

# NGC 6811 AÇIK KÜMESİNİN FOTOMETRİK ÇALIŞMASI

**Talar YONTAN**  
19. Ulusal Astronomi Kongresi  
ODTÜ-Ankara 2-6 Şubat 2015



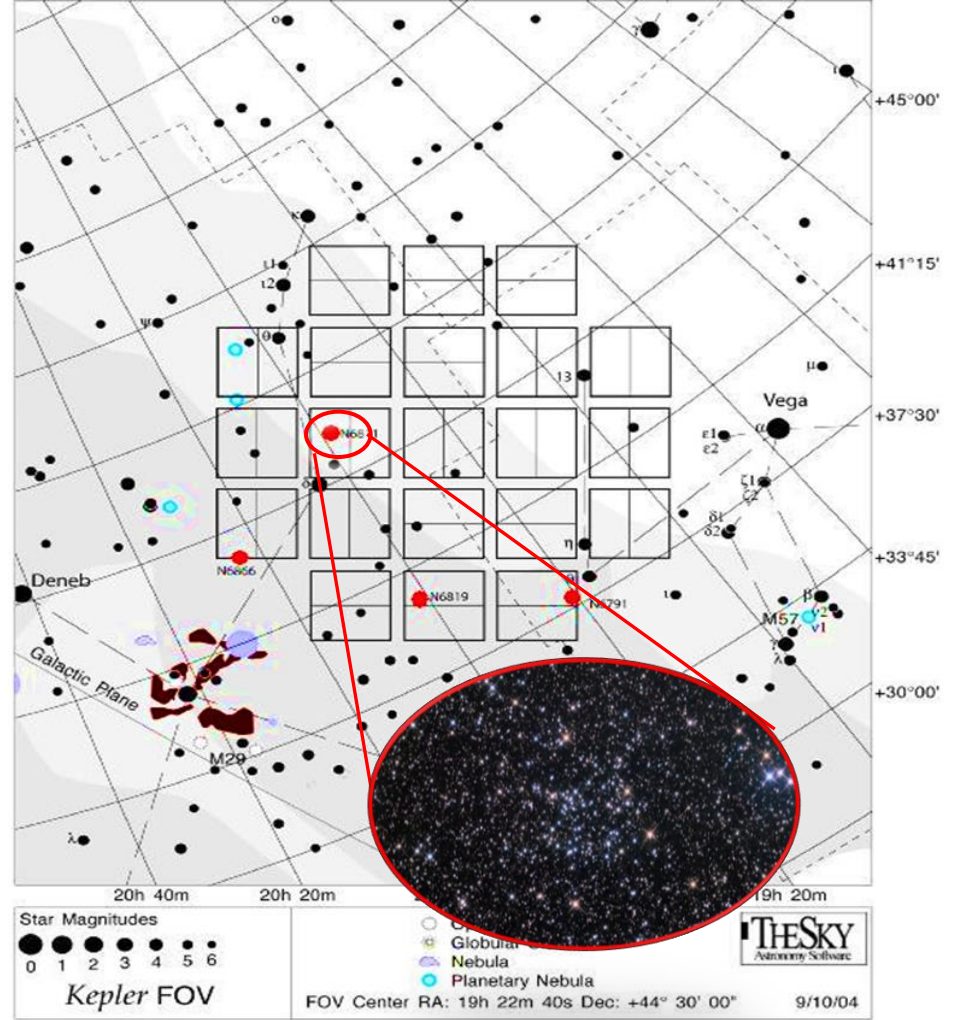
# AMAÇ

- Fotometrik gözlemleri ülkemizden yapılan bir açık kümenin, “**güncel**” ve “**geleneksel**” yöntemler kullanılarak yapısal ve astrofiziksel parametrelerini hesaplamaktır.
- Bu amaç doğrultusunda TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi’ndeki T100 teleskobuyla NGC 6811 açık kümesinin CCD-**UBVRI** fotometrik gözlemleri yapılmıştır.

# NGC 6811

## Literatür bilgisi:

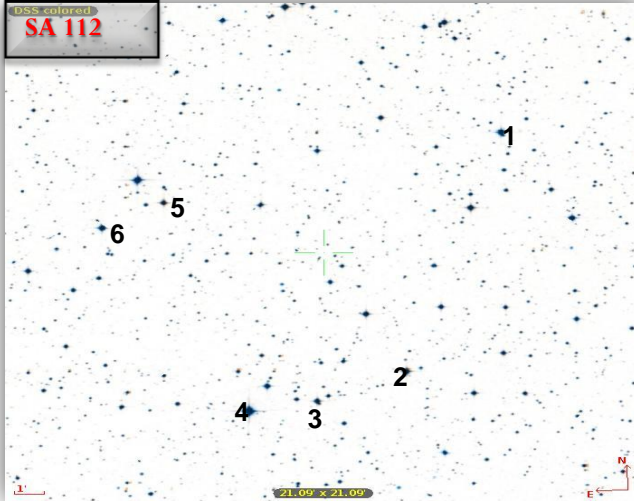
- $\alpha_{2000} = 19^{\text{h}} 37^{\text{m}} 17^{\text{s}}$
- $\delta_{2000} = +46^{\circ} 23' 18''$
- $l = 79^{\circ}.20$      $b = +12^{\circ}.03$
- $d = 1215$  pc
- $t = 6.3 \times 10^8$  yıl
- Kepler Açık Kümeleri:  
NGC 6811, NGC 6866,  
NGC 6819 ve NGC 6791



