

RS VUL (HD 180939) ÖRTEN ÇİFT YILDIZININ FOTOMETRİK ANALİZİ

Zekeriya Müyesseroğlu*

Varol Keskin**

Osman Demircan*

*A.Ü.F.F.Astronomi ve Uzay BİL. Böl., Beşevler, Ankara

**E.Ü.F.F.Astronomi ve Uzay BİL. Böl. Bornova, İzmir.

Özet

Algol türü örtünme değişen yıldız RS Vulpeculae'nin 1982 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Ahlatlıbel Gözlemevi'nde elde edilen üç renk ışık eğrisinden V renginde olanı küresel model kabulleri altında analiz edilmiştir. Analizde, örtülme fonksiyonları olarak "convolution" integrali ve yıldız diskleri üzerindeki parlaklık dağılımı için de doğrusal kosinüs kuramı kullanılmıştır. Tek tutulma minimumundan kararlı bir çözüm bulunamamış fakat çözümde dikkate alınan nokta dağılımının çözüme etkisi irdelenmiştir.

1. Giriş :

Yıldız, V renginde ilk kez Dugan (1924) tarafından gözlenmiştir daha sonraki gözlemler Baglow (1952), Lavrov (1954) ve Popper'a (1957) aittir. İlk tayfsal gözlemi Batten

(1967) tarafından yapılmış, 1981'de de ANS uydusu ile Wu ve Eaton tarafından tayfsal olarak gözlenmiştir.

Sistem üzerindeki en detaylı çalışmayı Hutchings ve Hill (1971) yapmışlardır. 1970 yılına kadar yapılan gözlemleri ele alan bu çalışmada özellikle Lavrov'un (1954) ışık eğrisi kullanılmıştır. Bu gözlemlere göre yörünge elipstir ve dolayısıyla hesaplamalar arındırılmış evrelerle yapılmıştır. Hutchings ve Hill sistemde yansıma etkisinin çok kuvvetli olduğunu göstermiştir. Modele göre, sıcak yıldızın küresel olmasına karşın ikinci yıldız armutlaşmış ve bir yüzü ısıtılmıştır. İkinci bileşen birinci bileşen tarafından ısıtılmakta, fakat bu etki çekim kararması etkisiyle dengelenmektedir. Çünkü ikinci bileşen Roche lobunu hemen hemen doldurmuş durumdadır. Bu bileşenin Roche lobunu tümüyle doldurmamış görünmesi, gözlemlerdeki ve modeldeki yanılığara bağlanmıştır. Ayrıca soğuk bileşenin atmosferinin standart kuramsal modellerden sapması nedeniyle kütle alış-verişinden söz edilmektedir.

2. Gözlemler ve Işık Eğrileri :

RS Vul, Haziran 1982 ile Kasım 1982 tarihleri arasında Ankara Üniversitesi Ahlatlıbel Gözlemevi'nde üç renkte toplam 50 gece gözlenerek ışık eğrileri elde edilmiştir. Gözlemlerde mukayese yıldızı olarak BD+21°3740, denet yıldızı olarak da BD+21°3719 yıldızları kullanılmıştır. Elde edilen ışık eğrilerinde baş ve yan minimumların çıkış kollarının küçük bir kısmı dışında hemen hemen eksik evre yoktur (bkz. Şekil. 1). U-B ve B-V renk değişimleri, bileşenlerin büyük sıcaklık farkını doğrulamaktadır. 1982 yılına kadar elde edilmiş olan 7 minimum zamanı

kullanılarak dönem ve epoch düzeltmesi yapılmıştır. Elde edilen ışık elemanları

$$\text{Min I : Hel. JD. } 2440818.7986 + 4^d.4776627 \text{ E}$$

olarak hesaplanmıştır. Soğuk bileşenden kaynaklanan yansıma etkisi çekim kararmasıyla dengelendiğinden ışık eğrilerinde tutulmalar dışında görülen değişim daha çok ikinci bileşenin armutlaşma etkisinden kaynaklanmış olmalıdır.

