

GÜNEŞ CİVARINDAKİ KATAKLİSMİK DEĞİŞENLERİN KİNEMATİK ÖZELLİKLERİ

Tansel AK^{1,2}, Selçuk BİLİR¹, Serap AK¹, Zeki EKER^{2,3}

¹ *İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119, Üniversite-İstanbul*

e-posta: {tanselak, sbilir, akserap}@istanbul.edu.tr

² *TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi, Akdeniz Üniversitesi Yerleşkesi, 07058, Antalya*

e-posta: {tanselak, eker}@tug.tubitak.gov.tr

³ *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fak., Fizik Böl., Terzioğlu Kampusu, 17100, Çanakkale*

e-posta: eker@comu.edu.tr

Özet

Kataklismik değişenlerin (KD) kinematik özellikleri standart evrim modelinin kuramsal öngörleriyle karşılaştırılmıştır. KD'lerin ortalama kinematik yaşı $4.84(\pm 0.75) \times 10^9$ yıl bulunmuştur ki bu değer literatürdeki 3×10^9 yıl değerinden yüksektir. Periyot boşluğunun altı ve üstü için ortalama kinematik yaşlar sırasıyla $2.75(\pm 1.18) \times 10^9$ ve $2.64(\pm 1.18) \times 10^9$ yıl bulunmuştur. Bu yeni bulgular boşluğun altı ve üstü arasında kinematik bakımdan yaş farkı olmadığını göstermektedir. Halbuki standart evrim modeli 1-2 milyar yıl fark öngörür. KD'lerin periyot boşluğunun altı ve üstü için γ -hızı dispersiyonları sırasıyla 23 ± 4 ve 22 ± 3 km/sn bulunmuştur. Oysa model, boşluğun üstü için yaklaşık 15 km/sn'lik, altı için ise 30 km/sn'lik dispersiyonlar öngörmektedir. Farklı periyot aralıklarındaki ortalama kinematik yaşlara bakıldığında ise, sistemlerin standart evrim kuramınca öngörülenin tam tersine, uzun periyotlara doğru evrimleştikleri izlenimi vardır.

Anahtar Kelimeler : *Kataklismik Değişenler, Güneş Civarı, Kinematik*

Abstract

Kinematical properties of cataclysmic variables (CVs) are compared with the theoretical predictions. Average kinematic age of all CVs in the current sample is derived 4.84 ± 0.75 Gyr that is bigger than previous estimation of 3 Gyr. Average kinematic ages of the systems below and above the period gap are found 2.75 ± 1.18 ve 2.64 ± 1.18 Gyr, respectively. This indicates that there is not a considerable kinematical age difference between the systems below and above the gap. γ velocity dispersions of CVs below and above the period gap are derived 23 ± 4 and 22 ± 3 km/s, respectively. However, the model predicts γ velocity dispersions of about 15 km/s and 30 km/s for the systems above and below the period gap, respectively. The average ages of CVs in different orbital period regimes imply they evolve from shorter to longer periods. However, the standart evolution theory predicts that systems evolve from longer to shorter periods.

Keywords : *Cataclysmic Variables, Solar Neighbourhood, Kinematic*

1. Giriş

Katakлизмik değişen (KD) olmaya doğru giden beyaz cüce - anakol bileşenli ayırık bir sistemde kütle aktarımının başlamasından, ve böylece sistemin bir KD olmasından sonraki standart evrim senaryosu açısıl momentum kaybı düzeneklerine dayanır. Periyot boşluğunun üzerindeki KD'lerin bileşen yıldızları kısmen konvektif olup bundan dolayı manyetik alanları vardır. Bileşen yıldızdaki manyetik alanın, bileşenin tümüyle konvektif olduğu ve manyetik frenlemenin kesildiği yaklaşık 3 saatlik yörünge periyoduna kadar manyetik frenleme yoluyla yörüngesel açısıl momentum kaybına yol açtığı düşünülür (Spruit ve Ritter 1983). Konvektif bileşen yıldız termal denge yarıçapına doğru gevşer ve Roche lobunun içine büzülür. Bu noktada kütle aktarımı tümüyle kesilir ve yörüngesel açısıl

momentum kaybına yol açan hakim düzenek çekimsel ışınım olur. Kütle aktarımı durduğundan sistem bir KD olarak belirlenemezken, çekimsel ışınımın salımı yoluyla daha kısa yörünge periyotlarına doğru evrimleşir. Bileşen yıldız Roche lobunu yaklaşık 2 saatlik yörünge periyodunda bir kez daha doldurur ve kütle aktarımı uzun periyotlardakinden çok daha düşük bir oranla da olsa yeniden başlar. Yörünge periyodu yaklaşık 80 dakikalık gözlenen minimuma kadar kısaldığında bileşen yıldız yozlaşır ve daha fazla kütle aktarımı yörünge periyodunun uzamasına yol açar. Bu evreden geçmiş sistemlere periyot sıçrayıcıları (period bouncers, Patterson 1998) adı verilmektedir.

