

AM Leo Değen Çift Yıldızının Işık ve Dönem Değişimleri

H. Dündar, E. Derman, O. Demircan

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay
Bilimleri Bölümü, 06100 Beşevler-Ankara

ÖZET: ADS 8024=Σ1503 görsel çift yıldızının parlak bileşeni olan W UMa türü yakın çift yıldız sistemi AM Leonis'in yayılmış minimum zamanları literatürden toplandı, sistemin yörüngede dönemindeki değişimler için analiz edilmiştir. 33892 dönemlik zaman aralığını kapsayan verilerin analizinden sisteme ilişkin yörüngede döneminin 33 yıllık bir dönem ve 0.008 günlük bir genlikle, dönemli bir değişim gösterdiği septanmıştır. Bu dönemli değişim, sistemde üçüncü bir cismin varlığı ve bunun görsel çift yıldızın diğer bileşeni olup olamayacağı açısından irdelenmiştir. Ayrıca AM Leonis'in ışık değişiminde rol oynadığı varsayılan manyetik etkinlikle dönem değişimini arasında korelasyon aranmıştır.

1. Giriş

ADS 8024 = Σ 1503 görsel çift yıldızının parlak bileşeni olan AM Leo, üzerinde çok çalışılan değen çift yıldızlardan biridir. AM Leo'nun fotometrik değişimi Hoffmeister(1935) tarafından fark edilmiş ve Worley ve Eggen'in (1956) fotoelektirik gözlemleriyle W UMa türü değişen yıldız olduğu görülmüştür. Filtresiz ilk tam fotoelektrik ışık eğrisi Abrami(1959) tarafından elde edilmiştir. Abrami'nin gözlemlerinde minimum derinlikleri 0.56 ve 0.51 kadirdir. Abrami'nin gözlemleri diğer görsel bileşenin ışığında içermektedir. Abrami L₃'ü de bilinmeyen olarak ışık eğrisini Russell ve Merrill(1952) yöntemiyle çözmüştür. Ancak W UMa sistemleri için sağlıklı olmayan yöntem L₃/(L₁+L₂) değerini 0.60 vermiş ve ışık eğrisi L₃ etkisinden arındırıldığında minimum derinlikleri 1.12 ve 1.01 kadir bulunmuştur. Sonradan Eggen(1967) yaptığı duyarlı gözlemlerle ADS 8024'ün bileşenleri arasındaki parlaklık farkını $\Delta V=1.55$ ve $\Delta B=1.69$ bulmuş, buradan da L₃/(L₁+L₂) = 0.211 olarak elde edilmiştir. Abrami'nin ışık eğrisi bu doğru değere göre L₃'ün etkisinden arındırılırsa minimum derinlikleri 0.71 ve 0.56 kadir olmalıdır(Binnendijk, 1969). Abrami'nin ışık eğrisi çözümleri bu nedenle yanlıştır. AM Leo'nun ışık eğrileri ayrıca Binnendijk(1969) tarafından B ve V'de, Hoffmann ve Hopp (1982) tarafından da B'de 5125 Å ve 5170 Å'da elde edilmiştir.

Sistemin fotometrik analizi Abrami(1959) ve Binnendijk(1969) tarafından Russel-Merrill(1952) yöntemiyle, Mauder(1975) ve Jabbar ve

Kopal(1983) tarafından Fourier analizi yöntemiyle, Twigg (bkz. Mochacki 1981), Hutchings ve Hill(1973) ve Binnendijk(1984) tarafından Roche modelini temel alan sentetik ışık eğrisi yöntemiyle yapılmıştır. Abramı hariç diğerleri fotometrik analizlerde Binnendijk'ın(1969) gözlemlerini kullanmışlardır. Analiz sonuçları çizelge-1'de verilmiştir. Hoffmann ve Hopp'un gözlemleri çok değişim gösterdiği için hiç analiz edilmemiştir.