3. Analiz Yöntemi :

Yakın çift yıldızların fotometrik ışık değişimi genel olarak,

$$Q = L_1 + L_2 - L_1 \alpha \quad (3.1)$$

şeklinde yazılabilir. Küresel model için bileşen yıldızların yüzeylerinde parlaklık dağılımı düzgünse tutulmalar dışındaki tüm evreler için gözlenen toplam ışınım $L_1 + L_2$ sabittir ve ışık değişimi pratikte bu değere göre normalize edilir. (3.1) denkleminde α tutulmayla ışık kaybını gösteren tutulma fonksiyonudur ve örtülen bileşenin kenar kararma katsayısına bağlı olarak doğrusal kenar kararma yasasının uygulanması durumunda

$$\alpha = [(3-3u_1)/(3-u_1)]\alpha_0^0 + [(3u_1)/(3-u_1)]\alpha_1^0 \quad (3.2)$$

bağıntısıyla verilir. Bileşen yıldızların kesirsel yarıçaplarına, yörünge eğikliğine ve tutulmanın evresine bağlı olan α_n^0 kesirsel

ışık kaybı değerleri için bu çalışmada Kopal (1977) ve Demircan (1978) tarafından geliştirilen

$$\alpha_n^0 = \Gamma(v) b^2 (1-c^2)^{v+1} \sum_{n=0}^{\infty} (n!(v+2n+2)/(n+1)\Gamma(v+n+1)) [R_n^{(1,v)}(a)]^2 R_n^{(1+v,a)}(c^2) \quad (3.3)$$

ifadesi kullanılmıştır. Bu ifade örten ve örtülen bileşen yıldızların izdüşümleri üzerindeki parlaklık dağılımlarının iki boyutlu Fourier transformları bulunarak bu transformların "cross-correlation" integralinden elde edilmiştir. Burada

$$a = r_1/(r_1+r_2) ; b = 1-a ; c = \delta/(r_1+r_2) , \delta^2 = \sin^2 \theta \sin^2 i + \cos^2 i$$

$v = (h+2)/2$ ve R_n , kaymış Jacobi polinomudur.

(3.2) ve (3.3) denklemlerinden tutulmanın herhangi bir evresi için bir girdi parametreleri takımı yardımıyla α hesaplanıp (3.1)'de yerine konulursa o evre için sistemden alınabilecek toplam ışınının kuramsal değeri tahmin edilmiş olur. Bir çok evre için bu işlem tekrar edilerek kabul edilen girdi parametreleri için kuramsal ışık eğrisi elde edilmiş olur. Kuramsal ışık eğrisinin gözlemsel ışık eğrisiyle karşılaştırılıp aradaki farkın minimuma indirilmesiyle sisteme ilişkin parametreler çözülmüş olur.

Bu çalışmada V rengindeki ışık eğrisinin birinci tutulma minimumu içinde 10 nokta dikkate alınarak sistem parametrelerinin çözümüne gidilmiştir. Seçilen 10 nokta için oluşturulan

$$f(\theta_n) = o(\theta_n) - 1 + L_1 \cdot \alpha(r_1, r_2, \theta_n, i, u_1) = 0$$

şeklindeki on lineer olmayan denklem takımı dik iniş yöntemiyle çözülmüştür. Çözümlerde α dört basamak doğrulukla hesaplanmış ve I. minimumda örtülen B5 V bileşeni için kenar kararma sabiti Al-Naimiy (1978) çizelgelerinden bulunmuştur. Çözümler için başlangıç girdi parametreleri olarak Cester ve arkş.'nin (1977) çözüm parametreleri alınmıştır.

4. Sonuçlar :

RS Vul sistemi için Cester ve arkş.'nin bulduğu $r_1=0.277$, $r_2=0.373$, $i=86^\circ.3$, $L_1=0.977$ değerleri, çözüm için başlangıç değerler olarak alındı. I. Minimumda örtülen B5 V tipi bileşen için Cester'in verdiği $T=14950$ °K ve Hutching'in verdiği $T=16000$ °K sıcaklıklar için V renginde ayrı ayrı çözümler yapıldı. Bu sıcaklıklara karşılık, 5500 Å dalgaboyundaki kenar kararma sabitleri Al-Naimiy'in tablolarından alındı, bunlar sırasıyla $u_1=0.33$ ve $u_1=0.32$ 'dir.

