

## NGC 1513 Açık Kümesinin CCD BV ve 2MASS Fotometrik İncelenmesi

Selçuk Bilir<sup>1\*</sup>, Tolga Güver<sup>2</sup>, İrek Hamitoğlu<sup>3</sup>, Tansel Ak<sup>1,3</sup>, Serap Ak<sup>1</sup>, B.  
Coşkunoglu<sup>1</sup>, Ernst Paunzen<sup>4</sup> ve Esmâ Yaz<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Arizona Üniversitesi, Astronomi Bölümü, Tucson, Amerika Birleşik Devletleri  
<sup>3</sup> TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi, Antalya, Türkiye

<sup>4</sup> Viyana Üniversitesi, Astronomi Enstitüsü, Viyana, Avusturya

**Özet** Bu çalışmada NGC 1513 açık kümesinin TÜBİTAK Ulusal Gözlemeviden (TUG) alınan CCD BV optik verileriyle JHK<sub>S</sub> kızılötesi verilerinden elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Küme doğrultusunda  $V = 19$  limit görünen kadire kadar 609 yıldız gözlenmiştir. Yıldız sayım yöntemi kullanılarak kümenin merkezi koordinatlarının  $\alpha = 04^h 09^m 36^s$ ,  $\delta = 49^\circ 28' 43''$  (J2000), açısal çapının  $r = 10$  yay dakikası büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Optik ve yakın kızılötesi iki renk diyagramlarının analizinden küme doğrultusundaki renk artışı değerleri, sırasıyla,  $E(B-V) = 0^m.68 \pm 0.06$ ,  $E(J-H) = 0^m.21 \pm 0.02$ ,  $E(J-K_s) = 0^m.33 \pm 0.04$  olarak hesaplanmıştır. Küme renk-kadir diyagramlarının optik ve yakın kızılötesinde oluşturulan sıfır yaş anakollarıyla karşılaştırılma-sından ortalama uzaklık modülü  $(m-M)_o = 10.80 \pm 0.13$  olarak hesaplanmış ve kümenin uzaklığı  $1440 \pm 80$  pc bulunmuştur. Padova eş-yaş eğrileri kullanılarak kümenin metal bolluğu ve yaşı, sırasıyla,  $Z = 0.015 \pm 0.004$  ( $[M/H] = -0.10 \pm 0.10$  dex) ve  $\log(t/\text{yıl}) = 8.40 \pm 0.04$  bulunmuştur.

### 1 Giriş

Sistematik açık küme çalışmaları Galaktik yapı ve yıldız oluşumunun yanı sıra yıldız evriminin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Optik ve yakın kızılötesi fotometrik verileri açık kümelerin yaş, metal bolluğu ve uzaklık gibi temel parametrelerinin belirlenmesinde kullanılır. Bu amaç için gözlenen yıldızların renk-kadir diyagramları oluşturulur. Çalışmada, NGC 1513 açık kümesinin optik ve yakın kızılötesi verileri analiz edilerek kümenin temel parametreleri elde edilmiştir.

NGC 1513 genç açık kümesi düşük merkezi yoğunluklu, kısmen zengin Trümp-ler sınıfı II 1m olarak sınıflandırılmıştır. Küme doğrultusunda 55 yıllık fotoğraf plaklarını inceleyen Bronnikova (1958a) küme hakkındaki ilk astrometrik çalışma-yı gerçekleştirmiştir. Barhatova ve Drjakhlushina (1960), Bronnikova'nın (1958b) listesindeki 49 yıldızın fotoğrafik ve fotogörsel parlaklıkları yayınlanmıştır. Del Rio ve Huestamendia (1988), küme bölgesindeki

