

Bazı Klasik Algollerin Yörünge Dönemi Değişimlerine İlk Yaklaşımlar

F. Aliçavuş^{1*}, F. Soyduğan^{1,2}, A. Erdem^{1,2}, S.S. Doğru^{1,2},
C. Çicek^{1,2}, E. Soyduğan^{1,2} ve O. Demircan^{1,2}

¹ Astrophysics Research Centre and Observatory; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Terzioğlu Kampüsü, TR-17020, Çanakkale, Türkiye

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Terzioğlu Kampüsü, TR-17020, Çanakkale, Türkiye

Özet Bu çalışmada ihmal edilmiş (literatürde pek çalışması bulunmayan ancak O-C değişimi gösteren) 6 klasik Algolün (VY Hya, UX Leo, RW Mon, EQ Ori, XZ UMa ve AX Vul) yörünge dönemi değişimleri ele alınmıştır. Literatürde bulunan tüm minimum zamanları kullanılarak her bir sistem için oluşturulan O-C diyagramları, 6 klasik Algolün O-C değişimlerinin aşağı parabol üzerine binmiş sinüslü yapıda olduklarını göstermektedir. Aşağı parabolik O-C değişimleri, yörünge dönemlerinin sürekli biçimde azaldığını gösterir. Bu dönem değişiminden manyetik rüzgar yoluyla kütle/açısal momentum kaybının baskın olduğu korunumsuz kütle aktarımı mekanizması sorumlu tutulmuştur. Çevrimsel yapılı (ya da basık sinüslü) O-C değişimlerinin görünürde yörünge dönemi değişimlerini verdiği ve böylece bu dönem değişimlerinden üçüncü cismin neden olduğu ışık-zaman etkisinin sorumlu olduğu varsayılmıştır. Bu yaklaşım altında yapılan analiz sonucu 6 klasik Algolün yörünge hareketlerinin etkilendiği üçüncü cisimlerin kütleleri, UX Leo hariç $0.5 M_{\odot}$ değerinden küçük olduğu hesaplanmıştır. UX Leo için ise $0.9 M_{\odot}$ olarak hesaplandı. Sistemler için tahmin edilen yörünge dönemlerindeki azalma oranları yaklaşık olarak yüzyılda -0.7 ile -2.9 saniye arasında bulundu.

1 Giriş

Klasik Algol türü çift yıldızlar, örten çift yıldızların önemli bir alt grubudur. Bu sistemlerde, baş bileşenler genellikle B-A türünden anakol yıldızları, yoldaş bileşenler ise Roche loblarını doldurmuş F-K tayf türü aralığında dev veya alt-dev yıldızlardır. Bu nedenle, klasik Algollerdeki dönem değişimi incelenirken sistemlerin doğası gereği oluşabilecek kütle aktarımı ve kütle kaybı, manyetik aktivite etkileri ile açısal momentum kayıpları beklenmesi ve dolayısıyla dönem değişiminin oluşmasında birçok karmaşık sürecin göz önüne alınması gerekir. Tüm bu etkilerin yanında, görünmeyen bir üçüncü bileşenin meydana getirebileceği ışık zaman etkisi (LITE) sistemlerin yörüngesinde görünürde bir dönem değişimine neden olabilir. Bu çalışmamızda klasik Algol türünden örten çift

* fahrilcv@gmail.com

yıldızlar, VY Hya, UX Leo, RW Mon, EQ Ori, XZ UMa ve AX Vul'nun yörünge dönem değişimleri incelenmiştir. Ayrıca daha ayrıntılı bilgi için bkz. Soydugan ve ark. (2011). Seçilen yıldızların O-C diyagramlarının hepsi aşağı parabol üzerine binmiş sinüzoidal bir değişim göstermektedir. Sistemlerin temel fiziksel parametreleri Çizelge 1. de verilmiştir.

