












Sekiz Açık Kümenin Fotometrik ve Gaia Astrometrik Çalışması – ASCC 115, COLLINDER 421, NGC 6793, NGC 7031, NGC 7039, NGC 7086, ROSLUND 1 ve STOCK 21

Talar YONTAN¹ , Selçuk BİLİR² , Zahide Funda BOSTANCI GÜVER² ,
Tansel AK² , Serap AK² , Tolga GÜVER^{2,3} , Ernst PAUNZEN⁴ , Hakan ÜRGÜP¹ ,
Mürvet ÇELEBİ¹ , Büşra Ayşe AKTİ¹ , Sevinç GÖKMEN⁵ 

¹İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

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

³İstanbul Üniversitesi Gözlemevi Araştırma ve Uygulama Merkezi, İstanbul, Türkiye

⁴Masaryk University, Department of Theoretical Physics and Astrophysics, Brno, Czech Republic

⁵Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya, Türkiye

ORCID: T.Y. 0000-0002-5657-6194; S.B. 0000-0003-3510-1509; Z.F.B.G. 0000-0002-5665-3452; T.A. 0000-0002-0688-1983;
S.A. 0000-0002-0912-6019; T.G. 0000-0002-3531-9842; E.P. 0000-0002-3304-5200; H.Ü. 0000-0001-8965-1739;
M.Ç. 0000-0001-6016-0143; B.A.A. 0000-0001-9055-6499; S.G. 0000-0002-0108-4782

ÖZ

Bu çalışmada, sekiz açık kümenin CCD *UBV* fotometrik analizleri yapılarak, kümelerin renk artıkları, metal bolluğu, uzaklık ve yaşları elde edilmiştir. Kümeye üye yıldızları zemin yıldızlarından ayırmak ve kümelerin duyarlı astrofizik parametrelerini tayin etmek için *Gaia* DR2'den alınan öz hareket bileşenleri ve trigonometrik paralaks verileri kullanılmıştır. Yıldızların kümeye üyelik olasılıklarının hesaplanmasında, yıldızların fotometrik ve astrometrik verileri dikkate alınarak UPMASK kodu kullanılmıştır. Roslund 1 ve Stock 21 dışındaki kümelerin yıldız yoğunluk dağılımlarından kümelerin yapısal parametreleri hesaplanmıştır. Bağımsız fotometrik yöntemler ile hesaplanan renk artığı ve metal bollukları sabit tutularak, kümelerin uzaklık modülleri ve yaşları PARSEC eş-yaş eğrilerinin renk-parlaklık diyagramlarına fit edilmesiyle eş zamanlı olarak elde edilmiştir. *Gaia* DR2 verileri kullanılarak, her bir kümenin ortalama öz hareket bileşenleri ve uzaklıkları hesaplanmıştır. Kümelerin eş-yaş eğrilerinden ve *Gaia* DR2'den elde edilen uzaklıkları birbiriyle uyumludur.

Submitted/Başvuru: 27.09.2019 Accepted/Kabul: 31.01.2020

Corresponding author/Sorumlu yazar: Talar Yontan, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye. E-mail: talar.yontan@istanbul.edu.tr

Citation/Atıf: Yontan ve diğ. 2021, in: Sekiz Açık Kümenin Fotometrik ve Gaia Astrometrik Çalışması – ASCC 115, COLLINDER 421, NGC 6793, NGC 7031, NGC 7039, NGC 7086, ROSLUND 1 ve STOCK 21, eds. S. Ak & S. Bilir, *Galactic Astronomy Workshop Proceedings Book*, 197. <https://doi.org/10.26650/PB/PS01.2021.001.025>

