

# Aktif Kromosferli Çift Yıldızların Kinematik Yaş ve Dinamik Davranışları

Mehmet Tüysüz<sup>1,2\*</sup>, Faruk Soyduğan<sup>1,2</sup>, Selçuk Bilir<sup>3</sup>, Osman Demircan<sup>1,2</sup>, Zeki Eker<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fizik Bölümü, Çanakkale

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Gözlemevi, Çanakkale

<sup>3</sup> İstanbul Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul

<sup>4</sup> Akdeniz Üniversitesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya

## Özet

Geri tayf türünden bileşen(ler)e sahip ve kromosferik aktivite belirteci gösteren ayrık ya da yarı-ayrık sistemler aktif kromosferli çift yıldızlar (CAB) olarak bilinir. Bu çalışmada kütle, yarıçap ve sıcaklık değerleri bilinen ve bileşenleri anakol yıldızlarından oluşan Güneş civarındaki CAB'lar kinematik özellikleri dikkate alınarak mercek altına alındı. Örnekteki sistemler, açılma momentumlarına göre alt gruplara ayrılarak ortalama kinematik yaşları hesaplandı. Grupların ortalama kinematik yaşlarıyla, ortalama açılma momentumu, ortalama kütle ve ortalama dönem değişimleri incelendi. Ayrıca aktif ve aktif olmayan geri tayf türüne sahip (F veya daha geri) ayrık ve anakol bileşenli sistemlerin kinematik yaş ile dinamik davranışları birlikte ele alınarak, aktivitenin dinamik evrim üzerine etkileri tartışıldı.

**Anahtar Kelimeler:** stars: kinematics and dynamics, Yıldızlar, Ötegezegenler

## 1 Giriş

Kromosferik aktivitesi belirlenmiş, F veya daha geri tayf türünden, ayrık ya da yarı-ayrık çift yıldızlar "Aktif Kromosferli Çift Yıldızlar" (CAB) olarak bilinir. Sistemin H $\alpha$  veya Call H ve K çizgi merkezlerinde görülen salmaları, yıldız lekelerinden kaynaklanan fotometrik değişimler, radyo ve X-ışını gözlemleri kromosferik aktivitenin en temel belirteçleridir. CAB yıldızları anakol, dev ve alt-dev bileşenlerine sahip, F-M tayf türü aralığında yer alan, kinematik olarak genç ve yaşlı sistemleri içermesi bakımından heterojen bir gruptan oluşmaktadır. Kinematik yaşlar dikkate alınarak yapılan dinamik çalışmaları, incelenen örneğin homojenize edilmesiyle daha anlamlı olacağından mümkün olduğunca homojen bir örnek üzerinde çalışıldı. Örnekteki sistemlere galaktik diferansiyel dönme ve Yerel Durağanlık Standart (Local Standart of Rest - LSR) düzeltmeleri dikkate alınarak "Hareketli Grup" (Moving Grup - MG) testleri yapılarak genç hareketli küme üyeleri belirlendi. Ayrıca örnekte yer alan sistemler için popülasyon durumları da dikkate alındı. Dinamik evrim tartışmaları anakol CAB ları üzerinden yapılarak daha doğru sonuçlara ulaşılmaya çalışıldı. Tüm bu çalışmalar için seçilen örnek Soyduğan ve diğ. (2015) çalışması baz alınarak oluşturuldu.

## 2 Veri

Güneş'e göre uzay hızlarının hesabına olanak sağlayan ekvatorial koordinatları ( $\alpha, \delta$ ), trigonometrik paralaksı ( $\pi$ ), özhareket bileşenleri ( $\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}$ ) ve kütle merkezi hızları ( $\gamma$ ) mevcut olan sistemler bu çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmada yer alan yıldızların konum bilgileri Simbad<sup>1</sup> veri tabanından alınmıştır. Uzay hızlarının hesaplamasında kullanılan astrometrik veriler ile kütle merkezi dikine hız verilerinin tamamı için Soyduğan ve diğ. (2015)'nin yapmış olduğu çalışma dikkate alındı.

## 3 Galaktik Uzay Hız Bileşenleri

Çalışmada yer alan yıldızların Galaktik uzay hız bileşenleri ( $U, V, W$ ) ve bu hız bileşenlerine ait hatalar Johnson ve Soderblom (1987)'in algoritması kullanılarak hesaplandı.

