

# LN Cyg Sisteminin İlk Işık Eğrisi Analizi

Neslihan ALAN

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Tandoğan,  
06100, ANKARA  
nalan@science.ankara.edu.tr

**Özet** Beta Lyr türü örten bir çift yıldız sistemi olan LN Cyg'nin 2009-2010 döneminde Ankara Üniversitesi Rasathanesi'nde bulunan 40 cm çapındaki Cassegrain teleskopa bağlı Apogee ALTA U47 CCD kamerası kullanılarak V-R-I filtrelerindeki ışık eğrileri elde edildi. Bu ışık eğrileri Wilson-Devinney yöntemine dayanan PHOEBE programı kullanılarak analiz edildi. Çalışma sonucunda sistemin ilk ışık eğrisi analizi yapılmış olup, sisteme ait dinamik ve fiziksel parametreler hakkında detaylı bilgi edilmiştir.

## 1 Giriş

LN Cyg sistemi Ross (1928) tarafından değişen yıldız olarak keşfedilmiştir. Margoni vd (1989) tarafından Asiagoda'da elde edilmiş veriler kullanılarak, içlerinde LN Cyg'nin de bulunduğu 36 tane değişen yıldızın fotometrik özellikleri incelenmiştir. Bu sistemlerin B ve V renklerindeki parlaklık ölçümleri yapılarak bu renklerdeki parlaklık değişimleri ile  $(B - V)_{min}$  ve  $(B - V)_{max}$  değerleri hesaplanmıştır. LN Cyg için B ve V renklerindeki ışık değişim aralıkları sırasıyla  $14^m.1 - 14^m.8$ ,  $13^m.3 - 14^m.5$  olarak,  $(B - V)_{min}$  ve  $(B - V)_{max}$  değerleri ise sırasıyla +0.3, +0.8 olarak belirlenmiştir. Brancewicz ve Dworak (1980) tarafından temel astronomi bağıntılarını esas alan iterasyonlu bir hesaplama yöntemi kullanılarak istatistiksel bir çalışma yapılmıştır. Böylece LN Cyg de dahil olmak üzere 1048 adet çift yıldızın bileşenlerinin fiziksel ve geometrik parametreleri elde edilmiştir. Çizelge 1 ve Çizelge 2'de sırasıyla sisteme ait GCVS katalogundan alınan bazı bilgiler ile Brancewicz ve Dworak (1980)'ın LN Cyg için buldukları sonuçlar verilmektedir.

## 2 Gözlemler

LN Cyg yıldızının fotometrik gözlemleri, Ankara Üniversitesi Rasathanesi'nde bulunan 40 cm çapındaki Cassegrain teleskopa (Kreiken Teleskobu) bağlı Apogee ALTA U47 CCD kamerası kullanılarak Johnson V-R-I filtrelerinde, 17 Temmuz 2009 ile 17 Ağustos 2010 tarihleri arasında gerçekleştirildi. Toplam 11

**Çizelge 1.** Sisteme ait GCVS'den alınan bazı bilgiler

---

<i>FarklıKataloglardakiİsimleri</i>	GSC 2692 01588, 2MASS J20573086+331488
<i>Türü</i>	EB/SD
<i>B<sub>max</sub> - V<sub>max</sub></i>	14 <sup>m</sup> .0 - 15 <sup>m</sup> .1
<i>TayfTürü</i>	A2:
<i>JD(min)</i>	2433237.347
<i>Dönem</i>	0 <sup>g</sup> .523945

---

**Çizelge 2.** Brancewicz ve Dworak'ın buldukları sonuçlar

---

<i>R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> (R<sub>☉</sub>)</i>	1.40, 1.64
<i>RL<sub>1</sub>, RL<sub>2</sub></i>	73, 100
<i>L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub></i>	7.56, 1.85
<i>T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> (K)</i>	8120, 5290
<i>M<sub>1</sub> + M<sub>2</sub> (M<sub>☉</sub>)</i>	4.99
<i>q (M<sub>2</sub> / M<sub>1</sub>)</i>	0.70
<i>Türü</i>	Beta Lyr
<i>TayfTürü</i>	A2:

---

gecelik gözlem yapıldı. Ancak yapılan gözlemlerden yalnızca 5 gecelik veri ışık eğrisi analizinde kullanılabilirdi. Diğer 6 gecelik veride, gözlem esnasında hava koşullarının uygun olmaması nedeniyle saçılma görüldü. Bu nedenle bu veriler ışık eğrisi analizine dahil edilmedi. Bu verilerden evresi uygun olanlar minimum zamanı hesaplamak için kullanıldı. Işık eğrisi analiz programında kullanılan gözlem geceleri Çizelge 3'te verilmektedir.

