



Farklı Yaş ve Metal Bolluğuna Sahip 21 Açık Yıldız Kümesinde Yıldız Dönmesi Etkilerinin İncelenmesi

Ahmet USTA¹, Öğr. Gör. Dr. Cenk KAYHAN², Doç. Dr. İnci AKKAYA ORALHAN³

¹ Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, TR-38039, Kayseri, Türkiye

² Kayseri Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, TR-38280 Kayseri, Türkiye

³ Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, TR-38039, Kayseri, Türkiye



Giriş

Açık yıldız kümeleri (AYK), yıldızların açısal momentum kaybı ve bunun yaş ve kimyasal bileşim (metalite) ile olan ilişkisini incelemek için ideal ortamlardır [1]. Yıldız dönmesi, yıldızın iç yapısını, karıştırma süreçlerini ve ana dizi ömrünü doğrudan etkileyen kritik bir parametredir [2]. Genç kümelerdeki dönme hızı dağılımları, yıldız oluşum koşullarının çeşitliliğini yansıtırken; yaşlı kümeler, manyetik frenleme etkisiyle yavaşlayan yıldızların oluşturduğu daha dar bir dönme dizisine yakınsar [3, 4]. Bu çalışma, 21 farklı AYK'den elde edilen spektroskopik ve fotometrik verileri birleştirerek, yıldız dönme evrimini ve metalitenin bu süreç üzerindeki etkisini bütünsel bir çerçevede incelemektedir.

Çalışmanın temel motivasyonu, tekil gözlemsel yöntemlerin getirdiği kısıtlamaları aşmaktır. Bu doğrultuda, Gaia DR3 astrometrik verileri [5] ile pyUPMASK algoritması [6, 7] kullanılarak yüksek güvenilirlik arz eden küme üyelikleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, yıldız evrimi modellerinin kalibre edilmesinde kritik öneme sahiptir.

V_{eq} Türetme Metodolojisi

1. Gözlemsel Veri Temini

Gaia DR3 kataloğundan görünür parlaklık (G) ve renk indeksi ($G_{BP} - G_{RP}$) eldesi.

↓ *Sönümleme Düzeltmesi*

2. Mutlak Parametreler

Kümeye özel A_V değerleriyle kızarma etkileri giderilerek gerçek renk ($G_0, (G_{BP} - G_{RP})_0$) eldesi.

↓ *PARSEC İzokron Eşleştirme*

3. Fiziksel Parametrelerin Çıkarımı

Minimum Öklidyen mesafe ($d < 0.15$) ile Işırtma Gücü (L) ve Etkin Sıcaklık (T_{eff}) tespiti [31].

↓ *Stefan-Boltzmann Yasası*

4. Yarıçap Hesaplaması

Elde edilen L ve T_{eff} ile yıldız yarıçaplarının Güneş birimleri cinsinden ($R/R_{\odot}$) hesabı.

↓ *Ekvatorial Hız: $v = 2\pi R/P_{rot}$*

5. Fotometrik Ekvatorial Hız

Fotometrik periyotlar kullanılarak projeksiyon etkisinden ($\sin i$) bağımsız V_{eq} türetilmesi.