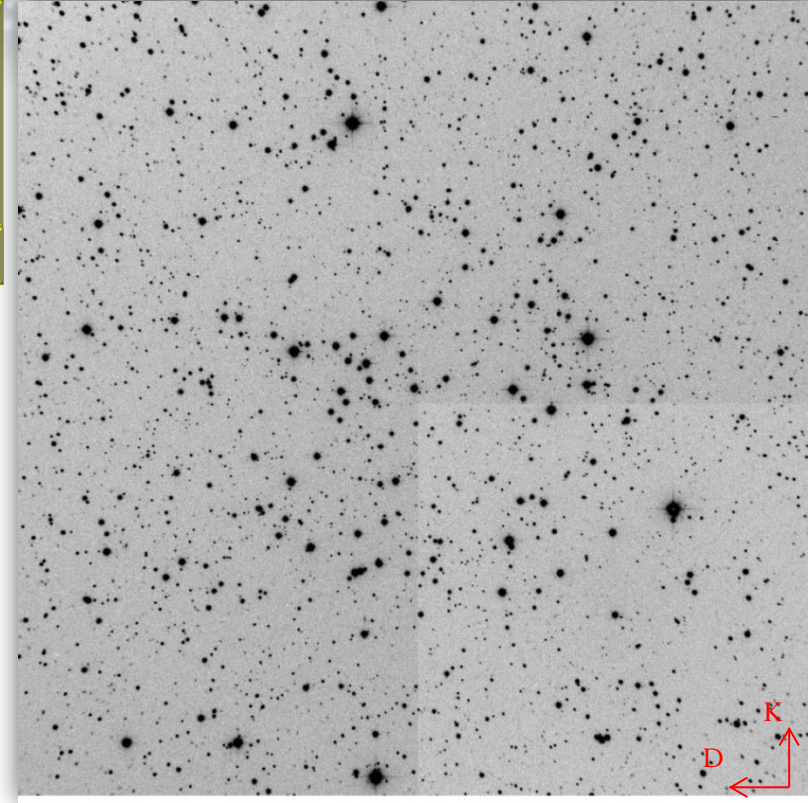


# Gözlemler

Filtre	<i>U</i>	<i>B</i>	<i>V</i>	<i>R</i>	<i>I</i>
Poz süresi (s) × poz sayısı	360 × 3 90 × 2 35 × 1 60 × 1	120 × 1 90 × 3 20 × 3	60 × 6 7 × 1 5 × 3	20 × 3 3 × 1 2 × 3	10 × 3 2 × 1 1 × 3
Toplam poz sayısı (38)	7	7	10	7	7



Küme gözlemleriyle beraber standart yıldız alanlarının gözlemleri de yapılmıştır: PG1530+057, SA 112, SA 110 SF2, SA 111, SA 113, SA 114.



Kümenin *R* bandında 20s poz verilerek alınan görüntüsü.



# Çalışmanın Algoritması





# İndirgemeler





# Görüntüden sayıya: Katalogun oluşturulması

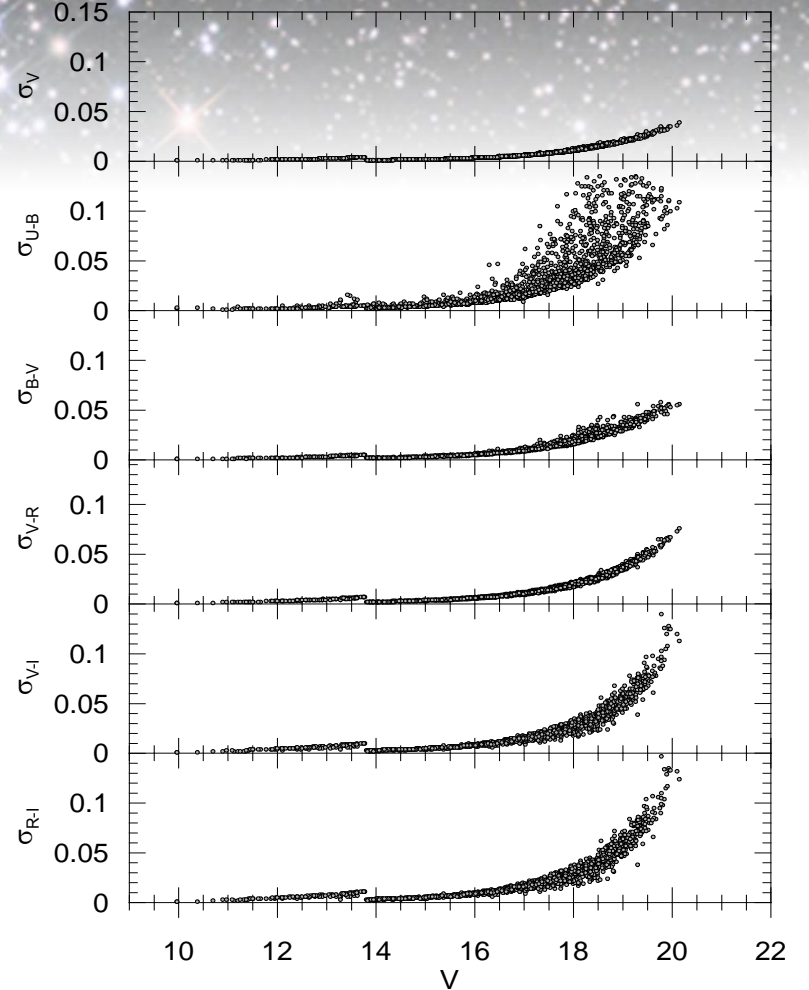
- İndirgemeler sonucunda 1591 nokta kaynağın ekvatorial koordinatları, fotometrik verileri ve hatalarını içeren bir liste oluşturulmuştur.
- Kaynakların ekvatorial koordinatları dikkate alınarak UCAC4 (Zacharias ve diğ., 2013) katalogundaki öz hareket verileriyle eşleştirilmiştir.



