

Değen Çift Yıldızların Gezegenleri Olabilir mi?

Osman Demircan¹★, İbrahim Bulut¹

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Çanakkale

Özet

Değen çift yıldızların gezegenleri olması halinde ışık eğrileri ve minimum zamanlarındaki kaymalar modellenmiş ve modellere dayanarak sistemde manyetik etkinliğin de var olması halinde gözlemlerden gezegen geçişlerini saptamanın çok zor olduğu saptanmıştır. Bugüne kadar değen çift yıldızların etrafında gezegen keşfedilememiş olmasının bu gözlemsel zorluktan kaynaklanmış olabileceği veya bu sistemlerdeki dinamik nedenlerle çevrelerinde gezegen oluşamamış olabileceği veya oluşan gezegenlerin çok önce çift sistem üzerine düşmüş olabileceği yorumu ilk kez yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: planet-star interactions, Yıldızlar, Ötegezegenler

1 Giriş

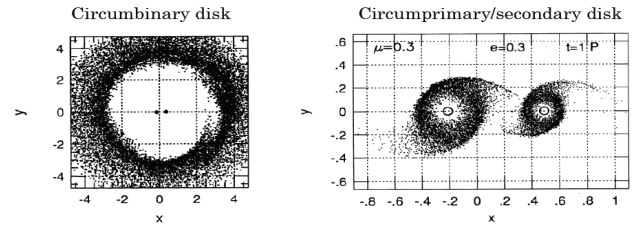
Çift yıldızların etrafında 3. cisimlerin varlığıyla ilgili gözlemsel veriler 1990'lı yıllardan itibaren birikmeye başlamıştır (örneğin bkz. Demircan, Derman, Müyesseroglu 1992; ve Demircan 1994). Biriken verilerden çift yıldızlarda 3. cisim bulunma frekansının kısa dönemli çift yıldızlara gidildikçe hızla arttığı, değen çift yıldızlarda bu frekansın %100'e ulaşmış olabileceği Tokovinin ve ark. (2006) tarafından gösterilmiştir. Pribulla ve Rucinski (2008) tarafında bu frekans %60 olarak saptanmıştır. Bugüne kadar değen çift yıldızların etrafında saptanan 3. cisimlerin yıldız kütlelerinde cisimler olduğu bilinmektedir. Bu durum değen çift yıldızların etrafında gezegen kütleli cisimlerin olamayacağı anlamına gelmez. Bugüne kadar değen çift yıldızların tayfsal ve fotometrik gözlemlerinden gezegen kütleli 3. cisimlerle ilgili kanıt saptanamamıştır. Bunun nedeni W UMa türü değen çift yıldızların gözlemlerinde manyetik etkinlik, madde hareketi, ve diğer fiziksel değişimlerin etkisiyle gezegen etkilerinin ayrılamamış olmasıdır. Bu ayırım için daha duyarlı gözlemlere ve daha anlamlı fiziksel modellemelere gereksinme bulunmaktadır. Kepler uzay aracının gözlemleriyle gezegen transitlelerini ortaya çıkaracak gözlem duyarlıklarına ulaşılmış ve farklı türlerden çift yıldızlarda çok sayıda gezegen varlığı saptandığı halde bu gözlemlerde de henüz W UMa türü değen çift yıldızlarda gezegen varlığını gösteren kanıtlara rastlanmamıştır. Bunun nedeni bu sistemlerin çevresinde gerçekten gezegen bulunmaması veya gözlemsel etkilerin karmaşıklığı nedeniyle saptanamaması olabilir. Bu sistemlerde gezegen varlığının gözlemsel transit etkisi, etkinin niteliğini görebilmek için modellenmiştir.

2 Çift Yıldızların Ötegezegenleri

Çift yıldızların Kepler gözlemlerinde iki tür yörüngede ötegezegenler saptanmıştır: i) çift sistemin bir bileşeni etrafında satelitte türü S-tipi yörüngedeki ötegezegenler, ve ii) çift sistemin etrafında planet türü P-tipi yörüngedeki ötegezegenler. Farklı türlerden çift yıldız sistemlerinde ötegezegen keşfedilen sistem istatistiği şöyledir (bkz. www.univie.ac.at/adg/schwarz/binary.htm, www.exoplanets.eu ve Kostov ve ark. 2013, 2014):

- Uzun dönemli ayırık çift yıldızda bir bileşenin etrafında → 44 sistem ($a > 20$ AB)

★ demircan@comu.edu.tr



Şekil 1. Çift yıldız sistemi etrafında ve bileşenleri etrafında disk oluşumu (Artymowicz ve Lubow, 1994).

