

# NGC 6866 Açık Kümesinin Ayrıntılı İncelenmesi

Z. Funda Bostancı<sup>1\*</sup>, Tansel Ak<sup>1</sup>, Talar Yontan<sup>2</sup>, Selçuk Bilir<sup>1</sup>, Ömür Çakırlı<sup>3</sup>,  
Tolga Güver<sup>1</sup>, Orkun Özdarcan<sup>3</sup>, Serap Ak<sup>1</sup>, Ernst Paunzen<sup>4</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup>Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İzmir, Türkiye

<sup>4</sup>Masaryk Üniversitesi, Teorik Fizik ve Astrofizik Bölümü, Brno, Çek Cumhuriyeti

## Özet

Bu çalışmada, NGC 6866 açık kümesinin TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan T100 teleskobu ile Bessell *UBVRI* filtreleri kullanılarak elde edilmiş çok bant CCD fotometrik gözlemleriyle kümeye üye yıldızların LAMOST tayflarının analiz sonuçları sunulacaktır. Kümenin yapısal parametreleri yıldız yoğunluk profillerinden hesaplanmıştır. Alandaki yıldızların astrometrik verileri kullanılarak kümeye üyelik olasılıkları bulunmuştur. Kümeye üyelik olasılıkları yüksek olan yıldızlar dikkate alınarak kümenin kızarması, metal bolluğu, uzaklık modülü, uzaklığı ve yaşı elde edilmiştir. Bu çalışma ile NGC 6866 açık kümesinin astrofiziksel parametrelerinin istatistiksel çözümündeki parametre dejenerasyonunun üstesinden gelmek amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** (Galaxy:) open clusters and associations: individual:..., Samanyolu, Galaksiler, Kozmoloji

## 1 Giriş

NGC 6866, Galaksimizin Orion-Cygnus kolunda bulunan J2000 epoklu  $\alpha = 20^{\text{h}}03^{\text{m}}55^{\text{s}}$ ,  $\delta = +44^{\circ}09'30''$  ve  $l = 79^{\circ}.56$ ,  $b = +6^{\circ}.84$  koordinatlarında, Güneş'ten 1450 pc uzaklıkta, yaklaşık  $t = 400$  Myr yaşında orta yaşlı bir açık yıldız kümesidir. NGC 6866 kümesi doğrultusundaki 25 yıldızın fotoelektrik *UBV* parlaklıklarıyla 136 yıldızın fotoğrafik parlaklıkları Washington Kataloğu'nda listelenmiştir (Hoag ve diğ. 1961). Frinchaboy ve Majewski (2008) kümenin ortalama radyal hızını  $12.18 \pm 1.14$  km/s ve öz hareket bileşenlerini ise  $\mu_{\alpha} \cos \delta = -5.52 \pm 1.17$  ve  $\mu_{\delta} = -7.97 \pm 1.09$  mas/yr bulmuştur. Frolov ve diğ. (2010) fotoğraf plaklarını ve CCD *UBV* gözlemlerini kullanarak NGC 6866 kümesinin 246 üyesini teşhis ederek, kümenin fiziksel parametrelerini hesaplamış ve kümenin yaşını  $t = 560$  Myr bulmuşlardır. Kümenin en güncel çalışması Janes ve diğ. (2014) tarafından yapılmış ve NGC 6866 için renk artığını  $E(B - V) = 0.16 \pm 0.04$  kadir, uzaklığı  $d = 1250$  pc, yaşı  $t = 705 \pm 170$  Myr, metal bolluğunu ise  $Z = 0.014 \pm 0.005$  vermişlerdir.

Bu çalışmada, geleneksel yöntemler kullanılarak kümenin renk artığı, uzaklık modülü ve metal bolluğu parametreleri tayin edilmiştir. Kümenin astrofizik parametreleri hem fotometrik hem de tayfsal veriler kullanılarak karşılaştırılmış ve sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu gösterilmiştir.

