

# RU Cnc Çift Sisteminin Hassas Fiziksel Ögeleri ve Evrimi

Kutay Arınç Çokluk<sup>1\*</sup>, Dolunay Koçak<sup>1</sup>, Tuğçe İçli<sup>1</sup>, Sinem Karaköse<sup>1</sup>,  
Selin Üstündağ<sup>1</sup>, Kadri Yakut<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100, Bornova-İzmir

## Özet

Bu çalışmada RS CVn türü örten bir çift yıldız sistemi olan RU Cnc sisteminin hassas Kepler K2 ve TUG T60 gözlemlerinden yararlanarak bileşenlerin fiziksel ve yörüngesel parametreleri elde edildi. Analizler, RU Cnc sisteminin literatürde bulunan iki dikine hız eğrisi ve yeni elde edilen veriler birleştirilerek yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda bileşenlerin kütle ve yarıçapları  $M_1=1.39M_{\odot}$ ,  $M_2=1.44M_{\odot}$ ,  $R_1=2.39R_{\odot}$ ,  $R_2=5.02R_{\odot}$  olarak elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** (stars:) binaries: eclipsing, İkili Yıldızlar

## 1 Giriş

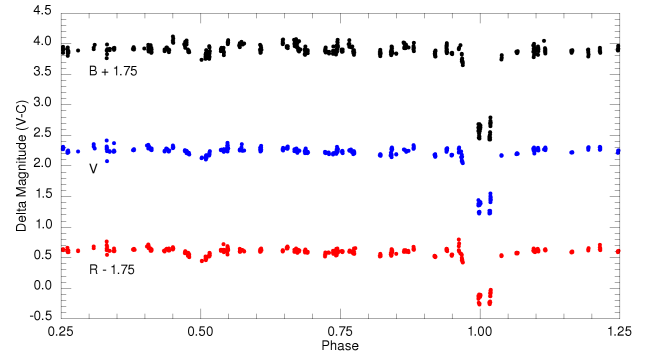
RU Cnc sistemi (HIP 42303, BD +24°1959, EPIC 212173112) yörünge dönemi 10.173 gün olan RS CVn türü örten bir çift sistemdir. Bileşenlerin tayf türü G9 IV/V + F9V (Wyse 1934) olarak verilmiştir. Tayfsal gözlemlerden baskın olarak Call H ve K çizgileri (Struve 1945) görülmektedir. RU Cnc ayrı ve yüzyıldan fazla gözlemsel veriye sahip olmasından dolayı yıldız evrim çalışmalarında oldukça önemli bir çift sistemdir. RU Cnc sistemine ilişkin ilk gözlemler van Biesbroeck & Casteels (1914), Nijland (1931), Laue (1938), Sandig (1947), Szafraniec (1957) tarafından yapılmıştır.

Popper & Dumont (1977) ve Scaltriti (1979) gözlemlerin analiz sonuçlarında 0.65-0.85 evre aralığında bir anomalilik olduğu görülmüştür. Cerruti-Sola et al. (1980), 1977-1978 yıllarında yapılan ilk maksimum gözlemine göre 0.75 evrede bir parlama tespit etmiştir. Blanco et al. (1983)'e göre anomalilikler yansıma ya da eliptiklik etkisinden kaynaklanmaktadır. Busso et al. (1984) ise anomallığın Güneş benzeri bir leke aktivitesi olduğunu öne sürmüştür. Eggleton & Yakut (2017) tarafından sistemin detaylı evrim modeli çalışması yapılmıştır ve sistemin gözlemsel parametrelerinin yeniden incelenmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada RU Cnc sisteminin yeni gözlemleri ve analizleri ele alınmıştır.