\* sbilir@istanbul.edu.tr

31 yıldızın UBV fotoelektrik parlaklıklarıyla 116 yıldızın RGU fotoğraflık parlaklıklarını elde etmişlerdir. RGU verilerinin analizden kümenin renk artışı, uzaklığı ve yaşı, sırasıyla,  $E(G-R) = 0^m.93$ ,  $d=1320$  pc ve  $\log (t/yıl)=8.18$  bulunmuştur. Frandsen ve Arentoft (1998) yıldız evrim modellerini test etmek üzere NGC 1513'in BV fotometrisini kullanmışlardır. Küme doğrultusundaki 333 yıldızın astrometrik verisini inceleyen Frolov ve diğ. (2002) 33 olası küme üyesi yıldızı belirlemişlerdir. Kümenin ilk BV CCD ölçümleri Frolov ve diğ. (2002) tarafından yapılmış ve kümenin Güneş bolluğunda,  $\log (t/yıl)=8.40$  yaşında olduğu bulunmuştur. Küme hakkında yapılan literatürdeki en son çalışma Maciejewski ve Niedzielski'ye (2007) aittir. Araştırmacılar Galaktik 42 açık kümenin CCD BV fotometrisini inceleyerek kümelerin yapısal ve astrofiziksel parametrelerini tayin etmişlerdir. NGC 1513'in CCD BV fotometrik incelemelerinden kümenin renk artışı, uzaklık modülünü ve yaşını, sırasıyla,  $E(B-V)=0^m.76$ ,  $(m-M)=12^m.96$  ve  $\log (t/yıl)=7.4$  bulmuşlardır.

Bu çalışmada, NGC 1513 açık kümesinin TUG'dan CCD BV gözlemleri yapılmış ve indirgenen optik verileri 2MASS fotometresindeki verileriyle birleştirilmiştir. Optik ve yakın kızılötesi verilerinin bir arada analizinden kümenin renk artışı, uzaklık modülü, metal bolluğu ve yaşı belirlenmiştir.

## 2 Gözlemler ve Veri İndirgemesi

### 2.1 Optik veriler

NGC 1513 açık kümesinin CCD BV fotometrik gözlemleri, 8-9 Ekim 2004 tarihleri arasında TUG'daki RTT150 teleskobuna takılı ANDOR DW436 CCD kamerasıyla (arkadan aydınlatmalı,  $2k \times 2k$ ,  $13.5 \times 13.5 \mu m$ ) yapılmıştır. CCD üzerinde ki görüntü gökyüzünde  $8' \times 8'$  bir alana karşılık gelmektedir. NGC 1513'in açılma çapı yaklaşık  $15' \times 15'$  bir alana yayıldığı için NGC 1513'ün dört eşit parçadan meydana gelen mozaik bir görüntüsü oluşturulmuştur.

Her bir alt alan için B ve V filtrelerinde altı görüntü alınmış ve her bir filtre için bu görüntülerin medyanı alınarak tek bir görüntüye indirgenmiştir. Gözlem indirgemelerinde IRAF'ın DAOPHOT paketi kullanılmıştır (Stetson 1987; 1992). PSF belirlenirken izole olmuş yıldızlar tercih edilmiştir. Her bir görüntü için oluşturulan kataloglarda kaynakların konum, parlaklık ve aletsel kadirlerinin ortalama değerleri yer almaktadır.  $V=10$  kadirde daha parlak yıldızlar CCD kamera üzerindeki piksellerin doymasından dolayı ölçülemezdir.

Aletsel b ve v kadirleri Johnson'ın standart B ve V kadirlerine çevrilirken Del Rio ve Huestamendia (1988) ile Frandsen ve Arentoft'un (1998), sırasıyla, fotoelektrik UBV ve CCD UBV fotometreleri için vermiş oldukları standart alan yıldızlarının parlaklıkları kullanılmıştır. Del Rio ve Huestamendia (1988) ve Frandsen ve Arentoft'tan (1998) alınan 31 standart yıldızın kadir ve renk aralıkları, sırasıyla,  $12 < V < 18$  ve  $0.55 < B-V < 1.70$ , standart yıldızların parlaklık ve renklerdeki hatalar ise  $\pm 0.02$  ve  $\pm 0.01$  kadirlerdir. Her bir alt alan, içine 8-11 standart yıldız düşecek şekilde ayarlanmıştır. Standart yıldızlar kullanılarak alandaki diğer yıldızların standart kadirleri hesaplanmıştır. Ortalama renk ve

parlaklık farklarıyla bu farkların standart sapmaları, sırasıyla, 0.005, -0.011 ve 0.07, 0.07 kadirdir.