## 2 Gözlemler

NGC 6866 açık kümesinin fotometrik gözlemleri 18 Temmuz 2012 tarihinde, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki T100 teleskobuyla, Asahi marka Bessell *UBVRI* filtreleriyle yapılmıştır. Gözlemler süresince kümenin toplam 34 CCD görüntüsü farklı filtrelerde alınmıştır. Gece fotometrik olup *V* bandı için ortalama görüş değeri 1.5 yaysaniyesidir (Yontan ve diğ. 2015; Bostancı ve diğ. 2015).

\* funda.bostanci@istanbul.edu.tr

CCD verilerinin temel kalibrasyonları ile görüntülerdeki piksel koordinatlarının ekvatorial koordinatlara dönüşümleri standart IRAF yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca gece boyunca Landolt (2009) tarafından listelenmiş çok sayıda standart alan yıldızı gözlenerek, yine IRAF yazılımlarıyla açıklık fotometrisi uygulanmış ve atmosferik sönmüleme ve gecelik dönüşüm katsayıları elde edilmiştir. Küme alanındaki yıldızların parlaklık tayini için SExtractor yazılımı uygulanmış ve alandaki yıldızların isophotal parlaklıkları tayin edilmiştir (Bertin ve Arnouts 1996). Daha sonra standart yıldızlardan elde edilen atmosferik sönmüleme ve dönüşüm katsayıları Janes ve diğ. (2013)'nin verdikleri denklemler dikkate alınarak isophotal parlaklıklara uygulanmış, küme doğrultusundaki yıldızların parlaklıkları standart sisteme çevrilmiş ve 2096 kaynağın fotometrik verilerinin bulunduğu bir katalog hazırlanmıştır.

NGC 6866, LAMOST tarama programı (Luo ve diğ. 2012) içinde yer aldığı için konsorsiyum yönetimiyle yapılan anlaşma gereği, küme doğrultusundaki adaylarının LAMOST tayfları da bu çalışmada dikkate alınmıştır. Görüş alanındaki 31 yıldızın tayf verileri LAMOST konsorsiyumu tarafından elde edilen radyal hız ve atmosferik model parametreleri bu çalışmada kullanılmıştır. Yıldız tayfları 3700-5900 ve 5700-9000Å aralığında almış olup,  $R \sim 1800$  çözünürlüğündedir.

## 3 Veri Analizi

Küme doğrultusundaki galaksi dışı kaynakların belirlenmesinde SExtractor programının ürettiği yıldızlılık indeksi dikkate alınmıştır. Buna göre yıldızlılık indeksi 0.8'den küçük yedi kaynak galaksi dışı cisim olarak kabul edilmiştir. Böylece küme doğrultusundaki yıldız sayısı 2089 olmuştur. Oluşturulan son örneğe ait *V* parlaklığı ve *U-B*, *B-V*, *V-R*, *R-I* renklerinde hesaplanan ortalama hatalar  $V < 18$  kadire kadar oldukça düşük iken, bu değerden sonra, sönük *V* parlaklıklara doğru hatalar üssel olarak artmaktadır.  $V < 18$  aralığında hatalar, *U - B*, *B - V*, *V - R* ve *R - I* için, sırasıyla, 0.083, 0.016, 0.013 ve 0.012 kadirden daha küçüktür. Bu çalışmada yıldızlar için hesaplanan

**Çizelge 1.** Dört farklı renk parlaklık diyagramı kullanılarak hesaplanan renk artıkları, metal bollukları ( $Z$ ), uzaklık modülleri ( $\mu$ ), uzaklıklar ( $d$ ) ve yaşlar ( $t$ ). Son satır ortalama değerleri göstermektedir.

Renk-Parlaklık Diyagramı	Renk Artığı (kadir)	$Z$	$\mu$ (kadir)	$d$ (pc)	$t$ (Myr)
$V \times U - B$	$E(U - B) = 0.054 \pm 0.036$	0.0154	$10.75 \pm 0.11$	$1271 \pm 83$	$850 \pm 50$
$V \times B - V$	$E(B - V) = 0.074 \pm 0.050$	0.0154	$10.53 \pm 0.11$	$1148 \pm 75$	$800 \pm 50$
$V \times V - R$	$E(V - R) = 0.048 \pm 0.050$	0.0154	$10.48 \pm 0.10$	$1122 \pm 68$	$800 \pm 50$
$V \times R - I$	$E(R - I) = 0.044 \pm 0.050$	0.0154	$10.65 \pm 0.10$	$1214 \pm 75$	$800 \pm 50$
Ortalama		0.0154	$10.60 \pm 0.10$	$1189 \pm 75$	$813 \pm 50$