Sistemin tayıf türü F8 olarak verilmektedir(Hill ve arkş. 1975), ancak tayıfsal analizi yapılmamıştır. Bu nedenle sistemin salt parametreleri bilinmemektedir.

Bu çalışmada sistemin Ankara Üniversitesi Gözlem evinde yapılan UBV gözlemleri sunulmuş, ışık ve dönem değişimi irdelenmiştir.

Çizelge-1. AM Leo'nun fotometrik analiz sonuçları

	Abrami 1959	Binn. 1969	Mauder 1975	Jab.-Kopal 1983	Twigg 1981	Hutch.-Hill 1973	Binn. 1984
r_1	0.50	0.45	0.45	0.49	0.473	0.483	0.464
r_2	0.33	0.25	0.29	0.24	0.321	0.341	0.316
Ω	—	—	—	—	3.837	—	3.864
i	84.2	82.5	83.3	73.5	85.6	83.5	87.0
k	0.66	0.55	0.628	0.49	0.68	0.71	0.68
q	—	—	—	—	0.415	0.395	0.426
L_g	0.66	0.757	0.714	0.78	—	—	0.659
L_s	0.34	0.243	0.286	0.22	—	—	0.341
T_g	—	—	—	—	6803	5275	6200
T_s	—	—	—	—	—	5350	6380

2. AM Leo'nun Yeni Gözlemleri ve ışık Eğrisindeki Değişimler

AM Leo'nun ışık eğrisinde geceden geceye değişimler olduğu ilk kez Binnendijk(1969) tarafından fark edilmiştir. Abramı ve Binnendijk'ın elde ettiği ışık eğrileri birbirine çok benzemekte ve birinci minimumlar tam tutulma göstermektedir. Buna göre sistem W-türü W UMa sistemidir. Binnendijk, Abramı'nın L_3 etkisinden arındırılmış ışık eğrisinde birinci minimumun biraz sıçrmasının büyük yarıçaplı bileşenin üzerinde soğuk leke bulunması şeklinde

yorumlamıştır. Hoffmann'ın 1977 ve 1980 yıllarında elde ettiği ışık eğrileri minimum derinlikleri ve şekil olarak diğerlerinden oldukça farklıdır. 1977 gözlemlerinde 2. minimum daha derin görünülmektedir.

AM Leo'nun ışık eğrilerinde görülen bu ilginç değişimler nedeniyle sistem Ankara Üniversitesi Gözlemevində 1982 yılında gözlem programına alındı. 1982'de 4 gece, 1988'de 3 gece, 1989'da 3 gece ve 1990'da 3 gece olmak üzere toplam 13 gece gözlenmiştir. Gözlemler 30 cm Maksutov teleskopla U,B,V renklerinde yapılmıştır. Böylece sistemin U renginde ilk fotoelektrik ışık eğrileri elde edilmiştir. Gözlemlerde Binnendijk'in (1969) mukayese yıldızı olarak kullandığı BD+10° 2235 yıldızı yine mukayese yıldızı olarak alınmıştır. Elde edilen ışık eğrileri şekil 1-2 ve 3'te gösterilmiştir. U renginde gözlemlerdeki saçılma oldukça fazla olduğu halde bu renkte ışık eğrisinin minimum derinlikleri ve eğri biçimleri olarak diğer dalga boyalarındaki eğrilerden farklı olmadığı görülmektedir. Eğrilerde bir O'Connell etkisi fark edilmektedir. İkinci maksimumlar 0.02 kadir daha sönüktür. 1988 gözlemlerinde ikinci minimum daha derin durumdayken 1989 ve 1990 gözlemlerinde birinci minimum daha derindir. Bu değişimlerin aynı fiziksel nedenden kaynaklanıp kaynaklanmadığını anlayabilmek ve değişimlerin karakterlerini ortaya koymak için şimdiden kadar elde edilmiş tüm ışık eğrileri yeniden çizildikten sonra minimum ve maksimum seviyeleri okunup B ve V renglerinde ayrı ayrı