**Çizelge 3.** Işık eğrisi analizinde kullanılan verilerin elde edildiği gözlem tarihleri

Gözlem Tarihleri
09 Ağustos 2009
30 Kasım 2009
8 Aralık 2009
1 Temmuz 2010
17 Ağustos 2010

İndirgeme işlemi IRAF programı kullanılarak yapıldı. GSC 2692 1470 ve GSC 2692 1394 yıldızları sırasıyla mukayese ve denet yıldızları olarak kullanıldı. LN Cyg ile kullanılan mukayese ve denet yıldızlarının katalog bilgileri Çizelge 4'te verilmektedir. Işık eğrileri, diferansiyel parlaklık değerlerinin 0.001'lik evre aralıklarına göre ortalamaları alınarak oluşturuldu. Bu şekilde V, R ve I filtreleri için sırasıyla 534, 536 ve 568 adet gözlem verisi elde edilmiş oldu. Mukayese yıldızının gözlemlerinden faydalanılarak gecelik sönümleme katsayıları hesaplandı. Bir gözlem noktası için tahmin edilen belirsizlik V ve I filtreleri için  $\pm 0^m.007$ , R filtresi için ise  $\pm 0^m.006$  mertebesindedir.

**Çizelge 4.** LN Cyg ile mukayese ve denet yıldızlarının katalog bilgileri

	LN Cyg	GSC 2692 1470	GSC 2692 1394
$\alpha(2000)$	20 57 30.86	20 57 26.24	20 57 43.88
$\delta(2000)$	+33 14 38.9	+33 11 48.44	+33 17 24.41
<i>Parlaklık(B, V)</i>	$14^m.0, 13^m.3$	$12^m.1, 11^m.5$	$11^m.9, 10^m.9$

Gözlemlerden elde edilen minimumlardan Kwee and van Woerden (1956) yöntemi kullanılarak 3 adet minimum zamanı elde edildi. Elde edilen yeni minimum zamanları Çizelge 5'te verilmektedir. Bu yeni minimum zamanları ile literatürden alınan (Brat vd (2007), Zejda (2004)) minimum zamanları birleştirilerek sistemin yeni ışık elemanları hesaplandı. Hesaplanan yeni ışık elemanları:

$$\text{HJD MinI} = 2455426.3225(\pm 0.0023) + 0^d.52394278(\pm 0.00000013) \times E. \quad (1)$$

şeklindedir.

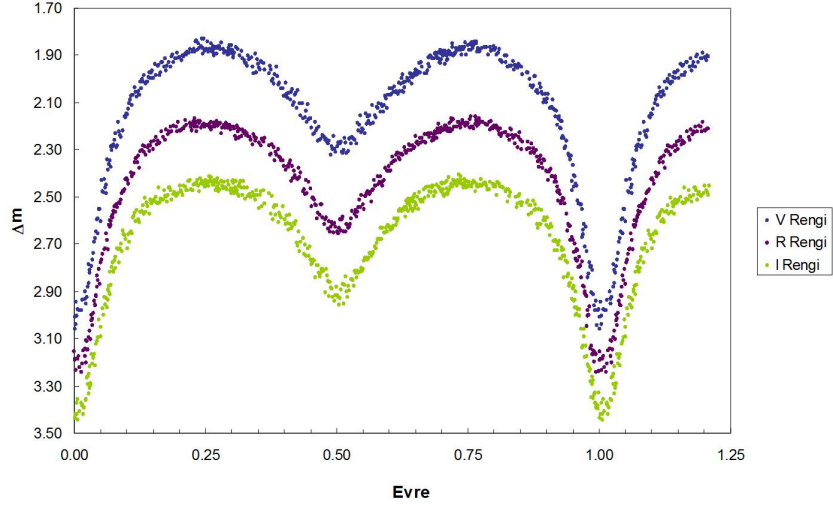
**Çizelge 5.** LN Cyg sisteminin Ankara Üniversitesi Rasathanesi'nde elde edilen minimum zamanları ve hataları

Minimum Zamanı (HJD)	Tür	Filtreler
2455379.43252±0.00023	II	VRI
2455030.48574±0.00019	II	VRI
2455426.32653±0.00014	I	VRI

Bu çalışmadaki ışık eğrileri hesaplanan yeni ışık elemanları kullanılarak evrelendirildi. Gözlemler sonucunda elde edilen ışık eğrileri Şekil 1'de verilmektedir. Işık eğrilerinin karakteristikleri de Çizelge 6'da verilmektedir.