parlaklık ve renkler hem fotometrik duyarlılığın ortaya konması hem de kümenin astrofizik parametrelerinin belirlenmesinde kullanılacak yöntemlerin sonuçlarının sınanması bakımından, [Joshi ve diğ. \(2012\)](#) ve [Janes ve diğ. \(2014\)](#)'nin ortak yıldızlarıyla karşılaştırılmış ve bu çalışmalar arasında sistematik farkların bulunmadığı gösterilmiştir ([Bostancı ve diğ. 2015](#)).

### 3.1 Kümenin Yapısal Parametreleri

Kümenin yapısal parametrelerinin tayini için öncelikle merkez koordinatlarından itibaren yıldız yoğunluk değerleri hesaplanmış, yıldız yoğunluk değerleri King modeliyle ([King 1962](#)) karşılaştırılarak gözlemsel yoğunlukları en iyi temsil eden fit belirlenmiştir. Hesaplamalar sonucunda kümenin zemin yıldız yoğunluğu  $f_{bg}$ , merkezi yıldız yoğunluğu  $f_0$ , çekirdek yarıçapı  $r_c$ , sırasıyla,  $5.33 \pm 0.01$  yıldız/yaydakikası<sup>2</sup>,  $2.28 \pm 0.02$  yıldız/yaydakikası<sup>2</sup> ve  $3.24 \pm 0.04$  yaydakikası olarak belirlenmiştir. Hesaplanan bu değerler [Joshi ve diğ. \(2012\)](#)'inkiyle uyumlu iken, [Janes ve diğ. \(2014\)](#)'den oldukça farklıdır.

Küme üye yıldızların belirlenmesinde [Balaguer-Núñez ve diğ. \(1998\)](#)'nin geliştirmiş olduğu algoritmalarından faydalanılmış ve yıldızların öz hareket verileri de [Zacharias ve diğ. \(2013\)](#)'den alınmıştır. Küme merkezinden 6 yaydakikası uzaklıkta bulunan ve küme üye olma olasılığı  $P > 0.50$  olan yıldızların  $V \times B - V$  diyagramında işaretlenmesiyle kümenin anakolu duyarlı bir şekilde ortaya çıkartılmıştır. Küme üyesi yıldızların seçiminde astrometrik ölçümlere ek olarak bunların renk uzaylarındaki konumları da dikkate alınmıştır. Bu problemin üstesinden gelmek için Güneş bolluğundaki [Sung ve diğ. \(2013\)](#)'nin Sıfır Yaş Anakolu (ZAMS) eğrisi  $V \times B - V$  renk-parlaklık diyagramı üzerinde işaretlenmiştir. Ayrıca anakol kalınlaşmasında çift yıldız etkisi de dikkate alınarak bu eğri 0.75 kadir parlaklaştırılmıştır. Böylece iki yaş eğrisi arasında kalan yıldızlar ile  $V = 12$ 'den parlak yıldızlar da dikkate alınarak toplam 64 yıldız, kümenin en olası üye yıldızları olarak kabul edilmiştir.

