

Aktif Örten Çift yıldız RT Andromedae'nın Işık Eğrilerinin Analizi ve Uzun Dönemli Parlaklık, Dönem Değişimi

(¹)K. Yakut, (¹)C. İbanoğlu, (¹)B. Kalomeni, (²)E. Budding

(¹)Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü,
Bornova, 35100, İZMİR

(²)Manchester Univ.-Central Ins. Technology, New Zeland.

Özet

Bu çalışmada manyetik etkin bir örten çift olan RT And'ın 1948'den bu yana çeşitli araştırmacılar tarafından elde edilmiş 28 ışık eğrisi ile bu çalışma kapsamında Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde elde edilen 2 ışık eğrisi birleştirilerek aktivitenin bileşenler üzerindeki davranışı ve yörünge dönemindeki değişimle ortalama parlaklık değişimi arasında bağlantı kurulmaya çalışılmıştır. Eldeki tüm ışık eğrileri Wilson-Devinney (1998) ile çözülmüş; yörünge dönem analizi yapılmış ve özel evrelerdeki parlaklık değişimi ortaya çıkarılmıştır.

1. Giriş

RT And (BD+52° 3383a, F8-G0 V + K1-3 V) kısa dönemli aktif RS CVn benzeri bir sistem olup 20. yüzyılın başlarından bu yana çalışılan bir sistemdir. İlk ışık eğrisi fotoğrafik olarak Jordan (1929) daha sonra da Payne-Gaposhkin (1946) tarafından elde edilmiş; ilk fotoelektrik gözlemleri ise 1948-1950 yılları arasında Gordon tarafından yapılmıştır. RT And'ın ışık eğrisi mevsimden mevsime değişiklik gösterir. Bu nedenle yapılan gözlemleri birleştirirken dikkat edilmeli ve ışık eğrisi olabildiğince kısa zaman aralığında elde edilmelidir.

2. Yeni elde edilmiş fotometrik veriler ve minimum zamanları

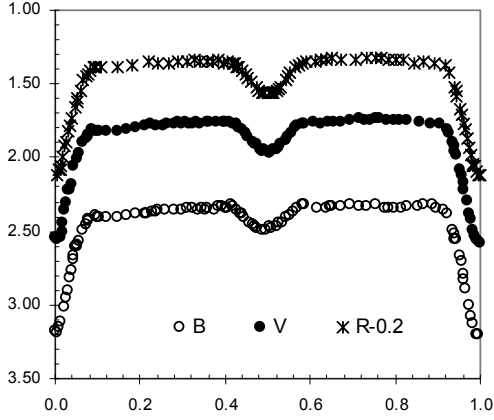
En aktif RS CVn yıldızları içerisinde gösterilen RT And Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde 8 Ağustos 2000 ile 29 Temmuz 2001 tarihleri arasında 15 gece gözlenmiştir. B, V ve R bandlarında ölçülen diferansiyel parlaklıklar yer atmosferinin etkisinden arındırılmıştır. Arındırılmış ortalama parlaklıklar,

$$\text{Min I} = \text{JD Hel. } 2451142.49384 + 0^s 62892979\text{E} \quad (1)$$

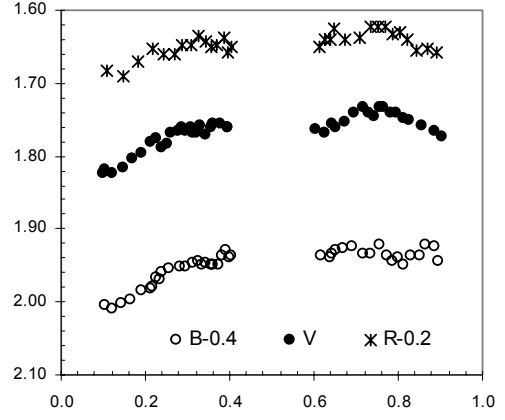
ışık öğeleri kullanılarak hesaplanan evrelere karşı noktalanmış ve Şekil 1'de gösterilmiştir. Tutulmalar dışındaki bozulmalar açıkça görülmektedir (Şekil 2). Gözlemler sırasında 3 yan ve 5 baş minimum zamanı elde edilmiştir.