# Fotometrik Hatalar

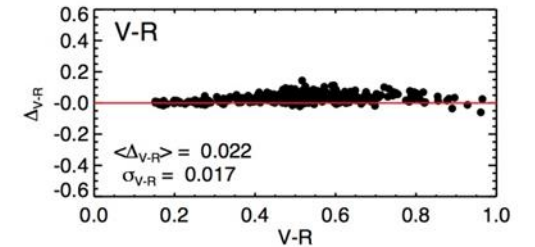
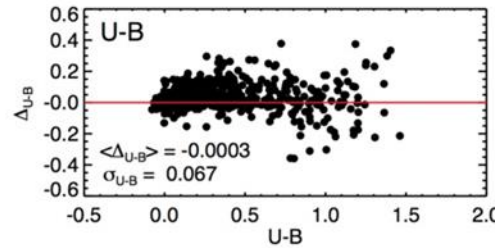
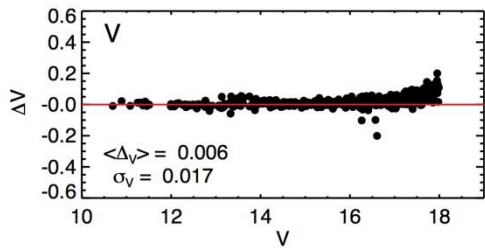
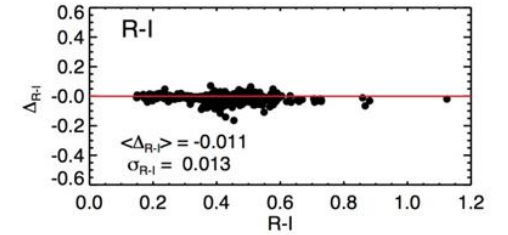
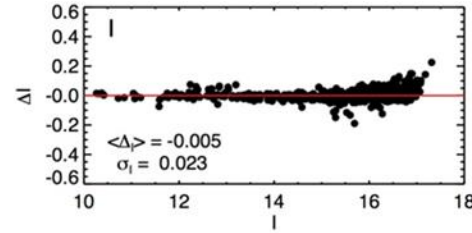
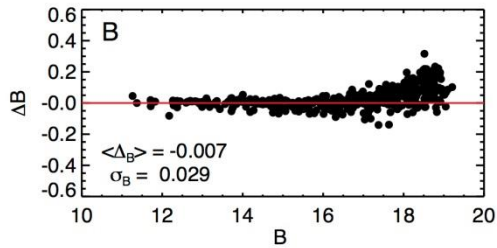
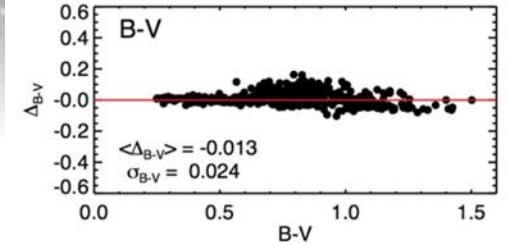
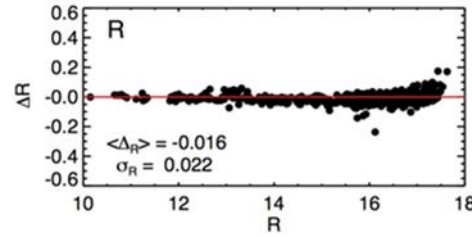
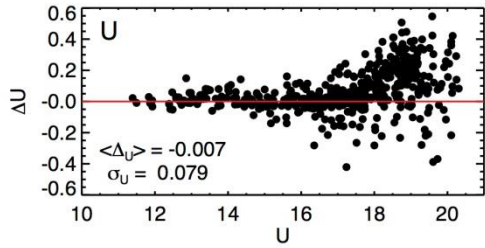
Parlaklık Aralığı	$N$	$\sigma_V$	$\sigma_{U-B}$	$\sigma_{B-V}$	$\sigma_{V-R}$	$\sigma_{V-I}$	$\sigma_{R-I}$
$10 < V \leq 12$	28	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003
$12 < V \leq 13$	45	0.002	0.003	0.003	0.004	0.006	0.006
$13 < V \leq 14$	67	0.003	0.005	0.004	0.005	0.006	0.007
$14 < V \leq 15$	85	0.002	0.004	0.002	0.003	0.004	0.004
$15 < V \leq 16$	161	0.003	0.008	0.004	0.005	0.004	0.007
$16 < V \leq 17$	289	0.005	0.015	0.008	0.008	0.011	0.012
$17 < V \leq 18$	394	0.009	0.034	0.014	0.015	0.020	0.022
$18 < V \leq 19$	378	0.015	0.069	0.026	0.027	0.037	0.040
$19 < V \leq 20$	142	0.025	0.095	0.040	0.046	0.070	0.076

NGC 6811 açık kümesi doğrultusunda belirlenen 1591 yıldızın parlaklık ve renk hatalarının  $V$  parlaklığına göre dağılımı.





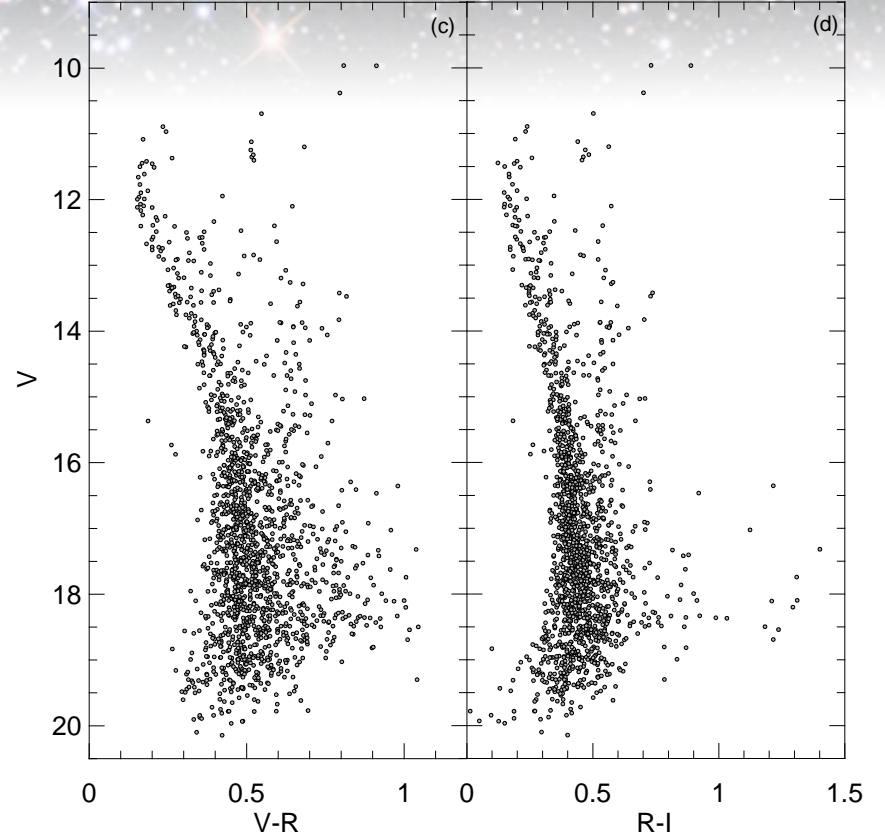
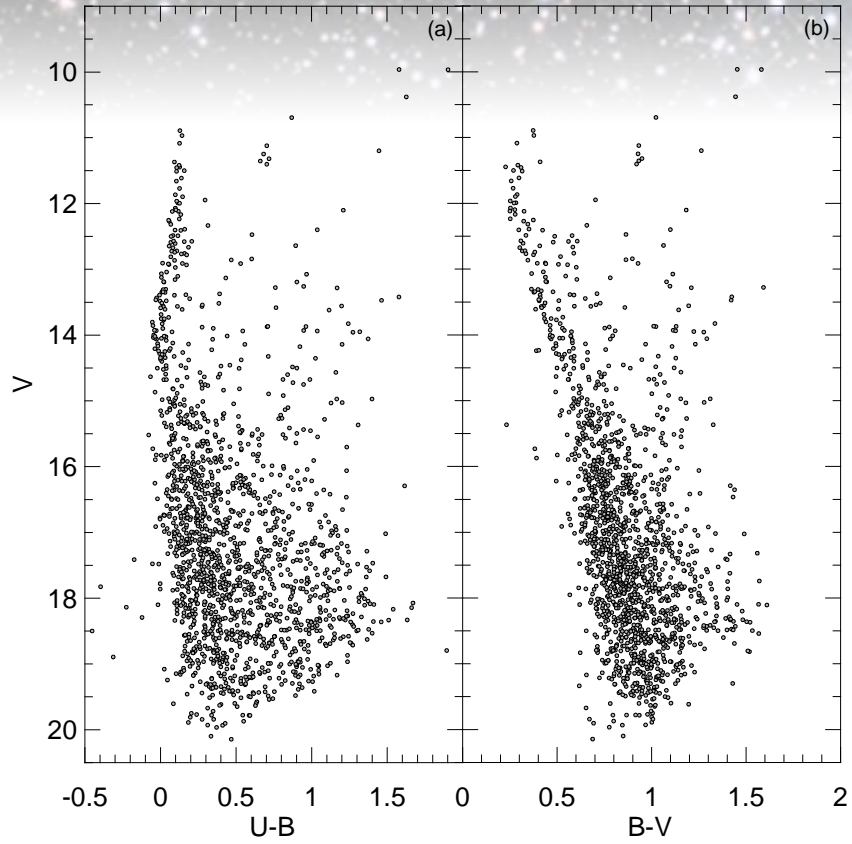
# İki fotometrik çalışmanın karşılaştırılması