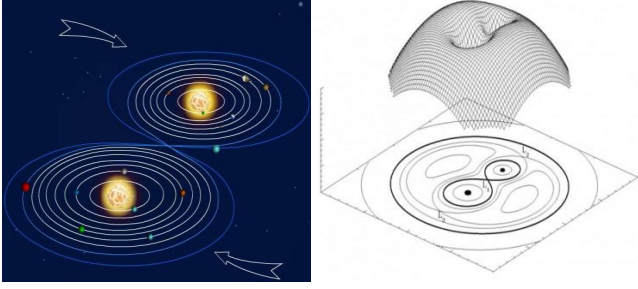
- Kısa dönemli ayırık çift yıldızda sistem etrafında → 10 sistem ($0.08 < a < 0.23$ AB)
- Değen çift yıldızlar (ortak zarf içindeki sistemler) → ? Henüz keşfedilmedi
- Ortak zarf sonrası sistemler (PCES), sistem etrafında → 11 sistem
- Nötron yıldızı çift yıldız sistemlerinde, sistem etrafında → 2 sistem?

Not: burada bileşenler arası uzaklık a değeri astronomik birim (AB) olarak verilmiştir. İlk iki gruptaki ötegezegenler transit geçişleriyle, 4. gruptakiler minimum zamanı istatistikleriyle, 5. gruptakiler ise puls zamanlarının analiziyle saptanmıştır. Transit oluşturmayan ötegezegenlerin de var olması gerekmektedir. Bunların varlığı, transit geçiş zamanı istatistiğinden bulunabilir.

Yukarıdaki istatistiklerden de görüldüğü gibi değen çift yıldızların etrafında ötegezegen varlığını gösteren ne dönem değişimi ne de transit gözlemler henüz saptanamamıştır.

3 Yıldızların Etrafında Disk Oluşumu ve Ötegezegenler

Bilindiği gibi gezegenler yıldızların etrafındaki disklerin soğumasıyla kar topu modeline göre oluşurlar (bkz Şekil 1). Diskler ise yıldız oluşum evresinde hızlı dönmenin sonucu ekvator düzlemlerinde bileşen yıldızların etrafında oluşabildiği gibi kısa dönemli sistemlerde sistem etrafında da oluşabilmektedir. Gezegenler diskin oluşabildiği her yerde meydana gelmiş olmalı. Diğer taraftan diskler çift yıldız evriminin farklı evrelerinde oluşabilmektedir: a) oluşum evresinde, b) büyük kütleli bileşenden diğerine madde aktığında, c) fazla madde aktarımı sonucu sistem ortak zarfın içinde kaldığında ve d) ikinci Lag-



Şekil 2. Roche Modeline göre çift yıldız sisteminde gezegenlerin oluşabileceği konumlar.

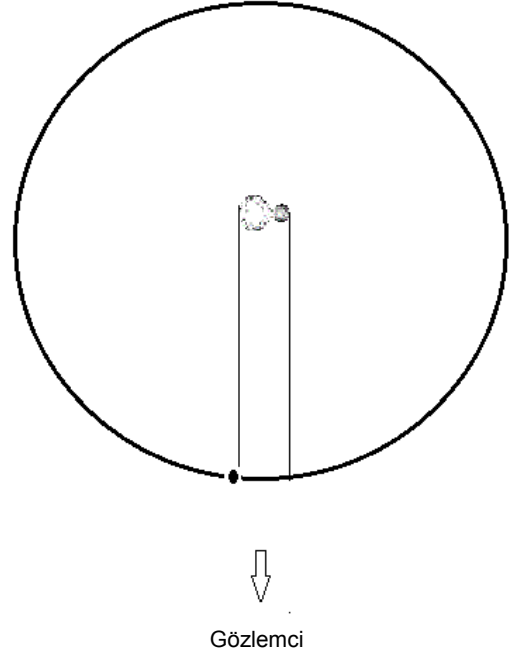
range noktasından dış ortama fazla madde atıldığında (bkz Şekil 2). Bu evreler farklı zamanlarda gerçekleştiği için oluşacak gezegenler de 1. Nesil, 2. Nesil, 3. Nesil, ... gezegenler olarak ortaya çıkarlar.