3. Yörünge dönemi analizi

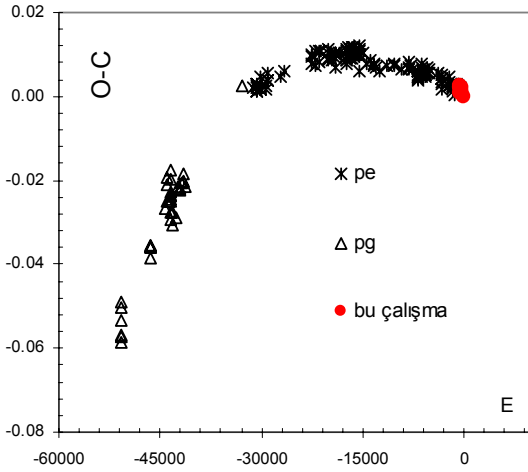
Daha önce elde edilmiş ve yayınlanmış minimum zamanlarına elde ettiğimiz 8 minimum zamanı eklenerek (1)'deki ışık öğeleriyle hesaplanan minimum zamanlarından sapmalar bulunmuştur. Bu sapmalar E sayılarına göre işaretlenerek Şekil 3'de gösterilmiştir. O-C sapmaları parabolik veya sinüs benzeri değişimin bir parçasını temsil ediyor gibi görünmektedir.



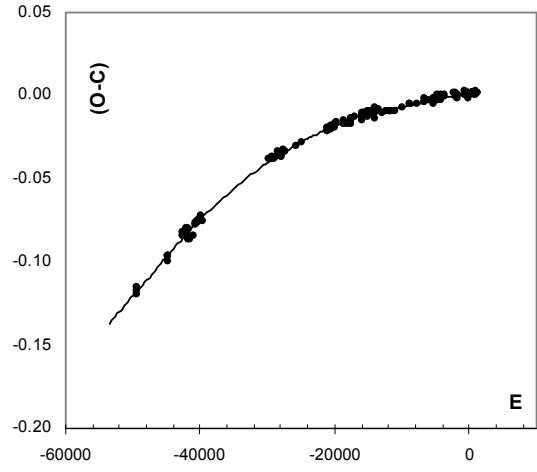
Şekil 1. RT And'ın ortalama ışık eğriisi.



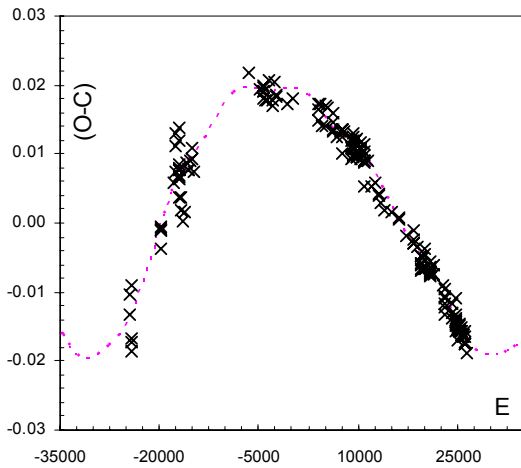
Şekil 2. RT And'ın tutulmalar dışı görünümü.



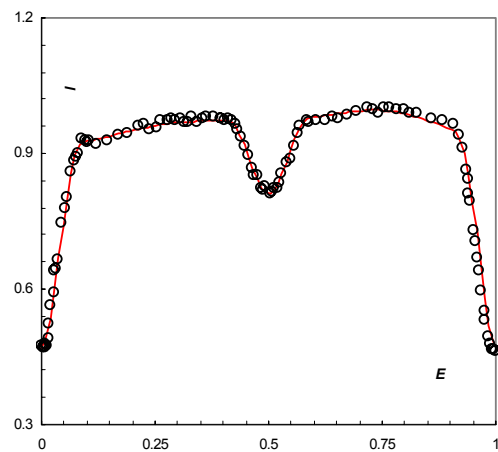
Şekil 3. RT And'ın (1) denklemi ile kullanılarak oluşturulan (O-C) değişimleri.



Şekil 4. Parabol + sinüs değişimi.



Şekil 5. 3.cisim yaklaşımı.



Şekil 6. WD ile elde edilen teorik değerlerin gözlemlerle karşılaştırılması (V süzgeci).