$$\Delta_{\min} = \text{mag}(\min I) - \text{mag}(\min II)$$

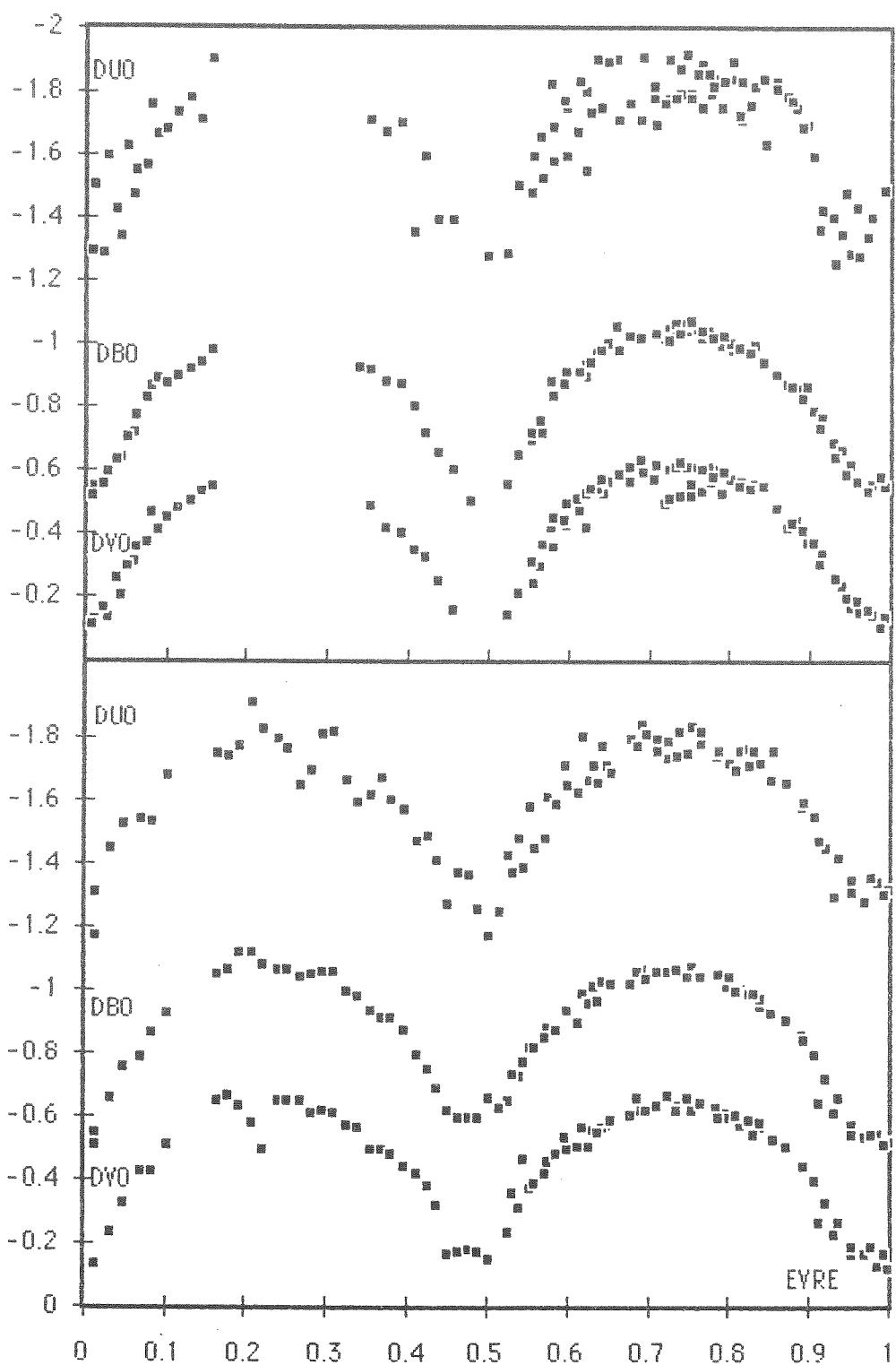
$$\Delta_{\max} = \text{mag}(\max I) - \text{mag}(\max II)$$

$$D_{1,2} = \text{mag}(\min I, II) - \text{mag}(\max I, II)$$

büyükükleri oluşturuldu. Asimetri ölçüsü olan bu büyüküklerin zamanla değişimi şekil 4 ve 5'te gösterilmiştir.

