

AM LEO'NUN FOTOMETRİK ANALİZİ

Fatma Başak EMİNOĞLU^{1,2}, Özge KABADAYI^{1,3}, Fuat Korhan YELKENCİ^{1,4}

Özet

AM Leo örten değişen çift sistemin fotometrik B, V ışık eğrileri, fiziksel parametrelerini belirleyebilmek için analiz edildi. AM Leo'nun ışık eğrisi Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde elde edildi. Çözümlerde NIGHTFALL ve Binary Maker ışık eğrisi analiz programları kullanıldı. Bu programlar AM Leo sisteminin bileşenler arasında düşük sıcaklık farkı bulunan değen çift sistemler olduğu göstermektedir. Her iki çözüm analizinde sistemin toplam ışığına önemli derecede etki edecek üçüncü ışık katkısı olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler: Örten çift yıldızlar, ışık eğrisi analiz, AM Leo

Abstract

UBV light curves of AM Leo which is a short period W UMA type contact binary were obtained at Ankara University Observatory in 2005 and analyzed. Preliminary solutions of physical parameters of the system were carried out by using Binary Maker and Nightfall lightcurve analysis programs. Two different solutions were determined by adjusting and by fixing the mass ratio ($q = 2.51$). The solutions describe that AM Leo system has a W sub-type overcontact configuration with an inclination of $\sim 82^\circ$ and a very small temperature differences of the components.

Key Words: AM Leo, eclipsing binary stars, light curve analysis

1. Giriş

AM Leo (BD +10 2234A, HIP 53937), ADS 8024 (WDS11022+0954) görsel çiftinin parlak bir bileşeni olan W UMa türü bir değişen yıldızdır. Maksimum ışıktaki örten değişen ile görsel çiftin (BD +10 2234B) V renginde $1^m.48$ 'lik parlaklık farkı vardır [11]. Sistemin ışık değişimi gösterdiği ilk olarak Hoffmeister (1935) tarafından belirtildi ve bugüne kadar birçok gözlemci tarafından sistemin ışık ve dönem değişimi üzerinde çalışmalar yapıldı [13]. İlk fotometrik ışık eğrisi Worley ve Eggen (1956) tarafından elde edildi [24]. Onlar başlangıç ışık elemanlarını ve sistemin W UMa türü örten bir değişen olduğunu belirttiler. Ayrıca Abrami (1959), Bookmyer (1961), Binnendijk (1969), Hoffmann ve Hopp (1982), Lee (1989), Demircan vd. (1992) ve HIPPARCOS uydusu (ESA 1997) tarafından da fotometrik ışık eğrileri elde edildi [1], [5], [3], [12], [19], [8], [9]. AM Leo'nun ışık eğrisi çözümleri çeşitli araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir [1], [3], [20], [15], [17], [4]. Sisteme ilişkin en son fotometrik ve CCD ışık eğrileri analizi Hiller vd. (2004) tarafından yapılarak kütle oranı (q) 0.398 ve yörünge eğikliği (i) yaklaşık 86° olarak bulunmuştur [11]. Hrivnak (1993) AM Leo'nun her iki bileşeni için dikine hız eğrisini elde etti ve kütle oranını 0.45 olarak buldu [14]. Hill vd (1975) sistemin tayf türünü F8 olarak tespit etmiştir [10].

AM Leo'nun dönem değişimi analizi Bookmyer (1961), Binnendijk (1969), Hoffmann ve Hopp (1982), Mullis ve Faulkner (1989), Demircan ve Derman (1992), Kreiner vd (2001) ve Hiller vd. (2004) tarafından yapılmıştır [5], [3], [12], [21], [8], [18], [11]. Dönem değişimi üzerine yapılan en son çalışmada sisteme bağlı üçüncü cismin varlığından bahsedilmektedir (Albayrak vd 2005) [2].