4 Değen Çift Yıldızlarda Gezegen Geçiş Saptamanın Zorluğu

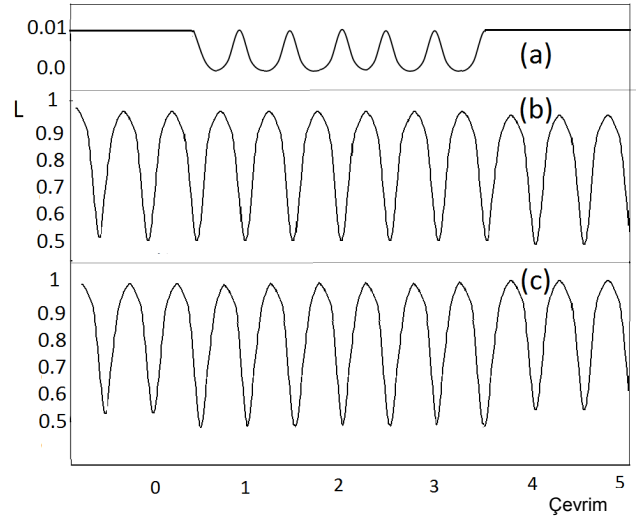
Değen çift yıldızların etrafında gezegen varsa bile bugüne kadar bilinen yöntemlerle saptanamamıştır. Asıl önemlisi Kepler uzay teleskopu ile keşfedilen çift yıldızların çoğu kısa dönemli, onların da büyük kısmı W UMa türü değen çift yıldız olduğu halde 4 yıl süreklili ve duyarlı gözlemler bugüne kadar hiçbir ötegezegen geçişi belirteci göstermemiştir. Bu sistemler için ötegezegen geçiş süresinin çiftin yörünge döneminden daha uzun olacağı, yani varsa bir geçiş sırasında çift sistemin birkaç tur atmış olabileceği ve geçiş nedeniyle ışık seviyesinin bu birkaç tur boyunca en fazla yüzde birkaç kadir düşebileceği, bunun da bu sistemlerde genelde görülen O'Connell etkisiyle karıştırılmış olabileceği düşünülürse bu sistemlerde ötegezegen geçişi saptamanın ne kadar zor olduğu anlaşılır. Bu durumu daha iyi anlamak için iyi bilinen W UMa sistemine bir simülasyon uyguladık: Burada ortak zarf sonrası sistemleri örnek olarak W UMa'nın etrafında ve sistemin yörünge düzleminde bir yıllık yörünge dönemine sahip Jüpiter benzeri bir gezegen olduğunu varsaydık. Bu gezegenin transit geometrisi Şekil 3'te gösterilmiştir. Sistemin maksimum izdüşüm boyutu $b = a_b + R_1 + R_2$ olur. Burada değen çift yıldızlar için $R_1 + R_2$ değeri yörünge yarıbüyük eksen uzunluğu olan a değerinin 0.75 ile 0.80 katı kadardır. Bu durumda fazla değen sistemler için $b = 1.80 \times a_b$ olur. Yörünge yarıbüyük eksen uzunluğu a_p ve yörünge dönemi P_p olan gezegenin b uzunluğunu geçiş süresi T , basit bir orantıyla

$$T \simeq \frac{1.8}{2\pi} \frac{a_b}{a_p} P_p \quad (1)$$

bulunur. Bu formülde W UMa için yukarıda verilen değerler yerine konursa $T = 0.985$ gün bulunur. Buradan anlaşıldığına göre ötegezegenin geçiş süresi içinde merkezdeki değen çift yıldız W UMa yaklaşık $(0.985 / 0.3336 = 3)$ 3 tur atmaktadır. Yani W UMa sisteminde böyle bir gezegen varsa aşağı yukarı 0.01 kadirlik ışık düşmesinden oluşan ötegezegen geçişi üç ışık eğrisi boyunca sürekli devam etmektedir (bkz Şekil 4). Geçiş ışık eğrisi ise genişliği 0.01 kadir olan üç tane yan yana ω biçimli ışık değişiminden oluşur; burada her ω , değen sistemin bir turunu temsil eder. Geçiş eğrisinin maksimumları çift sisteme ait ışık eğrisinin 0.25 ve 0.75 evreleriyle çakışır, ancak geçiş zamanının başlangıcı ve sonunun ω 'nin neresine denk geldiğini tahmin