Her iki çalışmada belirlenen 623 yıldızın parlaklık ve renk farkları.



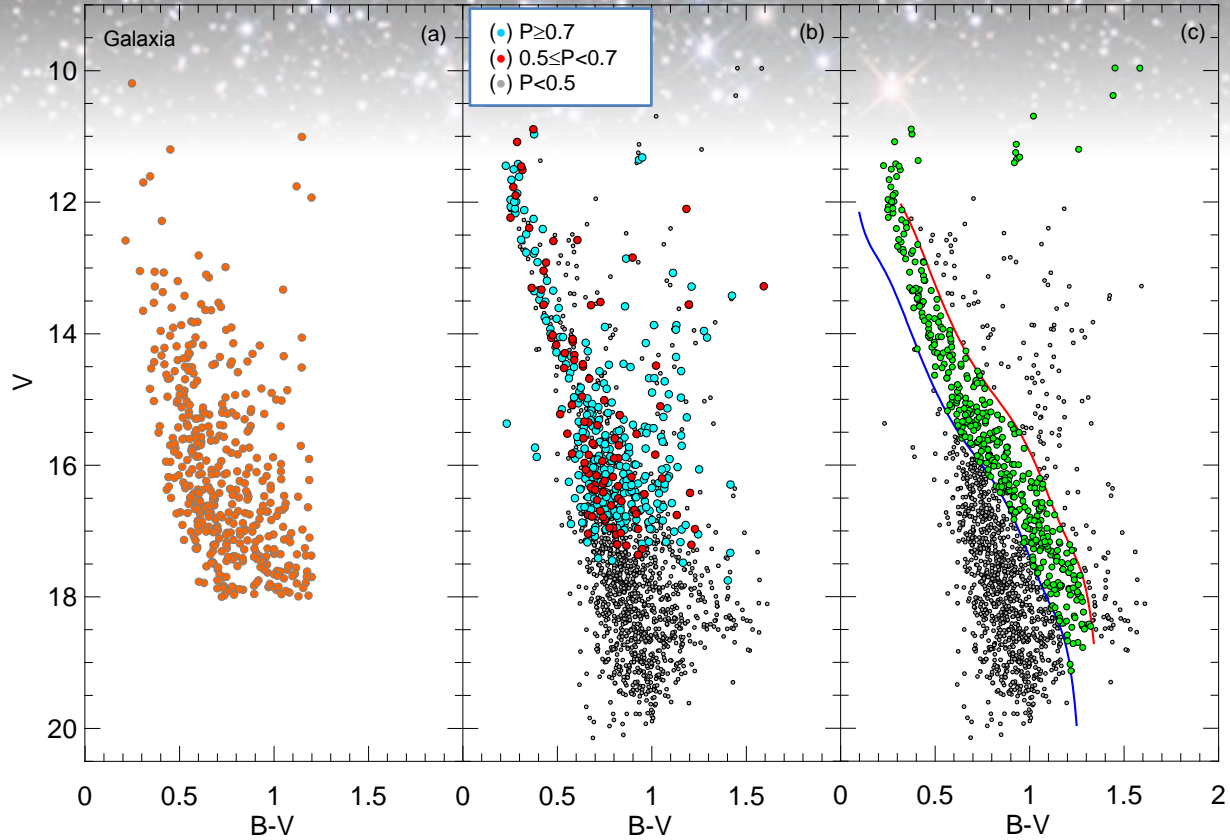
# Renk-parlaklık diyagramları



Kaynak Sayısı: 1591



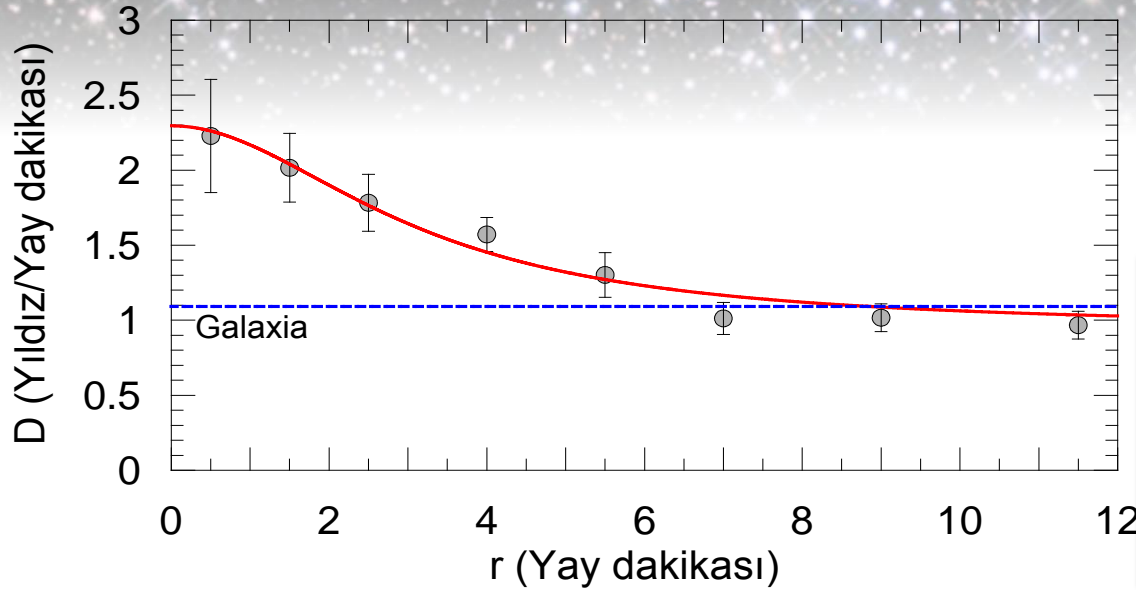
# $V \times B-V$ Renk-Parlaklık Diyagramları