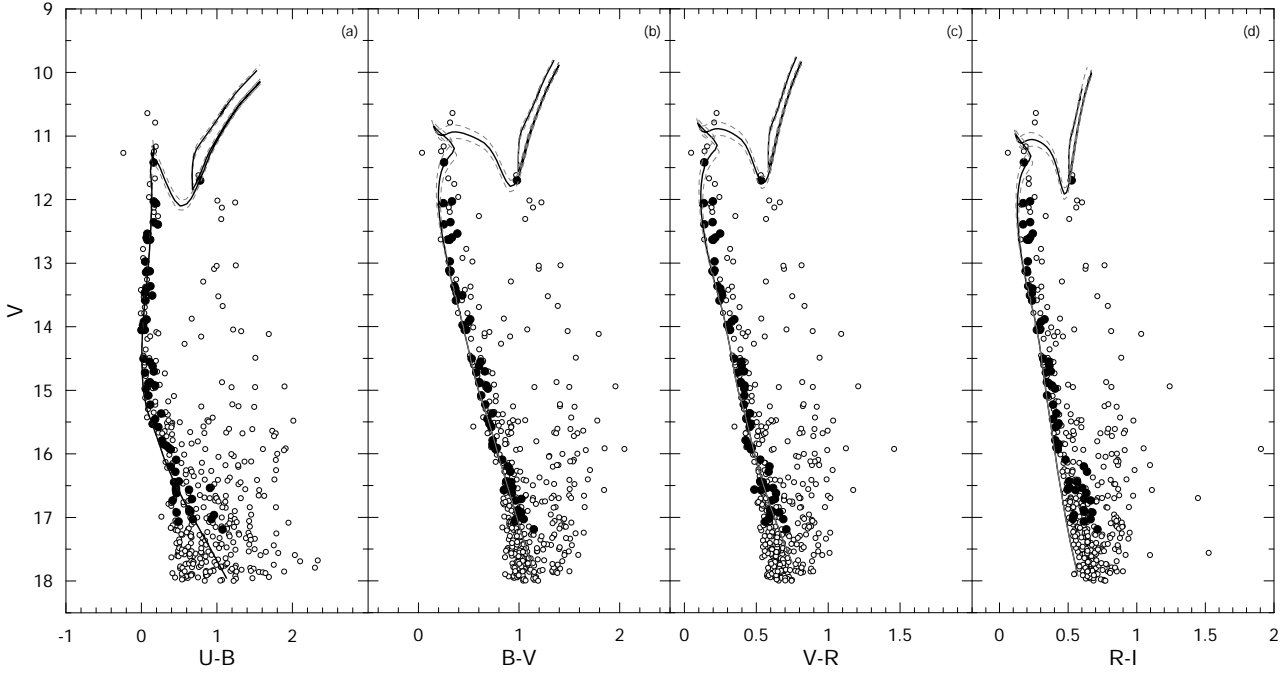
### 3.2 İki-Renk ve Renk-Parlaklık Diyagramları

Bu çalışmada, NGC 6866 doğrultusundaki kızarmayı belirleyebilmek için küme üyeliği yüksek 64 yıldız ile [Sung ve diğ. \(2013\)](#) tarafından verilen Güneş bolluğundaki gözlemsel ZAMS eğrisi  $U - B \times B - V$  iki- renk diyagramı üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra ZAMS eğrisi [Hiltner ve Johnson \(1956\)](#) tarafından verilen  $E(U - B) = 0.72 \times E(B - V) + 0.05 \times E(B - V)^2$  eşitliği kullanılarak 64 yıldızın verileriyle en iyi uyumu sağlayacak şekilde kaydırılmış ve küme alanı doğrultusundaki kızarma değerleri  $E(U - B) = 0.054 \pm 0.036$  ve  $E(B - V) = 0.074 \pm 0.050$  kadir olarak tayin edilmiştir. Küme doğrultusundaki  $E(V - R)$  ve  $E(R - I)$  renk artıkları da, sırasıyla,  $E(V - R) = 0.65 \times E(B - V)$  ve  $E(R - I) = 0.60 \times E(B - V)$  bağıntıları kullanılarak  $E(V - R) = 0.048 \pm 0.050$  ve  $E(R - I) = 0.044 \pm 0.050$

kadir olarak hesaplanmıştır. Denklemlerdeki kızarma katsayıları [Cardelli ve diğ. \(1989\)](#)'den alınmıştır.