Çizelge 1. Seçilen 6 Algolün fiziksel özellikleri

| Sistem | Yörünge eğikliği ($^{\circ}$) | Ayrıklık (R_{\odot}) | Tayf Türü | M_1 (M_{\odot}) | M_2 (M_{\odot}) | R_1 (R_{\odot}) | R_2 (R_{\odot}) | Kaynaklar |
|--------|------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|
| VY Hya | 88.5 | 9.94 | A3 | 2.09 | 1.2 | 1.61 | 1.28 | 1 |
| UX Leo | - | 5.61 | F4 | 1.42 | 0.92 | 1.30 | 0.84 | 2 |
| RW Mon | 86.9 | 9.97 | B8V+G5IV | 2.66 | 1.06 | 1.95 | 3.53 | 3 |
| EQ Ori | 90 | 12.02 | A0+[G2IV] | 2.4 | 0.62 | 2.2 | 2.3 | 1 |
| XZ UMa | 83.96 | 7.02 | A5+F9 | 1.92 | 1.20 | 1.70 | 2.38 | 1,4 |
| AX Vul | 87 | 10.58 | A1V+[G7IV] | 2.25 | 0.54 | 2.1 | 2.4 | 1 |

1:Buddind ve ark.(2004), 2:Brancewicz ve Dworak(1980), 3:van Hamme ve Wilson(1990), 4:Nelson ve ark.(2006)

2 Gözlemsel Veri

O-C analizinde kullanılan gözlemsel verinin çoğu Kreiner ve ark.(2001)ndan alınmış olup yeni minimum zamanlarıyla güncellenmiştir. Bu çalışmada kullanılan sistemlerin minimum zaman verileri Çizelge 2. de özetlemiştir.

Çizelge 2. O-C analizde kullanılan gözlemsel veri.

| Sistem | Veri Aralığı | Görsel | Fotografik | Fotografik (sezonluk ışık eğrisi) | Fotoelektrik | CCD | Total |
|--------|--------------|--------|------------|--------------------------------------|--------------|-----|-------|
| VY Hya | 1923-2005 | 60 | 5 | 2 | - | 1 | 68 |
| UX Leo | 1931-2009 | 27 | 32 | 18 | 8 | 21 | 106 |
| RW Mon | 1907-2009 | 265 | 5 | 11 | 11 | 17 | 309 |
| EQ Ori | 1929-2009 | 125 | - | 15 | 3 | 8 | 141 |
| XZ UMa | 1900-2009 | 272 | 27 | 2 | 1 | 29 | 331 |
| AX Vul | 1931-2010 | 108 | 12 | - | - | 5 | 125 |

3 Analiz Yöntemleri

3.1 Bileşenlerarası kütle aktarımı ve/veya sistemden kütle kaybı

Klasik Algol türü sistemler yarı-ayrık olarak sınıflandırılmakta olup bu sistemlerde Roche lobunu dolduran küçük kütleli bileşenin L_1 Lagrange noktasından büyük kütleli bileşene kütle aktarması beklenir. Klasik Algollerde yörünge dönemi değişimi her zaman beklediği biçimde (kütle aktarımı olarak) kendini göstermez. Bu sistemlerde, beklenen kütle aktarımının yanında, aktif bileşenlerinin neden olabileceği kütle ve açısal momentum kaybı da ortaya

çıkabilir. Erdem ve ark. (2005), dönem değişiminde kütle aktarımı ve kaybının birleşik etkisi için aşağıdaki bağıntıyı vermektedir:

$$\frac{\Delta P}{P} = 3k^2 \left(\frac{r_A}{a}\right)^2 \frac{(m_1 + m_2)}{m_1 m_2} \delta m + 3 \frac{(m_2 - m_1)}{m_1 m_2} \Delta m \quad (1)$$

Bu denklemde, m_1 ve m_2 , birinci ve ikinci bileşenlerin kütle değerleri, Δm aktarılan kütle miktarı, k kütle kaybeden bileşenin jirasyon sabiti, δm sistemden kütle kaybı miktarı, r_A Alfvén yarıçapı ve a bileşenler arası ayrıklığıdır. Denklemin sağ tarafındaki ilk terim kütle kaybının dönem değişimi üzerindeki etkisini göstermekte olup daima negatiftir. Denklemin sağ tarafındaki ikinci terim ise kütle aktarımının dönem değişimine olan etkisini göstermekte olup klasik Algoller için, $m_2 < m_1$ olduğu için, her zaman pozitiftir.