1. Giriş

Galaksimizde bulunan açık kümeler onlarca veya binlerce yıldızın birbirine zayıf çekimsel kuvvetlerle bağlı bulunduğu yıldız gruplarıdır. Bu yapılar aynı molekül bulutunun çökmesiyle oluştuklarından, kümeyi oluşturan yıldızların Güneş'e olan uzaklıkları, kimyasal yapıları ve yaşları aynı olmakla birlikte bu yıldızlar farklı kütlelerde anakola ulaşırlar. Bu durum yıldızların içyapısı, yıldız oluşumu ve evrimini çalışan astrofizikçiler için açık kümeleri eşsiz kılar. Bununla birlikte, bir grup yıldızın bir arada incelenmesi astronominin temel problemlerinden biri olan uzaklığın duyarlı bir şekilde tayin edilmesine olanak verir. Açık kümeler Galaksi diski boyunca yer alırlar ve birçok açık kümenin yaş, metal bolluğu ve uzaklık gibi temel astrofizik parametrelerinin bir arada incelenmesi, Galaksi diskinin oluşumu evrimi ve yapısıyla ilgili önemli bilgiler elde edilmesini sağlar.

2. Veriler

Çalışmada analiz edilen sekiz açık kümenin CCD *UBV* gözlemleri 19.07.2012 ile 17.08.2015 tarihleri arasında TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki T100 teleskobuyla yapılmıştır. Gözlemler sırasında, küme alanlarındaki sönük ve parlak nesnelere tespit edilebilmesi için *U*, *B* ve *V* filtrelerinde farklı poz süreleri kullanılmıştır. Görüntülerin CCD ve astrometrik kalibrasyonlarının yapılmasında, IRAF¹, Pyraf² ve astrometry.net³ programları kullanılmıştır. Her gözlem gecesi için atmosferik sönümleme ve fotometrik dönüşüm katsayıları standart yıldız alanlarının (Landolt, 2009) *UBV* gözlemlerinin sayısallaştırılması sonucunda elde edilmiştir. Küme alanlarındaki nesnelere parlaklıklarının tayininde SExTractor, PSFex (Bertin ve Arnout, 1996) ve IDL programları bir arada kullanılmıştır. Nesnelere görünen *V* parlaklık, *U-B* ve *B-V* renk indekslerinin hesabında standart yıldızlardan elde edilen katsayılar kullanılmış, böylece sekiz açık kümenin astrometrik ve fotometrik katalogları oluşturulmuştur. Kataloglardaki her bir nesnenin ekvatorial koordinatları dikkate alınarak *Gaia* DR2'de (Gaia işbirliği, 2018) verilen öz hareket ve trigonometrik paralakslarıyla eşleştirilmiş ve küme doğrultularındaki nesnelere astrometrik verileri de kataloglara eklenmiştir. Küme doğrultularında tespit edilen kaynakların parlaklıklarının $8 < V < 22$ kadir arasında olduğu, kümelerin tamlık sınırlarına göre bakıldığında fotometrik hataların *V* parlaklık, *U-B* ve *B-V* renkleri için 0.01'in altında değerler aldığı görülmüştür. Bu da analizlerde kullanılan fotometrik verilerin duyarlılığını göstermektedir.

3. Analizler

Kümelerin yapısal parametrelerinin tayininde küme merkezinden itibaren yıldızların radyal yoğunluk profilleri hesaplanmış ve King'in (1962) modeliyle fit edilmiştir. Roslund 1 ve Stock 21 kümeleri diğerlerine göre daha az merkezi yoğunlaşma göstermekle birlikte, yıldız yoğunlukları alan yıldız yoğunluklarıyla yaklaşık aynı çıktığından King modeliyle fit edilememiştir.

Küme üye yıldızların belirlenmesinde UPMASK (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018) programı kullanılmıştır. Program, küme doğrultusundaki yıldızların küme merkezine uzaklıklarını, astrometrik ve fotometrik verilerini dikkate alarak Gauss benzeri bir dağılım algoritmasıyla

¹ Image Reduction and Analysis Facility (Görüntü indirgeme ve analiz programı)

² IRAF paketlerinin Python programlama dilinde çalıştırılması için gerekli komut dili

³ <http://astrometry.net>

küme üyelik olasılıklarının hesaplanmasına olanak vermektedir. Bu çalışmada kümelerin astrofizik parametrelerinin belirlenmesinde küme üyelik olasılığı $P \geq \%50$ olan yıldızlar küme üyesi olarak analizlerde kullanılmıştır.

