GQ Dra Örten Çift Yıldızının İlk Işık Eğrisinin Çözümü

M. Eray Atay[1], M. Mustafa Keskin[3], Sinan Aliş[1,2]

[1] İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
[2] Eyüboğlu İkiz Gözlemevi, Ümraniye – İstanbul
[3] Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

ÖZET

Bu çalışmada, HIPPARCOS uydusu tarafından keşfedilen, β Lyrae türü örten değişen yıldız olan GQ Dra'nın 21 - 30 Eylül 2000 tarihlerinde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi 'nde, 40 cm. çaplı teleskop ve SSP5-A ışıkölçeri (Hamamatsu 4457) kullanılarak elde edilmiş ışık eğrileri çözülmüştür. Yapılan gözlemlerden Kwee ve van Woerden yöntemi ile bir Min I ve bir Min II zamanları saptanmıştır. UBVR renklerinde elde edilen ışık eğrilerinden, Binary Maker 2.0 **(Bradstreet, 1993)** programı kullanılarak yapılan yaklaşımda sisteme ait bileşenlerin kesirsel yarıçapları, kütle oranı, sıcaklıkları ve yörünge eğimi belirlendi. Bu değerler WD yöntemiyle yapılacak çözümleme için giriş değerleri olarak alındı. GQ Dra dizgesinin örten değişen olduğunun yeni belirlenmiş olması ve GQ Dra ile ilgili literatürde çalışmanın olmaması nedeni ile dönem değişimini incelemek mümkün olmamıştır.

1. GİRİŞ

HIPPARCOS uydusu 8 Ağustos 1989 yılında 120000 yıldızın astrometrik gözlemini yapmak için fırlatıldı. Kasım 1989 'dan Mart 1993 'e kadar gözlemlerine devam etti. Bu gözlem süresi içinde yıldızlara ait astrometrik gözlemlerin yanında fotometrik gözlemler de yapmıştır. Uydu 12.4 kadire kadar inebilmiş 0.0015 kadirlik hassasiyetle ölçüm yapmıştır. Uydudan alınan veriler 1994 'ün ilk aylarında indirgenmeye başlandı, 3 yıllık indirgeme sonrasında ESA (European Space Agency), 1 Haziran 1997 'de 17 bölümden oluşan HIPPARCOS kataloğunu dağıtmaya başladı.

Katalog da 118218 tane yıldız var, bunların 117955 tanesi astrometrik, 118204 tanesinin ise fotometrik gözlemleri yapılmıştır. Yapılan fotometrik gözlemlerden birçok değişen yıldız keşfedilmiştir. Bu yeni keşfedilen değişen yıldızların bir kısmı da örten değişen yıldızlardır **(Atay ve ark., 2000)**. HIPPARCOS kataloğunda 917 tane örten çift yıldız bulunmaktadır, bunların 347 tanesi yeni keşfedilmiş örten çift yıldızlardır. Katalogdan, yıldızların konsayıları, tayfları, en yüksek ve en düşük parlaklıkları, dönemleri, türleri gibi temel bilgiler elde edinilebilinir. Katalog bilgileri ışığında; GQ Dra, yeni keşfedilmiş yıldızların içinden seçilmiştir. GQ Dra ışık eğrisine göre β Lyr türü değişen bir örten çift yıldızdır.

HIP ID : 85277	RA (J2000) : $17^h\ 25^m\ 29^s.4$	DEC (J2000) :$+51^0$ 29' 35''.08
TAYF TÜRÜ: A3	GCVS : EB	DÖNEM : 0.76589
EN YÜKSEK PARLAKLIK : 8.979	EN DÜŞÜK PARLAKLIK : 9.423	IRAKSINIM : 2.94 ± 1.39

2. GÖZLEMLER, IŞIK EĞRİSİ VE MİNİMUM ZAMANLARI

GQ Dra 'nın gözlemleri için TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi 'nden (TUG) iki gözlem zamanı alınmıştır. Bunlardan ilki 21-30 Eylül 2000 tarihinde gözlemci olarak M. Eray ATAY ve Sinan ALİŞ, diğeri ise 23-30 Kasım 2000 tarihinde M. Mustafa KESKİN gözlemci olarak TUG 'da bulunmuştur. Bu gözlemlerde 21-30 Eylül tarihindeki gözlem oldukça verimli geçmiştir, ancak 23-30 Kasım tarihinde hava şartlarından dolayı gözlem yapılamamıştır.