Dönem değişimi her ne kadar parabolik gibi görünüyorsa da bileşenler kendi Roche loblarından daha küçüktür. Dolayısıyla bileşenler arasında kütle aktarımının başladığı düşünülemez. Bileşenlerin kütleleri çok büyük olmadığından kütle kaybı nedeni ile açısal momentum değişimi olasılığı da oldukça

zayıf bir olasılıktır. Dolayısı ile, bu büyük genlikli değişimin üçüncü bir cisimden kaynaklanan sinüs benzeri bir değişimin bir parçası olduğunu sanıyoruz.

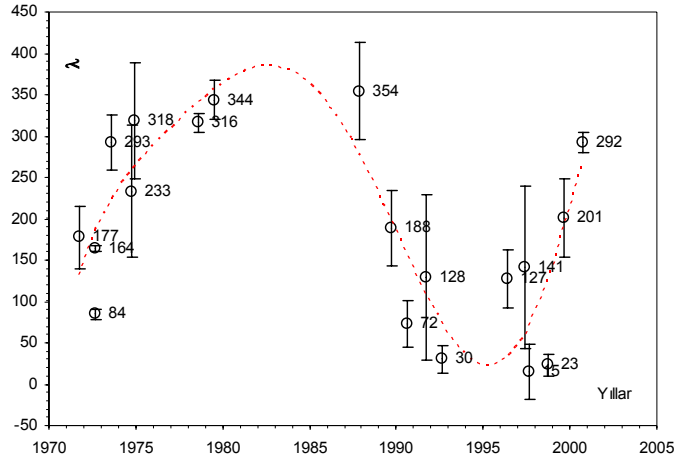
Üçüncü cisim yörüngesi için Albayrak ve ark.(1999) 108.14 yıl; Erdem ve ark. (2001) 105 yıl, bizim bu çalışma kapsamında yaptığımız çalışmada 3.cismin dönemi 104 yıl çıkmıştır. Fakat şu unutulmamalıdır ki üçüncü cisim için tahmin edilen sinüs değişimi verilerin yetersizliğinden dolayı sağlıklı sonuçlar vermesi beklenmemelidir. Bu verilerden kabaca bir sinüs değişimi ile (Şekil 5) temsil ettikten sonra elde edilen farklar yaklaşık 20 yıl kadarlık bir çevrimsel değişim vermektedir. Erdem ve ark. (2001) çalışmasında bu değer 22 civarındadır.

4. Işık Eğrilerinin Analizi

1948 yılından bu yana RT And'in 30 ışık eğrisi elde edilmiştir. Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde elde edilen ışık eğrisi Wilson-Devinney yöntemiyle analiz edilerek bileşenlere ilişkin geometrik ve fiziksel öğeler yanında sıcak yıldızın yüzeyindeki lekelerin sıcaklık, boylam ve büyüklükleri hesaplanmıştır. Lekelerin eşlekte yerleştikleri varsayılmıştır. Çözüm sonucu elde edilen öğelerle hesaplanan ışık eğrisi Şekil 6'da gözlemlerle karşılaştırılmaktadır. Baş minimum başlangıcının öncesi dışında gözlemlerle hesaplanan eğrinin oldukça iyi uyduğunu görüyoruz.