¹ Ankara Üniversitesi, Fen-Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100, Tandoğan, ANKARA, Tel:0-312 212 67 20, Fax:0-312 223 23 95

² e-posta: Basak.Eminoglu@sci-stud.ankara.edu.tr

³ e-posta: Ozge.Kabadayi@sci-stud.ankara.edu.tr

⁴ e-posta: Korhan.Yelkenci@sci-stud.ankara.edu.tr

Bu çalışmada AM Leo'nun 2004 yılında elde edilen fotometrik ışık eğrisi analizleri ve sisteme ait fiziksel parametreleri sunuldu.

2. Gözlemler

AM Leo örten değişen sistemin BV bandlarındaki gözlemleri 8 Mart 2004 ve 24 Mart 2004'te Ankara Üniversitesi Gözlemevi'ndeki 30-cm Maksutov teleskobu ve ona bağlı SSP-5A fotometresi ile elde edildi. Gözlemlerde sırasıyla BD+10 2236 ve BD+10 2238 yıldızları mukayese ve denet yıldızları olarak kullanıldı. Gözlemler esnasında mukayese ve denet yıldızında herhangi bir ışık değişimi görülmedi. Ayrıca her gece için atmosferik sönümleme katsayıları da mukayese yıldız gözlemleri kullanılarak hesap edildi. Gözlemlerde her bir band için toplam 223 nokta edildi. B ve V bandlarındaki gözlemlerin olası hataları sırasıyla ± 0.018 ve ± 0.021 olarak belirlendi. AM Leo, mukayese ve denet yıldızlarına ait katalog bilgisi Tablo 1'de verilmektedir.

AM Leo'nun ışık eğrisi iki minimum zamanını da kapsamaktadır. Bu minimum zamanlarını kullanarak aşağıdaki yeni ışık elemanları elde edildi:

$$\text{HJD MinI}=2452397.3566(3)+0^d.3657982(1)\times E \quad (1)$$

AM Leo'nun BV bandı ışık eğrileri Şekil 1'de verilmektedir. Işık eğrileri, (1) ifadesinde verilen yeni ışık elamanları ile oluşturulmuştur. Işık eğrilerinin minimum ve maksimumlarındaki ışık seviyeleri ve farkları Tablo 2'de verilmektedir. Tablo 2 ve Şekil 1'den kolayca görülebileceği gibi, B ve V bandlarındaki ışık eğrilerinde birinci minimum ve ikinci minimum seviyeleri aynı gözükmemektedir. Ayrıca ışık eğrilerinin iki maksimumu arasında çok az bir seviye farkı görünmekte ve önemli bir asimetrik yapı gözükmemektedir.

Parametre	AM Leo	Mukayese	Denet
BD	+10 2234	+10 2236	+10 2238
PPM	157439	127925	157453
α_{2000}	11 ^h 02 ^m 11 ^s	11 ^h 02 ^m 17 ^s	11 ^h 02 ^m 42 ^s
δ_{2000}	09°53'43''	10°08'36''	09°38'59''
m_V	9 ^m .31	9 ^m .81	10 ^m .06
Tayf	F8	F5	F8

Tablo 1: AM Leo, mukayese ve denet yıldızlarına ait katalog bilgisi

	ΔB	ΔV
Max I (Evre 0.25)	-0.772	-0.822
Max II (Evre 0.75)	-0.748	-0.826
Min I (Evre 0)	-0.235	-0.368
Min II (Evre 0.5)	-0.245	-0.382
Δ_{max} (Max I - Max II)	-0.024	0.004
Δ_{min} (Min I - Min II)	0.010	0.013
Min I Derinliđi	-0.537	-0.454
Min II Derinliđi	-0.503	-0.444

Tablo 2: AM Leo' nun ışık eğrisi karakteristiği

3. Işık Eğrisi Analizi

Bu çalışmada AM Leo'nun fiziksel parametreleri NIGHTFALL ve Binary Maker ışık eğrisi analiz programları ile belirlendi.