## 2.2 Yakın kızılötesi verileri

JHK<sub>S</sub> fotometrik verileri, İki Mikron Tüm Gökyüzü Taraması'ndan (2 Micron All Sky Survey; 2MASS) alınmıştır. 2MASS, tüm gökyüzünü J (1.25 μm), H (1.65 μm), K<sub>S</sub> (2.17 μm) filtrelerinde iki tane otomatik 1.3'lik teleskop ile taramıştır. Verilerin fotometrik belirsizliği K<sub>S</sub> ~16.5 kadir için 0.155'ten küçüktür; ki bu da  $|b| > 25^\circ$  için 2MASS yıldızlarının fotometrik tamlığıdır (Skrutskie ve diğ., 2006). NGC 1513 doğrultusunda 25 yay dakika karelik bir alan Cutri ve diğ.'nin (2003) Nokta Kaynak Kataloğu'ndan alınmıştır. Alanın limit kadrleri J=16.5±0.125, H=16.0±0.143 ve K<sub>S</sub>=15.5±0.175'dir. Fotometrik hatalar yüksek enlemlerdeki yıldız alanları için verilen hatalar ile uyumludur.

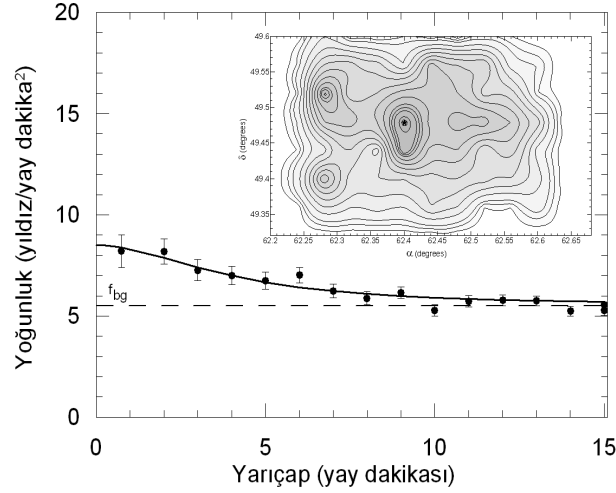
BV fotometrisinde 609 yıldız gözlenmiştir. Bu yıldızlar Cutri ve diğ.'nin (2003) Nokta Kaynak Kataloğu'yla eşleştirilerek 606 yıldızın 2MASS verileri elde edilmiştir. Bu 606 yıldızdan 534'ünün fotometrik kalitesi en yüksektir (AAA). 2MASS parlaklık ve renk hataları  $0.018 \leq \sigma_J \leq 0.145$ ,  $0.032 \leq \sigma_{J-H} \leq 0.232$  ve  $0.030 \leq \sigma_{J-K_s} \leq 0.241$ 'dir. Optik verilerin hassasiyetinin yakın kızılötesi verilerine göre daha iyi olduğu görülmektedir.

## 3 Veri Analizi

### 3.1 Küme merkezi ve radyal yoğunluk profili

NGC 1513, düşük yoğunluklu bir açık kümedir. Kümenin merkezi, gözle kabaca belirlenebilir. Küme merkezini daha duyarlı belirleyebilmek için küme görüntüsü 1 yay dakika karelik alanlara ayrılarak her bir alandaki yıldızların sayımı yapılmıştır. Bu analizi takiben her alanın yüzey yoğunluğu hesaplanmış ve bu alanlarda içinde en yüksek yoğunluğa sahip alan kümenin merkezi olarak kabul edilmiştir (Şekil 1). Şekil 1'deki yıldız sembolü kümenin merkezi koordinatlarını göstermektedir. Bu noktanın ekvatorial ve Galaktik koordinatları, sırasıyla,  $\alpha_{2000} = 04^h 09^m 36^s$ ,  $\delta_{2000} = +49^\circ 28' 43''$  ve  $l = 152^\circ.57$  ve  $b = -1^\circ.64$ 'dir. Bu sonuç Maciejewski ve Niedzielski'nin (2007)  $\alpha_{2000} = 04^h 09^m 46^s$ ,  $\delta_{2000} = +49^\circ 28' 28''$  değerleriyle uyumlu, Frolov ve diğ.'nin (2002)  $\alpha_{2000} = 04^h 10^m 38^s$ ,  $\delta_{2000} = +49^\circ 31' 00''$  değerlerinden biraz farklıdır. Çalışmamızın hem optik hem de yakın kızılötesi verilerden oluştuğu dikkate alındığında bu çalışmada hesaplanan küme merkezine ait koordinat bilgilerinin daha doğru olacağı aşikârdır.