Her ne kadar yukarıdaki model, yaklaşık $2 < P < 3$ saat aralığında sistem sayısında görülen düşüşe verilen isimle, periyot boşluğunu başarıyla açıklıyor olsa da modelin bazı önemli öngörülleri gözlemlerle çatışmaktadır. Modele göre KD'ler yaşamlarının çoğunu periyot minimumu civarında geçirdiklerinden, yörünge periyodu dağılımının 70-80 dakikalık bölgesinde sayıca önemli bir yığılma olmalıdır. Böyle bir yığılma gözlenmemiştir (Kolb ve Baraffe 1999). Öbek sentezlerine göre (Kolb ve Baraffe 1999, de Kool 1992, de Kool ve Ritter 1993, Kolb 1993, Politano 1996, Howel ve diğ. 1997, King ve Schenker 2002) KD öbeğinin büyük kısmı 2 saatten kısa yörünge periyotlu sistemlerden oluşmalıdır. Yörünge periyodu dağılımında böyle bir yığılma da görülmemiştir. Üstelik KD'ler için bulunan gözlemsel uzay yoğunlukları kuramsal hesapların sadece alt sınırlarıyla uyumludur (Pretorius ve diğ. 2007, Ak ve diğ. 2008a). Bazı alternatif senaryolar (Livio ve Pringle 1994, King ve Kolb 1995, Clemens ve diğ. 1998, Kolb ve diğ. 1998) ve bazı alternatif açısal momentum kayıp düzenekleri (Andronov ve diğ. 2003, Taam ve Spruit 2001, Schenker ve diğ. 2002, Willems ve diğ. 2005, Willems ve diğ. 2007) önerilmiş olsa da bunların hiçbiri böyle problemleri başarıyla çözememiştir.

KD'lerin yukarıda özetlenen standart evrim modelinin öngörülleri için kullanılabilir gözlensel veriler seçim etkilerine maruz kalır. Parlaklığa bağlı seçim etkisi en kuvvetli olandır (Pretorius ve diğ. 2007). Bununla birlikte, örneğin bir KD'nin sıfır-yaş-anakol çift yıldızının oluşumundan itibaren geçen süre olarak tanımlanan yaşı modelin öngörülleri için kullanılabilir.

Zira bir KD'nin yaşı belli bir periyotta kütle transfer oranını etkilemez; dolayısıyla KD'lerin yaş dağılımı parlaklığa bağlı seçim etkisinin tesiri altında değildir (Kolb 2001).

KD'lerin oluşum ve evrimi için bilinen standart modeli uygulamak yoluyla elde ettikleri bir model öbekten itibaren galaktik KD'lerin yaş yapısını belirleyen Kolb ve Stehle (1996), çoğu 1.5×10^9 yıldan genç olmak üzere, periyot boşluğunun üzerindeki yörünge periyotlarına sahip sistemlerin ortalama yaşının 10^9 yıl olduğunu öngördüler. Aynı araştırmacılar, çoğu 10^9 yıldan daha yaşlı olmak üzere, periyot boşluğunun altındaki sistemlerin ortalama yaşının da $3-4 \times 10^9$ yıl olduğunu öngördüler. Aynı araştırmacılar, γ hızı (sistem hızı) dispersiyonunu periyot boşluğunun altındaki sistemler için $\sigma_\gamma \cong 30$ km/sn, periyot boşluğunun üstündeki sistemler için ise $\sigma_\gamma \cong 15$ km/sn öngörmüşlerdir. Kolb'a (2001) göre boşluğun altı ve üstündeki sistemlerin yaş farkı, ortak zarf sonrası evreden kütle transferinin başladığı evreye kadar geçen zamandan kaynaklanmaktadır. Ancak, bir grup KD için gözlenen γ hızı değerlerini derleyen ve bunları inceleyen van Paradijs ve diğ. (1996), boşluğun altı ve üstü arasında böyle bir fark bulamadılar. North ve diğ. (2002) sadece dört sistemin duyarlı γ hızı ölçümlerinden boşluğun üstündeki sistemler için yaklaşık 8 km/sn'lik hız dispersiyonu önerdiler. Kolb'a (2001) göre eğer ortak zarf sonrası ayırık evrede manyetik frenleme çalışmıyorsa, boşluğun üstündeki ve altındaki γ hızı dispersiyonları sırasıyla ~ 27 ve ~ 32 km/sn olmalıdır.

Galaktik uzay ve hız dağılımları belli tür cisimlerin evrimleri hakkında genel bir senaryoyu veya senaryonun bir aşamasını işaret etmeleri bakımından önemlidirler. Eğer farklı periyot aralıklarındaki KD'lerin ortalama yaşları bilinebilirse, bu bilgi KD evrimi hakkındaki anlayışımızı değiştirebilir. Çalışmamızın amacı, Güneş civarındaki KD'lerin kinematik özelliklerini elde ederek, KD'lerin standart evrim modellerinin öngörülerini sınamak ve model parametreleri için sınırlamalar elde etmektir.

2. Veriler

Gözlemsel bakımdan uzay yoğunluklarının veya kinematik özelliklerin bulunmasında ilk adım, belli bir KD grubu için güvenilir uzaklıkların elde edilmesidir. Çok sayıda sisteme uygulanarak

nispeten güvenilir uzaklıkları verebilecek tek bir yöntem, KD'lerin gerçek uzay dağılımları, uzay yoğunlukları ve kinematik özelliklerinin bulunmasında can alıcı derecede önemlidir. Böyle bir yöntem yakın zamanda Ak ve diğ. (2007) tarafından önerilmiş ve çalışmamızda kullanılan sistemlerin uzaklıkları Ak ve diğ.'den (2008a) alınmıştır.