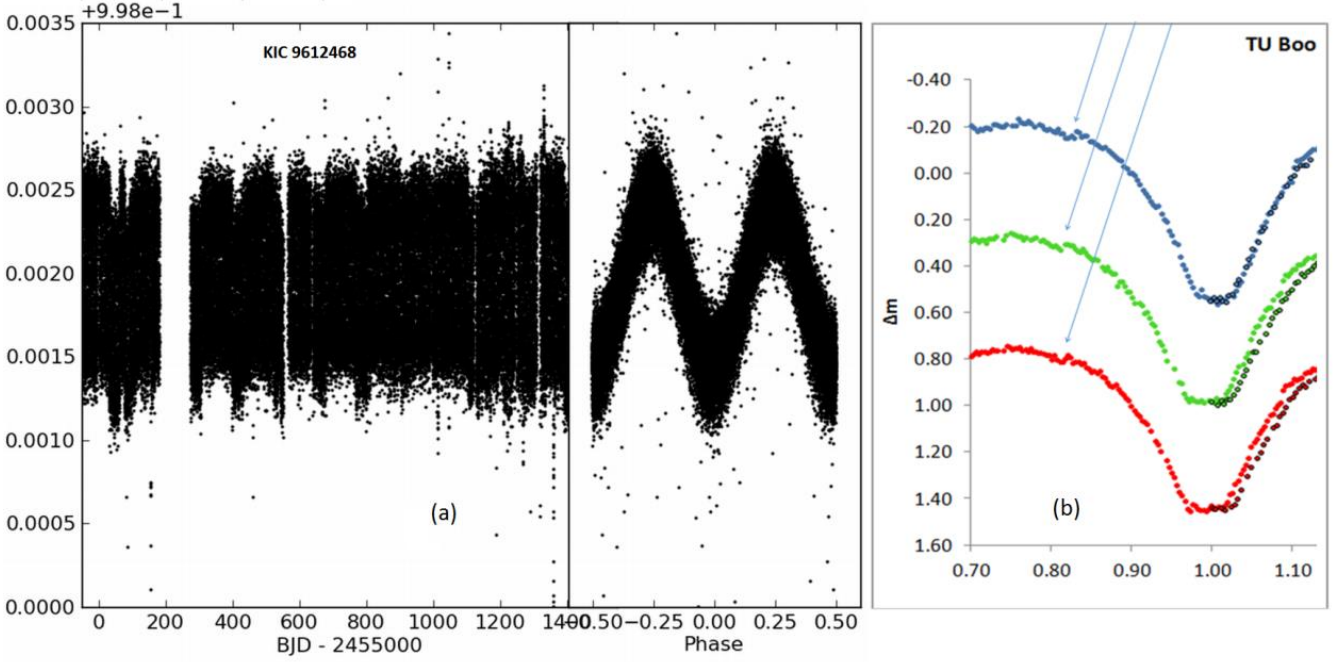


Şekil 3. Değen çift yıldızlarda ötegezegen geçişinin geometrisi.



Şekil 4. W UMa'nın etrafında var sayılan Jüpiter kütleli bir gezegenin (a) sistemin ışık değişimi dikkate alınmaksızın çizilen ışık eğrisi, (b) W UMa sisteminin sürekli ışık değişimi ve (c) iki eğrinin toplamı olan ötegezegen geçiş eğrisi.

etmek daha karmaşık bir evre hesabı gerektirir. Şekil 4c'de 4a ve 4b'nin toplamı olan W UMa'nın ışık eğrisi üzerinde geçiş eğrisi gösterilmiştir. Görüldüğü gibi Şekil 4c'de ötegezegen geçişi ışık eğrisindeki diğer küçük değişimlerle karışabileceği için ötegezegen belirtecini ortaya çıkarmak oldukça zor görünmektedir (bkz Şekil 5). Beklide bu nedenle değen çift yıldızlarda bugüne kadar ötegezegen saptanamamıştır. Şekil 5b'de görüldüğü gibi değen çift yıldızların fotometrik gözlemlerinde dikkat çeken bazı küçük atlamalar ötegezegen geçişleriyle ilgili olabilir.