Galaksimiz diferansiyel dönmeye sahiptir.  $W$  bileşenine galaktik dönmenin etkisi olmadığından, galaktik diferansiyel dönme düzeltmesinin sadece  $U$  ve  $V$  hız bileşenlerine uygulanmaktadır. Yapılan gözlemler durağan olmayan Güneş'e göre yapıldığından kinematik parametrelerde LSR düzeltmesi göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışmadaki sistemlerin ( $U, V, W$ ) hız bileşenlerinin LSR düzeltmesi için Coşkunoglu ve diğ. (2011)'nin değerlerinden faydalanılmıştır.

Soyduğan ve diğ. (2015)'nin yaptıkları çalışmada uzay hızı hesaplanan 356 CAB ( $N_{katalog} = 356$ ) sistemi için uzay hızının hatası ( $S_{hata}$ ) ve uzay hız bileşenlerinin hatalarının ( $\sigma_U, \sigma_V, \sigma_W$ ) frekans dağılımları incelendi (Şekil 1). Uzay hızının ortalama hatası ( $\langle S_{hata} \rangle$ ) ile uzay hız bileşenlerinin ortalamasının hatası ( $\sigma_S$ ) toplandı ( $\langle S_{hata} \rangle + \sigma_S = 10.23$ ). Bu sonuç kinematik çalışmaya dahil olacak sistemlerin uzay hız bileşenlerinin toplam hatalarının üst sınırı olarak kabul edildi. Buna göre, çalışmada yer alacak sistem sayısı 325 olarak belirlendi.

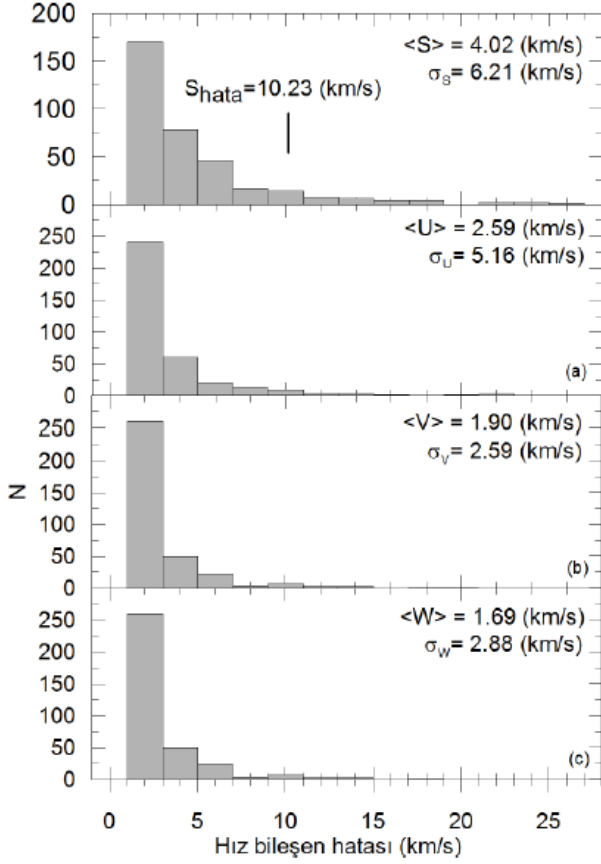
Çalışmada  $N_{kinematik} = 325$  CAB sisteminin galaktik yörünge parametreleri dikkate alınarak popülasyon grupları belirlendi. Örnekte yer alan CAB sistemlerinin galaktik düzlemde maksimum ayrılacakları uzaklıkların frekans dağılımları Şekil 2'de gösterilmiştir. Ak ve diğ. (2015) yaptıkları çalışmada  $Z_{max} = 825$  pc'in ötesindeki sistemlerin Galaksimizin olası kalın disk ve halo yıldızları olduğunu belirlemişlerdir. Buna göre, örnekte yer alan 316 CAB'ın ince disk popülasyon grubuna ait sistemler olduğu belirlendi (Şekil 3).

