

Çift Yıldızların Kinematik ve Dinamik Özellikleri: Açısal Momentum ve Yörünge Dönemi Evrimi

Faruk Soyduğan^{1*}, Selçuk Bilir², Esin Soyduğan¹, Zeki Eker³, Osman Demircan⁴, Mehmet Tüysüz¹

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Çanakkale

²İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Beyazıt, İstanbul

³Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya

⁴Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü

Özet

Bu çalışmada, yaklaşık 1200 örten çift yıldızın temel parametrelerini içeren veri tabanları oluşturulmuş ve ek olarak 29 örten çift yıldızın analizleri yapılmış ve veri tabanları zenginleştirilmiştir. Verileri toplanan tüm örten çift yıldızların temel parametrelerinin dağılımları incelenmiş ve sistemlerin anakol bileşenleri için kütle-ısıtma bağıntıları üretilmiştir. Ayrık çift yıldızlar için farklı kütle aralıklarında dört ayrı kütle-ısıtma bağıntısı belirlenmiştir. Farklı tür çift yıldız grupları için kinematik analizler yapılarak alt-grup yaşları belirlenmiştir. Yapılan dinamik analizler sonucunda, türler arasındaki geçişlerin olabileceği görülmüştür. Oluşturulan büyük ölçekli veri tabanları yanında, çift yıldızların temel parametre dağılım ve ilişkileriyle özellikle toplam kütle, yörünge açısal momentumu ve yörünge döneminin yaş ile değişimi incelenerek tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: (stars:) binaries: general, İkili Yıldızlar

1 Giriş

Gökada araştırmaları, onların ve dolayısıyla evrenin yapı taşı olan yıldızların temel özelliklerinin iyi bilinmesine dayanır. Özellikle çift çizgili tayfsal çift olan ve örtme-örtülme gösteren yıldız sistemleri ise yıldızların mutlak parametrelerinin en hassas belirlenebildiği dizgelerdir. Sistemi oluşturan bileşen yıldızlarının da evrimleşmemiş ve ayrıca birbirlerine etkin çekimsel tedirgin uygulamayacak kadar uzak olmaları durumunda, özellikle kütle ve yarıçaplarının, günümüz teknolojisinde geliştirilen yüksek duyarlılık ve çözümüleme gücündeki alıcı ve analiz yöntemleri ile %1 mertebesinde hassasiyetle belirlenmesini sağlamıştır.

Bu çalışmanın yapılmasındaki önemli motivasyon kaynaklarından biri, örten çift yıldızların (öçy) farklı türlerindeki hassas veri birikiminin özellikle kinematik ve dinamik çalışmalara belirli ölçekte hizmet edebilecek düzeye ulaşmış olmasıdır. Öçy'ların önemli bölümünde kinematik ve dinamik çalışmalar yapılmamış veya yeterli düzeyde ele alınmamıştır. Yıldız yaşlarının tek tek belirlenmesindeki güçlükler nedeniyle, türler ve alt-türlerde grup kinematik yaşlarının belirlenmesi önemlidir. Çift yıldız oluşum ve evrimine ışık tutan önemli iki parametre yörünge dönemi ve açısal momentumudur. Elde edilen kinematik yaşlarla, farklı tür öçy'ların kendi içinde ve ayrıca türler arasında yörünge dönemi ve yörünge açısal momentumun yaş ile değişimlerinin incelenmesi büyük öneme sahiptir. Bu sebeplerle, bu çalışmada farklı türlerden çift yıldız sistemlerinin, temel parametre dağılımları ile birlikte kinematik ve dinamik analizlerine ilişkin elde edilen ilk sonuçlar sunulmaktadır.