NIGHTFALL programının temeli Roche modeli ve Wilson-Devinney (1971) programının prensiplerine dayanmaktadır [23]. Bu programda, yıldızların boyutu Roche lobu doldurma derecesi ile tanımlıdır ki bu bize, bileşenlerin kritik Roche loblarının ne kadarını doldurduğunu ifade eder. Roche lobu doldurma faktörü $F_{1,2}$, bileşenlerin kutupsal yarıçaplarının kritik Roche lobunun kutupsal yarıçaplarına oranı olarak tanımlanmıştır ($F_{1,2}=R_{1,2}/R_{Roche,c}$). Burada 1 ve 2 indisleri sırasıyla birinci ve ikinci bileşenleri gösterir. Bu durumda değen çift sistemler için Roche lobu doldurma faktörü $F>1$ olacaktır. Programda birinci bileşen, birinci minimumda önde olan (örten) bileşen olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle sistemin ışık eğrisi analizinde q kütle oranı $1/q$, birinci ve ikinci bileşenin yüzey sıcaklıkları da yer değiştirilerek girildi.

Binary Maker programı, Roche modeli ve Wilson-Devinney (1971) programının prensiplerine dayanan bir ışık eğrisi analiz programıdır [23]. Program, sistemin eşzamanlı ve dairesel bir yörünge üzerinde döndüğü kabüllerine dayanmaktadır.

Işık eğrisi analizinde, normal noktalar yerine doğrudan gözlem verileri kullanılarak çözüme gidildi. Her iki çözümde sistemdeki bileşenlerin eş dönme oranlarına ($f=1.0$) sahip olduğu kabulü yapıldı.

AM Leo'nun ışık eğrisi analizinde kütle oranı $q=0.45$ değeri, Hrivnak (1993)'in yaptığı dikine hız çalışmasından elde edilerek ışık eğrisi analizinde sabit parametre olarak kullanıldı [14]. Hill vd. (1975)'nin AM Leo için belirlediği F8 tayf türü, sisteme ait birinci bileşenin sıcaklığına atfedilerek Gray vd. (1994) sıcaklık kalibrasyon tablolarından birinci bileşenin sıcaklığı $T_1=6200$ K olarak hesaplandı [10], [16].

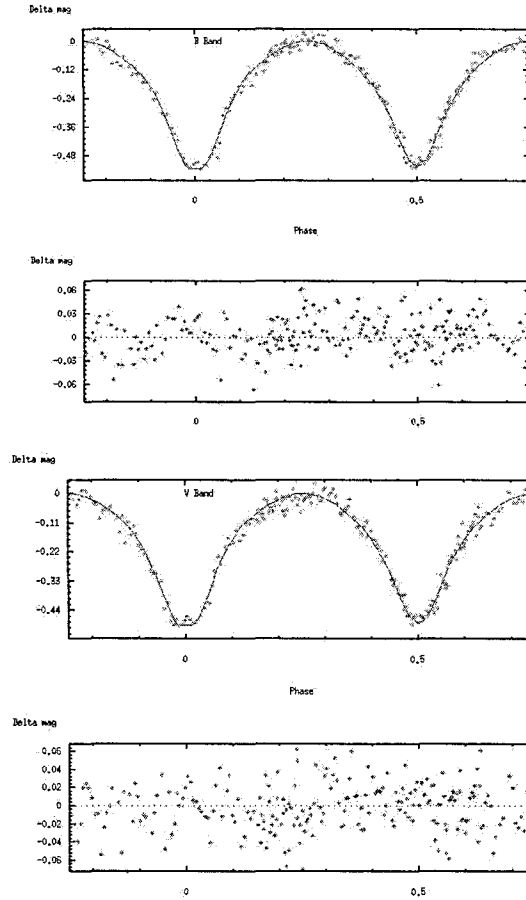
Işık eğrisi analizlerinde sisteme ilişkin lineer olmayan kenar karama katsayıları Binary Maker için Van Hamme (1993)'in tablolarından elde edildi, NIGHTFALL için ise Claret vd. (1995)'in lineer olmayan kenar karama katsayıları uygulama içerisine entegre edildiğinden otomatik olarak hesaplandı [22], [6].

NIGHTFALL'da çekim karaması üssü değerleri ($\beta_{1,2}$) ve yansıma katsayısı değerleri ($A_{1,2}$) sistemin fiziğine uygun bir şekilde otomatik olarak hesaplanmaktadır. Binary Maker programında ise bileşenlerin kütlelerine, sıcaklığına ve yüzey çekim ivmesine bağlı olarak

çekim kararması değerleri Claret (1998) tablolarından $\beta_1=0.08$ ve $\beta_2=0.08$ olarak girildi ve buna bağlı olarak da yansıma katsayıları $A_{1,2}=0.5$ olarak belirlendi [7].