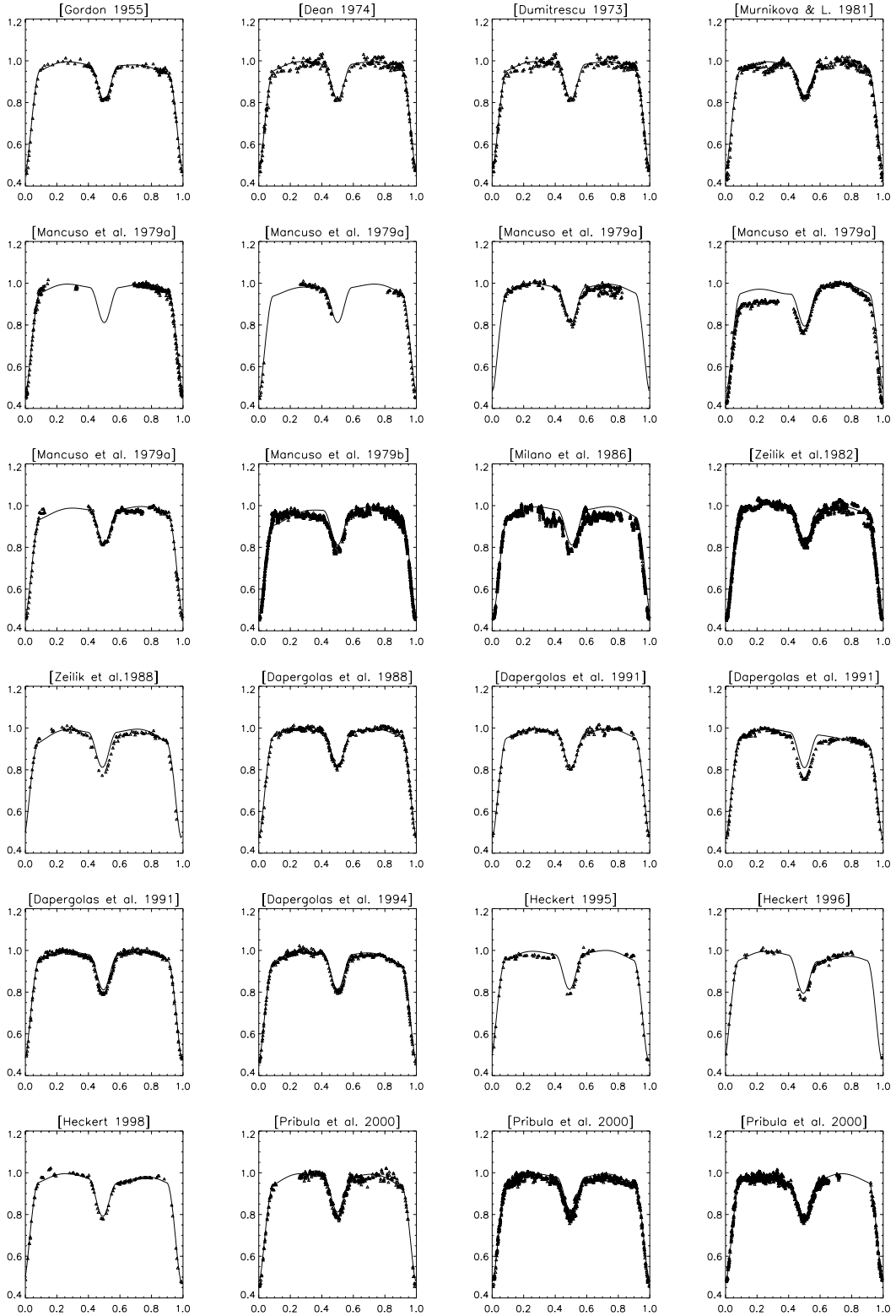
Bundan sonra bileşenlerin fiziksel ve geometrik öğeleri sabit tutularak her ışık eğrisi leke öğeleri için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Hesapla bulunan ışık eğrileri Şekil 8'de gözlemlerle karşılaştırılmaktadır.

Tüm ışık eğrilerini analiz ederek bulduğumuz leke boylamlarını Şekil 7'de yıllara göre işaretledik. Lekelerin 1975 yılı dolayında $\lambda=250^\circ$ boylamında, 1995 yılında ise $\lambda=90^\circ$ yöresinde toplandıkları gibi bir sonuçla karşılaşıyoruz. Lekelerin bu şekilde bir dağılım göstermesi seçim etkisinin bir sonucudur bilmiyoruz. Burada uyguladığımız çözümlerde yalnızca sıcak yıldızın lekeli olduğunu ve lekenin de eşlekte yerleştiğini varsaydık. Soğuk yıldızın da lekeli olup olmadığını veya sıcak yıldızda birden çok lekenin bulunup bulunmadığı konusunda bir şey söyleyemiyoruz.



Şekil 7. Leke boylamının yıllara göre değişimi.

K. Yakut vd: Aktif Örtün Çift Yıldız RT Andromedae



Şekil 8. RT And'a ilişkin ışık eğrileri ve WD ile elde edilen kuramsal eğrileri.