2 Gözlemler ve Veritabanları

2.1 Işıkkölçüm Gözlemleri

Bu çalışmada oluşturulan veri tabanını zenginleştirmek amacıyla, seçilen farklı tür örten çift sistemlerin ışıkölçüm gözlemleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi'nde (ÇOMÜG) farklı tür teleskop ve CCD kameralar kullanılarak yapılmıştır. Proje süresince 21 örten çiftin ışık eğrileri gözlenmiş ve tayf verileri ile birleştirilerek (bazılarının tayf verileri bu çalışmada elde edilerek) analiz edilmiş ve veri tabanlarına eklenmiştir. Gözlenen 21 yıldızın 13 tanesi değen çift (CB), 4'ü değmeye yakın çift (NCB), 2'si ayrık çift (DB) ve 2'si de yarı-ayrık çift (SDB) sistemlerdir. Bu çalışmada ayrıca iki DB türü dizgenin ışık eğrileri ASAS veri tabanından, üç sistemin ise Kepler veri tabanından alınarak analiz için hazırlanmıştır.

ÇOMÜG'deki ışıkölçüm gözlemleri 3 yıl boyunca T30, T40, T60 ve T122 teleskopları ile toplam 150 gece boyunca gerçekleştirilerek önemli miktarda veri üretilmiş ve ışık eğrileri analize hazır hale getirilmiştir. Tüm gözlemler için duyarlılıklarının 0.005-0.014 kadir aralığında değiştiği görülmektedir. CCD görüntülerinde indirgeme işlemleri ve seçilen yıldızların parlaklıklarının okunması, C-Munipack yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

2.2 Tayfsal Gözlemler

Seçilen öçy'lardan bazılarının dikine hız verilerinin elde edilmesi amacıyla, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) ve Kanada'da Herzberg Astrofizik Enstitüsü'ne bağlı Dominion Astrofizik Gözlemevi'nde (DAO) tayfsal gözlemler gerçekleştirilmiştir. TUG'da RTT150 teleskobuna bağlı TFOSC tayfçeki kullanılarak alınan *echelle* tayflar, 11 dizi üzerine yayılmış ve yaklaşık 4100-8000 Å dalgaboyu aralığını kapsamaktadır. Bu dalgaboyu aralığında ortalama çözümüleme gücü 5100 civarındadır.

* fsoydugan@comu.edu.tr

DAO'da ise iki farklı teleskop (1.2m ve 1.8m çaplı) ve tayfçekker (yaklaşık 9000 ve 12000 çözümüde) kullanılmıştır.

Yapılan tayfsal gözlemler sonucunda sekiz öçy'in tayfları kullanılarak dikine hız eğrileri elde edilmiş ve yörünge çözümüne hazır hale getirilmiştir. Bunlardan iki sistemin hem TUG hem de DAO'da tayfları alınırken, altı dizgenin ise tayf verileri sadece DAO'dan elde edilmiştir. Tayf verisinin indirgenmesinde IRAF yazılımına ait echelle paketi kullanılmıştır.

2.3 Veri Tabanları

Öçy'lerin beş farklı türü (DB, NCB, SDB, CB ve CAB) ve ayrıca CV'lerin kinematik ve dinamik hesaplamaları için, yapılan gözlemlerin yanında, literatürde yayınlanmış verileri de derlenerek her bir tür için katalog oluşturulmuştur. İlgili kataloglarda, sistemlerin isim, koordinat ve öz hareket bileşenleri, trigonometrik paralaksı, yörünge elemanları, mutlak parametreleri, tayf türleri gibi çok sayıda parametre yer almaktadır.

Tüm türler için verileri toplanan sistem sayısı bakıldığında toplam 1197'ye ulaştığı görülmektedir. Farklı türler için verisi toplanan sistemlerin sayısı ise şu şekildedir: DB:258, CAB:356, SDB:96, NCB:52, CB:185 ve CV:250. Bu sistemlerden önemli bölümünün çok sayıda çalışması bulunduğu göz önüne alındığında, taranan çalışma sayısının on bini aştığı görülmektedir. Bu şekilde, literatürde yayınlanmış öçy ile ilgili makalelerin büyük bölümü incelenerek detaylı veri tabanları oluşturulmuştur.