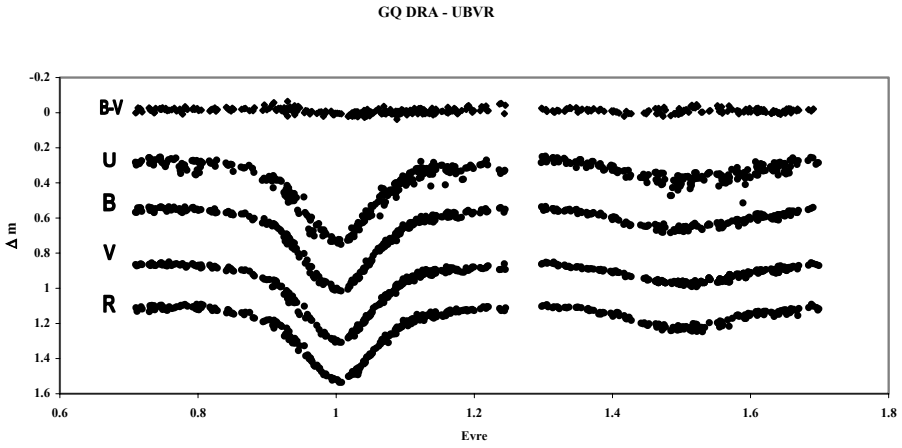
GQ Dra ile ilgili gözlemler TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi 'nde (TUG) 40 cm 'lik Cassegrain teleskopu ve ona bağlı olarak çalışan SSP5-A ışıkölçeri (Hamamatsu 4457) kullanılarak yapılmıştır. Gözlemlerde standart BV renkleri kullanılmıştır. B renginde 408, V renginde 483 ve R renginde 423 nokta alınmıştır. Mukayese yıldızı olarak BD $+51^0$2234 olarak kullanmıştır. Gözlem sırası olarak C S V V V S C gözlem seti kullanılmıştır. Her bir nokta için 10 sn poz süresi verilmiştir. Gözlemlerden sonra veriler Varol Keskin tarafından yazılmış ATMEX programyla indirgendi ve zamanlar HJD 'ye çevrildi **(http://astronomy.sci.ege.edu.tr/~keskinv/)**. Elde edilen ışık eğrileri GQ Dra 'nın β Lyr türü bir örten

değişen olduğunu göstermektedir. Dizgeye ait minimum zamanları **Kwee ve van Woerden (1956)** yöntemi ile elde edildi.

Min I = HJD 2451812.31325 ± 0.00038
O – C (Min I) = 0.0024

Min II = HJD 2451817.28809 ± 0.00109
O – C (Min II) = 0.0009

Elde edilen ışık eğrileri ve B-V renk eğrisi **Şekil 1** 'de gösterilmektedir.



Şekil 1. GQ Dra'nın 2000 gözlem döneminde elde B ve V renklerindeki ışık eğrileri ve B - V renk eğrisi

B - V renk eğrisine bakıldığında birinci minimumda B - V azalmakta, dolayısıyla bir kızıllaşma meydana gelmektedir. İkinci minimumda ise dizgenin ışığı, az olmakla beraber bir miktar mavileşme göstermektedir. Baş minimumdaki belirgin kızıllaşma, yoldaşın baş yıldıza göre daha geri tayf türünden olduğunu, fotometrik olarak göstermektedir.