NGC 6811 açık kümesinin  $V \times B-V$  renk-parlaklık diyagramları: (a) Galaxia modeli kullanılarak üretilen sentetik renk-parlaklık diyagramı, (b) astrometrik verilere dayalı olasılıklar ( $P$ ) dikkate alınarak seçilen ve (c) eş yaş eğrilerine göre seçilen küme yıldızları. Mavi düz çizgi, metal bolluğu  $[M/H] = -0.50$  dex olan Padova ZAMS'ını, kırmızı düz çizgi ise mavi çizginin çift yıldız etkisiyle kalınlaşan anakol üst sınırını göstermektedir.



# Kümenin Yoğunluk Profili



King modeli (1966)

$$\rho(r) = f_{bg} + \frac{f_0}{1 + (r/r_c)^2}$$

$$f_0 = 1.35 \pm 0.03 \text{ yıldız/yay dakika}^2$$

$$f_{bg} = 0.94 \pm 0.01 \text{ yıldız/yay dakika}^2$$

$$r_c = 3.12 \pm 0.09$$

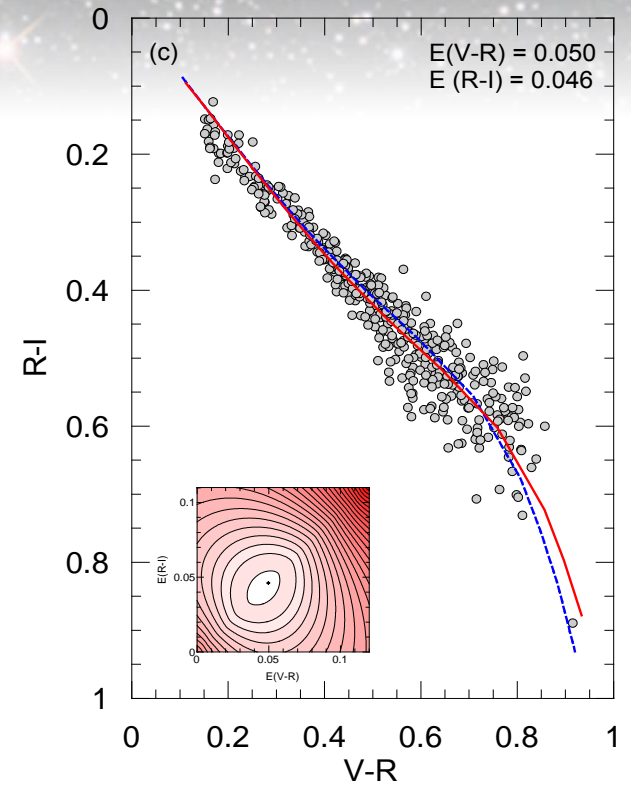
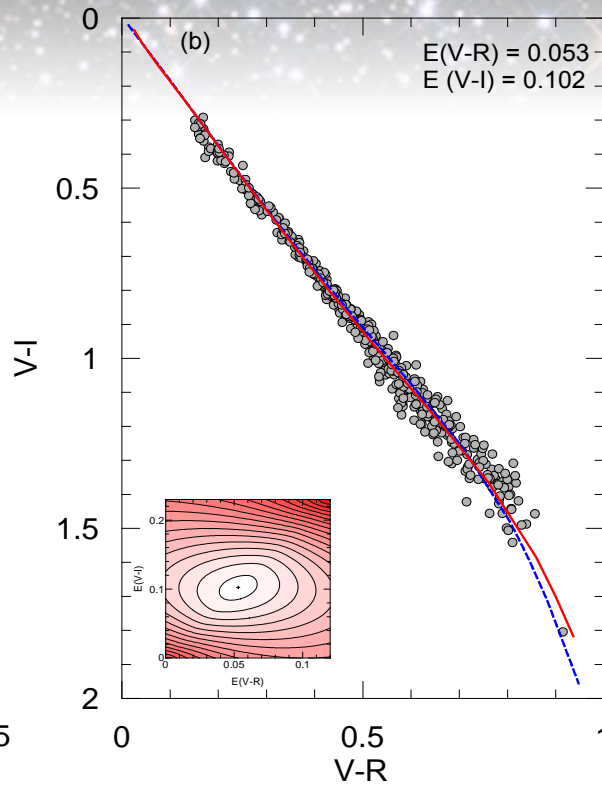
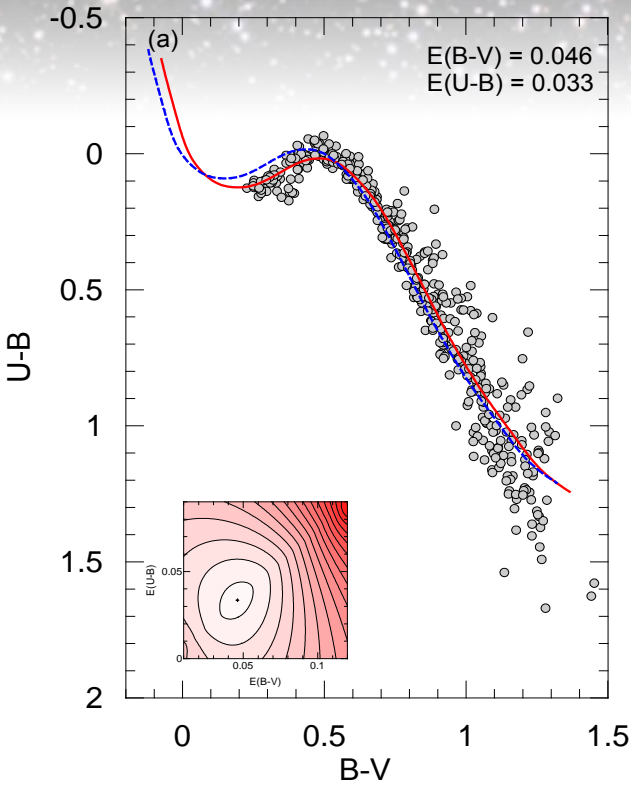
Galaxia Modeli

$$f_{bg} = 1.09 \text{ yıldız/yay dakika}^2$$

NGC 6811 açık kümesinin radyal yüzey dağılımı. Noktalar gözlemsel verileri, düz kırmızı çizgi King profilini, kesikli mavi çizgi ise zemin yıldızlarının Galaxia modeliyle hesaplanan sayısını göstermektedir.