3.2 Işık - Zaman Etkisi

Bir örten çift sistemde olası bir üçüncü cismin varlığı, yörünge döneminin periyodik değişim göstermesine neden olur. Evrende, yıldızların yarısından fazlasının çift sistem olduğu bilinmesinin yanında daha fazla sayıda bileşen içeren sistemlerin sayısının da oldukça fazla olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, her tür çift sistemde olası üçüncü cisimler olabilir ve bunları en kolay belirleme yollarından biri O-C analizidir. Çevrimsel O-C değişiminin dönemi, genliği ve biçimi, örten çiftin üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin dönemine, yarıbüyük eksen uzunluğuna ve basıklığına bağlıdır. Bu ilişki, aşağıdaki biçimde, ilk kez Irwin (1959) tarafından ortaya konmuştur:

$$\Delta t = \frac{a_{12} \sin i'}{c} \left\{ \frac{1 - e'^2}{1 + e' \cos \nu'} \sin(\nu' + \omega') + e' \cos \omega' \right\}, \quad (2)$$

4 Bulgular ve Tartışma

Ele alınan 6 Algolün (VY Hya, UX Leo, RW Mon, EQ Ori, XZ Uma ve AX Vul) yörünge dönemi değişimlerini incelemek için literatürde bulunan tüm minimum zamanları (bkz. Çizelge 2) kullanılarak her bir sistemin O-C diyagramları oluşturulmuştur. Diyagramlar, Şekil 1 ve Şekil 2 de verilmektedir. Diyagramlar, 6 Algolün O-C değişimlerinin aşağı parabol üzerine binmiş sinüslü yapıda olduklarını göstermektedir. Aşağı parabolik O-C değişimleri, yörünge dönemlerinin sürekli biçimde azaldığını göstermektedir. Bu dönem değişiminden manyetik rüzgar yoluyla kütle/açısal momentum kaybının baskın olduğu korunumsuz kütle aktarımı mekanizması sorumlu tutulmuştur. Çevrimsel yapılı O-C değişimlerinin görünürde yörünge dönemi değişimleri verdiği ve böylece bu dönem değişimlerinden üçüncü cismin neden olduğu ışık-zaman etkisinin sorumlu olduğu varsayılmıştır. Bu yaklaşım altında ele alınan 6 Algolün O-C değişimlerine karesel terim içeren ışık-zaman etkisi denklemi fit edilerek ağırlıklı en küçük kareler yöntemiyle Çizelge 3'te verilen parametreler bulunmuştur. Ayrıca sistemlerin olası üçüncü cisimlerine ilişkin elde edilen parametreleri de Çizelge 3'te gösterilmektedir. Aşağıda, ele alınan 6 Algol için bulunan sonuçların tartışmaları ayrı maddeler halinde sunulmaktadır.

Çizelge 3. Seçilen 6 Algol'ün O-C analizinden elde edilen parametreler. Olası yanlışlar, son basamakta parantez içinde verilmektedir.