Küme doğrultularındaki renk artıklarının hesaplanmasında küme üye ($P \geq \%50$) anakol yıldızlarının $U-B \times B-V$ iki-renk diyagramları oluşturulmuştur. Sung ve diğ.'ne (2013) ait gözlemsel sıfır yaş anakolu (ZAMS) bu diyagramlar üzerinde kızarma doğrusu boyunca Garcia ve diğ.'nin (1988) bağıntısına göre kaydırılmış ve gözlemsel veriyle en iyi uyumu sağlayan değerler kümelerin renk artığı olarak belirlenmiştir.

Kümelerin ortalama metal bolluğu tayininde, $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramları kullanılmıştır. Küme yüksek olasılıklı üyelerin $U-B$ ve $B-V$ renkleri kümeler için hesaplanan renk artığı değerleri dikkate alınarak kızarmadan arındırılmış ve renk indeksi $0.3 \leq (B-V)_0 \leq 0.6$ (Cox, 2000) arasında olan F-G tayf türünden anakol yıldızları belirlenerek söz konusu diyagramlara Hyades anakoluyla birlikte işaretlenmiştir. Seçilen her bir yıldızın Hyades'e göre mor-ötesi artığı (UV) hesaplanarak ortalama UV değerleri tayin edilmiş ve Karaali ve diğ.'nin (2011) bağıntısından itibaren her küme için ortalama fotometrik metal bolluğu tayin edilmiştir. Bu değerler Bovy'nin⁴ PARSEC eş-yaş eğrileri için oluşturduğu bağıntılar kullanılarak ağır element bolluğuna (Z) dönüştürülmüştür.

Kümelerin uzaklık modülü ve yaşları PARSEC eş-yaş eğrilerinin renk-parlaklık diyagramları üzerinde küme yüksek olasılıklı yıldızlara ağırlık verilerek kaydırılması sonucunda tayin edilmiştir. PARSEC eş-yaş eğrileri kümeler için hesaplanan ağır element bolluğu dikkate alınarak seçilmiş ve kaydırma işlemi yine kümeler için tayin edilen renk artığı değerlerine göre yapılmıştır. Sekiz küme için hesaplanan astrofizik parametreler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sekiz açık kümenin astrofizik parametresi. Tabloda küme isimleri, Galaktik koordinatlar (l , b), renk artıkları ($E(B-V)$), uzaklık modülleri (μ_r), uzaklıklar (d), metal bollukları ($[Fe/H]$), yaşlar (t), *Gaia* ortalama uzaklıkları (d_{Gaia}) ve öz hareket bileşenleri ($\langle \mu_\alpha \cos \delta \rangle$, $\langle \mu_\delta \rangle$) verilmiştir.

Küme	ASCC 115	Collinder 421	NGC 6793	NGC 7031	NGC 7039	NGC 7086	Roslund 1	Stock 21
l (°)	97.45	79.45	56.17	91.33	87.88	94.41	54.6	120.05
b (°)	-2.54	2.53	3.30	2.31	-1.70	0.22	-3.40	-4.83
$E(B-V)$ (kadir)	0.17±0.06	0.75±0.05	0.33±0.04	0.93±0.08	0.16±0.05	0.75±0.07	0.19±0.03	0.41±0.04
μ_v (kadir)	9.85±0.20	12.80±0.17	9.95±0.14	13.30±0.25	9.85±0.18	13.37±0.23	10.20±0.12	12.70±0.14
d (pc)	732±69	1245±103	610±40	1212±146	743±64	1618±182	836±48	1931±127
[Fe/H] (dex)	0.00	-0.03±0.10	-0.09±0.10	-0.15±0.13	0.02±0.07	-0.10±0.20	-0.12±0.09	-0.01±0.08
t (Myıl)	225±25	125±25	500±50	65±5	100±25	150±25	700±50	450±25
d_{Gaia} (pc)	755±14	1220±99	607±37	1404±81	767±41	1684±140	883±54	1934±159
$\langle \mu_\alpha \cos \delta \rangle$ (mas/yıl)	-0.524±0.062	-3.662±0.076	3.818±0.055	-1.286±0.081	-0.262±0.100	-1.642±0.086	-0.895±0.043	-2.154±0.063
$\langle \mu_\delta \rangle$ (mas/yıl)	-0.568±0.050	-8.309±0.082	3.611±0.071	-4.177±0.076	-2.509±0.097	-1.644±0.076	-5.766±0.044	-1.752±0.059