Kümenin radyal yoğunluk profilini oluşturmak için küme merkezinden  $r \leq 1$  yay dakikalık uzaklıklar içinde bulunan yıldızlar sayılmıştır. Bu analiz küme merkezinden  $r=15$  yay dakika uzaklığına kadar 1 yay dakikalık adımlar ile gerçekleştirilmiştir. Bir sonraki adımda, bir önceki alandaki yıldızlar bir sonraki alanda bulunan yıldız sayılarından çıkartılarak incelenen bölgeye ait yıldız sayıları hesaplanmıştır. Her bir alandaki yıldız sayıları buldukları daire parçasının alanına bölünmek suretiyle yoğunluklar tayin edilmiştir. Her alandaki yoğunluk belirsizliği Poisson gürültü istatistiğine göre hesaplanmıştır.



**Şekil 1.** NGC 1513 açık kümesinin radyal yüzey dağılımı. Noktalar: gözlemsel verileri, düz çizgi: King profilini, kalın kesikli çizgi: gözlemsel zemin yıldızlarının sayısını göstermektedir. Grafiğin sağ üst kısmında yer alan kontur haritası kümenin yıldız sayım değerlerini göstermektedir.

Küme merkezinden itibaren  $r=15$  yay dakikası uzaklık içindeki her bir alan için hesaplanan yoğunluk değerleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Küme merkezinde görülen  $\rho=8.5$  yıldız/yay dakika kare maksimum yoğunluk, merkezden  $r=15$  yay dakika uzaklığında  $\rho=5.5$  yıldız/yay dakika kare değerine azalıyor. Yoğunluk  $r\sim 10$  yay dakika uzaklığında azalarak asimptot oluyor ve bu uzaklığın ötesinde az sayıda küme yıldızı bulunuyor. Çalışmada kümenin yapısal parametrelerini belirlemek için deneysel King modelini kullanıldı (King, 1966). King modeli şu şekilde verilir:

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

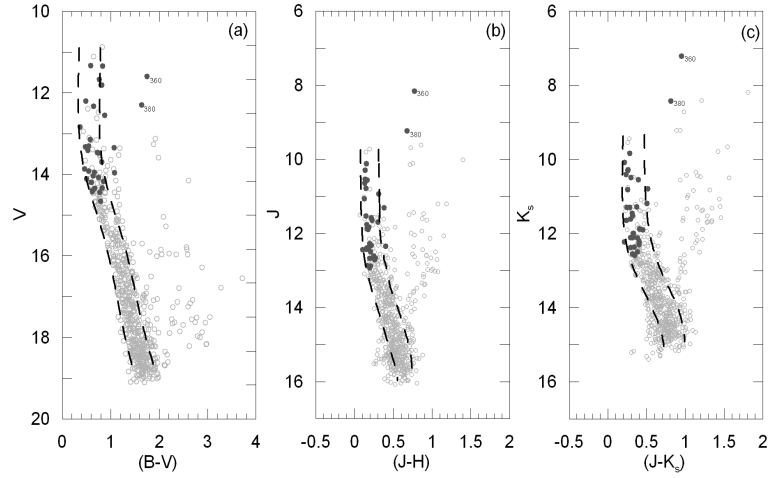
burada  $f_{bg}$ ,  $f_0$  ve  $r_c$ , sırasıyla, zemin ve merkezi yıldız yoğunluklarını ve kümenin kor yarıçapını göstermektedir. Şekil 1'den görüleceği gibi zemin yıldız yoğunluğu değeri  $f_{bg}=5.5$  yıldız/yay dakika karedir. Gözlemsel verilerinin King modeline uyumunda minimum  $\chi^2$  analizinden faydalanılmıştır.  $\chi^2$  analiziyle merkezi yıldız yoğunluğu ve kümenin kor yarıçapı, sırasıyla,  $f_0=3.00\pm 0.31$  yıldız /yay dakika kare ve  $r_c=3.98\pm 0.55$  yay dakikası olarak hesaplanmıştır. Analizin serbestlik derecesi (dof) 0.11 ve korelasyon katsayısı  $R^2=0.89$ 'dur. Şekil 1'de içi dolu noktalar gözlemsel değerleri, kalın çizgi ise King profilini göstermektedir. Gözlemsel noktaların belirsizlikleri Poisson hatalarından hesaplanmıştır.