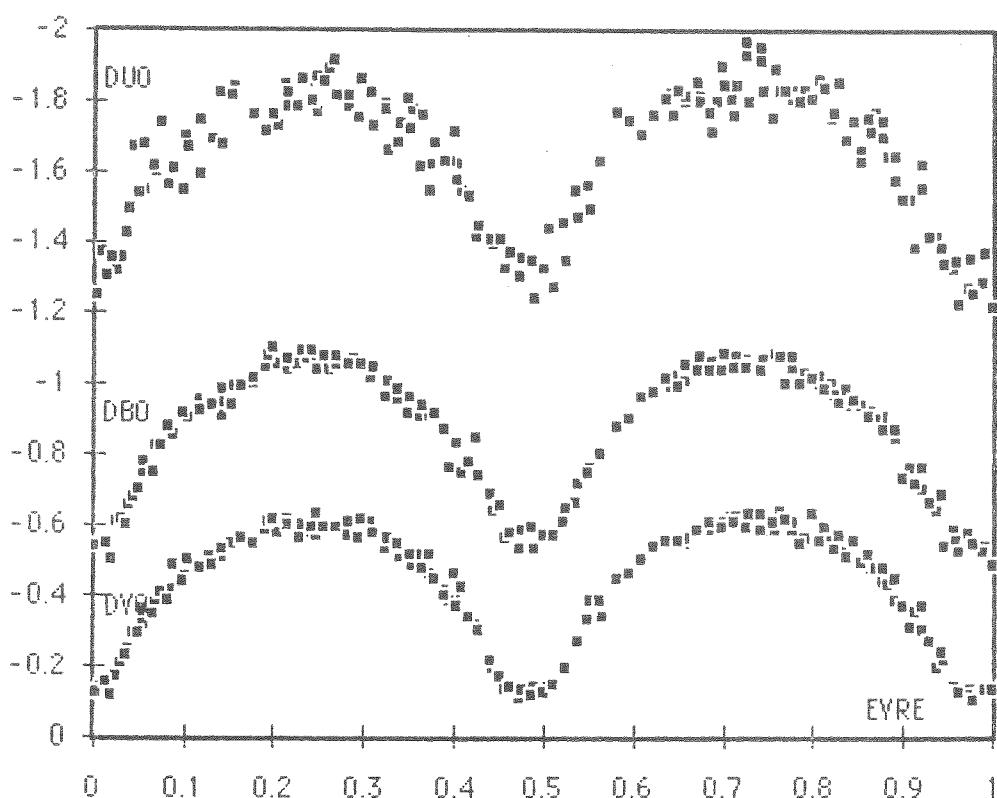
Şekillerden elde edilen sonuçlar şunlardır:

- (i) Söz konusu değişimler renge fazla bağlı değildir.
- (ii) V renginde maksimum seviyeleri arasındaki fark artarken minimum seviyeleri arasındaki farkta artmaka ve ikinci minimum derinliği düşmektedir. Buradan ikinci maksimum seviyesi düşerken ikinci minimum seviyesinin fazla değişmediği için derinliğinin azaldığı görülmektedir.
- (iii) B renginde maksimumlar arasındaki fark artarken (maksimum I seviyesi düşerken) minimum II seviyesi düşmekte, minimum II derinliği artmaka ve yine maksimum I seviyesinin düşmesine bağlı olarak minimum I seviyesi düşmektedir.
- (iv) $D_{1,2}$ değişimlerinin Δ_{\max} değişimine tanım nedeniyle bağlı olması gerekmektedir. Ancak her iki büyükükte değişim miktarı aynı olmamaktadır.
- (v) Δ_{\min} ve Δ_{\max} büyüküklerinin birbirine bağlı olarak değişmesi minimum seviyelerindeki değişimin O'Connell etkisine neden olan aynı fiziksel olaydan