Kümenin uzaklık tayininde anakol çakıştırma yöntemi kullanılmıştır. Bunun için kümenin renk-parlaklık diyagramları üzerine küme üyesi yıldızları en iyi şekilde temsil edecek ZAMS eğrileri geçirilerek uzaklık modülleri elde edilmiştir. Renk-parlaklık diyagramlarında uzaklık modüllerinin hesaplanabilmesi için [Bressan ve diğ. \(2012\)](#)'nin PARSEC yıldız evrim modelindeki ZAMS verileri, kümenin anakoluyla üst üste gelecek şekilde kaydırılmıştır. Bu kaydırma işlemlerinde  $\chi^2$  analizleri uygulanmış ve en küçük  $\chi_{min}^2$ 'ye karşılık gelen değer kümenin uzaklık modülü olarak kabul edilmiştir. Analizler sonucunda renk-parlaklık diyagramlarından uzaklık modülleri  $\mu_{U-B} = 10.75 \pm 0.11$ ,  $\mu_{B-V} = 10.53 \pm 0.11$ ,  $\mu_{V-R} = 10.48 \pm 0.10$ ,  $\mu_{R-I} = 10.65 \pm 0.10$ , kadir olarak bulunmuş, bu değerlerin ortalaması alınarak da NGC 6866 açık kümesinin uzaklık modülü  $\mu = 10.60 \pm 0.10$  kadir olarak tayin edilmiştir. Bu değer, NGC 6866'ın Güneş'ten  $d = 1189 \pm 75$  pc uzaklıkta olduğunu göstermektedir.

NGC 6866 açık kümesinin metal bolluğu tayini için hem tayfsal hem de fotometrik metal bolluğu kalibrasyonuna dayalı veriler kullanılmıştır. Küme doğrultusunda LAMOST tayfı bulunan 31 yıldızdan 14'ü küme merkezinden 6 yaydakikası uzaklık içinde yer almaktadır. Bu 14 yıldız içinde de altısının kümeye astrometrik olarak üye olma olasılığı  $P > 0.50$ 'dir. Küme üye olma olasılığı yüksek bu yıldızların tayfsal metal bolluklarının ve radyal hız verilerinin medyan değerleri, sırasıyla,  $[Fe/H] = -0.10 \pm 0.13$  dex ve  $V_r = 10.58 \pm 31.83$  km/s'dir. Bu çalışmada belirlenen kümenin ortalama radyal hız değeri [Frinchaboy ve Majewski \(2008\)](#)'in  $V_r = 13.68 \pm 0.09$  km/s değeriyle uyumludur. Kümenin fotometrik metal bolluğu tayini için F-G tayf türündeki anakol yıldızlarının rengi  $0.3 < (B - V)_0 \leq 0.6$  kadir aralığında seçilmiştir. İncelenen renk aralığındaki her bir yıldızın  $(U - B)_0$  değeri ile bu yıldızın  $(B - V)_0$  değerine karşılık gelen Hyades anakoluna ait  $(U - B)_0$  farklarının alınmasıyla morötesi artıkları ölçülmüş,  $(B - V)_0 = 0.6$  renk indeksinde kalibre edilmiş ve ortalama değeri hesaplanmıştır. Bu ortalama morötesi artık değeri [Karaali ve diğ. \(2011\)](#)'in fotometrik metal bolluğu kalibrasyonuna yerleştirilerek kümenin ortalama metal bolluğu değeri  $[Fe/H] = -0.013 \pm 0.002$  dex olarak bulunmuştur. Bu çalışmada tayfsal ve fotometrik yöntemler kullanılarak elde edilen metal bolluğu sonuçları hatalar mertebesinde uyumludur. Ayrıca hesaplanan bu değerler kümenin Güneş bolluğunda olduğunu göstermektedir. Bu nedenle kümenin yaş tayininde metal bolluğu değeri  $Z_\odot = 0.0154$  ([Bressan ve diğ. 2012](#)) kabul edilmiştir. Sonuç olarak, NGC 6866 açık kümesinin dört farklı renk-parlaklık diyagramlarından elde edilmiş astrofizik parametreleri Çizelge 1'de listelenmiştir.



**Şekil 1.** NGC 6866 açık kümesinin (a)  $V \times U - B$ , (b)  $V \times B - V$ , (c)  $V \times V - R$  ve (d)  $V \times R - I$  renk-parlaklık diyagramları ve bunlara en uygun PARSEC eş-yaş eğrileri. Daire sembolü kümeye üyelik olasılığı  $P > 0.50$  olan yıldızları, düz çizgi en uygun eş-yaş eğrisini, kesikli çizgiler ise yaştaki hata mertebesine göre eş-yaş eğrisi aralığını göstermektedir.