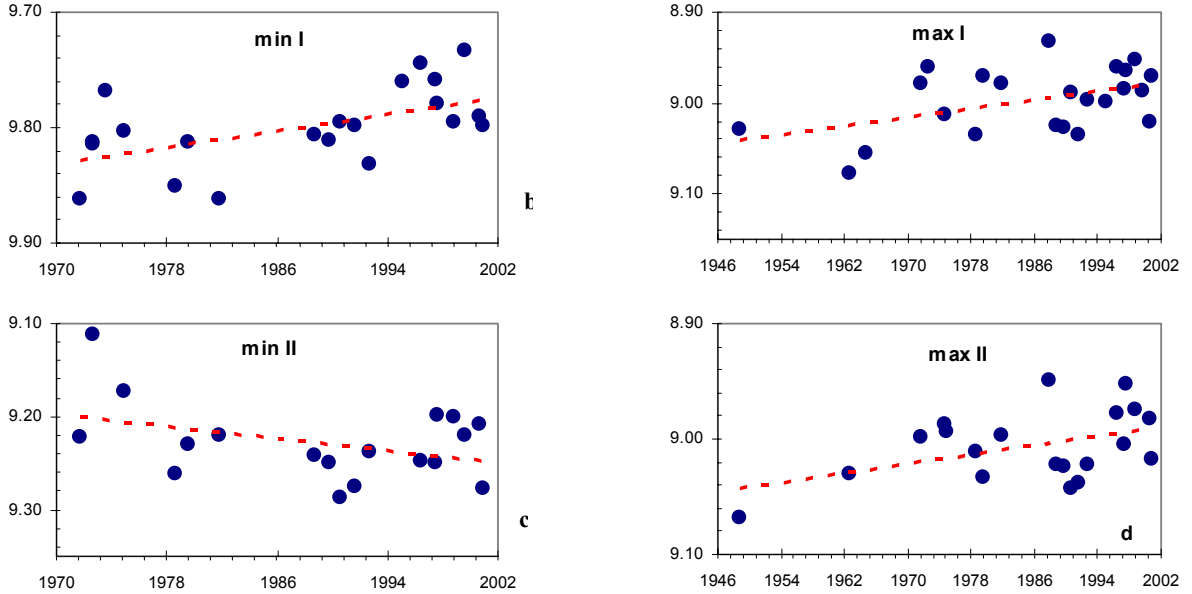
5. Özel Evrelerdeki Parlaklık Değişimi

Işık eğrilerinde minimum ortaları ve maksimumlardaki parlaklıkların yıllara göre değişimi incelenmiştir. Bunun için tüm ışık eğrileri aynı mukayese yıldızına indirgenmiş ve sonra standart parlaklığa dönüştürülmüştür. Mukayese yıldızları arasında dönüşüm ve standart parlaklığa indirgeme için Pribulla ve ark. (2000) tarafından verilen değerler kullanılmıştır. Parlaklık değişimi seçilen dört özel evrede (0.0, 0.25, 0.50 ve 0.75) okunmuştur. Bu özel evrelerde okunan parlaklıklar gözlem yıllarına göre işaretlenerek Şekil 9 (a-d)'da gösterilmiştir.

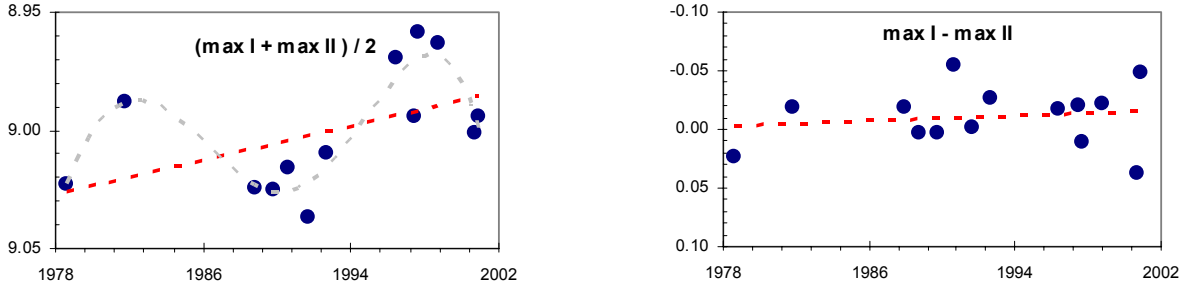
Şekil 10 (a-c)'da $(\max I + \max II) / 2$, $(\max I - \max II)$ ve $(\min I - \min II)$ değerlerinin değişimi gösterilmiştir. 2000 yılında elde ettiğimiz ışık eğrileri, dalga benzeri bozulmanın ışık eğrisini 120-140 gün gibi çok kısa bir zaman diliminde taradığını göstermiştir. Bu değer, Pribulla ve ark. tarafından da 140 gün dolayında bulunmuştur.