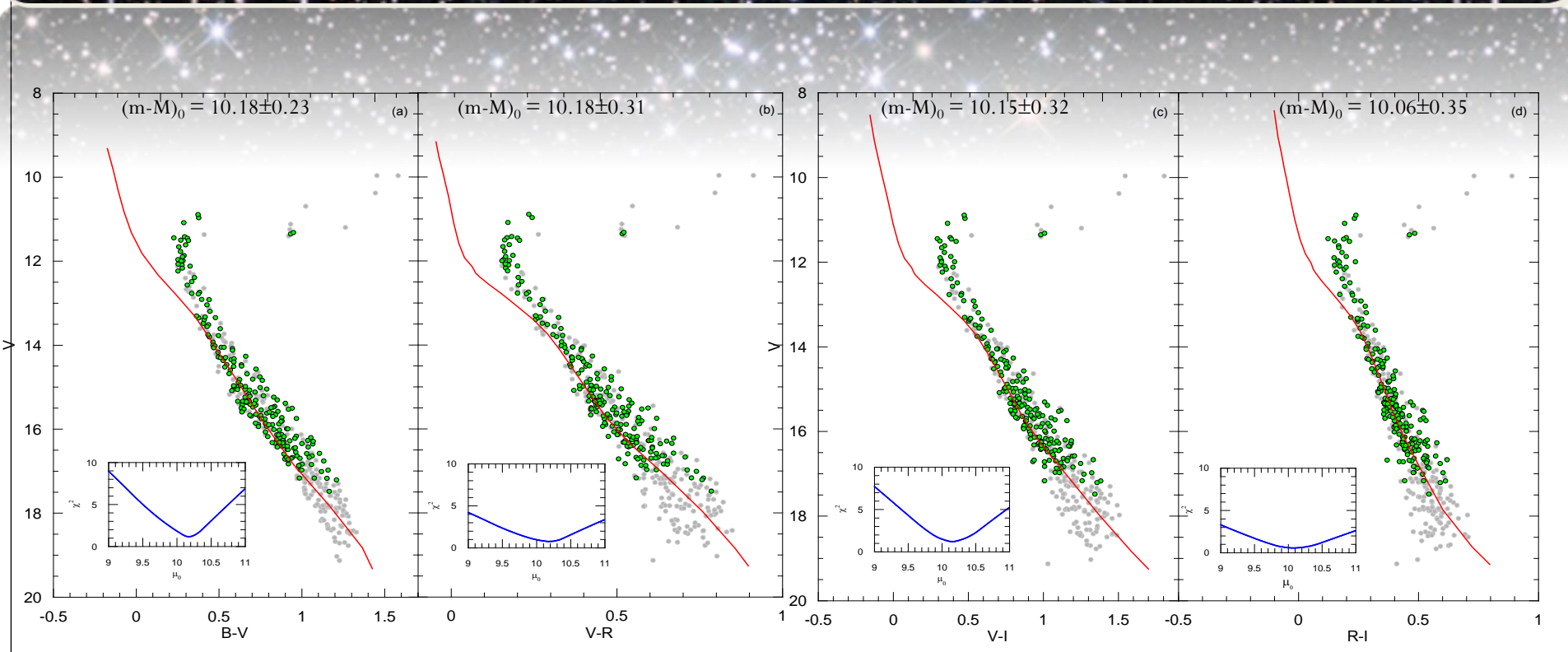
# İki Renk Diyagramları: Kızarma Tayini



Panel (a)'da Sung ve diğ.'ne (2013) ait eğriler kullanılırken, panel (b) ve (c)'de Marigo ve diğ.'ne (2008) ait Güneş bolluğundaki sıfır yaş Padova eğrileri kullanılmıştır.



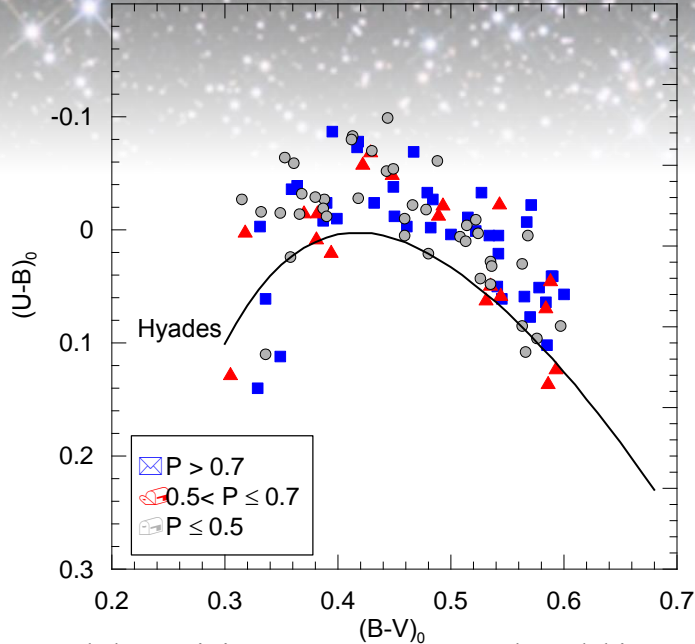
# Renk Parlaklık Diyagramları: Uzaklık Modülleri