### 3 Işık Eğrilerinin Wilson-Devinney Programı ile Analizi

Bu çalışmada LN Cyg yıldızının Ankara Üniversitesi Rasathanesi'nde elde edilen V-R-I filtrelerindeki ışık eğrileri, Wilson ve Devinney(1971) tarafından geliştirilen ve çift yıldızların ışık eğrisi çözümlerinde kullanılan bilgisayar programını esas alan PHOEBE (Prsa ve Zwitter (2005)) programı ile çözüldü. Gözlemsel ışık eğrileri normalize ışınım akılarına dönüştürülerek kullanıldı. Daha önceden hiç ışık eğrisi analizi yapılmamış ve literatürde yarı ayrık Beta Lyr türü bir sistem (bkz. <http://www.sai.msu.su/gcvs>) olarak tanımlanan, LN Cyg'nin ışık eğrilerinin analizinde ilk önce ikinci bileşenin Roche lobunu doldurduğu MOD 5 (Yarı Ayrık Çiftler) ile çözüm denendi. Ancak bu çözüm sırasında her iki bileşenin de Roche lobunu doldurduğu görüldü. Bunun üzerine MOD 6 (Değen çiftler) ile çözüm yapıldı. Çekim kararına katsayıları ve bileşen



Şekil 1. LN Cyg sisteminin Ankara Üniversitesi Rasathanesi'nde elde edilen VRI filtrelerindeki ışık eğrileri

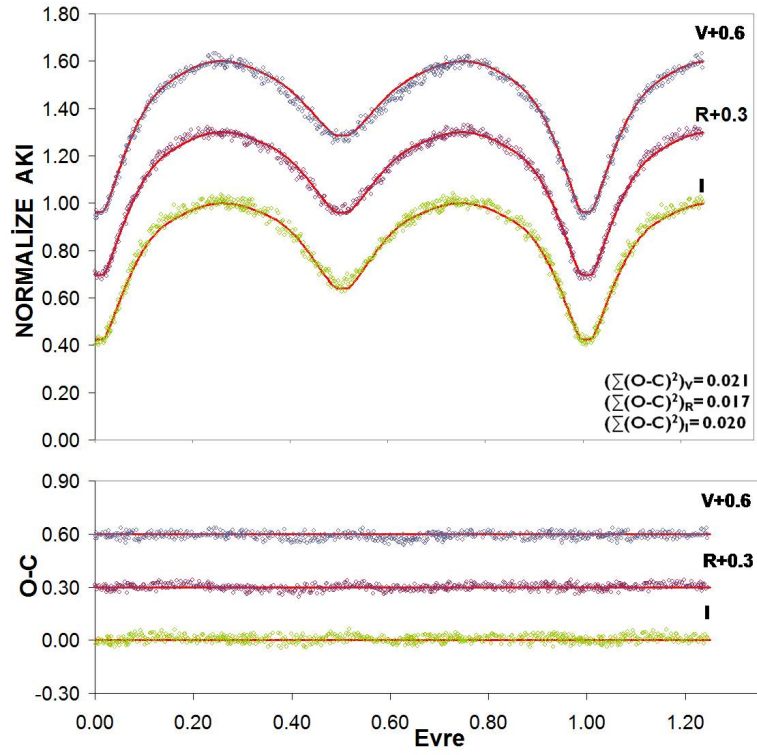
Çizelge 6. LN Cyg sisteminin ışık eğrisi karakteristiği

	V Filtresi	R Filtresi	I Filtresi
Maks. I Seviyesi (0.25 evresi)	1.870	2.199	2.444
Maks. II Seviyesi (0.75 evresi)	1.866	2.191	2.450
Min. I Seviyesi (0.00 evresi)	3.000	3.196	3.400
Min. II Seviyesi (0.50 evresi)	2.287	2.630	2.921
$\Delta$ Maks. = Maks.I – Maks.II	0.004	0.008	-0.006
$\Delta$ Min. = Min.I – Min.II	0.714	0.566	0.479
Min. I Derinliği	-1.130	-0.998	-0.956
Min. II Derinliği	-0.421	-0.439	-0.471