Şekil.1-2 AM Leo'nun 1988, 1989 yılı ışık eğrileri

kaynaklandığını göstermektedir. Şekil. 4 ve 5'te noktaların fazla saçılmış olması nedeniyle asimetri ölçülerinin dönemli değişip değişmediği söylememektedir. Söz konusu değişimler: (i) Manyetik etkinlik çevriminden (ii) Düzensiz kütle aktarımından veya her iki nedenden kaynaklanmaktadır. Gelecekte daha sistematik gözlemlerle gerçek neden saptanabilecektir.



Şekil. 3 AM Leo'nun 1990 yılı ışık eğrileri

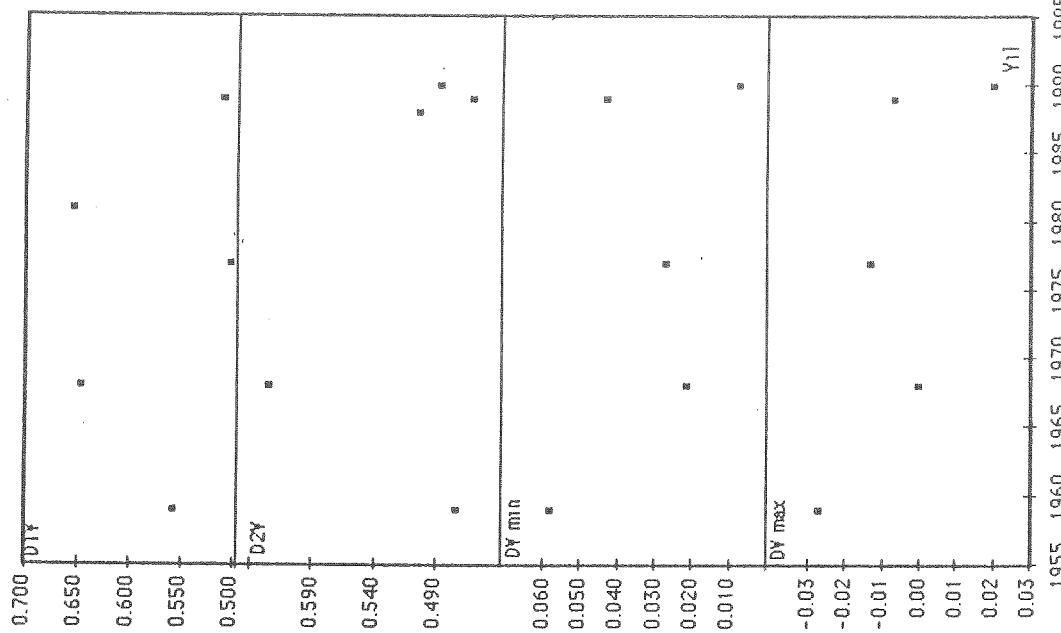
3. Dönem Değişimi

AM Leo'nun dönem değişimini incelemek için gözlenen tüm minimum zamanları literatürden toplanmıştır. Toplanan minimum zamanları 1956 yılından bu yana 33892 yörüngे çevrimini içermektedir. C değerleri