Veri Seti ve Metodoloji

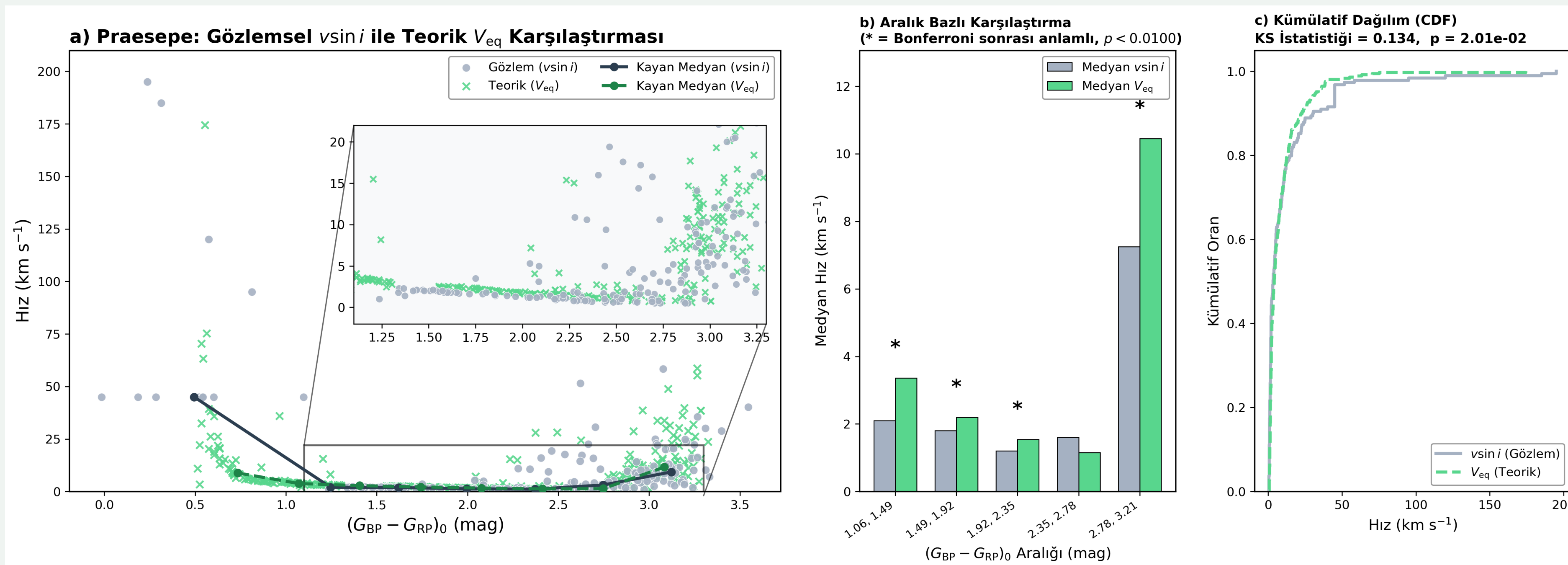
Bu çalışmada, ~ 4 Myıl ile 2.5 Gyl arasındaki yaş ve $-0.94 \leq [Fe/H] \leq +0.18$ dex metal bolluğu aralığına sahip 21 AYK'de yıldız dönmesinin kümelere etkisi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, tayfsal olarak elde edilen izdüşüm dönme hızı ($v \sin i$) ile ışıkölçümle elde edilen dönme dönemlerinden (P_{rot}) türetilen ekvatorial dönme hızları (V_{eq}) kullanılması hedeflenmiştir. Küme üyelikleri, Gaia DR3 astrometri verileri üzerinden pyUPMASK algoritması kullanılarak olasılıksal yöntemle ($P_{üye} \geq 0.7$) belirlenmiş ve analize dahil edilmiştir. Tüm kümeler PARSEC eşyaş çizgileri kullanılarak renk-parlaklık diyagramlarına yerleştirilmiş; dönme hızları da bu diyagramlara dahil edilerek kümelerin temel parametrelerindeki değişimler hesaplanmıştır.

Tablo 1: İncelenen AYK'lerin özellikleri. Spektroskopik ölçümler **Altın (A)**, fotometrik olanlar **Gümüş (G)** gruptur. A_V değerleri [8]'den alınmıştır.

Küme	Grup	Yaş (Myr)	[Fe/H]	A_V	Yıldızlar (A/G)	Ref.
ASCC 123	Altın	130	+0.14(04)	0.03	7/-	[9]
Blanco 1	A+G	115	+0.00(03)	0.03	114/93	[10]
Chamaeleon I	Altın	4-6	-0.08(04)	1.00	37/-	[11]
γ Vel	Altın	5-10	-0.057(18)	0.12	133/-	[11]
Hyades	A+G	625	+0.14(01)	0.01	11/87	[12, 13]
IC 2391	Altın	50(05)	-0.01(01)	0.03	15/-	[14, 15]
NGC 330	Altın	35	-0.94(02)	0.11	10/-	[16]
NGC 2264	Gümüş	5	-0.15	0.45	-/222	[17]
NGC 2281	Gümüş	435(50)	+0.00(01)	0.34	-/100	[18]
NGC 2355	Altın	1000	-0.09	0.38	39/-	[19]
NGC 2422	Altın	74	-0.05(02)	0.21	43/-	[20]
NGC 2423	Altın	750	+0.14(09)	0.31	27/-	[21]
NGC 3532	Gümüş	300	-0.07(10)	0.12	-/246	[22]
NGC 3766	Gümüş	20	-0.47	0.50	-/400	[23]
NGC 6067	Altın	126	-0.11(02)	1.12	37/-	[24]
NGC 6811	Gümüş	1000	+0.00	0.15	-/145	[25]
NGC 6819	Gümüş	2500	+0.00	0.40	-/55	[26]
Pleiades	A+G	130(20)	-0.05(18)	0.12	26/60	[27, 28]
Praesepe	A+G	600-900	+0.14(17)	0.08	240/603	[29]
Ursa Major	Altın	500(100)	-0.082(21)	0.00	21/-	[30]
ξ Persei	Altın	3-10	-0.10	1.00	9/-	[13]