Dalga göçünün bu denli kısa olması nedeniyle maksimumlardaki asimetrinin dönemini tüm ışık eğrilerinden bulmak hemen hemen olanaksızdır.

$(\min I - \min II)$ farkları yıllara göre işaretlendiğinde Şekil 10c'de görüldüğü gibi derinliklerin birbirine yaklaştığı görülmektedir. Sistemin 1963 yılından bu yana elde edilen tüm ışık eğrilerinde parlaklığın aldığı değerler ışık eğrisinin elde edildiği yıla göre işaretlenerek Şekil 11'de gösterilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi sistemin maksimum parlaklığı $\approx 0^m.15$ genlik ve yaklaşık 23 yıllık bir çevrim içermektedir. Öyle görünüyor ki RT And'ın manyetik çevrimi 23 yıl dolayındadır.

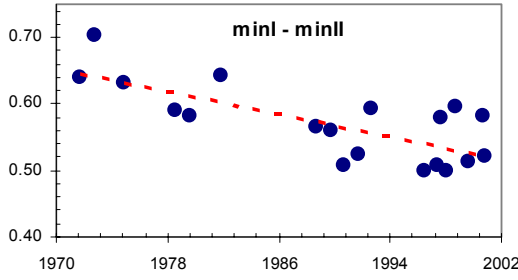


Şekil 9 a,b,c,d. RT And'ın Özel evrelerdeki (0.0, 0.25, 0.50, 0.75) parlaklığının yıllara göre değişimi

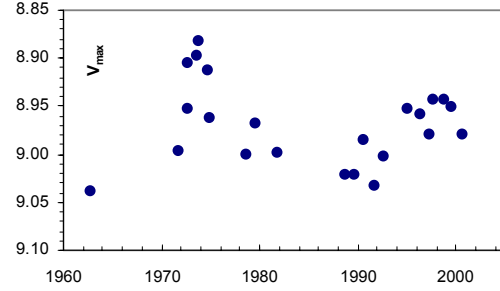


Şekil 10 a. Tutulmalar dışındaki ortalama parlaklığın yıllara göre değişimi. b. Tutulmalar dışındaki asimetrinin değişimi.

K. Yakut vd: Aktif Örtün Çift Yıldız RT Andromedae



c. Baş ve yan minimum ortalamasında alınan parlaklıklar arasındaki farkın değişimi



Şekil 11. Işık eğrisindeki maksimum parlaklığın yıllara göre değişimi.

6. Sonuçlar ve Tartışmalar

Manyetik etkin bir örtün çift olan RT And'ın 1948'den bu yana elde edilen 30 ışık eğrisini analiz ederek bileşen yıldızlara ilişkin verilerin nasıl elde edildiğini sunmaya çalıştık. RT And'ın çeşitli araştırmacılar tarafından elde edilen 28 ışık eğrisine bizim elde ettiğimiz iki ışık eğrisini ekleyerek sistemin son 60 yıldaki davranışını belirlemeye çalıştık.