3 Veri Analizi ve Kullanılan Yöntemler

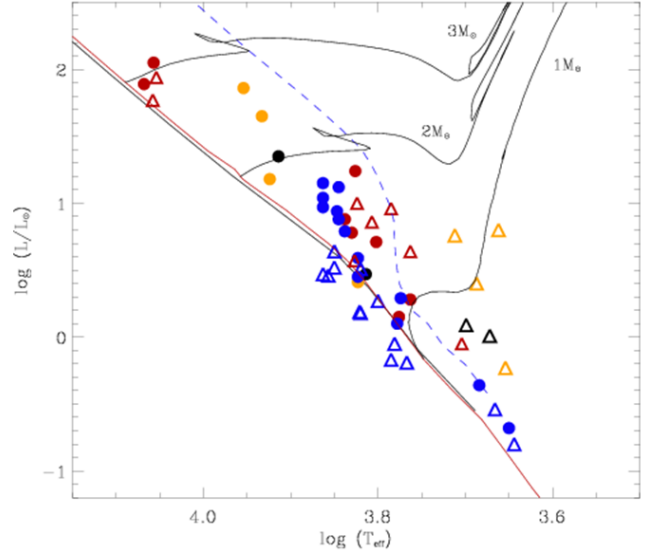
Bu çalışmadaki analizler, iki ayrı grupta verilebilir: i) Yeni gözlemlerden ve veri tabanlarından alınan fotometrik ve tayfsal verinin analizi ve ii) tüm öçy için kinematik ve dinamik analizler. Aşağıda bu iki grup analiz için izlenen yol ile ilgili bilgi verilmektedir.

3.1 Fotometrik ve Tayfsal Analizler

Bu çalışmada, 29 öçy'in yeni gözlemlerle elde edilmiş ışık eğrileri ve/veya dikine hız eğrileri eş-zamanlı olarak analiz edilmiştir. Burada temel amaç, sistemlerin yörünge parametreleri ile bileşen yıldızların fiziksel ve geometrik parametrelerinin duyarlı biçimde elde edilerek kinematik ve dinamik hesaplamalarda kullanılacak veri tabanlarının zenginleştirilmesidir.

Işık ve dikine hız eğrilerinin eş-zamanlı analizlerinde bu alanda sık kullanılan yazılımlardan olan Wilson-Devinney (WD) ve JKTEBOP kullanılmıştır. WD, ilk olarak Wilson ve Devinney (1971) tarafından hazırlanmış olup daha sonraları farklı versiyonları geliştirilmiştir (örneğin Wilson 1993; van Hamme 2003). Wilson Devinney (W-D) yaklaşımı, elde edilen ışık ve dikine hız eğrilerine kuramsal eğrilerinin (LC) ve diferansiyel düzeltme yöntemi ile ışık ve dikine hız eğrilerinin serbest parametre değerlerinin ve hatalarının hesaplanması için (DC) kodlarını kullanır (örneğin, Soyduğan ve Kaçar 2013). Diğer yazılım olan JKTEBOP ise, Etzel (1981) tarafından geliştirilen EBOP kodu üzerinden tasarlanmıştır (Southworth ve diğ. 2004). FORT-RAN77 dilinde J. Southworth¹ tarafından geliştirilen yazılım, Levenberg-Marquardt algoritmasını kullanmakta olup özellikle, ayrıntılı çift sistemlerin analizlerinde kullanılmaktadır (örneğin Rajczak ve diğ. 2010; Debosscher ve diğ. 2013).