## 4 Hareketli Küme Üyelerinin (MG) Belirlenmesi

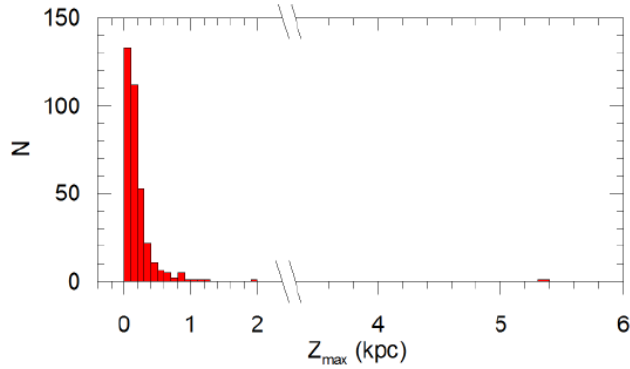
Hareketli grup (Moving Grup-MG), galaksi içerisinde çekimsel olarak birbirinden bağımsız ancak aynı kinematığı paylaşan "süper küme" olarak adlandırılan grup yıldızların Güneş civarına giren parçası olarak tanımlanır. MG üyeleri kinematik olarak

\* mehmettuysuz@comu.edu.tr

<sup>1</sup> <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

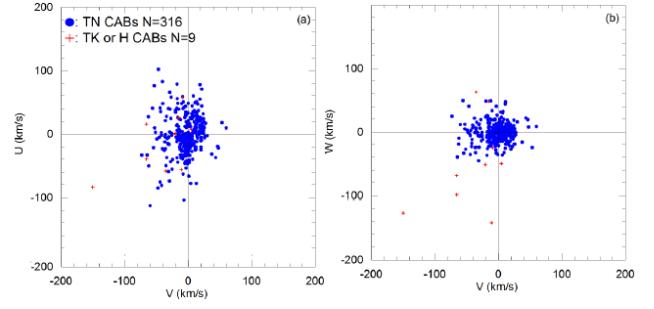


Şekil 1.  $N_{katalog} = 356$  sistem için uzay hız hatası ( $\langle S_{hata} \rangle$ ) ve uzay hız bileşenlerinin hatalarının ( $\sigma_U, \sigma_V, \sigma_W$ ) frekans dağılımı.

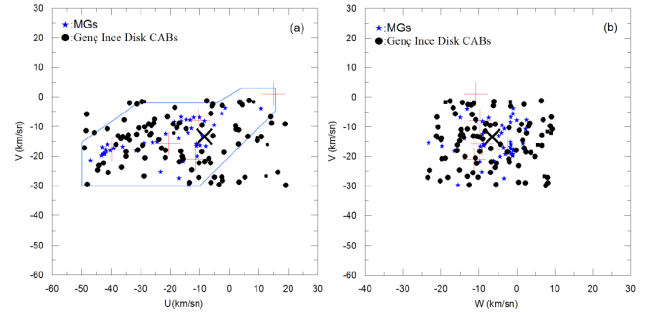


Şekil 2. Galaktik yörünge parametreleri hesaplanan CAB'ların galaktik düzlemde çıkabilecekleri maksimum dik uzaklıklara ( $Z_{max}$ ) ait frekans dağılımları.

birbirine benzeyen ve aynı orijinden meydana gelen sistemlerdir. Eggen (1958a,b, 1989, 1995) yapmış olduğu çalışmalarda olası MG üyesi yıldızları belirlemek için "öz hareket" ve "özel hız" kriterlerini öngörmüştür. Leggett (1992)'in genç ince disk yıldızları için vermiş olduğu hız aralıkları ( $-50 < U < 20$ ,  $-30 < V < 0$ ,  $-25 < W < 10$  km/s) içinde yer alan CAB sistemleri için Eggen kriterleri dikkate alınarak MG testi uygulanmıştır ( $N_{MG}=44$ ) (Şekil 4).



Şekil 3. Uzay hız bileşenlerine LSR ve galaktik diferansiyel dönme hız düzeltmesi yapılmış 325 CAB'ın U-V (a) ve V-W (b) hız diyagramları üzerindeki yerleri.