4 <https://github.com/jobovy/isodist/blob/master/isodist/Isochrone.py>

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, literatürde az/hiç çalışılmış sekiz açık kümenin CCD *UBV* fotometrik verileriyle *Gaia* DR2 astrometrik verileri bir arada incelenerek temel astrofizik parametreleri tayin edilmiştir. Küme doğrultusundaki yüksek renk artığı, kümeye üye yıldızların iyi belirlenememesi, parametrelerin eş zamanlı tayini gibi sebepler kümelerin hesaplanan astrofizik parametrelerinin duyarlılığını etkilemek ile birlikte parametre dejenerasyonluğuna da sebep olabilmektedir. Bu çalışmada kümelerin renk artığı ve ortalama fotometrik metal bollukları bağımsız yöntemler ile hesaplanmış, bu iki parametre sabit kabul edilerek kümelerin uzaklık modülü ve yaşları eş zamanlı tayin edilmiş, böylece parametreler arasındaki dejenerasyonluğun kırılması hedeflenmiştir.

Kümelere yüksek olasılıklı üye yıldızların *Gaia* DR2’de verilen ortalama öz hareket bileşenleri ve trigonometrik paralaksarı kullanılarak sekiz kümenin ortalama öz hareket ve uzaklıkları (d_{Gaia}) da ayrıca hesaplanmıştır (Tablo 1). Çalışmada iki farklı yöntem ile elde edilen uzaklıklar [Cantat-Gaudin ve diğ’nin \(2018\)](#) kümeler için vermiş olduğu ortalama uzaklıklar ile karşılaştırılmış ve sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür. Karşılaştırmaların uyumlu olması, kümelerin uzaklıklarının, dolayısıyla yaşlarının da doğru tayin edildiğini, parametreler arasında dejenerasyonluğun bulunmadığını ve *Gaia* DR2 astrometrik verilerinin kümeler için hassas sonuçlar ürettiğini göstermiştir.

Teşekkür: Bu çalışma TÜBİTAK 113F270 numaralı *Galaktik Diskin Evriminin Açık Kümelerle İncelenmesi* isimli projeye desteklenmiştir. Çalışmada analiz edilen kümeler İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından FDK-2016-22543, FBG-2017-23943 ve BYP 48482 numaralı projelerle desteklenmiş olup doktora tez çalışmasında da kullanılmıştır. Çalışmada analiz edilen kümeler TUG T100 teleskobunda 15AT100-738 numaralı *Seçilmiş Açık Kümelerin CCD UB V Gözlemleri* isimli gözlem projesiyle desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Bertin, E., Arnouts, S., 1996, A&AS, 117, 393
Cantat-Gaudin, T., Jordi, C., Vallenari, A. ve diğ., 2018, A&A, 618, A93
Cox, A. N., 2000, Allen’s astrophysical quantities, New York: AIP Press; Springer, ISBN: 0387987460
Gaia işbirliği, Brown, A.G.A., Vallenari, A., Prusti, T. ve diğ., 2018, A&A, 616A, 1
Garcia, B., Claria, J.J., Levato, H., 1988, Ap&SS, 143, 317
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
Sung, H., Lim, B., Bessel, M.S., Kim, J.S., Hur, H., Chun, M., Park, B., 2013, JKAS, 46, 103