Yaklaşık iki yıl devam eden gözlemler sonucunda elde edilen veriler (birkaç sistemin ASAS ve Elodie verileri kullanılmak üzere), toplamda 29 sistemin (CB:13, DB:8, NCB:4, SDB:4) ışık



Şekil 1. Gözlemleri ve analizleri yapılan örten çift sistemlerin birinci (büyük daireler) ve ikinci (içi boş üçgen) bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları, ZAMS (sürekli çizgi) ve TAMS (kesikli çizgi) sınırları ve farklı kütleler için evrim yollarının gösterimi. CB'ler mavi, DB'ler kırmızı, SDB'ler turuncu ve NCB'ler siyah sembollerle gösterilmiştir.

ve dikine hız eğrileri yukarıda verilen yazılımlar yardımıyla analiz edilerek bu sistemlerin bileşenlerinin bazı fiziksel ve geometrik parametreleri ile yörünge elemanları ve uzaklıkları belirlenmiştir. İlgili sistemlerin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları Şekil 1'de gösterilmektedir. Şekildeki farklı kütleler için evrim yolları ile TAMS ve ZAMS sınırları, Güneş kimyasal bolluğu kabulü altında Pols ve diğ. (1998) çalışmasındaki veriler kullanılarak çizilmiştir.

3.2 Kinematik ve Dinamik Analizler

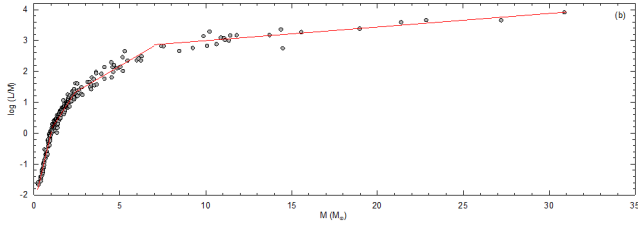
Seçilen aday sistemlerin kinematik ve dinamik hesaplamalarının yapılabilmesi için altı tür öçy grubu için oluşturulan veri tabanları kullanılmıştır.

Kinematik hesaplamalar, öncelikle uzay hızı, bileşenleri ve belirsizlikleri ile kinematik yaş hesabını içermektedir. Buna ek olarak, popülasyon ayırımında kullanılmak üzere galaktik yörünge hesapları da yapılmıştır. Bu aşamada, uzay hız ve uzay hız bileşenlerinin hesaplanmasında, literatürde sıkça kullanılan, Johnson ve Soderblom (1987)'un algoritması tercih edilmiştir. Uzay hızı bileşenlerinden U ve V için diferansiyel dönme düzeltmesi uygulanırken, tüm bileşenler için "Local Standard of Rest" (LSR) düzeltmesi de yapılmıştır (Coşkunoğlu ve diğ. 2011). Kinematik yaş hesabında ise Wielen (1977) tarafından verilen bağıntı, tüm türler için uygun alt gruplar oluşturularak kullanılmıştır.

Yıldızların hangi popülasyona ait oldukları (ince disk, kalın disk ve halo) yapılan kinematik ve dinamik hesaplamalarda ve elde edilen sonuçlarda büyük farklılıklara yol açacağından, popülasyon ayırımının önemi büyüktür. Bu nedenle, bu çalışmada sistemlerin galaktik yörüngeleri hesaplanarak belirlenecek olan galaktik düzlemden ayrılma miktarı kullanılarak ayırım yapılması planlanmıştır. Galaktik yörüngeler, Dinescu ve diğ. (1999) çalışmasında yer alan galaktik potansiyel modelleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Örten çiftlerin dinamik evrimleri üç temel parametre olan

¹ <http://www.astro.keele.ac.uk/jkt/codes/>



Şekil 2. 258 DB bileşenli yıldızlar için kütle başına enerji üretme oranı ile kütle arasındaki dağılım. Kırınım noktaları (i) $M = 1.05 M_{\odot}$, (ii) $M = 2.4 M_{\odot}$ ve (iii) $M = 7 M_{\odot}$ görülmektedir.

toplam kütle (M), yörünge açısal momentumu (J) ve yörünge dönemleri (P) üzerinden incelenmiştir. Temel parametreler kullanılarak hesaplanan J değerleri üzerinden tüm türlerin alt gruplamaları yapılarak, bu parametrelerin yaş ile değişimleri, dinamik analizler kapsamında, incelenmiştir.