KD'lerin kinematik özelliklerinin belirlenmesi amaçlandığında uzaklık bilgisinin yanısıra her sistem için öz hareket ve γ hızı da bilinmelidir. Uzaklıkları bilinen KD'lerin öncelikle γ hızlarının ölçülmüş olup olmadığı araştırıldı. van Paradijs ve diğ. (1996) KD'lerin 1994 yılına kadar ölçülmüş γ hızlarını derlediklerinden, bu çalışmada 2007 yılının ilk yarısına kadar literatür taranarak sistemlerin γ hızları van Paradijs ve diğ. (1996) ile aynı tarzda derlendi. Böylece uzaklıkları Ak ve diğ. (2008a) tarafından hesaplanmış KD'lerden 194 tanesi için γ hızları bulundu.

İyi bilinmektedir ki salma çizgilerinden elde edilen dikine hızlar muhtemelen yığılma diski veya madde akımındaki hareketlerden etkilenmişlerdir. Bundan dolayı salma çizgilerinden ölçülen γ hızları (γ_{em}) güvenilir olmayabilirler. Ancak, soğurma çizgileri çok zayıf oldukları için her sistemde belirlenemeyebilir (North ve diğ. 2002). γ hızı bulunan 194 sistemin 59 tanesinde γ hızı ölçümleri soğurma çizgilerinden (γ_{abs}) yapılmış ve bu çalışmada böyle ölçümler tercih edilmiştir. Çalışmamızda γ_{em} değerlerinde muhtemel sistematik hatalar da aradık. Sistemlerden 47 tanesinin hem γ_{em} hem de γ_{abs} ölçümleri vardır. Bu ölçümlerden itibaren ortalama farkı $\langle \gamma_{em} - \gamma_{abs} \rangle = +0.57 \pm 14.3$ km/sn hesapladık ve gözlenen γ hızlarının, hangi tür çizgilerden ölçülürse ölçülünler anlamlı istatistik analize imkan sağlayacakları sonucuna ulaştık.

γ hızları bilinen sistemlerin öz hareketlerinin çoğu Zacharias ve diğ.'nin (2005) *NOMAD* kataloğundan alınmıştır. Bahsi geçen 194 sistemin çalışmamızda kullanılacak kinematik verileri Ak ve diğ. (2008b) tarafından sunulmuştur.

2.1 Galaktik uzay hızları

Veri setinde bulunan KD'lerin Güneş'e göre uzay hızları, Johnson ve Soderblom'un (1987) algoritmaları ve dönüşüm matrisleri kullanılarak hesaplanmıştır. Veri setindeki sistemler genelde uzak olmamalarına rağmen, uzay hızlarında diferansiyel galaktik rotasyon

için düzeltmeler de Mihalas ve Binney (1981) tarafından tanımlanan yolla yapılmıştır. U , V ve W bir yıldızın Güneş'e göre hız vektörünün bileşenleridir. U galaktik merkeze doğru, V galaktik rotasyon yönünde ve W kuzey galaktik kutba doğru yönelmişlerdir.

Uzay hızı bileşenlerinin belirsizlikleri, Johnson ve Soderblom'un (1987) bir algoritması kullanılarak giriş verilerindeki belirsizliklerden itibaren hesaplanmıştır. Buradan itibaren uzay hızındaki belirsizlikler de $((S_{\text{err}})^2 = (U_{\text{err}})^2 + (V_{\text{err}})^2 + (W_{\text{err}})^2)$ hesaplanmıştır. Her bir hız bileşeninin hatalarının ve toplam hataların (S_{err}) histogramları çizildiğinde, büyük hata mertebelerinin varlığı ($S_{\text{err}} > 30$ km/sn) dikkati çekmiştir. Kinematik yaşların güvenilirliği uzay hızı dispersiyonlarının güvenilirliğine çok bağlıdır. Tekrar tekrar yapılan denemeler sonucunda, en yüksek uzay hızı hatalarına sahip sistemlerin verilerden uzaklaştırılmasının uzay hızı dispersiyonlarını düşürdüğü görülmüştür. Bundan dolayı veri setini saflaştırmak için $S_{\text{err}} > 30$ km/sn olan sistemlerin veri setinden çıkarılmasına karar verilmiş, ve uzay hızı dispersiyonlarının bu değerin daha aşağı çekilmesinden etkilenmedikleri görülmüştür. Saflaştırılmış örneğin hata değerlerinin ortay değeri U hızı için 7.7, V hızı için 7.5 ve W hızı için de 7.0 km/sn'dir. Hataların standart sapmaları da sırasıyla ± 4.8 , ± 4.4 ve ± 4.4 km/sn'dir. Bu veri ayıklama işleminin neticesinde veri setindeki sistem sayısı 159'a inmiştir.