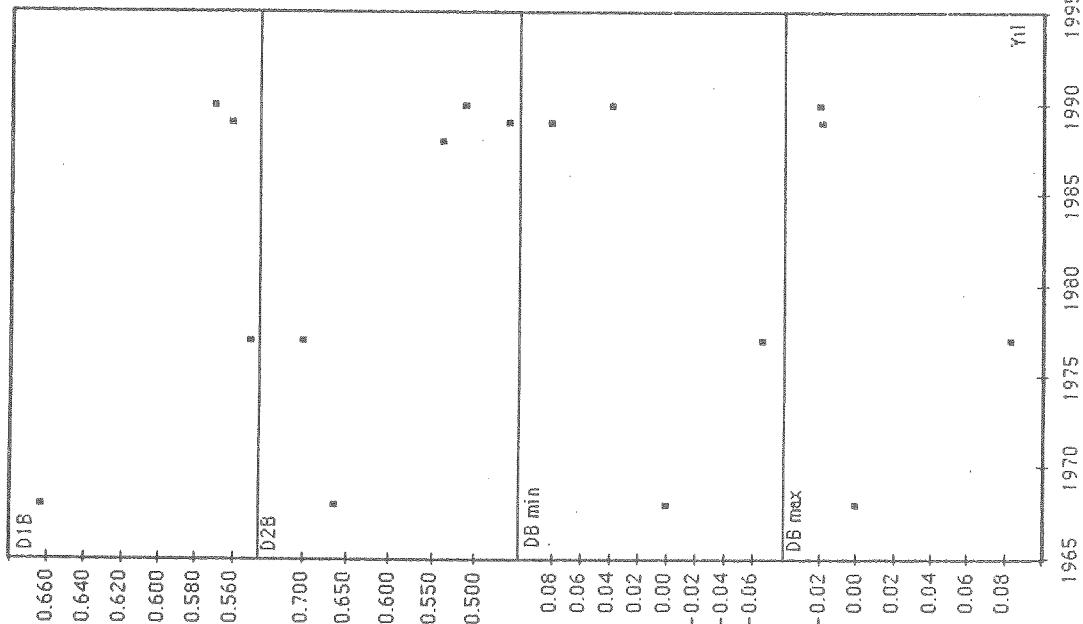
$$\text{Min I HeI.JD. } 2439936.8337 + 0.3657972E$$

ışık elementleriyle hesaplanmıştır.

Şekil-6'da (i) Minimum I ve minimum II için O-C değerleri herhangibir sistematik ayırım göstermemektedir. (ii) O-C dağılımı tam bir çevrimlik küçük genlikli bir salınım oluşturmaktadır. (iii) Salınımın genliği ~ 0.008 gün ve



Şekil 4. AM Leo için V renkinde ösimetri ölçülerinin zamanla değişimi



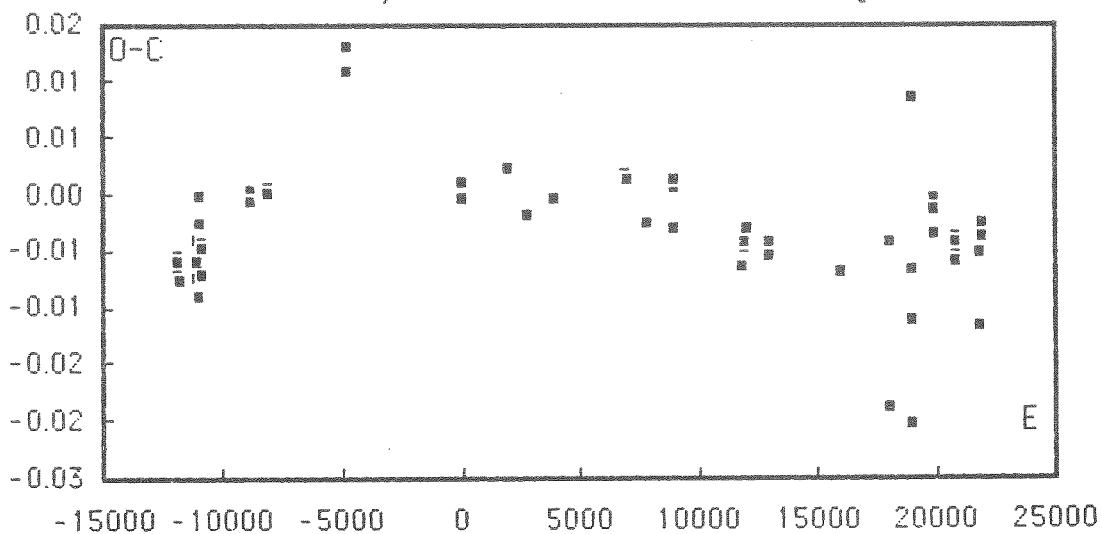
Şekil 5. AM Leo için B renkinde ösimetri ölçülerinin zamanla değişimi