Analiz için hazırlanan program A.Ü. Rektörlüğü BIM' de bulunan VAX 11/750 bilgisayarında işletilmiştir. Işık eğrisinin II. minimumu hesaplarda gözönüne alınmadığından ve dik iniş yönteminde t parametresi başlangıçta 1, daha sonraki işlemlerde t/2 olarak alındığından program işletim süresi oldukça uzundur. Özellikle ileri sayıda iterasyonlara gelindiği zaman t ile yapılan işlem süresi çok fazladır. t değeri bir boyutlu minimizasyon işlemi ile saptandığında işlemler daha sağlıklı yapılabilir.

Işık eğrisinin V renginde baş minimum çıkış koluna fit edilen polinomdan farklı evrelerde iki grup kuramsal 10'ar nokta seçilerek (Çizelge.1) bunlardan biri Cester'in $T=14950$ °K'ye karşılık olan $u_1=0.33$, diğeri Hutchings'in $T=16000$ °K'ye karşılık olan $u_1=0.32$ kenar kararma sabitleri ile ayrı ayrı çözüldü.

Çözüm sonuçları χ^2 güvenilirlik ölçüleriyle beraber Çizelge.1'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi iki çözüm özellikle i ve L_1 'ler için oldukça farklıdır. Bu farklılık örtülen yıldızın kenar kararması sabitinin farklı alınmasından değil fakat çözümde kullanılan 10 noktanın evre dağılımından kaynaklanmaktadır. Bulunan her 2 çözümde aşağı yukarı aynı doğrulukla gözlemleri sağlamaktadır. Denemelere göre tutulmanın 1. ve 2. değme evrelerine yakın noktalar çözümde etkin rol oynarken diğerleri doğru çözüme fazla katkıda bulunmamaktadır. Bu bakımdan daha güvenilir çözüme ulaşmak için değme noktalarına yakın evrelerde mümkün olduğunca fazla nokta dikkate alınmalıdır. Çizelge.1'de verilen 2. çözüm bu bakımdan daha anlamlı görünmekle beraber önceki çözümlerle uyuşmadığı için doğru olmayabilir. Tek ve güvenilir çözüme ulaşmak için iki tutulma minimumu eş-zamanlı çözülmelidir.

Çizelge 1.

Çözüm 1 ($u_1=0.33$)		Çözüm 2 ($u_1=0.32$)	
Eyre(rad)	Gözlemsel θ	Eyre(rad)	Gözlemsel θ
0.050434	0.721435	0.004687	0.717660
0.076837	0.733277	0.022675	0.716580
0.091712	0.742355	0.050434	0.721435
0.114698	0.758978	0.114698	0.758975
0.186182	0.821861	0.186182	0.821861
0.229578	0.861716	0.229578	0.861716
0.318120	0.938688	0.318120	0.938688
0.410980	0.979740	0.410980	0.979740
0.421644	0.983376	0.421644	0.983376
0.458265	0.993223	0.458265	0.993223