RT And örtün çift yıldızının yörünge dönemi 0.15 gün gibi büyük bir değişim göstermektedir. Bu değişimi parabolik bir değişim olarak alırsak ya büyük kütleli bileşenden küçük kütleliye madde aktarımı olmalı ya da sistemden madde kaybedilmiştir. Elde ettiğimiz çözüm sonuçlarına göre büyük kütleli bileşen kritik Roche lobunu doldurmuyor görünmektedir. Dolayısı ile kütle aktarımı nedeniyle yörünge döneminde değişim beklenemez. Büyük kütleli yıldızın; Güneş kütlesi yörüngesinde bir kütlesi olduğundan yıldız rüzgarı şeklinde kütle kaybının olduğu ve bunun da yörünge dönemini azalttığı olasılığı zayıf kalmaktadır. Bu durumda, büyük genlikli değişimin sinüs benzeri bir değişimin bir parçası olma olasılığı güçlü bir olasılıktır. Büyük genlikli, bu sinüs parçası şeklindeki değişimin örtün çiftin üçüncü bir cismin çevresindeki dolanma hareketinden kaynaklandığı kanısındayız. Bu değişimin dönemi elde edilen veriler kullanılarak tahmin edilen değeri 110 yıl civarındadır. Bu değişim çıkartıldığında geriye küçük genlikli sinüs benzeri bir değişim kalmaktadır. Bunun da büyük kütleli yıldızın manyetik etkinliğinde kaynaklanması güçlü bir olasılık olarak görünmektedir. Buna göre büyük kütleli yıldızın manyetik etkinlikten kaynaklanan yörünge dönemi değişimi yaklaşık 20 yıllık bir çevrim içermektedir. Işık eğrilerinin analizi, lekelerin büyük kütleli ve yarıçaplı baş yıldızın yüzeyinde farklı iki boylamda toplandığını göstermektedir. 1975 yılı dolayında lekeler $\lambda \cong 250^\circ$ boylamında 1995 yılı dolayında ise $\lambda \cong 90^\circ$ boylamında toplanmış gibi görünmektedir.

RS CVn türü örtün çift yıldızların yörünge dönemindeki değişimle ortalama parlaklık değişimi arasında bağlantı kurulmaya çalışılmıştır. Ancak, RS CVn, AR Lac, RT Lac ve V471 Tau yıldızlarında yörünge dönemindeki değişim uzunluğu ortalama parlaklık değişim döneminin hemen hemen iki kat olduğu bulunmuştur (Rodono et al. 1995, Lanza et al. 1998, İbanoğlu et al. 2001). Bunun nedeni henüz anlaşılammış, kuramsal temeli oluşturulamamıştır.

Kaynaklar

- Albayrak, B., Özeren F.F., Ekmekçi F., 1996, Rev.Mex.Astron. Astrofis. 35,3
- Dapergolas A., Kontizas, E., Kontizas, M., 1988, Inf. Bull. Var. Stars No. 3267.
- Dapergolas, A., Kontizas, E., Kontizas, M., 1994, Inf. Bull. Var. Stars No. 4036.
- Dean, C.A., 1974, PASP 86, 912.
- Dumitrescu, A., 1973, *Studii si Cercetari de Astr.* 18, 47.
- Erdem, A., Demircan, O., Güre, M. 2001, A&A 379, 878.
- Gordon, K., 1955, AJ 60,422.
- Heckert, P.A., 1995 Inf. Bull. Var. Stars No. 4224.
- Heckert, P.A., 1996 Inf. Bull. Var. Stars No. 4384.
- Heckert, P.A., 1998 Inf. Bull. Var. Stars No. 4656.
- İbanoğlu, C., Evren, S., Taş, G., Devlen, A., Çakırlı, Ö., 2001, A&A 371, 626.

- Lanza, A. F., Catalano, S., Ctispoto, G., Pagano, I., Rodono, M., 1998, A&A 332, 541.
- Mancuso, S., Milano, L., Russo, G., 1979a, A&AS 36,415.
- Mancuso, S., Milano, L., Russo, G., et al., 1979b, A&AS 38, 187.
- Milano, L., Mancuso, S., Vittone, A., et al., 1986, Ap&SS 124, 83.
- Murnikova, V.P. and Lemeshchenko, N.D., 1981, Perem Zvezdy 21,593.
- Payne-Gaposchkin C. 1946, ApJ 103, 291
- Pribulla, T., Choccol, D., Milano, L., Errico, L., Vittone, A.A., Barone, F. and Parimucha, S., 2000, A&A, 362, 169.
- Rodono, M., Lanza, A. F., Catalano, S. 1995, A&A 301,75.
- Yakut, K., and İbanoğlu. C., 2000, Inf. Bull. Var. Stars. 4991.
- Zeilik, M., Beckert, D., De Blasi C., et al., 1988, Inf. Bull. Var. Stars No. 3173.
- Zeilik, M., Elston, R., Henson, G., et al. 1982, Inf. Bull. Var. Stars No. 2090.