Saflaştırılmış veri setindeki sistemlerin uzay hızı bileşenlerinin U - V ve W - V düzlemlerindeki dağılımları Şekil 1'de sunulmuştur. Yapılan testler saçılmanın hatalardan kaynaklanmadığını göstermiştir. Dolayısı ile hız düzlemlerindeki dispersiyonun hız hatalarından etkilenmesinin mümkün olmadığı anlaşılmış, saflaştırılmış veri seti için hesaplanan uzay hızları ve bunların dispersiyonlarının güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Local standart of rest (LSR) için düzeltme, Güneş'in $(U, V, W)_{\odot} = (9, 12, 7)$ km/sn hızını (Mihalas ve Binney 1981) sistemlerin (U, V, W) uzay hızı bileşenlerinden çıkarmakla hesaplandı. Çalışmanın bu noktasından itibaren tüm uzay hızı bileşenleri LSR düzeltmesi yapılmış değerleriyle $(U_{\text{LSR}}, V_{\text{LSR}}, W_{\text{LSR}})$ kullanılmıştır.

2.2 Uzay dağılımları

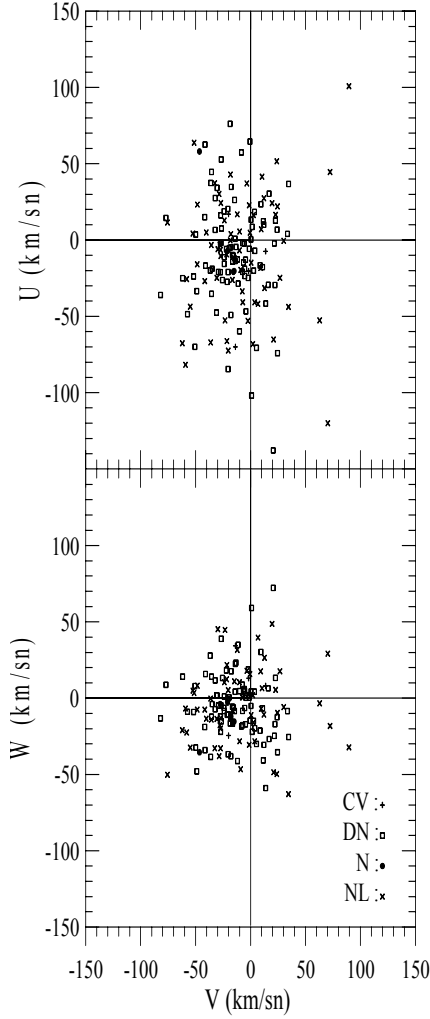
Saflaştırılmış veri setinin uzay dağılımını incelemek için Güneş merkezli dik galaktik koordinatlar (X galaktik merkeze doğru, Y galaktik dönme doğrultusunda ve Z kuzey galaktik kutba doğru) hesaplanmıştır. Tüm verilerin ortalay uzaklık değeri 300 pc'tir. Saflaştırılmış veri setindeki sistemler Güneş civarında ve galaktik diskte bulunmakta olup, bu çalışmadaki veri sayısı üç kat az olmasına rağmen Ak ve diğ. (2008a) tarafından kullanılan veri setiyle hemen hemen aynı uzayı kapsadıkları görülmüştür.

2.3 Öbek analizi

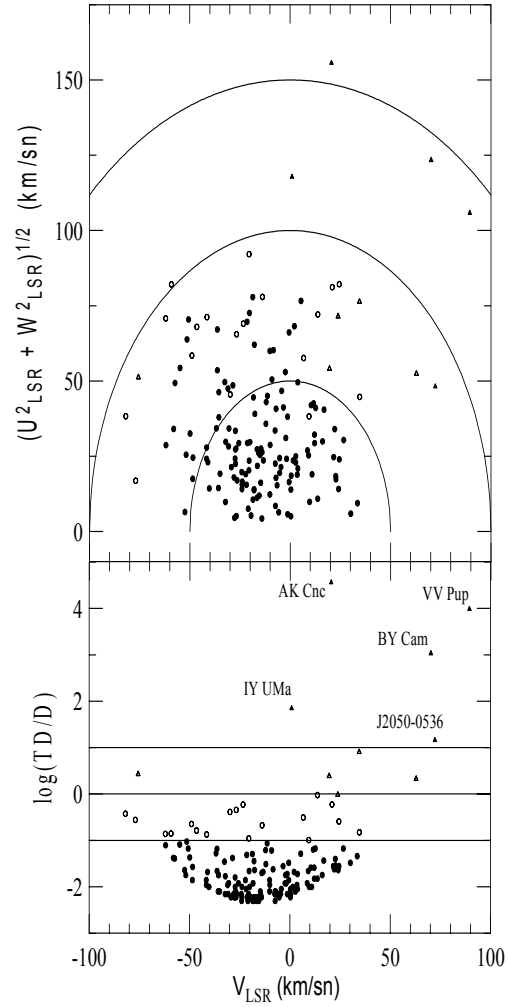
Güneş civarındaki KD'lerin öbek tiplerini (ince ve kalın diskler veya halo) belirlemek için Bensby ve diğ.'nin (2003, 2005) kinematik yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, ince disk, kalın disk ve halodaki yıldız öbeklerinin LSR'ye göre galaktik uzay hızları dağılımının normal bir dağılım olduğu varsayımına dayanır, ve her bir yıldızın belli bir öbeğine ait olma olasılığını verir. Buna göre hesaplanan bağıl olasılık değeri TD/D , yüksek olasılıklı ince disk yıldızları için $TD/D < 0.1$, düşük olasılıklı ince disk yıldızları için $0.1 < TD/D < 1$, düşük olasılıklı kalın disk yıldızları için $1 < TD/D < 10$ ve yüksek olasılıklı kalın disk yıldızları için de $TD/D > 10$ olur.