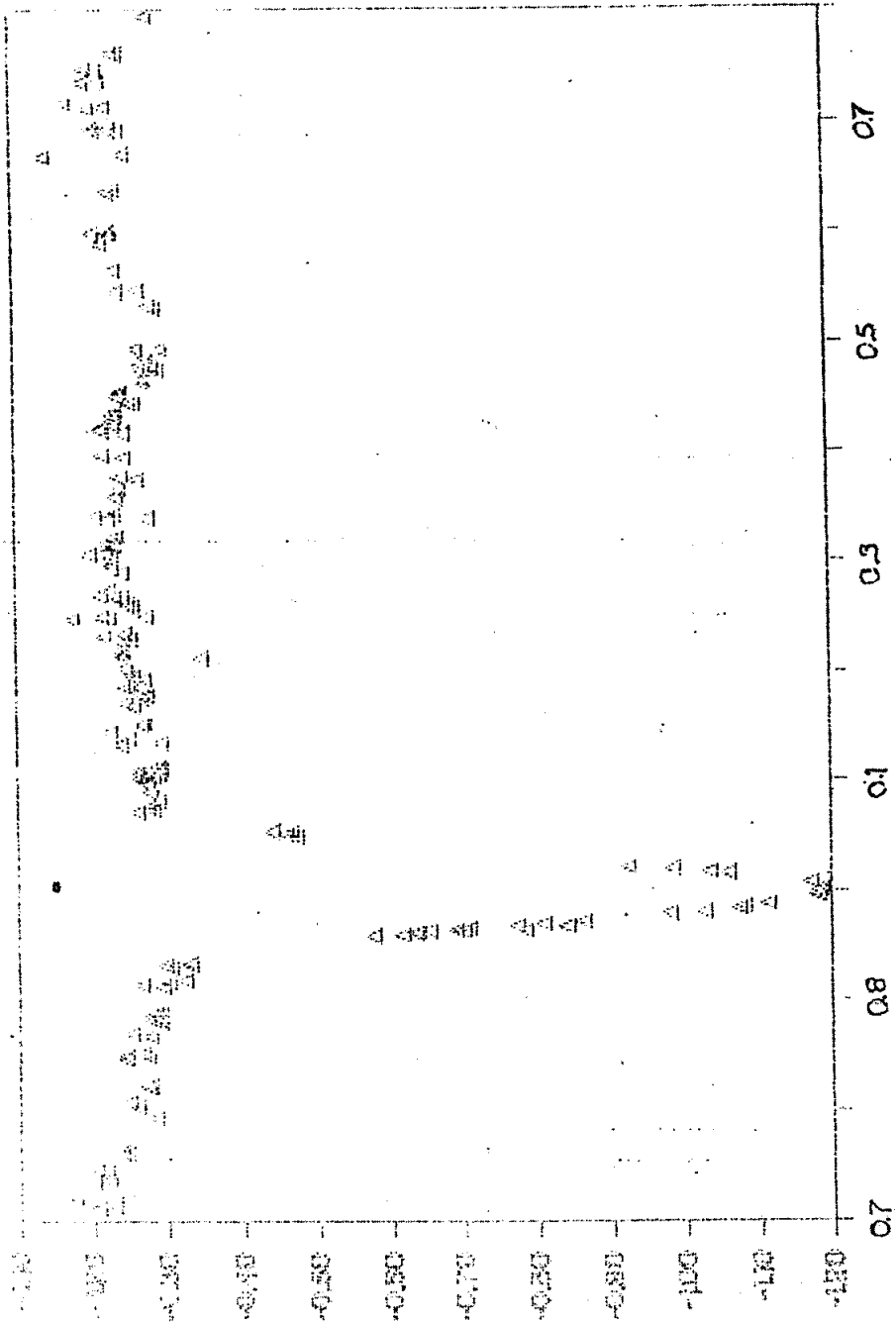
Çözüm Parametreleri	Çözüm Parametreleri
$r_1 = 0.24$	$r_1 = 0.23$
$r_2 = 0.23$	$r_2 = 0.24$
$i = 87^\circ 2$	$i = 79^\circ 8$
$L_1 = 0.37$	$L_1 = 0.51$
$\chi^2 = 0.00021$	$\chi^2 = 0.00024$

Kaynaklar

- Allen, C.W., 1973, Astrophysical Quantities, Uni. of London, The Athlone Press.
- Al-Naimiy, H.M., 1978, Astrophys. Space Sci., **53**, 181.
- Cester, B., Fedel, B., Giuricin, G., Mardirossian, F., Pucillo, M., 1977, A. Ap., **61**, 469.
- Demircan, O., 1978, Astrophys. Space Sci., **56**, 389.
- Hutchings, J.B., Hill, G., 1971, Ap. J., **166**, 373.
- Johnson, L.W., Reiss, R.D., 1982, Numerical Analysis. (2nd Ed.), Addison-Wesley Publ. Comp.
- Keskin, V., 1985, Yüksek Lisans Tezi, A.Ü Fen Fak. (Yayınlanmadı).
- Kopal, Z., 1979, Language of The Stars, D.Reidel Publ. Comp.