| Parametre | VY Hya | UX Leo | RW Mon | EQ Ori | XZ UMa | AX Vul |
|--|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| T_0 (HJD) +2400000 | 23535.6078(49) | 37376.395(14) | 33680.4517(7) | 25889.7226(57) | 46168.4223(8) | 44853.3855(9) |
| P_{orb} (gün) | 2.001202(1) | 1.0071621(2) | 1.90609625(9) | 1.746069(1) | 1.2223096(1) | 2.02483558(2) |
| $Q \times 10^{-12}$ (gün) | -903(73) | -338(218) | -669(12) | -687(71) | -133(6) | -324(42) |
| $a_{12} \sin i'$ (AU) | 1.7(4) | 6.2(2.1) | 1.32(9) | 3.1(5) | 2.1(2) | 1.1(3) |
| e' | 0.36(20) | 0.56(19) | 0.34(12) | 0.76(11) | 0.56(11) | 0.48(29) |
| ω' (der) | 33(50) | 76(15) | 289(21) | 327(8) | 326(10) | 171(34) |
| T' (HJD) +2400000 | 8176(4522) | 14196(7623) | 25782(824) | 26328(972) | 23203(657) | 15888(2622) |
| P_{12} (yıl) | 28(2) | 60(21) | 40.0(5) | 63(3) | 29.4(8) | 43(3) |
| $f(M_3)$ (M_\odot) | 0.0056(40) | 0.0643(783) | 0.0014(3) | 0.0073(32) | 0.0103(30) | 0.00073(55) |
| M_3 (M_\odot) için $i'=90^\circ$ | 0.25 | 0.87 | 0.29 | 0.44 | 0.51 | 0.19 |

4.1 VY Hya

VY Hya ile ilgili bilgilere; Locher (1973), Brancewicz ve Dworak (1980), Budding ve ark. (2004) ve Malkov ve ark. (2006)'nın yapmış olduğu çalışmalardan ulaşılabilir. VY Hya'nın O-C artıklarını hesaplamak için kullanılan doğrusal ışık elemanları Kreiner ve ark. (2001)'nin hazırladığı O-C Atlasından alındı:

$$HJD (Min I) = 2423535.641 + 2^d.00118939 \times E. \quad (3)$$

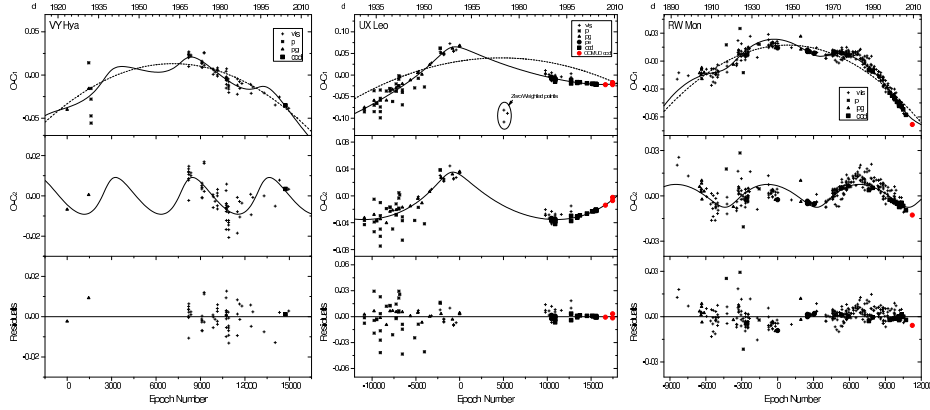
Bu ışık elemanları ile hesaplanan O-C değerlerinin çevrim sayısına göre değişimi ise Şekil 1'de gösterilmektedir. O-C değişimini temsil etmek için Denklem (2), parabolik terim ile birlikte O-C verilerine uygulandı ve en iyi temsili veren parametreler Çizelge 3'te listelendi. O-C verileri ile elde edilen kuramsal eğrilerin karşılaştırması da Şekil 1'de gösterilmektedir. O-C analizinden elde edilen parabol teriminin katsayısı ($Q=-9.03 \times 10^{-10}$ gün) kullanılarak, VY Hya'nın yörünge döneminin -2.85 s/yüzyıl oranında azaldığı bulundu. Sistem klasik Algol türü olduğu düşünülürse ikinci bileşenden birinci bileşene doğru kütle aktarımı olması beklenir. Bunun da yaklaşık $10^{-8} M_\odot \text{yıl}^{-1}$ olduğu kabul edilirse, dönem değişim miktarı olan $dP/P \approx -1.65 \times 10^{-7} \text{yıl}^{-1}$ değerini verecek olan kütle kayıp miktarı ise (Denklem (1) kullanılarak) $\delta M \approx 2.7 \times 10^{-8} M_\odot \text{yr}^{-1}$ olarak bulunur. Burada, jirasyon sabiti $k^2=0.1$ ve Alfven yarıçapı $r_A=10R_2$ kabul edilmiştir (bkz. Erdem ve ark. 2005). Hesaplama, sistemin bileşenlerinin ilgili parametreleri için Çizelge 2'de verilen değerler kullanılmıştır.