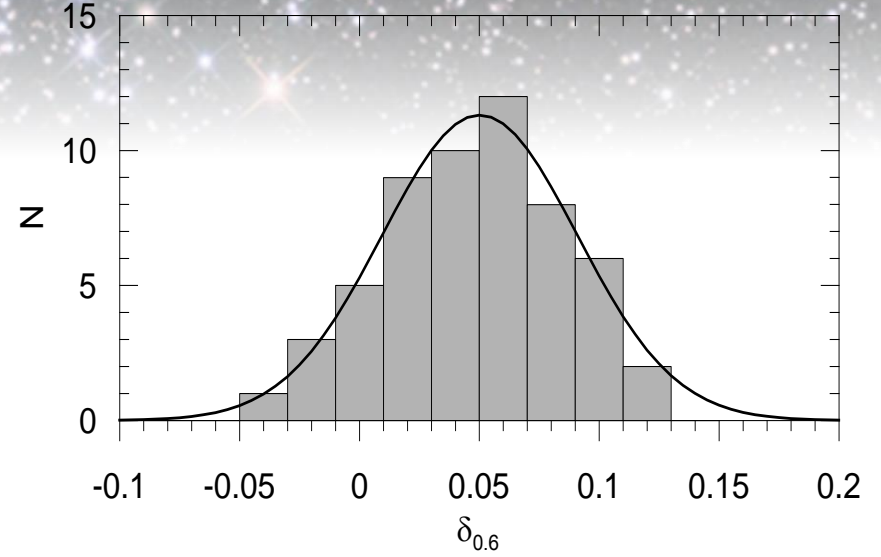
Yeşil daireler kümeye üyelik olasılığı  $P > 0.50$  olan yıldızları göstermektedir.. Panel (a)'daki kırmızı çizgi Sung ve diğ.'ne (2013), panel (b-d)'deki kırmızı çizgi ise Marigo ve diğ.'nin (2008) Güneş bolluğundaki ZAMS eğrilerini göstermektedir.



# Kümenin Metal Bolluğu Tayini: Mor-ötesi Artık Yöntemi



NGC 6811 açık kümesinin F0-G1 tayf türü aralığındaki 99 anacol yıldızının  $(U-B)_0 \times (B-V)_0$  iki renk diyagramındaki konumları.



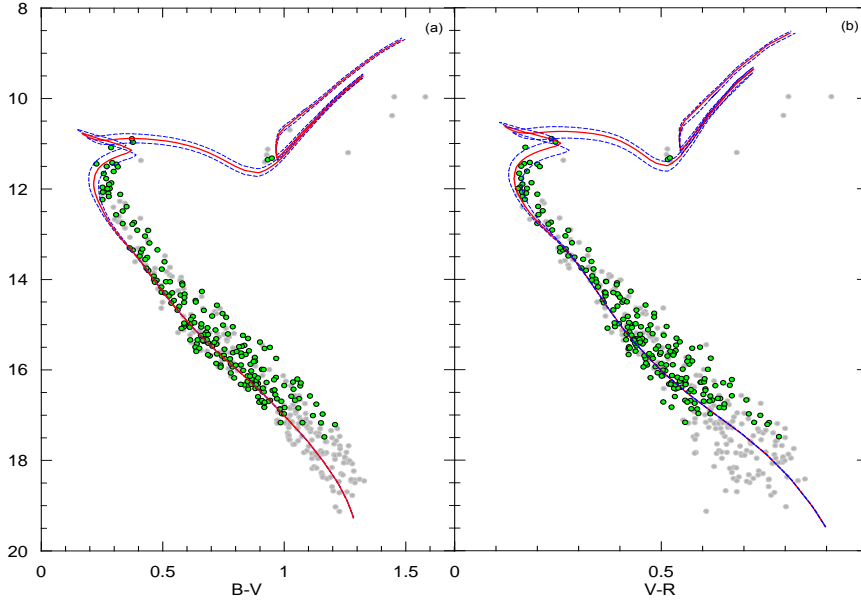
NGC 6811 açık kümesindeki 99 anacol yıldızının  $(B-V)_0 = 0.6$  rengine kalibre edilmiş mor ötesi artık değerlerinin frekans dağılımı.

$$\delta_{0.6} = 0.050 \pm 0.002 \quad \rightarrow \quad \left[ \frac{M}{H} \right] = -14.310\delta_{0.6}^2 - 3.557\delta_{0.6} + 0.105 \quad \rightarrow \quad [M/H] = -0.109 \pm 0.010 \text{ dex}$$

Karaali ve diğ. (2011)



# PADOVA yaş eğrileri



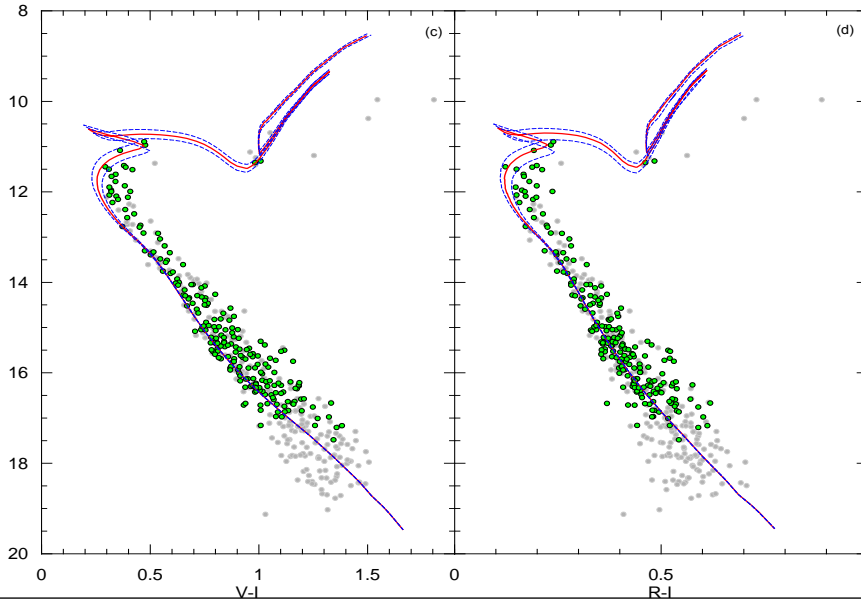
Eş yaş eğrileri: PADOVA 1 Myr-3 Gyr

Parametreler aralıklarının seçimi

$0 \leq \text{Renk artıkları} \leq 0.2$  adım:0.01

$9 \leq \mu \leq 11$  adım:0.01

$-0.30 \leq [M/H] \leq +0.20$  adım:0.05



Yeşil daireler kümeye üyelik olasılığı  $P > 0.50$  olan yıldızları, kırmızı düz çizgi en uygun eş yaş eğrisini, mavi kesikli çizgiler ise yaştaki hata mertebesine göre eş yaş eğrisi aralığını göstermektedir.