Maciejewski ve Niedzielski (2007) King modelini (King 1962) kullanarak 42 açık kümenin yapısal parametrelerini analiz etmişlerdir. Analizleri sonucunda NGC 1513 açık kümesi için yapısal parametreleri şu şekilde tayin etmişlerdir:  $r_{lim}=9.2$ ,  $r_c=3.7$  yay dakikası,  $f_0=2.47$  ve  $f_{bg}= 1.04$  yıldız/yay dakika kare.

Sonuçlarımızı Maciejewski ve Niedzielski (2007) çalışmasıyla karşılaştırdığımızda kümenin limit çapı ve kor çapının uyumlu, merkezi ve zemin yıldız yoğunluğunun ise biraz farklı olduğu görülmüştür.

### 3.2 Renk kadir diyagramları

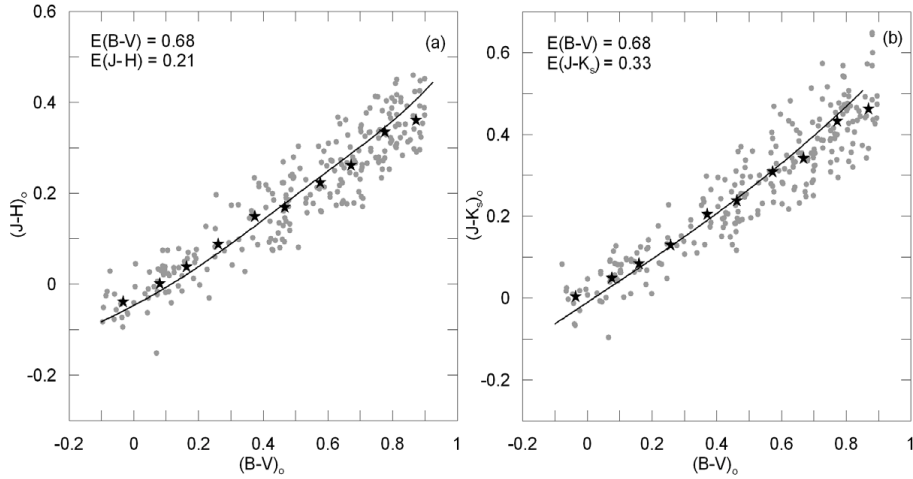
Şekil 2’de NGC 1513 açık kümesi için optik (B-V/V) ve yakın kızılötesi (J-H/J, J-K<sub>s</sub>/K<sub>s</sub>) bölge için renk kadir diyagramları oluşturulmuştur. Kümenin merkezi yoğunluğu düşük olduğundan radyal yıldız yoğunluk profili kullanarak bir yıldız küme elemanı olup olmadığını anlamak zordur. Muhtemel küme yıldızlarını seçebilmek için merkezden 5 yay dakikası uzaklığı içinde bulunan tüm yıldızlar alınmıştır. Bu şart altında örneğimiz 343 anakol yıldızına azalmıştır. Bu yıldızlar Şekil 2a-c’deki renk-kadir diyagramında iki kesikli çizginin arasında bulunmaktadır. Ayrıca, kesikli çizgilerin arasında  $5 < r \leq 15$  yay dakikası uzaklık aralığında 110 yıldız daha bulunmaktadır. Bu değer Şekil 2’deki kirlenmenin %24 civarında olduğunu göstermektedir. Frolov ve diğ.’nin (2002) yüksek olasılıklı küme yıldızlarını ve 5 yay dakikalık yarıçapta yer alan yıldızları kullanarak daha hassas bir anakol elde edilmiştir. Bu da kümenin uzaklığını daha duyarlı bir şekilde tayin edilmesine olanak sağlar.



**Şekil 2.** NGC 1513 açık kümesinin optik ve kızılötesi renk kadir diyagramları. İçi boş daireler: bu çalışmadaki yıldızları, içi dolu daireler: Frolov ve diğ.’nin (2002) yüksek olasılıklı küme üyesi yıldızlarını, kesikli çizgiler:  $r \leq 5$  yay dakikası içinde bulunan yıldızların renk kadir diyagramı üzerindeki yerlerini göstermektedir.