Yöntemin Doğrulanması (Cross-Validation)

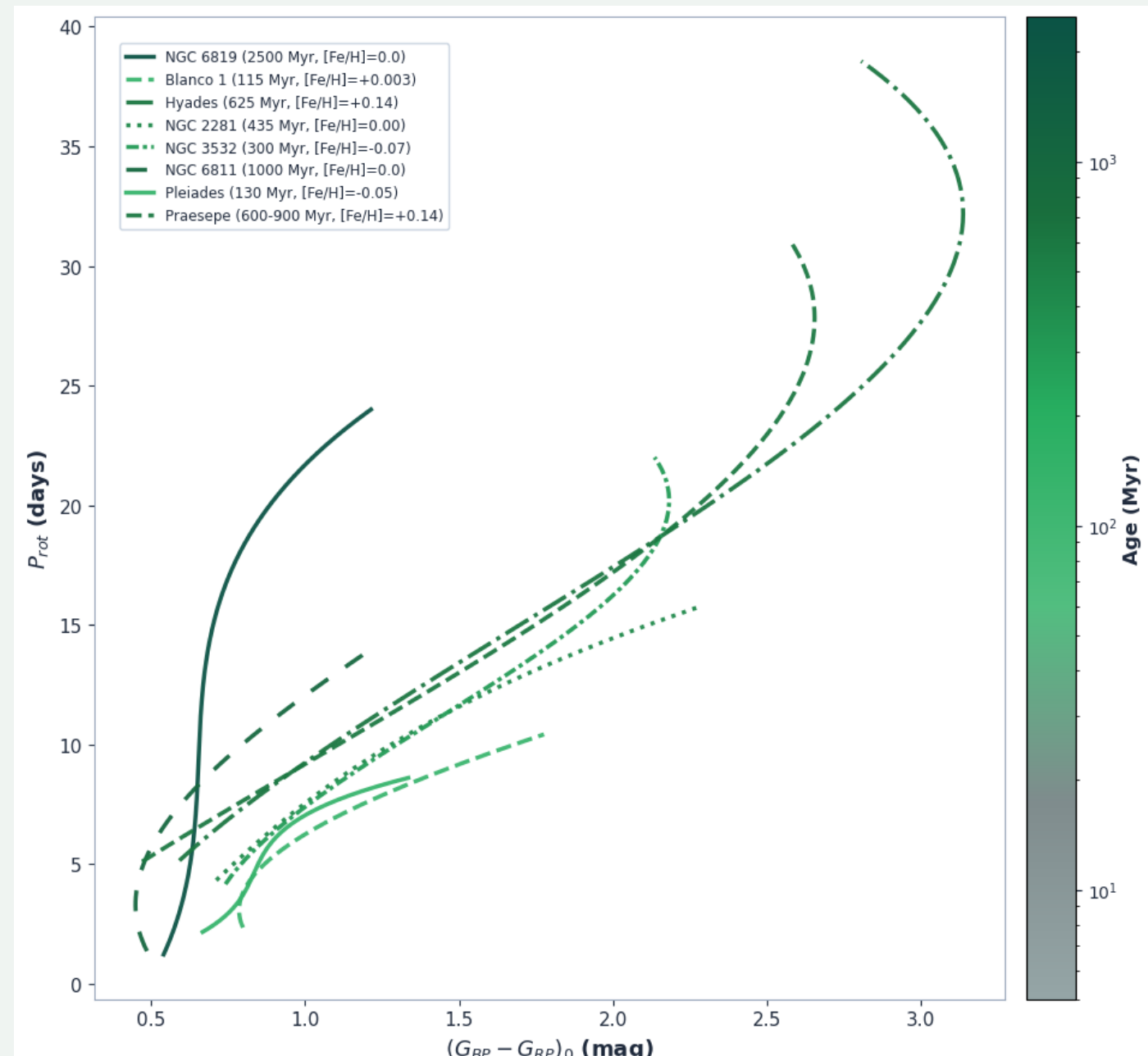
Geliştirilen fotometrik ekvatorial hız (V_{eq}) türetme yönteminin tutarlılığı **Praesepe** [29], **Blanco 1** [10] ve **Pleiades** [27, 28] kümeleri üzerinden test edilmiştir. Rastgele yönelimli eksenler için teorik projeksiyon faktörü $\langle \sin i \rangle = \pi/4 \approx 0.785$ 'tir. Praesepe (**0.791**) ve Blanco 1 (**0.798**) için küresel medyan hız oranları teorik sınıra mükemmel bir uyum sergilerken, Pleiades için bu değer **1.100** civarında hesaplanmıştır.