4.2 UX Leo

UX Leo ile ilgili bilgilere; Hoffmeister (1933), Selivanov (1937), Szafraniec (1960), Brancewicz ve Dworak (1980) ve Budding ve ark. (2004)'nın yapmış olduğu çalışmalardan ulaşılabilir. UX Leo'nun O-C verilerini hesaplamak için kullanılan doğrusal ışık elemanları, Kreiner ve ark. (2001)'dan alınmıştır:

$$HJD (Min I) = 2437376.363 + 1^d.0071589 \times E. \quad (4)$$

Bu denklemde yer alan ışık öğeleri kullanılarak oluşturulan O-C diyagramı ise Şekil 1'de verilmiştir. O-C analizi sonucunda bulunan parametreler, Çizelge



Şekil 1. Klasik Algol türü sistem VY Hya, UX Leo, RW Mon'un O-C diyagramının aşağı parabol (kesikli çizgi) üzerine binmiş sinüslü (düz çizgi) temsili. Her bir diyagram için en iyi kuramsal fitten kalan artıklar da en alt panelde gösterilmektedir.

3'te listelendi. UX Leo'nun O-C analizi sonucunda, yörünge döneminin -2.12 s/yüzyıl oranında azaldığı belirlenmiştir. Bu dönem azalması, ikinci bileşenden kaynaklanan olası manyetik etkinliğin neden olduğu kütle kaybının sonucu olabilir. Yörünge dönemi değişim miktarını, $dP/P \approx -2.43 \times 10^{-7} \text{yr}^{-1}$ olarak, sistemin klasik Algol olduğu düşünülürse, ikinci bileşenden birinci bileşene doğru olası kütle aktarımını da ($10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$) dikkate alıp, kütle kayıp miktarı (Denklem 1'in her iki terimini kullanarak), $\delta M \approx -2.11 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak bulunur.

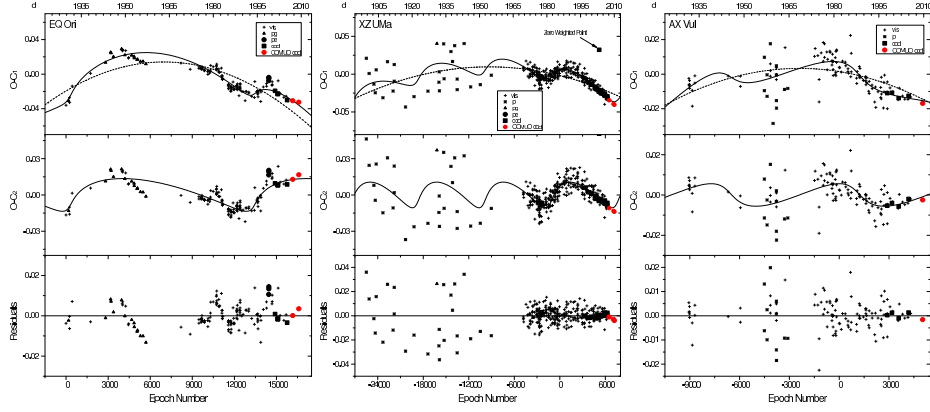
4.3 RW Mon

RW Mon ile ilgili bilgilere; Szczeponowska (1951), Brukalska ve ark. (1969), Chambliss (1982), Mezzetti ve ark. (1980), Chambliss (1985), van Hammer ve Wilson (1990), Vesper ve Honeycutt (1999), Budding ve ark. (2004) ve Li-Fang ve ark. (2007)'nin yapmış olduğu çalışmalardan ulaşılabilir. RW Mon'un yörünge dönem değişimini incelemek için gerekli olan O-C verileri, Kreiner ve ark. (2001) tarafından yayınlanan doğrusal ışık öğeleri yardımıyla hesaplandı:

$$HJD (Min I) = 2433680.435 + 1^d.90609514 \times E. \quad (5)$$

Bu ışık elemanları kullanılarak oluşturulan O-C diyagramı Şekil 1'de gösterilmektedir. Diyagramda O-C verilerinin yaklaşık bir yüzyıla varan dağılımı, değişim karakterinin parabol üzerine binmiş sinüslü yapıda olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. O-C verisini en iyi temsil eden kuramsal eğriye ilişkin parametreler, Çizelge 3'te verilirken kuramsal eğri ile gözlem verisinin uyumu ise Şekil 1'de gösterilmektedir. RW Mon'un yörünge döneminde yaklaşık -2.2 s/yüzyıl oranında azalmaya karşılık gelir. Azalmanın kaynağı ise, kütle aktarım miktarının yaklaşık $\approx 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$ oranında olduğunu kabul edilirse,

$dP/P \approx -1.35 \times 10^{-7} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulunan dönem azalmasının karşılığı olarak ikinci bileşen-den olan kütle kaybı miktarı (Denklem 1 kullanılarak), $\delta M \approx -3.06 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$ olacaktır.



Şekil 2. Klasik Algol türü sistem EQ Ori, XZ UMa ve AX Vul'nun O-C diyagramının aşağı parabol (kesikli çizgi) üzerine binmiş sinüslü (düz çizgi) temsili. Her bir diyagram için en iyi kuramsal fitten kalan artıklar da en alt panelde gösterilmektedir.

4.4 EQ Ori

EQ Ori ile ilgili bilgilere; Hoffmeister (1929), Whitney (1957), Gaposhkin (1953), Brancewicz ve Dworak (1980), Kaitchuk ve ark. (1985), Svechnikov ve Kuznetsova (1990), Budding ve ark. (1994), Zakirov (2001)'un yapmış olduğu çalışmalar-dan ulaşılabilir. EQ Ori'nin yörünge dönem değişimini çalışmak üzere O-C verilerini hesaplamak için kullanılan doğrusal ışık elemanları Kreiner ve ark. (2001)'den alındı:

$$HJD (Min I) = 2425889.742 + 1^d.74605906 \times E. \quad (6)$$

Işık öğeleri kullanılarak oluşturulan O-C diyagramı Şekil 2'de gösterilmektedir. O-C verisini en iyi temsil eden kuramsal eğriye ilişkin parametreler, Çizelge 3'te verilirken kuramsal eğri ile gözlem verisinin uyumu ise Şekil 2'de gösterilmektedir. O-C analizi sonucunda elde edilen parabol katsayısı ($Q = -6.9 \times 10^{-10}$ gün) kullanılarak, sistemin yörünge dönemindeki azalma miktarı -2.5 s/yüzyıl olarak bulundu. Yörünge dönem azalmasının nedeni, EQ Ori'de olası manyetik etkinlik nedeniyle oluşan kütle kaybı ise Denklem (1)'in sadece birinci terimi kullanılarak $\delta M \approx -7.40 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak bulundu. Sistemin ayrık (Zakirov 2001) sınıflanabileceğine ilişkin çalışma olduğundan ve kütle aktarımına ilişkin bir kanıt olmadığından (Kaitchuk ve ark. (1985)), ikinci bileşenden birinci bileşene olabilecek kütle aktarımı dikkate alınmamıştır.