4 Mutlak Parametreler ve Kütle-Işıttma Bağıntısı

Bu bölümde, çalışılan öçy için temel parametre dağılımları, bilinen bazı temel düzlemler ($\log T_{eff} - \log L$, $\log M - \log R$, $\log M - \log T_{eff}$, $\log R - \log T_{eff}$ ve $\log M - \log L$) üzerinde incelenmiştir. Kütle, yarıçap, sıcaklık, yörünge dönemi ve kütle oranı parametrelerinin her iki bileşen için ayrı ayrı medyan değerleri hesaplanarak yorumlanmıştır. Özellikle kütle oranı q 'nın değerlerinin türler arasındaki değişimi ilgi çekicidir. DB'ler için kütle oranının medyanı 0.91 iken NCB'lerde 0.47 ve SDB'ler için ise 0.28 olarak belirlenmiştir.

Yaklaşık yüzyıldır bilinen temel ilişkilerden biri olan kütle ile toplam ışıttma arasındaki bağıntı (MLR), öçy için çok daha duyarlı olarak verilebilmektedir. Temelde üstel olan bağıntı basitçe $L \propto M^{\alpha}$ olarak gösterilmekte olup anakol yıldızları için oldukça duyarlı şekilde üretilmektedir. Bu bağıntının duyarlı verilerle güncellenmesi, farklı tür öçy için elde edilip karşılaştırılması önemlidir. MLR'nin en son verildiği çalışmalardan bazıları; Malkov (2007), Torres ve diğ. (2010) olarak verilebilir. Bu çalışmada farklı tür öçy'lar için oluşturulan veri tabanlarından MLR bağıntısının en güncel formu belirlenmeye çalışılmıştır. Burada, sistemlerin anakolda yer alan bileşenleri, $\log g > 4.0$ kriteri kullanılarak seçilerek bağıntılar sadece anakolda yer alan bileşenler için çıkarılmıştır. Bağıntı için genel form olarak; $\log L = \alpha \cdot \log M + \beta$ denklemi kullanılmış olup, denklemde yer alan katsayılar hataları ile birlikte belirlenmiştir. Çalışılan altı tür sistem için MLR'nin eğimlerini gösteren katsayısındaki farklılıklar ortaya çıkarılmıştır. Ayrık yıldızlarda α katsayısının ortalama değeri 3.90 iken NCB'lerde 3.69 ve SDB'lerde ise 3.22 olarak bulunmuştur.

298 DB türü sistem için MLR ilişkisi ayrıntılı olarak incelendiğinde, özellikle $\log(L/M) - M$ düzleminde, $\log(L/M)$ ile kütle arasındaki değişimin doğrusal bir şekilde ilerlemediği tam aksine en az dört farklı doğrusal bağıntıyla ifade edilebileceği görülmektedir (bakınız Şekil 2). Bu dağılımda kırılma noktalarının $M = 1.05 M_{\odot}$, (ii) $M = 2.4 M_{\odot}$ ve (iii) $M = 7 M_{\odot}$ civarında olduğu belirlenmiştir. Bu dört bölge için MLR ilişkisi belirlendiğinde, eğimi veren α katsayısının en büyük kütle bölgesinden en küçüğe doğru 4.84-2.73 aralığında ortaya çıktığı bulunmuş olup detaylı denklemler ve tartışmaları bu çalışmanın sonucu olarak Eker ve diğ. (2015) tarafından yayınlanmıştır.