3. L3 HESABI

GQ Dra örten çift dizgesinin, görsel bir üçüncü bileşeni vardır. HIPPARCOS kataloğundan edinilen bilgiye göre dizge üçüncü bileşen ile eşit uzaklıktadır bu da birbirlerine fiziksel olarak bağlı olduklarını gösteriyor; ancak üçüncü bileşenle dizge arasında örtme ve örtülme olayı gerçekleşmediği gibi diyafram dışına da alınamıyor. Bu nedenle elde edilen gözlemsel verilerde her üç bileşeninde etkisi mevcut. Buradan l_3 'ün l_1 ve l_2 ye oranı hesaplandı **(Müyesseroğlu, Selam, Demircan; 1992)**

$$m_3 - m_{12} = -2.5 \log(l_3 / (l_1+l_2))$$

$$l_3 / (l_1 + l_2 + l_3) = (l_3 / (l_1 + l_2)) / (1 + (l_3 / (l_1 + l_2)))$$

Burada, katalogdan alınan bilgiye göre, üçüncü bileşenin görünür parlaklığı $10^m.97$ 'dir. Bu hesabın sonucunda $l_3 \approx 0.138$ olarak bulundu. Ve ardarda yaklaşımlar boyunca bu değer hiç değiştirilmedi.

4. IŞIK EĞRİLERİNİN ÇÖZÜMÜ

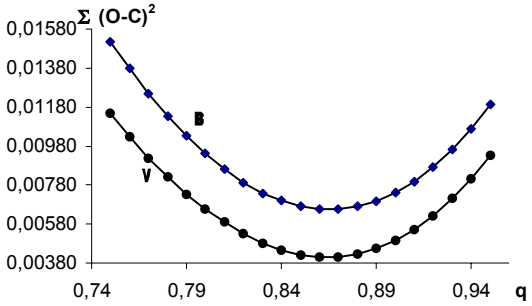
GQ Dra örten değişen yıldızının çözümlenmesi için **Wilson - Devinney (1971)** yönteminin 1998 sürümü kullanıldı. Bilindiği gibi bu yöntem örten değişen yıldızların çözümünde kullanılan en yaygın yöntemdir. Yöntem, örten değişen dizgeye ilişkin geometrik ve fiziksel öğeleri diferansiyel düzeltme yoluyla hesaplar. Wilson - Devinney yöntemi yıldızların yüzeylerini eş potansiyelli olarak kabul eder ve Roche geometrisi kullanır. Giriş ögeleriyle hesapladığı kuramsal eğriyi, gözlenen değer

ile karşılaştırarak, O-C 'leri en düşük yapacak şekilde ayarlar. Kuramsal eğrinin oluşturulması için başta girilecek, öğelere ait değerler iyi seçilmelidir. Bu nedenle Wilson - Devinney programında çalışmaya başlamadan önce dizgedeki öğeleri belirlemek amacı ile Binary Maker 2.0 **(Bradstreet, 1993)** paket programı kullanılmıştır. Ve buradan elde edilen değerler doğrultusunda Wilson - Devinney yöntemi ile çözüm yapılmıştır.

Wilson - Devinney programında örten değişen yıldızlara uygulanabilen sekiz ayrı mod vardır. Bunlar dizgenin fiziksel ve geometrik özelliklerine bağlı olarak kullanılır. Mod 2 ayrık çiftlere, mod 4 birinci bileşeni ve mode 5 ikinci bileşeni Roche lobunu doldurmuş yarı ayrık dizgelere uygulanmaktadır. Binary Maker 2.0 çözümlerinden itibaren elde edilen ön verilere göre GQ Dra ikinci bileşeni Roche lobunu doldurmuş yarı ayrık bir dizgedir. Bu nedenle DC programında **MODE 5** kullanılması uygun görülmüştür.

HIPPARCOS kataloğunda GQ Dra 'nın tayf türü A3 olarak verilmiştir. Bu tayf türüne karşılık gelen sıcaklık değerini **Hayes (1978)** 'in çalışmasından 8670 ^{0}K olarak hesaplandı. B ve V süzgeçlerinin Kenar kararma katsayıları **Diaz-Cordoves, Claret ve Gimenez (1995)** 'den R süzgeci için bu değer **Claret, Diaz-Cordoves ve Gimenez (1995)** 'ten alınmıştır. Çekim kararma katsayıları ve yansıtma katsayıları belirlenirken baş yıldızın radyatif, bileşen yıldızın konvektif atmosfere sahip olduğu kabul edilmiştir **(Lucy 1967)**. Bu alınan değerler ardarda yaklaşımlar boyunca sabit tutulmuştur.