Şekil 4. U-V (a) ve W-V (b) hız uzaylarında genç yıldızlar ile olası MG üyesi CAB yıldızlarının dağılımı. (+) hareketli kümeleri, (X) LSR'nin U-V ve W-V hız diyagramlarındaki konumunu göstermektedir. U-V (a) hız dağılımında sürekli çizgi ile gösterilmiş sekizgen yapı hareketli kümelerin sınırlarını belirlemektedir (Eggen (1989)).

## 5 Kinematik Yaş Tayini

Yıldızların uzay hız dispersiyonları yaş ile ilişkilidir. Yıldızların diğer gök cisimleri ile gerçekleşen bir çekimsel karşılaşma, genellikle yıldızın  $v$  hızı arttıkça azalan bir difüzyon katsayısının ortaya çıkmasıyla sonuçlanır (Spitzer ve Schwarzschild 1953; Chandrasekhar 1960; Hénon 1973). Difüzyon katsayısı, yıldızların hızları ile saçılan kütlelerin hızına bağlıdır. Bu durumu göz önüne alınarak bir grup yıldızın yaşı, uzay hız dispersiyonlarıyla ilişkilendirmiştir (Wielen 1977).

$$\sigma_v^3(\tau) = \sigma_{v,\gamma=0}^3 + \frac{3}{2} \alpha_v \delta_2 T_\delta [\exp(\frac{\tau}{T_\delta}) - 1] \quad (1)$$

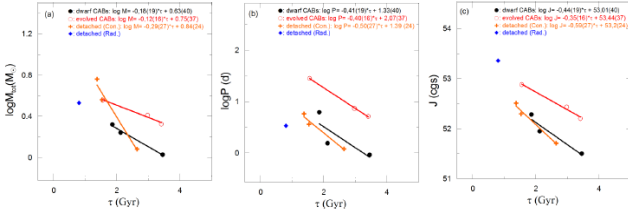
Burada;  $\sigma_{v,\gamma=0}^3$  yıldızın sıfır yaşındaki hızı (10 km/s);  $\alpha_v$  rotasyon eğrisini açıklayan sabit (2.95);  $T_\delta$  zaman ölçeği ( $5 \times 10^9$  yıl);  $\delta_2$  yayılma katsayısı ( $3.7 \times 10^{-6}$  (km/s)<sup>3</sup> yıl);  $\sigma_v(\tau)$  bir grup yıldızın hız dağılımı;  $\tau$  kinematik yaşı gösterir. Denklem (1)'in güncellenmesi ve sabitlerin yerine konulmasıyla:

$$\sigma_v^3(\tau) = 1000 + 81862.5 [\exp(\frac{\tau}{5 \times 10^9}) - 1] \quad (2)$$

halini alır. Örnekteki CAB sistemleri için oluşturulan alt-grupların kinematik yaşları hesaplanmıştır. CAB sistemleri öncelikle "evrimleşmiş" ve "cüce" CAB'lar olmak üzere iki ana gruba ayrıldı. Her bir ana grup ortalama açısal momentumlarına ( $\langle J \rangle$ ) göre gruplandırıldı. Ayrıca geri tayf türünden aktivite göstermeyen

**Çizelge 1.** CAB ve DB türü sistemlerden oluşan alt grupların kinematik yaş, ortalama açılal momentum, ortalama dönem ve ortalama toplam kütleleri hesaplanmıştır.

Alt-Grup	$\tau$ (Gyr)	$\langle \log J \rangle$	$\langle \log P \rangle$	$\langle \log Mt \rangle$
CAB (cüce)	3.45 (68)	51.50	-0.04	0.03
	2.12 (84)	51.95	0.19	0.24
	1.86 (49)	52.29	0.80	0.32
CAB (evrimleşmiş)	3.41 (1.08)	52.20	0.71	0.33
	2.97 (1.44)	52.43	0.87	0.41
	1.55 (92)	52.88	1.45	0.56
DB (konvektif)	2.64 (72)	51.71	0.08	0.08
	1.57 (50)	52.30	0.56	0.39
	1.37 (41)	52.51	0.76	0.45
DB (radyatif)	0.80 (36)	53.36	0.53	0.53



**Şekil 5.** Örnekte yer alan CAB ve DB türü sistemler için kinematik yaşın ( $\tau$ )  $J$ ,  $M$  ve  $P$  ile değişimleri.

ya da henüz aktivite belirtecine rastlanmamış DB türü sistemler için de benzer bir alt gruplama oluşturuldu (Çizelge 1).