Şekil 1: Praesepe gözlemsel/teorik hız karşılaştırması.

Şekil 1 incelendiğinde, orta kütleli rejimde ($0.60 \leq (G_{BP} - G_{RP})_0 \leq 1.20$ mag) gözlemsel spektroskopik hızlar ($v \sin i$) ile türetilen fotometrik hızların (V_{eq}) hareket eğilimlerinin birbirleriyle eşleştiği görülmektedir. Praesepe ve Blanco 1'in teorik sınıra yakınlığı yöntemin genel tutarlılığını desteklerken; Pleiades'teki sapmalar; bağımsız örneklem seçim kriterlerindeki farklılıklar, çözülmemeyen çift sistemler (SB1/SB2), manyetik aktivite veya yarıçap genişlemesi [32] gibi olası fiziksel ve enstrümantal etkenlerle açıklanabilmektedir.

Temel Bulgular



Şekil 2: Gümüş grup kümelerine ait jirokronoloji fit eğrileri.

- Yaş Evrimi:** Yıldız dönmesi yaşla yavaşlar; genç kümelerde geniş hız dağılımı varken, yaşlı kümeler dar bir dönme dizisine yakınsar [3, 4].
- Kütle Etkisi:** Derin konvektif zarflı düşük kütleli yıldızlar manyetik frenlemeyle hızla yavaşlarken, sıcak yıldızlar geniş hız aralığını korur [4].
- Metalisite:** Yüksek metalisite, geç tip yıldızlarda konvektif zarfı derinleştirerek manyetik frenlemeyi ve yavaşlamayı hızlandırır.
- Kıyaslama:** Metalce zengin Praesepe [29] ile yaşlı NGC 6811'in [25] benzer dönme hızları, kimyasal bileşimin ikincil bir etkisi olduğunu gösterir.
- Erken Tip Yıldızlar:** Zarfı olmayan sıcak yıldızlarda, hız ile metalisite arasında anlamlı bir korelasyon bulunmamıştır ($r = -0.030$).
- Jirokronoloji (Şekil 2):** V_{eq} - renk değişim eğrileri, yaş ilerledikçe dönme zarflarının sistematik olarak daraldığını doğrulamaktadır.

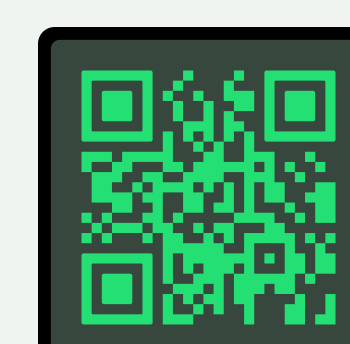
Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

- Fotometrik V_{eq} yaklaşımıyla projeksiyondan arındırılmış güvenilir dönme dizileri başarıyla elde edilmiştir.
- Açısal momentum evriminin yalnızca yaş ve kütleyle değil, metalisite de doğrudan ilişkili olduğu gösterilmiştir.
- Jirokronoloji yaş modellerine metalisite parametresinin kalibre edici bir faktör olarak entegre edilmesinin kritik önemi vurgulanmıştır.
- Gelecekte Gaia DR4, LSST ve Nancy Grace Roman verileriyle modeller genişletilerek galaktik disk genelindeki süreçler daha kapsamlı incelenecektir.

İletişim / Ekler

ahmtustaa113@gmail.com

Soru ve önerileriniz için iletişime geçebilir; kaynakça ve ekler için yan taraftaki karekodu taratabilirsiniz.



Scan Me

Teşekkür

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı'nda yürütülen “Farklı Yaş ve Metal Bolluğuna Sahip 21 Açık Yıldız Kümesinde Yıldız Dönmesi Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir ve Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından **FAPD-2025-14502** numaralı proje ile desteklenmiştir.