Wilson - Devinney yönteminde Roche geometrisi kullanıldığından çözümler kütle oranına çok duyarlıdır. Dizgeye ait tayfsal çalışma olmadığından fotometrik kütle oranı taraması yapılmıştır. Bu kütle oranı taraması sonucunda **Şekil 2** 'de de görüldüğü gibi her iki süzgeç için q yaklaşık 0.86 değerini aldı.

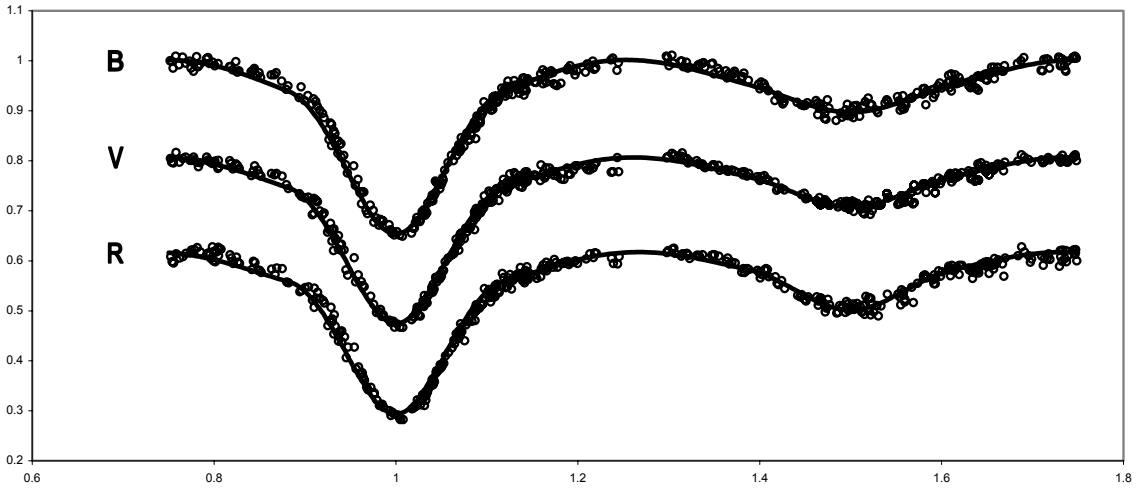


Şekil 3. B ve V renkleri için yapılan fotometrik kütle oranı taraması.

Öğeler	B	V	R	B&V
i	68.433 ± 0.162	68.016 ± 0.138	68.826 ± 0.119	68.198 ± 0.788
q	0.8659 ± 0.0095	0.8527 ± 0.0054	0.8121 ± 0.0079	0.8664 ± 0.0044
$\mathbf{x_h}$	0.628	0.564	0.455	0.628(B). 0.564(V)

x_c	0.881	0.815	0.662	0.881(B). 0.815(V)
A_h	1.00	1.00	1.00	1.00
A_c	0.5	0.5	0.5	0.5
g_h	1.00	1.00	1.00	1.00
g_c	0.32	0.32	0.32	0.32
T_h	8670	8670	8670	8670
T_c	4716 ± 135	4648 ± 56	4998 ± 38	4712 ± 48
Ω_h	3.9265 ± 0.0243	3.9228 ± 0.0106	3.8953 ± 0.0594	3.9416 ± 0.0137
Ω_c	3.5306	3.5005	3.4701	3.5279
l_3	0.138	0.138	0.138	0.138
$L_h / (L_h+L_c)$	0.8207 ± 0.1014	0.7956 ± 0.0580	0.7138 ± 0.0244	0.8208 (B) ± 0.0377 0.7892(V) ± 0.0494
$L_c / (L_h+L_c)$	0.0413	0.0664	0.1482	0.0412 (B) 0.0728 (V)
R_h(pole)	0.3222	0.3229	0.3176	0.3214
R_h(point)	0.3623	0.3619	0.3526	0.3607
R_h(side)	0.3331	0.3336	0.3276	0.3321
R_h(back)	0.3484	0.3486	0.3412	0.3472
R_c(pole)	0.3443	0.3418	0.3408	0.3441
R_c(point)	0.4853	0.4822	0.4810	0.4851
R_c(side)	0.3610	0.3583	0.3572	0.3608
R_c(back)	0.3924	0.3897	0.3887	0.3922
$\Sigma (O-C)^2$	0.0065	0.0042	0.0045	0.0051(B) 0.0043(V)

Çizelge 1. GQ Dra için Wilson - Devinney yöntemi ile elde edilen sonuçlar.