dönemi ~ 33000 , $P \approx 33$ yıldır. (iv) Salınının maksimum ve minimum evrelerindeki noktalar fotoelektrik gözlemlerden elde edildikleri halde fazla (~ 0.02 gün aralığında) saçılma göstermektedir. (v) Bu yıllarda dönem artma evresindedir ve çevrim içinde ortalama dönem yukarıdaki değerle aynı olmakla beraber ortalama epok T_0 biraz farklıdır. Ortalama ışık elemanları

Min I He1.JD. 2439935.8312+0.3657972.E

olarak bulunmuştur.

Şekil-6 AM Leo'nun O-C Grafiği



Dönemin yaptığı küçük genlikli salınınım sisteme 3. bir cismin varlığından kaynaklanırsa bu cisme ait kütle fonksiyonu oldukça küçük (0.0025) bulunur. Sistemin kütlesi iki güneş kütlesi kabul edilirse 3. cisim kütlesi bu cisme ait yörüngenin eğimine bağlı olarak $i > 30^\circ$ olması $M_3 < 0.5 M_\odot$ bulunur. Üçüncü cisim bir anakol yıldızı ise kütle ışınınım bağıntısına göre bolometrik salt parlaklıği $M_{bol} > 7.8$ kadir olması gereklidir. Diğer taraftan sistemin tayıf türü F8 V (Hill ve arkş. 1975) değerinden sistemin salt parlaklığını 4 kadir yöresinde tahmin edilir. Bu durumda varsa sisteme 3. cisim AM Leo'dan en az 4 kadir daha sönükmeli. Durum böyleyse 3. cisim AM Leo'ya hiç bir ışınımsal etkisi olmaz ancak yörunge hareketi nedeniyle döneminde gözlemlisel ölçüler mertebesinde bir salınınım oluşturabilir. Özellikle nedeniyle öngörülen 3.cisim kesinlikle ADS 8024'ün sönükmeli bileşeni olamaz.

Diğer taraftan dönemdeki küçük genlikli salının sistemdeki bileşen yıldızlardan birinin magnetik etkinlik çevriminden kaynaklanmış olabilir. Önceki bölümde tartışılan asimetri ölçülerinin değişimi de magnetik etkinlik değişiminden kaynaklanırsa bu durumda dönem değişimiyle asimetri ölçülerinin değişimini gösteren çok az veri olması ve bunların da çok fazla saçılma göstermiş olması nedeniyle dönem değişimiyle sağlıklı bir karşılaştırma yapmak mümkün değildir. Ancak gelecekte bu yönde yapılacak sistematik gözlemler sonuca ışık tutabilecektir.

Kaynaklar

- Abrami, H. 1959, Mem.Soc.Ast. Italia,30,303.
 Binnendijk, L. 1969, A.J.,74,1031.
 Binnendijk, L. 1984, P.A.S.P.,96,646.
 Eggen,O.J.1967,Mem.Roy.Ast.Soc.,70,111.
 Hill,G.,Hilditch,D.M.,Younger,F.and Fisher,W.A.1975,Mem.Roy.Astr.Soc.,79,131.
 Hoffmann,M. and Hopp,U.1982,Ap.Sp.Sc.,83,391.
 Hoffmeister,C.1935,Astr.Nachr.,255,401.
 Hutchings,J.B. and Hill,G.1973,A.P.J.,179,539.
 Jabbar,S.R. and Kopal,Z.1983,Ap.Sp.Sc.,92,99.
 Mauder,H.1975,Ap.Sp.Sc.,34,297.
 Russell,H.N. and Merrill,J.E.1952,Cont.Princeton Univ.Obs.,26,50.
 Worley, C.E. and Eggen,O.J.1956,Publ.Astr.Soc.Pacific,68,45