Sistemin gözlemsel ışık eğrilerinin tüm özelliklerini ortaya koyabilmek için bir çok farklı çözüm denemesi gerçekleştirildi. Her iki analiz programıyla yapılan tüm denemelerde teorik eğrilerin gözlemsel eğrilerle en iyi uyum sağladığı çözümlerin, üçüncü ışık katkısının analize dahil edilmesi halinde elde edildiği görüldü. Buna göre çözümlerde ikinci bileşenin sıcaklığı T_2 , yörünge eğikliği i , yüzey eşpotansiyelleri $\Omega_1=\Omega_2$ ve üçüncü ışık L_3 serbest parametreler olarak seçildi.

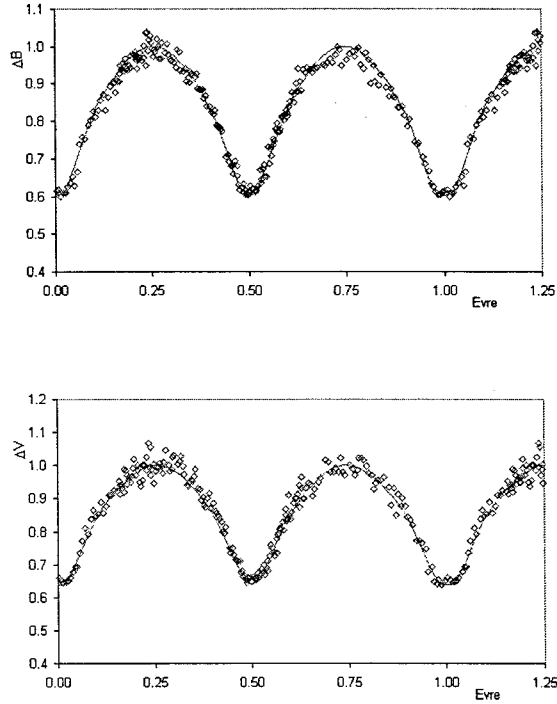
Şekil 1 ve Şekil 2 sırasıyla AM Leo'nun gözlemsel ışık eğrileri ile NIGHTFALL ve Binary Maker ile elde edilen teorik ışık eğrilerini göstermektedir. Tablo 3'te ise her iki analiz sonucunda elde edilen parametreler verilmektedir.



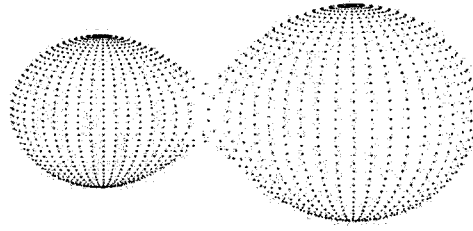
Şekil 1: AM Leo'nun B ve V rengindeki gözlemsel ışık eğrileri ile NIGHTFALL ile elde edilen teorik ışık eğrileri.

Parametre	NIGHTFALL	Binary Maker
i	83.99	84
q (m_2/m_1)	0.45	0.45
$\Omega_1=\Omega_2$	5.4575	5.38
T_1	6200	6200
T_2	6007	6050
$f_{1,2}$	1	1
$g_{1,2}$	0.36	0.32
$A_{1,2}$	0.5	0.5
$L_1/(L_1+L_2+L_3)$ [B;V]	0.520; 0.519	0.549; 0.499
$L_3/(L_1+L_2+L_3)$ [B;V]	0.159; 0.172	0.160; 0.231
Fillout (değme)	0.18	0.25

Tablo 3: AM Leo'nun ışık eğrisi analiz sonuçları



Şekil 2. AM Leo'nun B ve V rengindeki gözlemsel ışık eğrileri ile Binary Maker ile elde edilen teorik ışık



Şekil 3. AM Leo'nun üç boyutlu geometrik modeli.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, AM Leo değen çift yıldız sisteminin sırası ile B ve V bandı ışık eğrileri elde edilerek NIGHTFALL ve Binary Maker ışık eğrisi analiz programı ile analiz edilerek sistemin başlangıç fiziksel parametreleri belirlendi. Gerçekleştirilen çözümlerde her iki banddaki teorik ışık eğrilerinin gözlemsel eğrilerle oldukça uyumlu olduğu görüldü.