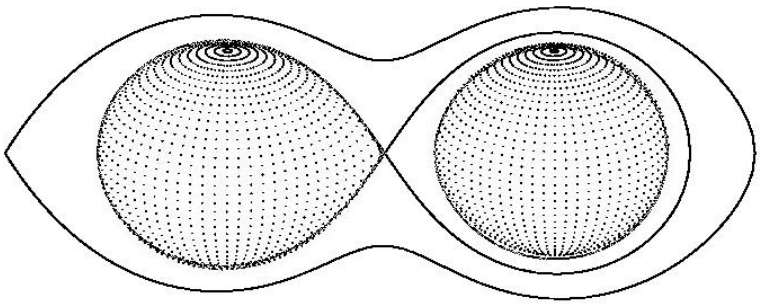


Şekil 4. GQ Dra 'nın Wilson – Devinney yöntemi ile elde edilen kuramsal eğrinin gözlemsel eğri ile karşılaştırılması

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

GQ Dra 'nın Wilson – Devinney çözümlerinden elde edilen bilgiler, bu yıldıza dair literatürdeki ilk bilgilerdir. Bu sonuçlara göre ; GQ Dra ikinci bileşeninin Roche lobunu doldurduğu yarı ayrık bir dizgedir. Ayrıca çözümlerden, ikinci bileşenin sıcaklığının, birinci bileşene göre çok daha düşük olduğu

bulunmuştur. Ikinci bileşenin anakol yıldızı olduğu varsayılırsa, bu sıcaklık değerinin **Hayes (1978)** e göre yaklaşık K3 tayf türüne karşılık geldiği görülmektedir. Dizgenin tayfsal analizi yapılmadığı için salt ögeler hesaplanamamıştır. Dizgeye ait Binary maker programıyla oluşturulmuş, 0.75 evresindeki biçimi **Şekil 5 '**te verilmektedir.



Şekil 5. GQ Dra 'nın Binary Maker programıyla oluşturulmuş, 0.75 evresindeki biçimi.

6. KAYNAKLAR

- Atay, E., Aliş, S., Keskin, M. M., Köksal, Ş., Saygaç, A. T., 2000, IBVS, No.4988
- Atay, M. E., Köksal, Ş., Aliş, S., Keskin, M. M., 2000, XII. Ulusal Astronomi Toplantısı
- Atay, M. E., Köksal, Ş 2001 Diploma Tezi
- Bradstreet, D. H., 1993, Binary Maker 2.0, Contact Software
- Claret, A., Diaz-Cordoves, J., Gimenez, A., 1995, A&AS, 114, 247
- Diaz-Cordoves, J., Claret, A., Gimenez, A., 1995, A&AS, 110, 329
- Hayes, D. S., 1978, IAUS, 80, 65
- Keskin, V., 1992, VIII. Ulusal Astronomi Toplantısı, s. 110
- Kwee, K. K. ve van Woerden, H., 1956, BAN, 12, 327
- Lucy, L. B., 1967, ZA, 65, 89
- Müyesseroğlu, Z., Selam, S. O., Demircan, O., 1992, VIII. Ulusal Astronomi Toplantısı.
- The HIPPARCOS & TYCHO Catalogues, 1997, ESA – SP1200
- Wilson, R. E. ve Devinney, E. J., 1971, ApJ, 166, 605

7. TEŞEKKÜR

Her zaman desteğini hissettiğimiz ve bize yol gösteren değerli hocamız Zeynel Tunca 'ya, karşılaştığımız teknik sorunların giderilmesinde yardımlarını esirgemeyen Varol Keskin 'e, ayrıca programın kullanılmasındaki yardımlarından dolayı Günay Taş, Burak Ulaş ve Naci Erkan 'a teşekkür ederiz. Çalışmamız için gerekli gözlem zamanlarını sağlayan **TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi**'ne çok teşekkür ederiz.