KD'lerin $V_{\text{LSR}}-\log(TD/D)$ ve Toomre diyagramı Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'deki yatay çizgiler $V_{\text{LSR}}-\log(TD/D)$ diyagramını alttan yukarı doğru dört bölgeye ayırır: düşük ve yüksek olasılıklı ince disk yıldızları ile düşük ve yüksek olasılıklı kalın disk yıldızları. Toomre diyagramındaki dairesel çizgiler, 50 km/sn'lik adımlarla belli $(U_{\text{LSR}}^2 + W_{\text{LSR}}^2)^{1/2}$ galaktik uzay hızlarına karşılık gelmektedir. Bensby ve diğ. (2003, 2005) tarafından verilen kriterlere göre; bu veri setindeki KD'lerin 131 tanesi (~%83) yüksek olasılıklı ince disk yıldızı, 18 tanesi (~%11) düşük olasılıklı ince disk yıldızı, 5 tanesi (~%3) düşük olasılıklı kalın disk yıldızı ve 5 tanesi de yüksek olasılıklı kalın disk yıldızıdır. Dolayısı ile, yapılan öbek analizi sonucu, bu çalışmadaki KD'lerin hemen hemen hepsinin ince disk yıldızları oldukları anlaşılmıştır ki bu sonuç uzay dağılımlarının incelenmesinden elde edilen sonucu destekler.

2.4 Hız dispersiyonları ve kinematik yaşlar



Şekil 1. KD'lerin uzay hızı bileşenlerinin U-V ve W-V düzlemlerinde dağılımı. CV tipi belirsiz KD'leri, DN cüce novaları, NL nova-benzeri yıldızları ve N ise novaları göstermektedir.



Şekil 2. Alt panel: KD'lerin V_{LSR} - $\log(TD/D)$ diyagramı. Üst panel: KD'lerin Toomre diyagramı. İçi dolu ve boş daireler düşük ve yüksek olasılıklı ince disk yıldızlarını, içi boş ve dolu üçgenler ise düşük ve yüksek olasılıklı kalın disk yıldızlarını göstermektedir.

KD'lerin kinematik yaşları, hız dispersiyonları kullanılarak hesaplanabilir (Cox 2000, Ak ve diğ. 2008b). Toplam hız dispersiyonu (σ_v) Wielen (1992) ve van Paradijs ve diğ. (1996) tarafından verildiği şekilde hesaplanmıştır. İzotropik bir dağılım için γ hızı dispersiyonu $\sigma_\gamma^2 = \frac{1}{3} \sigma_v^2$ ile tanımlanmıştır. Saflaştırılmış veri

setindeki tüm sistemler için ve bunların çeşitli alt grupları için toplam dispersiyonlar ve kinematik yaşlar Tablo 1’de verilmiştir.

Saflaştırılmış veri setindeki KD’lerin ortalama kinematik yaşı $4.84(\pm 0.75) \times 10^9$ yıl bulunmuştur. Bu sistemler için γ hızı dispersiyonu $\sigma_\gamma = 30 \pm 2$ km/sn’dir. KD tiplerinin ortalama yaşları ve toplam uzay hızı dispersiyonlarına bakıldığında, sayıları çok az olduğu için kesin bir yargıya varmanın güvenilir olmadığı novalar hepsinden daha genç görünürken, cüce novaların nova-benzeri yıldızlardan dikkati çeker derecede genç oldukları anlaşılmaktadır. Bu yaş farkları uzay hızı bileşenlerinin Şekil 3’te gösterilen $U-V$ düzlemindeki dağılımına bakılarak da anlaşılabilir. Şekil 3’te cüce novaların $U-V$ diyagramının merkezi bölgesinde yoğunlaşma görülürken, nova-benzeri yıldızlarda böyle bir yığılma yoktur.

Tablo 1’de listelenen kinematik yaşlar, manyetik sistemlerin (polar veya intermediate polar) manyetik olmayan sistemlerden neredeyse 3.5 milyar yıl daha yaşlı olduklarını göstermektedir. Sadece ince diskte yer alan sistemler için de manyetik olan ve olmayan sistemler arasındaki yaş farkı çok daha az (400 milyon yıl kadar) olsa bile, yine manyetik sistemlerin daha yaşlı olması yönündedir.

