 1425-02615609



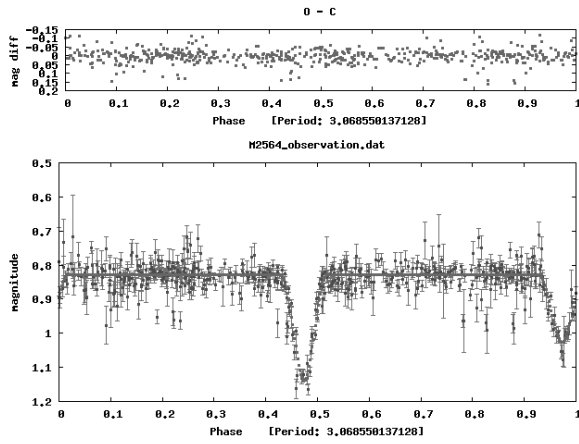
Şekil 16: USNO-A2.0 1425-02833897



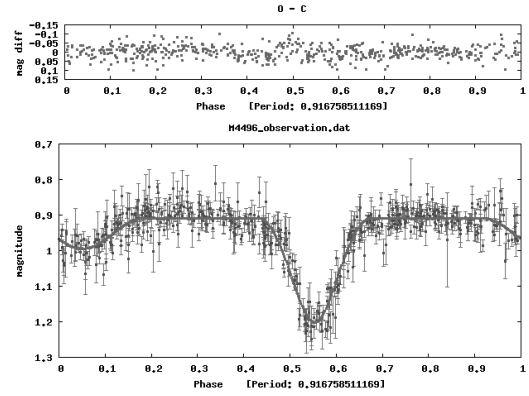
Şekil 17: USNO-A2.0 1425-02918269



Şekil 18: USNO-A2.0 1425-02795585



Şekil 19: USNO-A2.0 1425-02994340



Şekil 20: USNO-A2.0 1425-02878948

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

Kaynaklar

Akerlof, C. W., ve diğ., 2003, PASP, 115, 132

Bertin, E. ve Arnouts, S., 1996, A&AS, 117, 393

Bonnarel, F., Fernique, P., Bienaymé, O., Egret, D., Genova, F., Louys, M., Ochenbein, F., Wenger, M., Bartlett J. G., 2000, A&AS, 143, 33

Danby, J. M. A., 1964, Fundamentals of Celestial Mechanics (New York: Macmillan)

- Devor, J., 2005, *ApJ*, 628, 411
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., Vecchi, M. P., 1983, *Science*, 220, 671
- Kızıloğlu, Ü., Kızıloğlu, N., Baykal, A., 2005, *AJ*, 130, 2766
- Mallén-Ornelas, G., Seager, S., Yee, H. K. C., Minniti, D., Gladders, M. D.,
Mallén-Fullerton, G. M., Brown, T. M., 2003, *ApJ*, 582, 1123
- Nelder, J. A., Mead, R., 1965, *Computer Journal*, 7, 308
- Otten, R. H. J. M., van Ginneken, L.P.P.P., 1989, *The Annealing Algorithm*
(Dordrecht: Kluwer)
- Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., Flannery, B. P., 1992,
(2nd ed.; Cambridge: University Press)
- Schwarzenberg-Czerny, A., 1989, *MNRAS*, 241, 153
- Schwarzenberg-Czerny, A., 1996, *ApJ*, 460, L107
- Seager, S., Mallén-Ornelas, G., 2003, *ApJ*, 585, 1038
- Vanderbilt, D., Louie, S. G., 1983, *Journal of Comp. Phys.*, 56, 259