4.5 XZ UMa

XZ UMa ile ilgili bilgilere; Remus (1956), Kim ve ark. (2003) ve Nelson ve ark. (2006)'nın yapmış olduğu çalışmalardan ulaşılabilir. Sistemin yörünge dönemi değişimini inceleyebilmek için, O-C verileri, Kreiner ve ark. (2001) tarafından verilen doğrusal ışık elemanları kullanılarak hesaplandı:

$$HJD (Min I) = 2425889.742 + 1^d.74605906 \times E. \quad (7)$$

Verilen ışık elemanları kullanılarak çizilen O-C diyagramı Şekil 2'de gösterilmektedir. Yukarıda çalışılan yıldızlarda da uygulandığı gibi, parabolik terim ile birlikte ışık-zaman denklemi (Denklem 2) O-C verisine uygulanmış ve elde edilen parametreler Çizelge 3'te listelenmiştir. XZ UMa'nın yörünge dönemindeki azalma miktarı, $dP/P \approx -6.5 \times 10^{-8} \text{yıl}^{-1}$ olarak bulundu. Sistem yarıyırık olduğundan ikinci bileşenden birinci bileşene doğru olası kütle aktarımı da olabileceği kabul edilirse ve bunun ortalama değerinin $\approx 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$ olduğu düşünülürse, bulunan dönem azalmasını oluşturabilecek kütle kaybı miktarı Denklem (1) kullanılarak $\delta M \approx -1.59 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$ değerinde olduğu hesaplanır.

4.6 AX Vul

AX Vul ile ilgili bilgilere; Halbedel (1984), Brancewicz ve Dworak (1980) ve (Budding ve ark. (2004)'nın yapmış olduğu çalışmalardan ulaşılabilir. AX Vul'un yörünge dönem değişimini çalışmak için kullanılacak O-C değerlerini hesaplamak amacıyla Kreiner ve ark. (2001) tarafından verilen doğrusal ışık öğeleri kullanıldı:

$$HJD (Min I) = 2425889.742 + 1^d.74605906 \times E. \quad (8)$$

Bu ışık elemanları ile oluşturulan O-C diyagramı ise Şekil 2'de gösterilmektedir. O-C verisine, parabolik terim ile birlikte Denklem (2) ile verilen ışık-zaman denklemi uygulandığında elde edilen parametreler Çizelge 3'te gösterilmektedir. AX Vul'un O-C diyagramında görülen parabolik değişim, sistemin yörünge döneminde yaklaşık -1.0 s/yüzyıl oranında azalmaya karşılık gelmektedir. AX Vul'un klasik Algol türü bir sistem olduğunu düşünürsek, küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene doğru bir kütle aktarımı olabilir. Bu aktarım oranı için $\approx 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$ değeri kabul edilirse, aynı dönem azalmasını oluşturacak kütle kayıp miktarı, Denklem (1)'in her iki terimini de kullanarak, $\delta M \approx -2.82 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$ değerinde bulunur.

5 Sonuç

Bu çalışmada, Seçilen 6 Algol türü çiftin (VY Hya, UX Leo, RW Mon, EQ Ori, XZ UMa ve AX Vul) tüm minimum zamanları kullanılarak uzun dönmeli yörünge dönem özellikleri incelenmiştir. Tüm sistemler için O-C değişimleri parabol üzerine binmiş dönmeli değişim şeklinde karakterize edilmektedir. Yıldızların O-C verileri incelendiğinde, aşağı parabol için soğuk bileşen

kaynaklı manyetik aktivite sonucu oluşan kütle kaybı ve sinüzoidal değişim için ise örten çiftin yakınlarında bulunan görünmeyen bir üçüncü cisim etkisiyle oluşabileceği sonucuna varılmıştır. Bulduğumuz sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

i) Sistemler için bulduğumuz yörünge dönemlerindeki azalma miktarı, -7.95×10^{-8} gün/yıl ile -2.87×10^{-7} gün/yıl arasında değişmektedir.

ii) Sistemler için bulunan ortalama kütle kaybı miktarı, UX Leo hariç $\approx -3.72 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{yr}$ olarak bulundu. UX Leo için ise kütle kaybı miktarı diğer sistemlerden daha fazla bulundu ($\approx -2.11 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yr}$). O-C analizi sonucunda seçilen sistemlerin (VY Hya, UX Leo, RW Mon, XZ UMa and AX Vul) kütle kaybı sürecinin küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene beklenen kütle aktarımı miktarından daha baskın olduğu görülmektedir.