### 3.3 Yaş Tayini

Kümelerin gözlemsel renk-parlaklık diyagramlarına teorik eş-yaş eğrileri fit edilerek bir kümenin kızarma, metal bolluğu, uzaklık modülü ve yaşı eş zamanlı tayin edilebilir. Çalışmada kümenin kızarma, metal bolluğu, uzaklık modülü parametreleri Bölüm 3.2'de bahsedilen geleneksel yöntemler kullanılarak duyarlı bir şekilde tayin edilmiştir. Bu çalışmada kümenin yaş tayini için literatürdeki en güncel yıldız evrim modeli olan PARSEC (Bressan ve diğ. 2012) tercih edilmiştir. Kümenin astrofizik parametreleri bağımsız yollar ile elde edildiğinden, yaş tayininde bu girdi parametreleri sabit tutularak farklı eş-yaş verileri kümeye üyelik olasılığı yüksek yıldızlara ağırlık verilmek suretiyle fit edilmiştir. Farklı renk-parlaklık diyagramları için elde edilen yaş değerleri Çizelge 1'in son sütununda verilmiştir. Çizelge 1'den de görüleceği gibi  $V \times B - V$ ,  $V \times V - R$  ve  $V \times R - I$  renk-parlaklık diyagramları için yaş  $t = 800 \pm 50$  Myr iken,  $V \times U - B$  diyagramı için yaş  $t = 850 \pm 50$  Myr olarak hesaplanmıştır. Şekil 1'de verilen renk-parlaklık diyagramları üzerinde düz çizgi küme için hesaplanan yaşı, kesikli çizgiler ise  $1\sigma$ 'ya karşılık gelen yaş hatalarını göstermektedir.

### 4 Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde elde edilmiş fotometrik veriler ile LAMOST taramasından alınan tayfsal veriler bir arada incelenerek NGC 6866 açık kümesinin yapısal ve astrofiziksel parametreleri, güncel bir yıldız evrim modeli (PARSEC, Bressan ve diğ. 2012) kullanılarak duyarlı bir şekilde tayin edilmiştir. Kümenin tayfsal ve fotometrik verilerden elde edilen metal bolluğu değerlerinin birbiriyle uyumlu olduğu bu çalışmada gösterilmiştir. Yaş tayininde kümenin renk artışı,

uzaklık modülü ve metal bolluğu değerleri birbirinden bağımsız yöntemler ile tayin edildiğinde kümenin hesaplanan yaş değeri diğer parametreler ile dejenerasyonluğa uğramamaktadır. Bu çalışmada NGC 6866 için hesaplanan  $t = 813 \pm 50$  Myr ortalama yaşı gerçeğe en yakın değerlerden biridir.

NGC 6866 açık kümesi ayrıntılı şekilde Frolov ve diğ. (2010) tarafından astrometrik olarak incelenmiş olup, kümeye muhtemel üye yıldızların kullanılmasıyla küme yaşı 560 Myr hesaplanmıştır. Frolov ve diğ. (2010) sonuçları gerek bu çalışmada gerekse kümenin yaşını hesaplayan diğer araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu değildir. Yakın kızılötesi bölgedeki verileri kullanan Güneş ve diğ. (2012) kümenin metal bolluğunu  $[M/H] = 0$  dex varsayarak, renk artışı ve uzaklığı, sırasıyla,  $E(B - V) = 0.19$  kadir ve  $d = 1650$  pc hesaplanmıştır. Bu parametreleri Padova eş-yaş eğrileriyle karşılaştıran Güneş ve diğ. (2012) NGC 6866'nın yaşını 800 Myr bulmuştur. Ayrıca Güneş ve diğ. (2012)'nin tayin etmiş olduğu renk artışı ve uzaklık değerleri de literatürdeki en yüksek değerlerdir. Bunun nedeni, kızarma tayininde yıldızlararası kızarmaya az duyarlı olan kızılötesi renklerin kullanılmasıdır ki bu durum sonuçların güvenilirliğinin azalmasına yol açmış olabilir. Bu da parametrelerin dejenere olduğunu göstermektedir. Joshi ve diğ. (2012) esas olarak NGC 6866 doğrultusunda değişen yıldız aramayı amaçlayan bir çalışma yaptıklarından, kümeye dair astrofiziksel parametre tayinlerinin duyarlılığı azdır. Buna rağmen, verdikleri sonuçlar literatür ile genel olarak uyumludur. NGC 6866'nın en güncel ve hassas çalışması, Janes ve diğ. (2014) tarafından yapılmıştır. Küme merkezinin 3 yadkikalık bölgesinde kümeye üye olma olasılığı yüksek yıldızların analizlerinde küme doğrultusundaki kızarma değerini  $E(B - V) = 0.16 \pm 0.04$ , Güneş'ten olan uzaklığı  $d = 1250 \pm 150$  pc ve metal bolluğunu