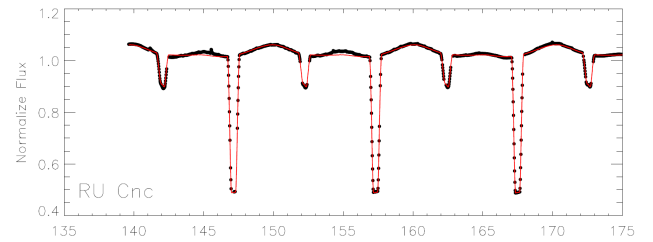
## 2 Gözlemler

RU Cnc sisteminin çok-renk fotometrik verileri T60 teleskobu ve FLI Proline 3041 CCD kullanılarak alınmıştır. Yeni gözlemler 2016D, 2017A, 2017D gözlem dönemlerinde 9 ay süresince elde edilmiştir. Toplamda 67 gecelik gözlem verisi elde edilmiştir. Poz süreleri B, V, R filtrelerinde 5 saniye olarak verilmiştir. Elde edilen veriler proje ekibi tarafından yazılan Python kodları yardımı ile indirgeme işlemleri yapılmıştır. Ön indigemeler kapsamında öncelikle bias, dark ve flat düzeltmeleri, ardından zaman düzeltmeleri ve son olarak fark fotometresi yapılmıştır. Mukayese yıldızları 2MASS 08370964+2328007 (C1), TYC 1942-1809-1 (C2), 2MASS 08371367+2328503 (C3) ve 2MASS 08375144+2329117(C4) olarak seçilmiştir.

TUG T60 teleskobu kullanılarak BVR süzgeçlerinde elde edilen gözlemler Şekil 1'de gösterilmiştir. Sistem Kepler K2 ile



Şekil 1. RU Cnc sisteminin BVR filtrelerinde T60 gözlemleri. B ve R süzgeçleri daha iyi görünüm için 1.75 birim kaydırılmıştır



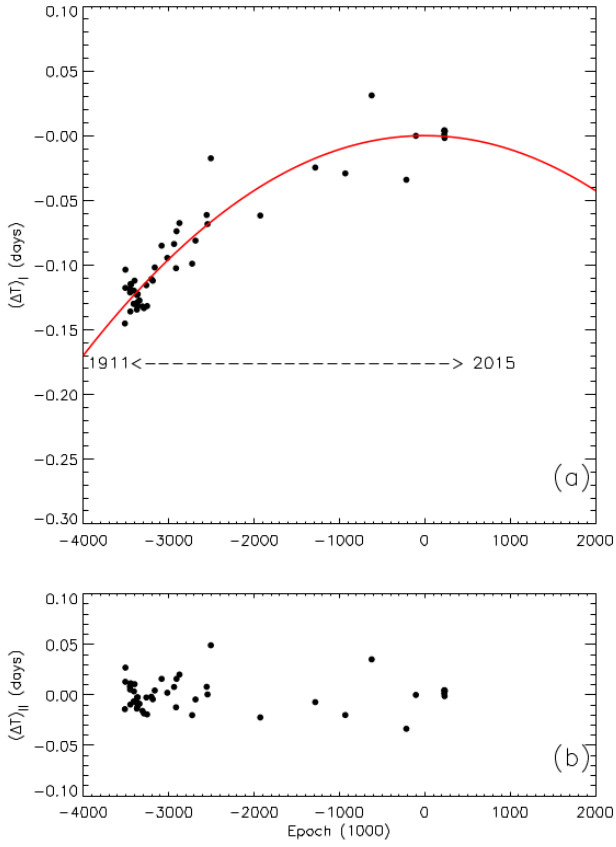
Şekil 2. RU Cnc sistemin Kepler K2 gözlemleri. Siyah noktalar gözlem noktalarını, kırmızı çizgiler yapılan sentetik modeli temsil etmektedir.

elde edilmiş ışık değişimi normalize işlemleri yapılmış ve sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir.

## 3 Dönem ve Işık Eğrisi Analizi

Literatürden elde edilen minimum zamanlar ile bu çalışmada elde edilen yeni minimum zamanlar bir arada ele alınarak yörünge dönem değişim analizi yapılmıştır. Elde edilen tüm zamanların değişimi Şekil 3'de gösterilmektedir. Şekil 3 parabolik bir değişim gösterdiği için ilk olarak bu varsayım altında analiz yapılmış ve dönemin yılda  $7.6 \times 10^{-7}$  gün azaldığı sonucuna varılmıştır. Sistemin ayrı olduğu göz önünde bulun-