# Kümenin Astrofiziksel Parametreleri: Eş Zamanlı Çözümler

Renk-Parlaklık Diyagramı	Renk Artığı (kadir)	$\mu$ (kadir)	[M/H] (dex)	Yaş (Gyr)
$V \times (B-V)$	$E(B-V) = 0.05 \pm 0.01$	$10.20 \pm 0.18$	$-0.10 \pm 0.01$	$1.00 \pm 0.020$
$V \times (V-R)$	$E(V-R) = 0.05 \pm 0.01$	$10.05 \pm 0.15$	$-0.10 \pm 0.01$	$1.00 \pm 0.025$
$V \times (V-I)$	$E(V-I) = 0.08 \pm 0.01$	$9.95 \pm 0.17$	$-0.10 \pm 0.01$	$1.00 \pm 0.020$
$V \times (R-I)$	$E(R-I) = 0.04 \pm 0.01$	$10.05 \pm 0.16$	$-0.10 \pm 0.01$	$1.00 \pm 0.025$
<b>Ortalama değerler</b>		<b><math>10.06 \pm 0.16</math></b>	<b><math>-0.10 \pm 0.01</math></b>	<b><math>1.00 \pm 0.025</math></b>

Padova eş yaş eğrileriyle küme yıldızlarının Bayesian istatistiğe göre karşılaştırılması sonucunda küme için elde edilen astrofiziksel parametreler.



# Tartışma ve Sonuç

Sıra	Yazarlar	E(B-V) (kadir)	d (pc)	[M/H] (dex)	Yaş (Myr)
1	Lindoff (1972)	0.16	1100	0.00	500
2	Barkhatova ve diğ. (1978)	0.14	1150±110	0.00	800
3	Glushkova ve diğ. (1999)	0.12±0.02	1040±45	0.00	700±100
4	Janes ve diğ. (2013)	0.074±0.024	1000±50	-0.19±0.18	1000±170
5	<b>Bu çalışma (Bayesian)</b>	<b>0.050±0.010</b>	<b>960±70</b>	<b>-0.10±0.01</b>	<b>1000±25</b>
6	<b>Bu çalışma (Bağımsız)</b>	<b>0.046±0.012</b>	<b>1090±100</b>	<b>-0.11±0.01</b>	<b>---</b>

NGC 6811 açık kümesinin bu tez çalışmasında ve literatürde verilen astrofiziksel parametreleri.



## CCD *UBVRI* photometry of NGC 6811

T. Yontan · S. Bilir · Z.F. Bostancı · T. Ak · S. Karaali ·  
T. Güver · S. Ak · Ş. Duran · E. Paunzen

Received: 1 September 2014 / Accepted: 11 October 2014  
© Springer Science+Business Media Dordrecht

**Abstract** We present the results of CCD *UBVRI* observations of the open cluster NGC 6811 obtained on 18th July 2012 with the 1 m telescope at the TÜBİTAK National Observatory (TUG). Using these photometric results, we determine the structural and astrophysical parameters of the cluster. The mean photometric uncertainties are better than 0.02 mag in the *V* magnitude and *B* − *V*, *V* − *R*, and *V* − *I* colour indices to about 0.03 mag for *U* − *B* among stars brighter than magnitude *V* = 18. Cluster member stars were separated from the field stars using the *Galaxia* model of Sharma et al. (2011) together with other techniques. The core radius of the cluster is found to be  $r_c = 3.60$  arcmin. The astrophysical parameters were determined simultaneously via Bayesian statistics using the colour-magnitude diagrams *V* versus *B* − *V*, *V* versus *V* − *I*, *V* versus *V* − *R*, and *V* versus *R* − *I* of the cluster. The resulting most likely parameters were further confirmed using independent methods, removing any possible degeneracies. The colour excess, distance modulus, metallicity and the age of the cluster are determined simultaneously as  $E(B - V) = 0.05 \pm 0.01$  mag,  $\mu = 10.06 \pm 0.08$  mag,  $[M/H] = -0.10 \pm 0.01$  dex and  $t = 1.00 \pm 0.05$  Gyr, respectively. Distances of five red

clump stars which were found to be members of the cluster further confirm our distance estimation.

**Keywords** Galaxy: open cluster and associations: individual: NGC 6811 · Stars: Hertzsprung Russell (HR) diagram

### 1 Introduction

Galactic clusters are distributed along the Galactic disc, with scaleheights consistent with thin disc population. This distribution makes them ideal tracers of the Galactic structure, allowing for a better understanding of the Galactic formation, chemical composition, stellar population and astrophysical processes in the Galaxy. Thus, the structure and astrophysical parameters of individual clusters such as age, metal abundance, distance and reddening has to be determined through observations of these systems. The most practical and therefore most often used observational techniques are based on utilising colour-magnitude and two-colour diagrams observed in the optical bands.

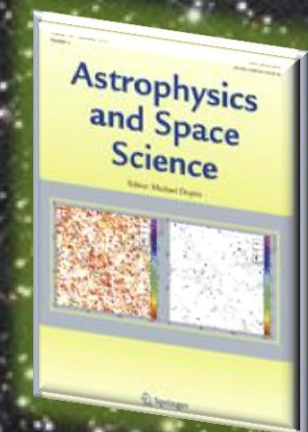
The intermediate-age open cluster NGC 6811 ( $l = 79^\circ.210$ ,  $b = +12^\circ.015$ ) is located in the Kepler field (Borucki et al. 2011). Historically, this cluster has seldomly been studied through only a limited number of photographic and photometric observations. First *UBV* photographic measurements of the cluster were performed by Lindoff (1972), finding that the age of the cluster is  $5 \times 10^8$  yr and located at a distance of 1100 pc using 377 stars within the line-of-sight of the cluster. Barkhatova et al. (1978) estimated the age and distance as  $8 \times 10^8$  yr and 1150 pc, respectively, with a larger sample of stars (2000 stars) brighter than  $V = 15.2$  magnitude. Sanders (1971) identified 97 members of the cluster by investigating the proper motions of 296 stars brighter



T. Yontan (✉) · Ş. Duran  
Graduate School of Science and Engineering,  
Department of Astronomy and Space Sciences,  
Istanbul University, 34116, Beyazıt, Istanbul, Turkey  
e-mail: talar.yontan@gmail.com

S. Bilir · Z.F. Bostancı · T. Ak · S. Karaali · T. Güver · S. Ak  
Faculty of Science, Department of Astronomy  
and Space Sciences, Istanbul University, 34119 University,  
Istanbul, Turkey

E. Paunzen  
Department of Theoretical Physics and Astrophysics,  
Masaryk University, Kollářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic





# Teşekkürler...

- Bu tez çalışması **TÜBİTAK 113F201** “NGC 6811 ve NGC 6866 Açık Kümelerinin Çok Renk Fotometrik Analizi” numaralı projeye desteklenmiştir.
- NGC 6811 açık kümesi **TUG T100** teleskobunda “**12BT100-324-** Seçilmiş Açık Kümelerin CCD UBVRI Gözlemleri” numaralı gözlem projesiyle desteklenmiştir.
- *İstanbul Üniversitesi Galaktik Yapı Grubundaki* çalışma arkadaşlarıma ve hocalarıma teşekkür ederim...