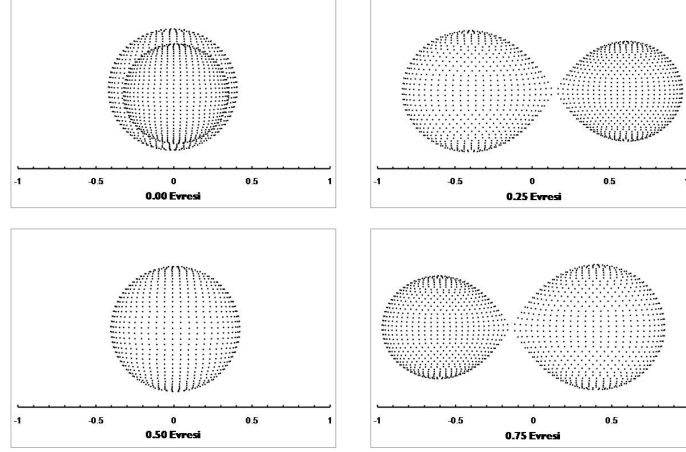
yıldızların albedoları literatürdeki teorik değerler esas alınarak sırasıyla  $g_1 = 1$ ,  $g_2 = 0.32$  (Lucy (1967)) ve  $A_1 = 1$ ,  $A_2 = 0.5$  (Rucinski (1969)) olarak belirlendi. Sisteme ait daha önceden yapılmış ayrıntılı bir tayfsal ya da fotometrik çalışma olmadığından  $q$  ve  $i$  parametrelerinin başlangıç değerlerini belirleyebilmek için  $i$ - $q$  taraması yapıldı. Tarama sonucunda en uygun değerlerin  $q$  için 0.68,  $i$  için ise  $88^\circ$  olduğu görüldü ve bu değerler  $q$  ile  $i$  parametreleri için başlangıç değerleri olarak kullanıldı. Birinci bileşenin etkin sıcaklığı  $T_1$  Popper (1980) tarafından anakol yıldızları için verilen kalibrasyon tablolarından sistemin tayf türüne (A2) uygun olacak şekilde (8770 K) seçildi ve çözüm boyunca sabit tutuldu. İkinci bileşenin etkin sıcaklığı olan  $T_2$  için başlangıç parametresi olarak 5290 K (Brancewicz ve Dworak (1980)) kullanıldı. Logaritmik kenar kararına katsayıları  $x_1$ ,  $y_1$ ,  $x_2$  ve  $y_2$  van Hamme (1993)'nin tablolarından program tarafından otomatik olarak hesaplandı. Bileşenlerin eş dönme gösterdiği ( $F_1=F_2=1$ ) ve yörünge çember olduğu ( $e=0$ ) varsayıldı. İkinci bileşenin etkin sıcaklığı ( $T_2$ ), kütle oranı ( $q$ ), yörünge eğim açısı ( $i$ ) ve bileşenlerin kesirsel monokromatik ışım güçleri ( $L_1$ ,  $L_2$ ) çözümde serbest bırakıldı. LN Cyg'nin ışık eğrisi analizinden elde edilen sonuçlar Çizelge 7'de listelenmiştir. Şekil 2'de sistemin V-R-I filtrelerindeki gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri ile bu eğrilerin farkları, teorik modelin gözlemlerle olan uyumunun incelenebilmesi açısından verilmiştir. Şekil 3'te ise sistemin geometrik görünümü verilmiştir.