NIGHTFALL programıyla elde edilen fiziksel parametrelere göre sistemin, Binary Maker çözümüne göre daha az bir değme oranına ($f_{\text{NIGHTFALL}} \sim \%18$ ve $f_{\text{Binary Maker}} \sim \%25$) ve bileşenler arası sıcaklık farkı olarak daha büyük bir değere sahip olduğu görüldü ($\Delta T_{\text{NIGHTFALL}}=193$ K ve $\Delta T_{\text{Binary Maker}}=150$ K). Her iki çözüm yöntemiyle elde edilen parametrelere göre sistem, tipik bir W-türü W UMa değen çift sisteminin özelliklerini taşımaktadır. Ayrıca çözümlerde üçüncü ışık katkısının serbest bırakılmasıyla elde edilen değerlerin (Tablo 3), sistemin toplam ışığına önemli ölçüde katkı getirdiği görülmektedir.

Sonuç olarak her iki yöntemle elde edilen sonuçlar kıyaslandığında, değerlerin birbirleriyle uyumlu olduğu görülmektedir ve elde edilen sonuçlar daha gelişmiş ışık eğrisi analiz uygulamaları için başlangıç parametreleri oluşturmaktadır. Ayrıca her iki analiz programı, çıktı verilerinde hata değeri vermemektedir. Bu da her iki programın emsallerine göre en önemli eksiğidir.

Kaynaklar

- [1] Abrami, A., 1959, MmSAI, 30, 303.
- [2] Albayrak, B., Selam, S. O., Ak, T., Elmaslı, A., Özavcı, İ., 2005, AN, 326, 122.
- [3] Binnendijk, L., 1969, AJ, 74, 1031.
- [4] Binnendijk, L., 1984, PASP, 96, 646.
- [5] Bookmyer, B.B., 1961, AJ, 66, 24.
- [6] Claret, A., Diaz-Cordoves, J, Gimenez, A., 1995, A&AS, 114, 247C .
- [7] Claret, A., 1998, A&AS, 131, 395.
- [8] Demircan, O., Derman, E., 1992, AJ, 103, 593.
- [9] ESA, 1997, The Hipparcos and Tycho Catalogs, SP-1200.
- [10] Hill, G., Hilditch, R.W., Younger, F., Fisher, W.A., 1975, MmRAS, 79, 131.
- [11] Hiller, M.E., Osborn, W., Terrell, D., 2004, PASP, 116, 337.
- [12] Hoffman, M., Hopp, U., 1982, Ap&SS, 83, 391.
- [13] Hoffmeister, C., 1935, AN, 255, 401.
- [14] Hrivnak, B.J., 1993, in J.C. Leung L.S. Nha(eds), New Frontiers in Binary Stars Research, ASP Conf, Ser, 38, 269.
- [15] Hutchings, J.B., Hill, G., 1973, ApJ, 179, 539.
- [16] Gray, R.O., Corbally, C.J., 1994, AJ, 107, 742.
- [17] Jabbar, S.R., Kopal, Z., 1983, Ap&SS, 92, 99.
- [18] Kreiner, J.M., Kim, C.H., Nha, I.S., 2001, An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars, Wydawnictwo Naukowe AP, Krakow.
- [19] Lee, K.M., 1989, M.S.Thesis, Central Michigan University.
- [20] Mauder, H., 1975, Ap&SS, 34, 297.
- [21] Mullis, C.R., Faulkner, D.R., 1989, IBVS, 3354.
- [22] Van Hamme, W., 1993, AJ, 106, 2096.
- [23] Wilson R.E., Devinney, E.J., 1971, AJ, 166, 605.
- [24] Worley, C.E., Eggen, O.J., 1956, PASP, 68, 452.