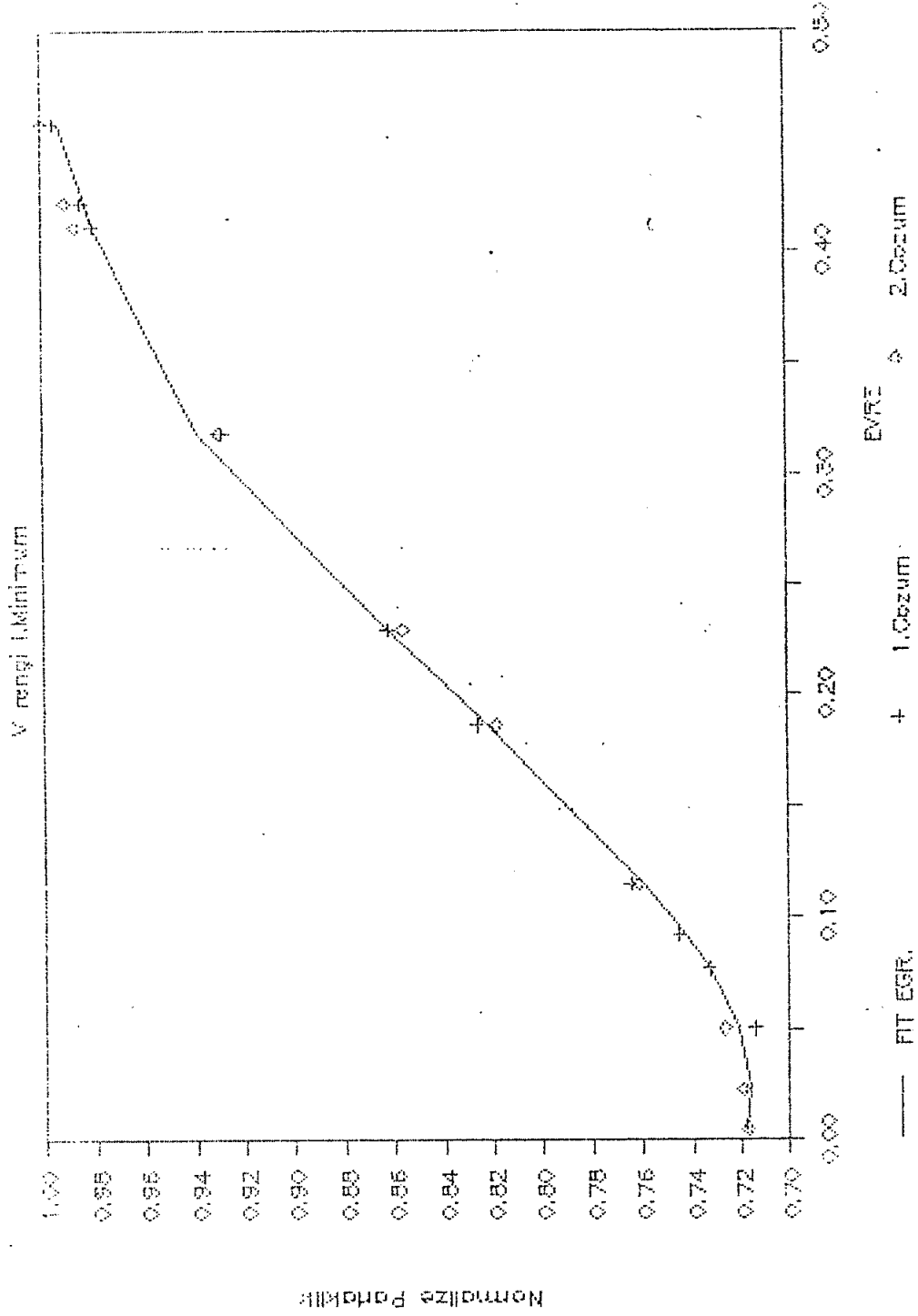
RS YUL USIK EGRİ

V BANI



setil 1. EVRE

Fit ile Cözümlemin Karşılaştırılması



Şekil 2.