5 Kinematik Davranışlar

Çalışmada, öçy'ların kinematik analizleri yapılabilecek parametrelere sahip sistemlerin sayısının 1084 olduğu görülmüştür. En büyük örnek CAB'lar (356) iken, en küçük sayıya sahip grup NCB'ler (52) olmuştur.

İncelenen örnek Güneş komşuluğunda olsa bile farklı popülasyonlarda bulunan sistemlerin örneğimizi kirlettiği bilinmektedir. Sistemlerin M , P ve J parametrelerinin zamanla değişimlerini incelenmesinde galaksimizin belirli bir popülasyon türüne ait bir örnek kullanılmalıdır. Çünkü bu çalışmadaki önemli aşamalardan biri, sistemleri farklı alt gruplara ayırarak kinematik verilerinden itibaren yaşlarını hesaplamaktır. Kinematik analizler hız dispersiyonlarına bağlı olduğundan farklı bir galaktik popülasyona ait bir veya birkaç sistemin alt örneklerde fark edilmeden hesaplamalarda kullanılması beklenmedik grup yaşlarına ulaşılmasına yol açar. Bu çalışmada biri popülasyonların olasılıkları diğeri de incelenen sistemlerin galaksimizdeki yörünge parametrelerine dayalı iki popülasyon belirleme yöntemi kullanılmıştır.

Öçy'ların ilke kez ayrıntılı yapılan kinematik ve galaktik yörünge hesaplarının çift yıldız astrofizikine iki farklı katkısı olmuştur: i) sistemlerin popülasyon analizi ve ii) grup yaşlarının belirlenmesi. Her bir grubun popülasyon analizlerinin tamamlanması ile Güneş civarındaki genç ve yaşlı ince disk popülasyona üye sistemler belirlenmiştir.

Tüm alt gruplara ait kinematik özellikler ve kinematik yaş değerleri incelendiğinde, en genç iki alt grup DB ve SDB olup kinematik yaşları sırasıyla 1.56 Gyr ve 1.21 Gyr olarak hesaplanmıştır. İncelenen gruplar arasındaki en yaşlı grup olan CV'lerin kinematik yaşları da 4.13 Gyr'dır. En genç ve en yaşlı gruplar arasında yer alan CAB, CB ve NCB'lerin kinematik yaşları sırasıyla 2.89, 2.90 ve 3.91 Gyr'dır. NCB'lerin CAB ve CB'lere göre ortalama yaşlarının daha büyük hesaplanması ilginçtir. Bunun nedeni bu gruplar içinde hareketli grup üyesi sistemlerden kaynaklanabilir.

Kinematik incelemeler sonucunda, SDB ve NCB türlerinde kalın disk veya halo sistemine rastlanmaz iken, DB, CAB ve CB'lerde ise az sayıda belirlenmiştir. CV'lerde ise 17 kalın disk veya halo popülasyonuna ait sistem olduğu ortaya çıkmıştır (Ak ve diğ. 2015).

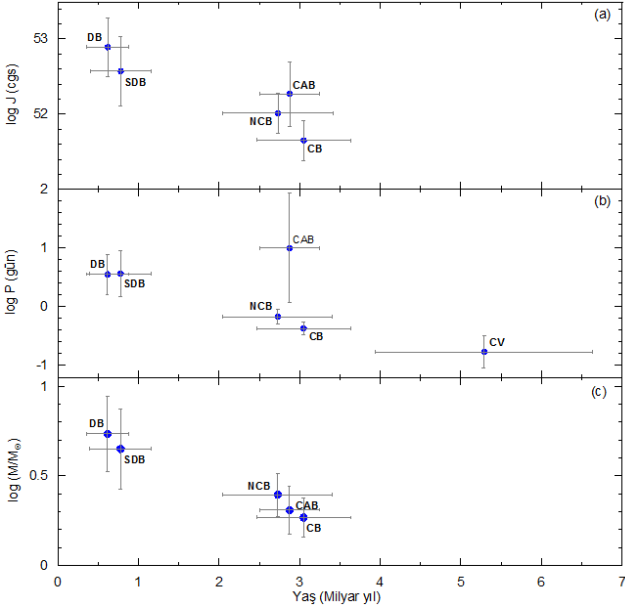
6 Kütle, Açısal Momentum ve Dönem Değişimleri