Tablo 1. *KD’lerin uzay hızı dispersiyonları ve kinematik yaşları. NonM manyetik olmayan sistemleri, DN cüce novaları, NL nova-benzeri yıldızları, N ise novaları göstermektedir. Farklı yörünge periyodu (P ; birimi saattir) aralıklarındaki sistemler, sadece yüksek olasılıklı ince disk yıldızları ($TD/D < 0.1$) içinden seçilmişlerdir. Başlık satırındaki N sistem sayısını gösterir.*

<i>Parametre</i>	N	$\sigma_{U_{LSR}}$	$\sigma_{V_{LSR}}$	$\sigma_{W_{LSR}}$	σ_v	<i>Yaş</i>
		(km/sn)	(km/sn)	(km/sn)	(km/sn)	(10^9 yıl)
Tüm veriler	159	36.86 ± 2.93	27.48 ± 2.19	22.69 ± 1.80	51.27 ± 4.08	4.84 ± 0.75
DN	87	35.31 ± 3.81	23.46 ± 2.52	21.84 ± 2.35	47.69 ± 5.14	4.19 ± 0.94
NL	63	39.47 ± 5.01	33.29 ± 4.21	24.15 ± 3.06	57.00 ± 7.22	5.89 ± 1.31
N	5	31.00 ± 14.59	17.56 ± 5.81	14.01 ± 5.87	38.28 ± 16.77	2.57 ± 2.96

NonM	134	34.11 ± 2.96	24.68 ± 2.13	22.61 ± 1.96	47.79 ± 4.14	4.21 ± 0.75
Manyetik sistemler	25	49.01 ± 9.97	39.20 ± 7.78	23.15 ± 4.71	66.89 ± 13.49	7.68 ± 2.28
TD/D < 0.1	131	28.60 ± 2.49	20.76 ± 1.81	16.65 ± 1.46	39.07 ± 3.41	2.70 ± 0.57
0.1 < TD/D ≤ 1	18	51.67 ± 1.09	36.57 ± 8.43	35.69 ± 8.66	72.67 ± 17.09	8.68 ± 2.74
TD/D > 1	10	77.95 ± 25.60	62.85 ± 15.00	47.59 ± 15.73	110.87 ± 33.58	14.35 ± 3.81
1.20 < P ≤ 2.62	47	27.60 ± 2.49	22.87 ± 4.56	16.24 ± 4.14	39.35 ± 6.87	2.75 ± 1.18
2.62 < P ≤ 4.05	42	28.02 ± 4.28	21.47 ± 4.60	15.90 ± 4.43	38.72 ± 6.91	2.64 ± 1.18
1.20 < P ≤ 1.62	16	20.86 ± 3.00	25.97 ± 4.68	16.43 ± 4.34	37.14 ± 5.96	2.39 ± 0.99
1.62 < P ≤ 2.62	31	30.50 ± 5.63	21.10 ± 4.57	15.15 ± 4.07	40.45 ± 7.30	2.93 ± 1.27
2.62 < P ≤ 3.34	16	21.67 ± 3.97	21.03 ± 4.79	15.39 ± 4.90	33.89 ± 7.08	1.90 ± 1.12
3.34 < P ≤ 4.05	26	31.30 ± 4.30	21.73 ± 4.53	16.21 ± 4.19	41.41 ± 6.82	3.09 ± 1.20
4.05 < P ≤ 6.00	28	33.02 ± 4.35	17.76 ± 3.65	18.16 ± 4.09	41.66 ± 6.23	3.13 ± 1.10

Yüksek olasılıklı ince disk KD'leri, düşük olasılıklı ince disk KD'leri ve yüksek olasılıklı kalın disk KD'leri için Şekil 3'te verilen $U-V$ diyagramlarına ve Tablo 1'de verilen yaşlar ve toplam dispersiyonlara bakıldığında, beklendiği gibi belirgin yaş farkları ortaya çıkmaktadır. Merkezi toplanmalarıyla yüksek olasılıklı ince disk yıldızları diğer öbeklerden çok daha genç görünmektedirler. Düşük ve yüksek olasılıklı kalın disk KD'lerinin uzay hızı bileşenlerinin $U-V$ düzlemindeki dağılımları özellikle ilginçtir: bu yaşlı sistemlerin hemen hemen hepsi galaktik disk boyunca Güneş'ten ileri doğru genelde çok hızlı bir şekilde hareket etmektedirler.

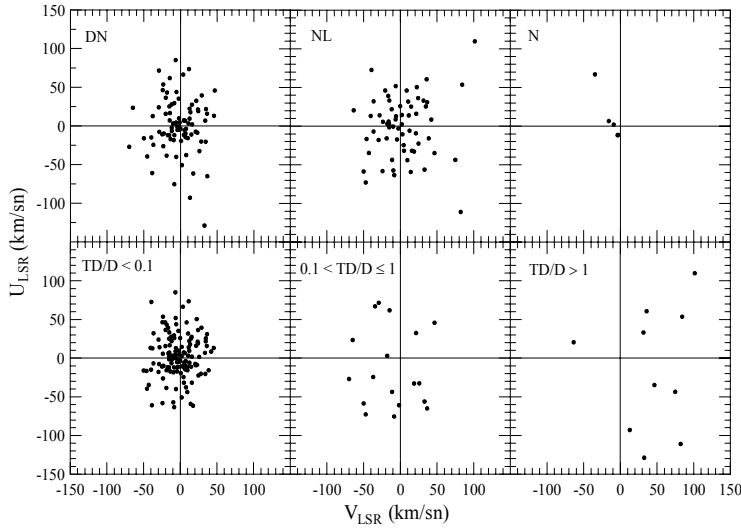
Veri setindeki sistemler için periyot boşluğunun ortasına 2.62 saatlik periyot karşılık gelir. Sadece yüksek olasılıklı ince disk yıldızları ($TD/D < 0.1$) ele alınarak, yörünge periyotları 1.2-2.62 saat ile 2.62-4.05 saat arasında kalan sistemlerin (ki bunlar periyot

boşluğunun altı ile üstünde sayıca yoğunlaşma olan aralıklardır) uzay hızı dispersiyonları ve ortalama kinematik yaşları Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1 bu sistemlerin ortalama kinematik yaşları arasında fark olmadığını göstermektedir. KD’lerin periyot boşluğunun altı ve üstü için γ -hızı dispersiyonları, sırasıyla 23 ± 4 ve 22 ± 3 km/sn bulunmuştur. Bu sistemlerin $U-V$ diyagramları Şekil 4’te gösterilmiştir.