iii) Sistemler için varsayılan üçüncü cisimlerin kütleleri UX Leo hariç, $0.51 M_{\odot}$ ten daha küçüktür. Eğer bu cisimler sistemler etrafında bulunuyorsa ve anakol yıldızları oldukları düşünülürse, varsayılan üçüncü cisimler M-cüceleridirler. UX Leo yakınında bulunan üçüncü cismin kütlesi ise yaklaşık $0.87 M_{\odot}$ hesaplanmakta ve G türünden bir cüce yıldız olması beklenmektedir.

iv) O-C diyagramlarındaki artıklar incelendiğinde, özellikle EQ Ori ve RW Mon için küçük genlikli çevrimli bir değişim görülmektedir. Bu durum sistemler etrafındaki ek bir dördüncü cismin ışık zaman etkisi (LITE) veya Manyetik aktivite mekanizması (Applegate 1992) sonucu meydana geldiği şeklinde yorumlanabilir.

6 Teşekkür

Bu Çalışma 108T714 nolu proje koduyla TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir

Kaynaklar

- Applegate J.H., 1992, ApJ, 394, 17
Borkovits T., Hegedus T., 1996, A&AS, 120, 63
Branczewicz H. K., & Dworak T. Z. 1980, AcA, 30, 501
Brukalska R., Rucinski S.M., Śmak J., Stepień K., 1969, AcA, 19, 251
Budding E., Erdem A., Çiçek C. et al. 2004, A&A, 417, 263
Chambliss C.R., 1982, Inf. Bull. Variable Stars, 2165
Erdem A., Budding E., Demircan O., Değirmenci Ö. L., Gülmen Ö., Sezer C., 2005, AN, 326, 332
Erdem A., Doğru S.S., Soyduğan F., Çiçek C., Demircan O., 2010, NewA, 15, 628
ESA, 1997, The Hipparcos and Tycho Catalogues, ESA SP-1200. ESA, Noordwijk
Falbedel E.M., 1984, Inf. Bull. Variable Stars, 2549
Hoffmeister C., 1929, AN, 236, 233
Hoffmeister C., 1933, AN, 247, 281
Irwin J. B., 1959, AJ, 64, 149
Kaitchuck R.H., Honeycutt R.K., 1982, PASP, 94, 532
Kim S.-L., Lee J.W., Kwon S.-G., Youn J.-H., Mkrtychian D.E., Kim C., 2003, A&A, 405, 231
Kreiner J. M., Kim C.-H., Nha I.-S., 2001, An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars, Parts 1-6, Cracow: Pedagogical University Press (<http://www.as.up.krakow.pl/o-c/>)
Kreiner J. M. 2004, AcA, 54, 207
Li Li-Fang, Jiang Tian-Yu., Zhang Feng-Hui, Han Zhan-Wen, Jiang Deng-Kai, 2007, PASJ, 59, 1121
Locher K., 1973, BBSAG, 8, 5
Malkov O. Yu., Oblak E., Snegireva E. A., Torra J. 2006, A&A, 446, 785
Mezzetti M., Cester B., Giuricin G., Mardirossian F., 1982, A&AS, 39, 273
Nelson R.H., Terrell D., Gross J., 2006, Inf. Bull. Variable Stars, 5715
Qian S., 2001, AJ, 121, 1614
Remus G., 1966, KYB, No.16
Soyduğan F., 2008, AN, 329, 587
Soyduğan F., Erdem A., Doğru S.S., Alıcauş F., Soyduğan E., Çiçek C., Demircan O., 2011, NewA, Period studies of classical Algol-type binaries II: UX Leo, RW Mon, EQ Ori, XZ UMa and AX Vul., In Press.
Szafraniec R., 1960, AcA, 10, 99
Szczypanowska A., 1951, AcA, 4, 137
van Hamme W. & Wilson R.E., 1990, AJ, 100, 1981
Vesper D., Honeycutt K., Hunt T., 2001, AJ, 121, 2723
Zakirov M.M., 2001, AstL, 27, 379