Öçy'ların dinamik evrimleri, M , J ve P parametrelerinin yaş ile değişimleri kapsamında ele alınmıştır. Çalışılan altı tür için alt gruplandırmalar J üzerinden yapılmış olup bu üç parametrenin de farklı eğimlerde olmak üzere yaş ile azalma gösterdiği açıkça ortaya konulmuştur.

Altı tür içinde J , M ve P parametreleri için en büyük değişim oranlarına sahip sistemler CAB'lar olarak ortaya çıkmıştır. Buna göre, CAB'ların açısal momentum değişimleri $dJ/J.dt = -19.48 \times 10^{-10} \text{ yıl}^{-1}$, kütle değişimi $dM/M.dt = -6.45 \times 10^{-10} \text{ yıl}^{-1}$ ve dönem değişimi ise $dP/P.dt = -23.19 \times 10^{-10} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

NCB'ler tüm sistemler içinde J , M ve P parametrelerinin en az değişim gösterdiği dizgelerdir. Bunun nedeni, bileşenlerinin büyük bölümünün A-F tayf türünde olması ve değme sürecinin tam olarak başlamaması olabilir.

SDB'lerde ise açısal momentum değişimleri $dJ/J.dt = -2.76 \times 10^{-10} \text{ yıl}^{-1}$, kütle değişimi $dM/M.dt = -4.40 \times 10^{-10} \text{ yıl}^{-1}$ ve dönem değişim miktarı ise $dP/P.dt = -4.01 \times 10^{-10} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Yarı-ayrık



Şekil 3. Örten çift sistemlerin ince disk üyelerinin J , P ve M değerlerinin ortalama kinematik yaş ile değişimleri. DB ile SDB'lerde B ve A tayf türü, NCB'lerde A-F tayf türü ve CAB ile CB'lerde F-G tayf türü bileşenlere sahip sistemler kullanılmıştır.

dişgeler olan bu sistemlerin bazılarında kütle aktarımı ve toplanma süreçleri etkindir. Kütle aktarımı süreci sırasında, kütle ve açısal momentum kaybı da özellikle kısa dönemli SDB'lerde beklenmektedir.

CB türü sistemlerin önemli bölümünün F ve daha geri tayf türünden bileşenler içermesi manyetik etkinliğin de açısal momentum ve yörünge dönemi değişimlerine katkı vereceğini ortaya koymaktadır. CB'lerde öne çıkan değişimler yörünge açısal momentumunda belirlenmiş olup $dJ/J.dt = -6.75 \times 10^{-10}$ yıl $^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer, aktif bileşenler içeren DB ve CAB'lardan küçük ancak SDB ve NCB türü sistemlerden 2-3 kat büyük olduğu görülmüştür.

Özellikle Roche sınıflaması ile gruplanan türlerin kinematik ve dinamik özelliklerini karşılaştırmak için mümkün olduğunca tayf türü ve kütle aralıklarını aynı alınmalıdır. Bu durumda, benzer nükleer evrime sahip olmasına rağmen, farklı tür çift sistemlerde, farklı fiziksel süreçlerin onların evrimlerine yansımaları ortaya çıkarılabilir ve türler arasında geçişler varsa bunlara ait izler bulunabilir. Bunun için, DB ile SDB'lerde B ve A tayf türü, NCB'lerde A-F tayf türü ve CAB ile CB'lerde F-G tayf türü bileşenlere sahip sistemler alınarak ortalama kinematik yaş ve J , P ve M parametrelerinin ortalama değerleri hesaplanmış ve Şekil 3'te gösterilmiştir.