Şekil 5. (a) KIC 9612468 Kepler çift yıldızının Prša ve ark. (2011) den alınan ışık eğrisi; değişimler manyetik etkinlikten kaynaklanmakta, ancak ötegezegen etkisi varsa bile manyetik alan etkisi içinde kaybolmaktadır. (b) değen çift yıldızların fotometrik gözlemlerinde (örneğin burada gösterilen TU Boo'nun ışık eğrisinde) dikkat çeken bazı küçük atlamalar ötegezegen geçişleriyle ilgili olabilir.

5 Sonuçlar ve Tartışma

Jüpiter kütleli bir ötegezegenin bir değen çift yıldızın önünden geçişiyle oluşan ışık değişimi eğrisi ilk kez modellenmiştir. Bu modelleme, geçiş etkisinin birkaç dönemlik ışık eğrisi üzerine binmiş olması ve etki genliğinin küçük olması nedeniyle, manyetik etkinlik gibi diğer etkilerden kolay ayıramayacağı gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda Kepler teleskopu ile 4 yıl sürekli gözlenen değen çift yıldız ışık eğrilerinde ötegezegen geçiş belirteci bulabilmek için model eğrilerden yararlanılması ve yeni analizlerin buna göre yapılması gereği ortaya çıkmıştır.

Diğer taraftan şimdiye kadar minimum zamanlarının analizinden elde edilen 3. cisim ışık-zaman etkisi, daha çok manyetik etkinlik nedeniyle gözlemlerdeki saçılmaların büyük olması nedeniyle gezegen boyutlu 3. cisimlerin saptanmasına olanak vermemiştir. Bu çalışmanın bir sonucu olarak değen çift yıldız gözlemlerinde manyetik alan etkileri modellenerek minimum zamanlarındaki saçılmalar iyileştirildikten sonra karakteri daha iyi belli olan küçük genlikli uzun dönemli ışık zaman etkisi değişimlerinin saptanabileceği, dolayısıyla minimum zamanı analizlerinden varsa büyük kütleli, sisteme uzak (büyük yörünge dönemli) ötegezegenlerin saptanabileceği anlaşılmıştır.

Kaynaklar

- Artymowicz, P., Lubow, S. H.: in Circumstellar Dust Disks and Planet Formation. ed. R. Ferlet, & A. Vidal-Madjar. (1994) 339.
- Demircan, O.: in The Impact of Long-Term Monitoring on Variable Star Research: Astrophysics, Instrumentation, Data Handling, Archiving, Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop, held in Ghent, Belgium, November 15-18, 1993, Dordrecht: Kluwer, 1994, edited by Christiaan Sterken and Mart De Groot. NATO Advanced Science Institutes (ASI) Series C, **436** (1994) 77.

- Demircan, O., Derman, E., Müyesseröğlü, Z.: A Period Study of AW UMa. *A&A* **263** (1992) 165--171.
- Kostov, V. B., McCullough, P. R., Hinse, T. C. ve ark.: A Gas Giant Circumbinary Planet Transiting the F Star Primary of the Eclipsing Binary Star KIC 4862625 and the Independent Discovery and Characterization of the Two Transiting Planets in the Kepler-47 System. *ApJ* **770** (2013) 19.
- Kostov, V. B., McCullough, P. R., Carter, J. A. ve ark.: Kepler-413b: A Slightly Misaligned, Neptune-size Transiting Circumbinary Planet. *ApJ* **784** (2014) 18.
- Pribulla, T., Rucinski, S. M.: in Multiple Stars Across the H-R Diagram, ESO Astrophysics Symposia (Berlin: Springer) (2008) 163.
- Prša, A., Batalha, N., Slawson, R. W. ve ark.: Kepler Eclipsing Binary Stars. I. Catalog and Principal Characterization of 1879 Eclipsing Binaries in the First Data Release. *AJ* **141** (2011) 16.
- Tokovinin, A., Thomas, S., Sterzik, M., Udry, S.: Tertiary Companions to Close Spectroscopic Binaries. *A&A* **450** (2006) 681--693.

Erişim:

O13-1445: [UAK-2015 Program](#) --- [UAK Bildiri](#) --- [Turkish J.A&A](#).