\* kutayarinc@gmail.com



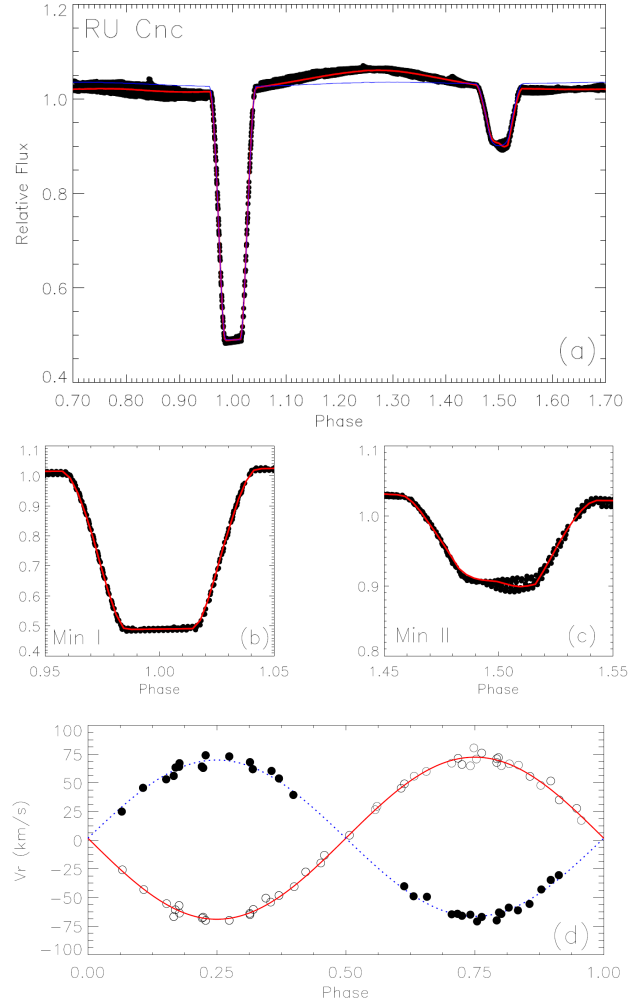
**Şekil 3.** RU Cnc sisteminin O-C analizi. a) siyah noktalar minimum zamanlarını, kırmızı çizgi ise parabolik periyod değişimi modelini temsil etmektedir, b) parabolik modelden arda kalan veriler.

durulduğunda, bileşenler arası madde aktarımı mümkün olmayacağından ve sistemin soğuk bileşenin aktif olduğu bilindiğinden sistemden dışarıya madde aktarımının olası olduğu varsayılabilir. Bununla beraber elde edilen dönem değişim oranı oldukça büyüktür. Madde kaybı dışında dönem değişimine etki eden olası diğer bir etken de üçüncü cisim varlığı olduğu dikkate alınabilir. Ancak olası üçüncü cismin yörünge periyodunu belirlemek için yeterli veri bulunmamaktadır.

Sistemin T60 ile alınan yeni gözlemlerinde tutulmalar tam olarak elde edilemediğinden, sentetik model sırasında Kepler K2 verileri kullanılmıştır. Dikine hız eğrisi [Popper \(1990\)](#) ve [Imbert \(2002\)](#) tarafından yapılan tayfsal çalışmalarının birleştirilmesinden oluşturulmuştur. Phoebe ([Prša & Zwitter 2005](#)) yazılımı kullanılarak ışık ve dikine hız eğrisi eş zamanlı modellenmiştir. Analiz esnasında verilerin hatalarına göre farklı ağırlıklar verilmiştir. Sistemin analizinden elde edilen fiziksel parametreleri ve yörünge öğeleri [Çokluk et al. \(2019\)](#)'da verilmiştir. Işık eğrisi ve dikine hız eğrilerinin modellenmesi sonucunda elde edilen sonuçlar [Şekil 4a-d](#) de verilmiştir. Şekilde hem lekeli (kırmızı çizgi) hem de lekesiz (mavi çizgi) modeller gösterilmiştir. Ayrıca çözümün uyumunu göstermek için minimumlar büyütülerek verilmiştir.

#### 4 Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada aktif bir RS CVn tipi bir sistem olan RU Cnc'nin bileşenlerinin hassas yörünge ve fiziksel öğeleri elde edilmiştir.