7 Sonuç

Gerçekleştirilen çalışma ile tüm öçy'ların temel parametrelerinin dağılımları incelenmiş ve kütle-ışıtma bağıntıları üretilmiştir. DB'ler için, literatürde olmayan, farklı kütle aralıklarında dört farklı MLR üretilmiştir (Eker ve diğ. 2015). Altı farklı tür sisteme ilişkin kinematik analizler yapılarak grup yaşları belirlenmiştir. Yapılan dinamik analizler sonucunda, Roche sınıflamasındaki türler arasındaki geçişlerin olabileceği görülmüştür.

Bu çalışmanın devamında, özellikle yeni gözlemlerle SDB ve NCB türü iyi bilinen sistemlerin sayıları artırılıp kinematik

ve dinamik analizleri daha fazla alt grup ile yapılmalıdır. Bunun yanında, sayısı literatürde oldukça az olan ters Algollerin de daha fazla gözlenip bu alanda değerlendirilmesi gerekmektedir. *Gaia* uydusunun gözlem verileri kullanıma açıldığında (2019-2020 yıllarında beklenmektedir) veri tabanları oldukça zenginleşecek ve bu alanda ortaya koyduğumuz sonuçlar gelecekteki çalışmalara öncü olabilecektir.

8 Teşekkürler

Bu çalışma, 111T224 numaralı TÜBİTAK projesi ile desteklenmiştir. Projeye katkı veren tüm araştırmacılara ve bursiyer öğrencilere teşekkür ederiz. Tayfsal gözlem zamanı sağlayan, Dominion Astrofizik Gözlemevi'ne ve TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne, fotometrik gözlem zamanı sağlayan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ve İstanbul Üniversitesi Gözlemevleri ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ak, T., Bilir, S., Özdönmez, A., Soyduvan, F., ve diğ., 2015, *Ap&SS*, 357, 72
 Coşkunoğlu B., Ak, S., ve diğ., 2011, *MNRAS*, 412, 1237
 Debosscher, J., Aerts, C., Tkachenko, A., ve diğ., 2013, *A&A*, 556, 56
 Dinescu, D.I., Girard, T.M., van Altena, W.F., 1999, *AJ*, 117, 1792
 Eker, Z., Soyduvan, F., Soyduvan, E., ve diğ., 2015, *AJ*, 149, 131
 Etzel, P.B., 1981, *Photometric and Spectroscopic Binary Systems*, Proceedings of the NATO Advanced Study Institute, 1-14 June 1980, Maratea, Italy. Edited by E.B. Carling and Z. Kopal. Dordrecht: D. Reidel Publishing Co., p.111
 Johnson, D.R.H., Soderblom, D.R., 1987, *AJ*, 93, 864
 Malkov, O. Yu., 2007, *MNRAS*, 382, 1073
 Pols, O.R., Schroder, K.-P., Hurley, J.R., ve diğ., 1998, *MNRAS*, 298, 525
 Ratajczak, M., Kwiatkowski, T., Schwarzenberg-Czerny, A., ve diğ., 2010, *MNRAS*, 402, 2424
 Southworth, J., Maxted, P.F.L., Smalley, B., 2004, *MNRAS*, 351, 1277
 Soyduvan, F., Soyduvan, E., Kanvermez, Ç., Liakos, A., 2013, *MNRAS*, 432, 3278
 Torres, G., Andersen, J., Giménez, A., 2010, *A&ARv*, 18, 67
 van Hamme, W., Wilson, R.E., 2003, *ASPC*, 298, 323
 Wielen, R., 1977, *A&A*, 60, 263
 Wilson, R.E., Devinney, E.J., 1971, *ApJ*, 166, 605
 Wilson, R.E., 1993, *ASPC*, 38, 91

Erişim:

O13-1400: [UAK-2015 Program](#) --- [UAK Bildiri](#) --- [Turkish J.A&A](#).