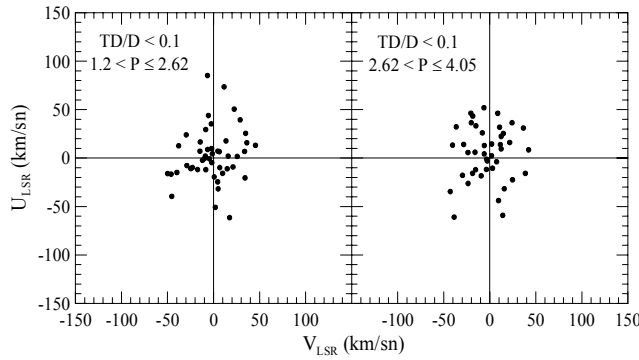
Daha dar yörünge periyodu aralıklarındaki KD’lerin uzay hızı dağılımları ve kinematik yaşlarına bakıldığında (Tablo 1), periyot boşluğunun altındaki ve üstündeki sistemlerin daha uzun periyotlara doğru yaşlandıkları görülmüştür. Burada dikkati çeken bir başka özellik, periyot boşluğunun altındaki ve üstündeki sistemlerin kinematik bakımdan birbirlerinin devamı gibi görünmemeleridir.

3. Tartışma

Bu çalışmadaki veri setinde bulunan KD’lerin beşi hariç hepsi galaktik diskte dirler ve Bensby ve diğ.’nin (2003, 2005) önerdiği kinematik yöntemle de doğruladığımız bu durum uzay dağılımları bakımından çalışmamızda bir seçim etkisinin bulunduğunu gösterir.



Şekil 3. KD'lerin alt tipleri ve öbekleri için U - V diyagramları. DN, NL ve N kısaltmaları Şekil 1'deki gibidir. $TD/D < 0.1$ yüksek olasılıklı ince disk yıldızlarını, $0.1 < TD/D \leq 1$ düşük olasılıklı ince disk yıldızlarını, $TD/D > 1$ ise yüksek olasılıklı kalın disk yıldızlarını göstermektedir.



Şekil 4. Periyot boşluğunun altındaki ($1.2 < P(\text{saat}) \leq 2.62$) sistemlerle, boşluğun hemen üzerindeki ($2.62 < P(\text{saat}) \leq 4.05$) sistemlerin U - V diyagramları.

Sistemlerin U - V ve W - V dağılımlarının hem merkezi toplanma hem de saçılma göstermesi, veri setinin kinematik bakımdan heterojen olduğunu, diyagramlarda hem genç hem de yaşlı sistemlerin birarada bulduklarını göstermektedir. Hatta aynı bir yörünge periyodu aralığında dahi genç ve yaşlı sistemler bulunabilmektedir. Bunun sebebi, evrimin başlangıcındaki farklı bileşen kütleleri ve ortak zarf sonrasındaki farklı yörünge yarıçaplarıdır. Düşük ve yüksek olasılıklı kalın disk KD'lerinin hemen hemen hepsinin galaktik disk boyunca Güneş'ten ileri doğru genelde çok hızlı bir şekilde hareket ettikleri görülmüştür. Ancak şurası açıktır ki çalışmamız KD'lerin yaş dağılımının genelde genç sistemler yönünde bir yığılma gösterdiğini kanıtlamaktadır.

KD'lerin ortalama kinematik yaşı $4.84(\pm 0.75) \times 10^9$ yıl bulunmuştur. Bu değer, van Paradijs ve diğ.'nin (1996) bulduğu 3×10^9 yıldan fazladır. İlginç olan, yörünge periyodu boşluğunun altındaki ($2.75(\pm 1.18) \times 10^9$ yıl) ve üstündeki ($2.64(\pm 1.18) \times 10^9$ yıl) sistemler arasında anlamlı bir yaş farkının bulunmamasıdır. Zira Kolb ve Stehle'nin (1996) standart evrim modeline dayanan hesaplarına göre bu KD'ler arasında $2-3 \times 10^9$ yıllık ortalama yaş farkı bulunmalıdır. Dolayısı ile ne Kolb ve Stehle'nin (1996) boşluğun altı ve üstü için öngördükleri sırasıyla $\sigma_\gamma \cong 30$ km/sn ve $\sigma_\gamma \cong 15$ km/sn'lik, ne de Kolb'un (2001) öngördüğü sırasıyla ~ 32 ve ~ 27 km/sn'lik γ hızı dispersiyonlarını destekleyen gözlemsel sonuçlara ulaşılmıştır ki her iki çalışma da standart evrim kuramına dayanmaktadır.