**Şekil 4.** RU Cnc sistemin ışık ve dikine hız eğrisi. a) siyah noktalar gözlem, mavi çizgi lekesiz model, kırmızı çizgi lekeli model, b) baş minimumun, c) yan minimumun yakınlaştırılmış görüntüsü d) [Popper \(1990\)](#) ve [Imbert \(2002\)](#)'nin birleşiminden elde edilen dikine hız eğrisi.

Sisteminin bileşenlerinin kütle ve yarıçapları %3 hassasiyetle ve ([Popper 1990](#)) çalışmasında elde edilen değerlerden farklı olarak elde edilmiştir. Baş yıldızın ve yoldaş yıldızın kütle ve yarıçapları sırasıyla %8 ve %2.4 daha büyük olduğu tahmin edilmiştir. Ayrıca sistemin uzaklığı 380 pc olarak elde edilmiştir ve bu değer [Gaia Collaboration et al. \(2016\)](#) tarafından verilen 379 pc ile tutarlıdır.

Dev bileşenli çift sistemlerin evrim modelleri [Eggleton & Yakut \(2017\)](#) tarafından hesaplanmıştır. Bu çalışmaya göre RU Cnc sisteminin yaşı  $2.5 \times 10^9$  yıldır ve sistemin başlangıçta yörünge döneminin 11.72 gün, dış merkezliliğinin 0.3, sıcak ve soğuk bileşenlerinin kütlelerinin, sırasıyla,  $1.550 M_{\odot}$  ve  $1.425 M_{\odot}$  olduğu belirtilmiştir. Sistemin başlangıçta sıcak olan bileşeni şuanda sistemin soğuk bileşeni olduğu anlaşılmaktadır. Bileşen yıldızın evrimi boyunca kütlelerinin yaklaşık %15'ni kaybettiği anlaşılmaktadır. Bu çalışmada sunulan çalışmanın detayları [Çokluk et al. \(2019\)](#)'da bulunmaktadır.

**Teşekkür**

Bu çalışma TÜBİTAK 117F188 nolu proje tarafından desteklenmektedir. Çalışmada yapılan gözlemlerin bir bölümü TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi T60 teleskobu kullanılarak elde edilmiştir (Proje Numarası: 16DT60-1114).

**Kaynaklar**

- Blanco C., Bodo G., Catalano S., Cellino A., Marilli E., Pazzani V., Rodono M., Scaltriti F., 1983, in Byrne P. B., Rodono M., eds, *Astrophysics and Space Science Library Vol. 102*, IAU Colloq. 71: Activity in Red-Dwarf Stars. pp 395–398, doi:10.1007/978-94-009-7157-8\_48
- Busso M., Scaltriti F., Blanco C., Catalano S., Marilli E., Pazzani V., Rodono M., 1984, *A&A*, 135, 255
- Cerruti-Sola M., Scaltriti F., Blanco C., Catalano S., Marilli E., Rodono M., Strazzulla G., Chambliss C. R., 1980, *A&AS*, 42, 245
- Eggleton P. P., Yakut K., 2017, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 468, 3533
- Gaia Collaboration et al., 2016, *A&A*, 595, A1
- Imbert M., 2002, *A&A*, 387, 850
- Lause F., 1938, *Astronomische Nachrichten*, 267, 323
- Nijland A. A., 1931, *Astronomische Nachrichten*, 242, 65
- Popper D. M., 1990, *AJ*, 100, 247
- Popper D. M., Dumont P. J., 1977, *AJ*, 82, 216
- Prša A., Zwitter T., 2005, *ApJ*, 628, 426
- Sandig H., 1947, *Astronomische Nachrichten*, 275, 37
- Scaltriti F., 1979, *A&AS*, 35, 291
- Struve O., 1945, *ApJ*, 102, 74
- Szafraniec R., 1957, *Acta Astron.*, 7, 188
- Wyse A. B., 1934, *Lick Observatory Bulletin*, 17, 37
- Çokluk K. A., Koçak D., İçli T., Karaköse S., Üstündağ S., Yakut K., 2019, Absolute properties of RU Cnc revisited: An active RS CVn-type eclipsing binary with a first giant branch and a main sequence components
- van Biesbroeck G., Casteels L., 1914, *Annales de l'Observatoire Royal de Belgique Nouvelle serie*, 13

**Erişim:**

021-1020: [UAK-2018 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).