**Çizelge 7.** LN Cyg sisteminin ışık eğrisi analizi sonucunda bulunan fiziksel parametreleri ve hataları

Parametre	Değer
$i(^{\circ})$	$88.43 \pm 1.07$
$q(M_2/M_1)$	$0.659 \pm 0.004$
$T_2$ (K)	$6441 \pm 16$
$T_1$ (K)	8770
$M_1$ ( $M_{\odot}$ )	3.01
$M_2$ ( $M_{\odot}$ )	1.98
$R_1$ ( $R_{\odot}$ )	1.95
$R_2$ ( $R_{\odot}$ )	1.61
$\Omega_1 = \Omega_2$	3.17
$L_1/(L_1 + L_2)_{V,R,I}$	0.83, 0.79, 0.75
$L_2/(L_1 + L_2)_{V,R,I}$	0.83, 0.79, 0.75
$x_1(V, R, I)$	0.472, 0.373, 0.279
$x_2(V, R, I)$	0.532, 0.434, 0.351
$r_1, r_2$ (pole)	$0.3912 \pm 0.0005, 0.3217 \pm 0.0005$
$r_1, r_2$ (point)	$0.5429 \pm 0.0015, 0.4571 \pm 0.0017$
$r_1, r_2$ (side)	$0.4134 \pm 0.0005, 0.3365 \pm 0.0005$
$r_1, r_2$ (back)	$0.4427 \pm 0.0005, 0.3685 \pm 0.0005$



Şekil 2. LN Cyg sistemi için V, R ve I filtrelerinde elde edilen kuramsal ışık eğrisi (sürekli eğri) ile gözlemsel ışık eğrilerinin karşılaştırması



Şekil 3. LN Cyg sisteminin farklı evrelerdeki geometrik görünüşleri

#### 4 Sonuç

Bu çalışma ile kısa dönemli Beta Lyr türü örten bir çift sistem olan LN Cyg'nin Ankara Üniversitesi Rasathanesi'nde Temmuz 2009 - Ağustos 2010 tarihleri arasında elde edilen V, R ve I filtrelerindeki ışık eğrileri PHOEBE (Prsa ve Zwitter (2005)) programı kullanılarak modellendi. Böylece, daha önceden hiç ışık eğrisi analizi yapılmamış sistemin ilk defa ışık eğrisi analizi gerçekleştirilmiş ve sistemin hem fiziksel hem de geometrik parametreleri elde edilmiş oldu. Analiz sonucunda sistemin her iki bileşeninin de Roche loblarını doldurdukları ve literatürde yarı-ayrık (bkz. <http://www.sai.msu.su/gcvs>) olarak tanımlanan sistemin bileşenlerinin tam değme noktasında oldukları tespit edildi.

LN Cyg sistemi hakkında daha detaylı bilgilere ulaşabilmek için, sistemin tayfsal verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle sistemin tayfsal gözlemlerinin yapılması planlanmaktadır. Tayfsal gözlemlerden elde edilecek olan dikine hız eğrileri ile fotometrik gözlemlerden elde edilen ışık eğrilerinin PHOEBE (Prsa ve Zwitter (2005)) programında eş zamanlı olarak çözülmesi düşünülmektedir. Bu şekilde yapılacak bir ışık eğrisi analizi çok daha güvenilir ve detaylı sonuçlar verecektir.



## Kaynaklar

- Brancewicz, H. K. & Dworak, T. Z.: A Catalogue of Parameters for Eclipsing Binaries. *AcA* **30** (1980) 501–524
- Brat, L., Zejda, M. & Svoboda, P.: B.R.N.O Contributions #34. *OEJV* **74** (2007) Issue 1, p.1
- Kwee, K. K. & van Woerden, H.: A Method of Computing Accurately The Epoch of Minimum of An Eclipsing Variable. *BAN* **12** (1956) 327
- Lucy, L.B.: Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes. *ZA* **65** (1967) 89–92
- Margoni, R., Stagni, R., Munari, U., & Marton, S.: 36 Revisited Variable Stars Around Nova Cygni 1970. *A& AS Suppl. Ser.* **81** (1989) 393–399
- Popper, D. M.: Stellar Masses. *ARA&A* **18** (1980) 115
- Prsa, A., & Zwitter, T.: A Computational Guide to Physics of Eclipsing Binaries. I. Demonstrations and Perspectives. *ApJ* **628** (2005) 426–438
- Ross, V.E.: New Variable Stars. (sixth list). *AJ* **38** (1928) 99–100
- Rucinski, S.M.: The Proximity Effects in Close Binary II. The Bolometric Reflection Effect for Stars with Deep Convective Envelopes. *AcA* **19** (1969) 245
- Van Hamme, W.: New Limb-Darkening Coefficients for Modeling Binary Star Light Curves. *AJ* **106** (1993) 2096
- Wilson, R.E. & Devinney, E.J.: Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cyg. *ApJ* **166** (1971) 605–619
- Zejda, M.: CCD Times of Minima of Selected Eclipsing Binaries. *IBVS* **5583** (2004)