## 6 Dinamik Davranışların İncelenmesi

Çift yıldızların evrim senaryosu, kütle ( $M$ ) ve açılal momentum ( $J$ ) parametreleri ile şekillenmektedir.  $M$  ve  $J$  yörüngeyi ve yörünge parametrelerini doğrudan etkilemektedir. Bir grup çift yıldız sistemi için kinematik yaşın ( $\tau$ )  $J$ ,  $M$  ve  $P$  ile değişimlerini anlamak, çift yıldızların evrimini yorumlamak için önemli bir bilgi sağlar (Şekil 5).

Şekil 5'den cüce bileşenli CAB ve DB türü sistemlerin ortalama açılal momentum, ortalama kütle ve ortalama dönemin, kinematik yaş ile değişimleri aşağıda gibi elde edilmiştir:

$$\frac{dJ_{cuce}}{d\tau} = -1.02 \times 10^{-10} J_{cuce} \quad (3)$$

$$\frac{dP_{cuce}}{d\tau} = -0.94 \times 10^{-10} P_{cuce} \quad (4)$$

$$\frac{dM_{cuce}}{d\tau} = -0.41 \times 10^{-10} M_{cuce} \quad (5)$$

$$\frac{dJ_{db-conv}}{d\tau} = -1.36 \times 10^{-10} J_{db-conv} \quad (6)$$

$$\frac{dP_{db-conv}}{d\tau} = -1.15 \times 10^{-10} P_{db-conv} \quad (7)$$

$$\frac{dM_{db-conv}}{d\tau} = -0.67 \times 10^{-10} M_{db-conv} \quad (8)$$

## 7 Tartışma ve Sonuç

Yıldızların evrim senaryolarının tek tek incelenmesi çok büyük bir problemdir. Yıldızların kinematik çalışması, bir grup yıldızın evrim senaryosunun incelenmesine olanak sağlamaktadır. Ancak yine de kinematik yaklaşımlarda çok duyarlı parametrelere ihtiyaç vardır. Bundan dolayı kinematik analizlerle elde edilecek sonuçların doğruluğunu arttırmak için örneği temel parametreleri iyi bilinen sistemlerden oluşturmak önemlidir. Çalışmada yer alan CAB ve DB türü sistemlerin ortalama açılal momentumlarının, ortalama toplam kütlelerinin ve ortalama dönemlerinin kinematik yaşla azaldığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlardan anakol CAB yıldızları ile aktivite belirtecine rastlanmamış konvektif katmana sahip DB türü sistemlerin birbirini takip eden bir dinamiğe sahip olduğu söylenebilir.

## Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 111T224 numaralı proje ile desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Ak, T., Bilir, S., Özdönmez, A., Soydugan, F., Soydugan, E., Püsküllü, Ç., Ak, S., Eker, Z., 2012, Ap&SS, 357, 72  
 Chandrasekhar, S., 1960, Principles of stellar Dynamics, New York, Dover, Enlarged ed., 336  
 Çoşkunoglu, B., Ak, S., Bilir, S., Karaali, S., Önal, Ö., Yaz, E., Gilmore, G., Seabroke, G. M., 2011, MNRAS, 419, 2844  
 Eggen, O. J., 1958a, MNRAS, 118, 65  
 Eggen, O. J., 1958b, MNRAS, 118, 154  
 Eggen, O. J., 1989, PASP, 101, 366  
 Eggen, O. J., 1995, AJ, 110, 2862  
 Henon, M., 1973, Collisional Dynamics in Spherical Stellar Systems, Saas-Fee, Sauverny: Geneva Observatory, 183  
 Johnson, D. R. H., Soderblom, D. R., 1987, AJ, 93, 864  
 Leggett, S. K., 1992, ApJS, 82, 351  
 Soydugan, F., Soydugan, E., Bilir, S., Demircan, O., 2015, TÜBİTAK 111T224 No'lu Proje  
 Spitzer, L. J. R., Schwarzschild, M., 1953, ApJ, 118, 106  
 Wielen, R., 1977, A&A, 60, 263

## Erişim:

033-1515: UAK-2015 Program --- UAK Bildiri --- Turkish J.A&A.