O. GÖLBAŞI: Biliyorsunuz Ankara ve İzmir genelde bu konuyu çalışıiyor. İzmir'de teorik eğri ile gözlemsel noktalar çok iyi uyuşuyor. Ankara Gözlemevi'ne baktığımızda belki yöntem değişikliğinden, U bandında tamamen olmak üzere diğer bantlarda da büyük saçılımalar var. Biz de benzer gözlemlere geçeceğimizden öğrenmek istiyoruz, acaba kullandığınız yöntem mi çok değişik yoksa gözlem sayısının artmasını önemli ?

E. DERMAN: Wilson-Devinney ile ilgili programda çözümü girdiğinizde tüm ışık eğrisinin ortalamasını elde edersiniz. Yani 500 noktası programa sokmazsınız. Onun belli evre aralıkları içersindeki ortalamalarını alırsınız. Programın çözümünü kuramsal eğri ile karşılaştırırsanız gerçekten çok küçük sapmalar olur.

O. GÖLBAŞI: Siz orada bu uyumlu değerleri elde etmemek için mi bu yöntemi kullanıyorsunuz ?

E.DERMAN: Hayır. Çünkü o programı çalıştıracak bir bilgisayara sahip değiliz.

C.İBANOĞLU: Orhan bey, aletler arasında birazcık fark var. Minimum yanılıkları tayin ettiğiniz zaman gökler arasındaki yanılığının 0.007 ile 0.006 kadir civarında olduğunu göreceksiniz.

E.DERMAN: Genellikle B renginde 0.02 kadir. Bu çok çeşitli olaylara bağlı. Mesela kısa dönemli bir yıldızı bir gece sürekli gözlediğiniz zaman yanılığı çok düşüyor ama uzun dönemli bir yıldızın gecede 3-4 noktalı bir ışık eğrisini elde ettiğiniz zaman yanılığı çok büyüyor.

Z.ASLAN: Yanılığı böyle ölçmemek lazım. Yanılığı ölçecek şey sabit yıldızlardır. Mukayese ile denet arasındaki farka bakıp onu denetleyeceksiniz.

K.AVCIOĞLU: İki sorum var. Birincisi, sistemin spektral tipini nasıl elde ediyorsunuz ? İkinci de, Üçüncü bileşenden söz ettiniz, onun mutlak bolometrik parlaklığını kesin bir değer elde edilmiş. Bolometrik parlaklığını nasıl elde ettiniz ? Bu o kadar kolay değil.

H.DÜNDAR: Önce kütle fonksiyonunu elde ettik. Daha sonra yörunge eğiminden kütlesinin minimum değerini bulduk. Yani 0.5 den küçük olduğunu söyledik. Daha sonra da eğer Üçüncü cisim ana kol yıldızı ise buradan bolometrik parlaklığını söyledik.

K.AVCIOĞLU: Genel bir grafik var. Bir de sistemin spektral tipi.

E.DERMAN: Buna bir açıklık getireyim. Bunlar kontakt çift oldukları için kontakt bir zarfla örtülü. Dolayısıyla siz yıldızların teker teker tayf türünü tayin etmekte zorluk çekiyorsunuz. Tayfini aldiğinizda sistemin tayfini almış oluyorsunuz. Oradan bir tayf türü tesbit ediyorsunuz.

K.AVCIOĞLU: Fakat bazı çok zor olan şeyleri çok kesin sonuçlarla veriyorsunuz.

E.DERMAN: Tabii vermemek lazım.

N.GUDUR: Görsel bir çiftin parlak bileşeni bu. Görsellerde sönükleşen de gözlemlerin içerisinde var mı? Yoksa onu diyaframın dışına çıkarabiliyormusunuz ? Açısal uzaklık ne kadar ?

E.DERMAN: Bizim kullandığımız diyafram genişliği biraz büyük olduğu için gözlemlerde işin içine giriyor.