da  $[Fe/H] = -0.04 \pm 0.13$  dex olarak hesaplamışlardır. Elde edilen bu verilerden kümenin yaşı  $t = 705 \pm 170$  Myr olarak tayin edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen yaş değerleri [Güneş ve diğ. \(2012\)](#) ile, uzaklık ve metal bolluğu değerleri de [Janes ve diğ. \(2014\)](#) ile oldukça iyi bir uyum içindedir.

### Teşekkür

Bu araştırma 113F201 ve 113F270 numaralı TÜBİTAK projeler ile desteklenmiştir. Gözlemler TUG T100 teleskobunda 12BT100-324 numaraları gözlem projesiyle gerçekleştirilmiştir.

### Kaynaklar

- Balaguer-Núñez, L., Tian, K. P., Zhao, J. L., 1998, A&AS, 133, 387  
 Bertin, E., Arnouts, S., 1996, A&AS, 117, 393  
 Bostancı, Z. F., Ak, T., ve diğ., 2015, MNRAS, (DOI: 10.1093/mnras/stv1665)  
 Bressan A., Marigo P., Girardi L., Salasnich B., ve diğ., 2012, MNRAS, 427, 127  
 Cardelli, J. A., Clayton, G. C., Mathis, J. S., 1989, ApJ, 345, 245  
 Frinchaboy P. M., Majewski S. R., 2008, AJ, 136, 118  
 Frolov, V. N., Ananjevskaja, Yu. K., Gorshanov, D. L., Polyakov, E. V., 2010, AstL, 36, 338  
 Güneş, O., Karataş, Y., Bonatto, C., 2012, NewA, 17, 720  
 Hiltner W. A., Johnson H. L., 1956, ApJ, 124, 367  
 Hoag, A. A., Johnson, H. L., Iriarte, B., ve diğ., 1961, Publ. Us. Nav. Obs. XVII part VII, 347  
 Janes, K., Barnes, S. A., Meibom, S., Hoq, S., 2013, AJ, 145, 7  
 Janes, K., Barnes, S. A., Meibom, S., Hoq, S., 2014, AJ, 147, 139  
 Joshi, Y. C., Joshi, S., Kumar, B., Mondal, S., Balona, L. A., 2012, MNRAS, 419, 2379  
 Karaali, S., Bilir, S., Ak, S., Yaz, E., Coşkunoglu, B., 2011, PASA, 28, 95  
 King, I., 1962, AJ, 67, 471  
 Landolt, A. U., 2009, AJ, 137, 4186  
 Luo, A. L., ve diğ., 2012, RAA, 12, 9, 1243  
 Sung, H., Lim, B., Bessell, M. S., Kim, J. S., Hur, H., Chun, M., Park, B., 2013, JKAS, 46, 103  
 Yontan, T., Bilir, S., ve diğ., 2015, Ap&SS, 355, 267  
 Zacharias, N., Finch, C. T., ve diğ., 2013, AJ, 145, 44

### Erişim:

O42-1145: [UAK-2015 Program](#) --- [UAK Bildiri](#) --- [Turkish J.A&A.](#)