Şunu belirtmeliyiz ki muhtemelen asimetric zarf atımı gösteren ve tekrarlayan nova patlamalarının toplam etkisi, evrimleri boyunca KD'lerin γ hızı dispersiyonlarını artırabilir (Kolb ve Stehle 1996). Eğer böyle bir etki varsa bulduğumuz γ hızı dispersiyonları ve yaşlar üst sınırları temsil etmekte, ancak gruplar arasındaki farklar etkilenmemektedir.

Çalışmamızın bizce en ilginç sonucu, periyot boşluğunun altı ve üstündeki sistemlerin dar yörünge periyodu aralıklarına bölündüklerinde, boşluğun altı ve üstündeki sistemlerin daha uzun periyotlara doğru birbirlerinden bağımsız olarak evrimleşmeleridir. Bu durum, düşük kütleli bileşenden yüksek kütleli bileşene doğru kütle transferi olan çift sistemlerde yörünge periyodu bakımından beklenen evrimleşme doğrultusunu işaret ederken, KD'ler için standart evrim kuramının tam tersi bir evrimleşme doğrultusudur. Öyleyse KD'lerdeki yörüngesel açısal momentum kaybı kuramın beklentisi kadar yüksek olmayabilir.

Eğer bu çalışmadaki gözlemsel sonuçlar daha fazla ve daha duyarlı verinin birikmesiyle doğrulanırsa, standart evrim modeline inanmamak için elimizde kuvvetli bir kanıt daha olacaktır.

Kaynaklar

- Ak, T., Bilir, S., Ak, S., Retter, A., 2007, *New Astr.*, 12, 446-453
Ak, T., Bilir, S., Ak, S., Eker, Z., 2008a, *New Astr.*, 13, 133-143
Ak, T., Bilir, S., Ak, S., Eker, Z., 2008b, *New Astr.*, hazırlanıyor
Andronov, N., Pinsonneault, M., Sills, A., 2003, *ApJ*, 582, 358-368
Bensby, T., Feltzing, S., Lundström, I., 2003, *A&A*, 410, 527-551

- Bensby, T., Feltzing, S., Lundström, I., Ilyin, I., 2005, *A&A*, 433, 185-203
Clemens, J.C., Reid, I.N., Gizis, J.E., O'Brien, M.S., 1998, *ApJ*, 496, 352-363
Cox, A.N., 2000, New York: AIP Press; Springer, Edited by Arthur N. Cox. ISBN: 0387987460
de Kool, M., 1992, *A&A*, 261, 188-202
de Kool, M., Ritter, H., 1993, *A&A*, 267, 397-409
Howell, S.B., Rappaport, S., Politano, M., 1997, *MNRAS*, 287, 929-936
Johnson, D.R.H., Soderblom, D.R., 1987, *AJ*, 93, 864-867
King, A.R., Kolb, U., 1995, *ApJ*, 439, 330-336
King, A.R., Schenker, K., 2002, *The Physics of Cataclysmic Variables and Related Objects*, B.T. Gänsicke, K.
Beuermann, K. Reinsch (eds.), ASP Conf. Ser.Proc., Vol.261, p.233
Kolb, U., 1993, *A&A*, 271, 149-166
Kolb, U., 2001, *The influence of binaries on stellar population studies*, Astrophysics and space science library
(ASSL), Vol. 264., Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.321
Kolb, U., Stehle, R., 1996, *MNRAS*, 282, 1454-1460
Kolb, U., King, A.R., Ritter, H., 1998, *MNRAS*, 298, L29-L33
Kolb, U., Baraffe, I., 1999, *MNRAS*, 309, 1034-1042
Livio, M., Pringle, J.E., 1994, *ApJ*, 427, 956-960
Mihalas, D., Binney, J., 1981, '*Galactic Astronomy*', 2nd edition, Freeman, San Francisco
North, R.C., Marsh, T.R., Kolb, U. ve diğ., 2002, *MNRAS*, 337, 1215-1223
Patterson, J., 1984, *ApJS*, 54, 443-493
Patterson, J., 1998, *PASP*, 110, 1132-1147
Politano, M., 1996, *ApJ*, 465, 338-358
Pretorius, M.L., Knigge, C., O'Donoghue, D., Henry, J.P., Gioia, I.M., Mullis, C.R., 2007, *MNRAS*, 382, 1279-1288
Schenker, K., King, A. R., Kolb, U. ve diğ., 2002, *MNRAS*, 337, 1105-1112
Spruit, H., Ritter, H., 1983, *A&A*, 124, 267-272
Taam, R.E., Spruit, H.C., 2001, *ApJ*, 561, 329-336
van Paradijs, J., Augusteijn, T., Stehle, R., 1996, *A&A*, 312, 93-96
Wielen, R., Dettbarn, C., Fuchs, B. ve diğ., 1992, *The Stellar Populations of Galaxies*, Proc. IAU Symp. 149, B.
Barbuy, A. Renzini (eds.), Kluwer, Dordrecht, p.81
Willems, B., Kolb, U., Sandquist, E.L. ve diğ., 2005, *ApJ*, 635, 1263-1280.
Willems, B., Taam, R.E., Kolb, U., Dubus, G., Sandquist, E.L., 2007, *ApJ*, 657, 465-481.
Zacharias, N., Monet, D.G., Levine, S.E., Urban, S.E., Gaume, R., Wycoff, G.L., 2005,

VizieR On-line Data Catalog: I/297