### 3.3 İki renk diyagramları ve renk artıkları

Şekil 3'de  $r \leq 5$  yay dakikası içinde yer alan yıldızların optik ve yakın kızılötesi iki renk diyagramları verilmiştir. Küme doğrultusunda kızarmayı belirlemek için Pickles'in (1998) sentetik kütüphanesi kullanılmıştır. Metal bolluğu  $[M/H]=0$  dex ve farklı spektrel tiplerdeki anakol yıldızlarının (B-V), (V-J), (V-H), (V-K) fotometrik verileri Pickles'dan (1998) alınmıştır. Pickles'in (1998) yakın kızılötesi verileri Johnson sisteminde tanımlandığı için fotometrik veriler Carpenter'ın (2001) dönüşüm formülleriyle 2MASS sistemine çevrilmiştir. Bilir ve diğ.'lerinin (2008) Tablo 3'de verdiği standart anakol ile gözlem verilerimizi içeren iki renk diyagramları Şekil 3'te gösterilmiştir. Küme doğrultusundaki kızarmayı tayin edebilmek için gözlemsel veriler ağırlık verilerek şekil üzerinde yıldız sembolüyle gösterilen 10 noktaya indirildi. 10 kuvvetli gözlem noktası standart anakolu en iyi şekilde temsil edilinceye kadar şekil üzerinde iki yönde kaydırıldı. Şekil 3'te gösterilen iki renk diyagramları için elde edilen renk artıkları şu şekilde bulunmuştur:  $E(J-H)=0.21 \pm 0.02$ ,  $E(B-V)=0.68 \pm 0.06$  ve  $E(J-K_s)=0.33 \pm 0.04$ ,  $E(B-V)=0.68 \pm 0.06$ .



Şekil 3. Optik ve kızılötesi iki renk diyagramları. İçi dolu daireler:  $r \leq 5$  yay dakikası içinde bulunan yıldızları, çizgi: Pickles'in (1998) sentetik anakolunu ve yıldız sembolü: kümedeki anakol yıldızların geometrik yerlerini göstermektedir.

### 3.4 Kümenin uzaklığı ve yaşı

Sıfır Yaş Anakol (ZAMS) çakıştırma yöntemi kümenin uzaklığının tayininde kullanılmıştır. ZAMS, bu çalışmada hesap edilen  $E(B-V)=0^m.68$  renk artığı dikkate alınarak kızartılmıştır. Daha sonra ZAMS, kümenin anakolunuyla üst

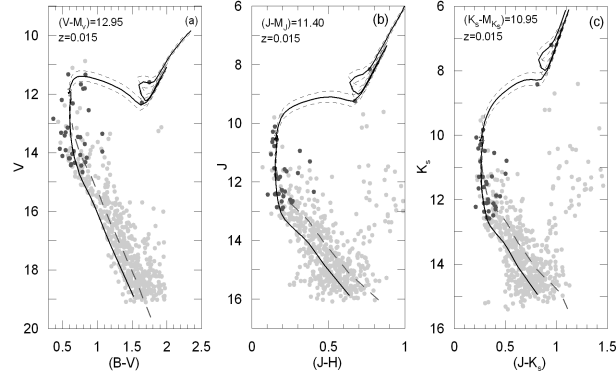
üste gelecek şekilde kaydırılmıştır. Bu analizden kümenin uzaklık modülü ( $V-M_V$ )= $12^m.95$  olarak hesaplanmıştır.

Kızılötesi filtreler için ZAMS seçiminde Güneş bolluğundaki Padova eş yaş eğrileri kullanılmıştır. 2MASS ZAMS verileri Marigo ve diğ.'nden (2008) alınmıştır. Optik verilere uygulanan yöntemde olduğu gibi kızılötesi ZAMS'lar da, bu çalışmada elde edilen  $E(J-H)=0^m.21$  ve  $E(J-K_s)=0^m.33$  değerler ile kızartılmıştır.  $J/(J-H)$  ve  $K_s/(J-K_s)$  renk kadir diyagramlarında anakol çıkartma yöntemiyle elde edilen uzaklık modülü değerleri, sırasıyla,  $(J-M_J) = 11^m.40$  ve  $(K_s-M_{K_s})=10^m.95'$  dir. Bu çalışmada tayin edilen optik ve yakın kızılötesi uzaklık modüllerinin kızarmadan arındırılmasında Fiorucci ve Munari'nin (2003)  $A_V=3.1 E(B-V)$ ,  $A_J=0.887E(B-V)$  ve  $A_{K_s}=0.322E(B-V)$  bağıntıları kullanılarak  $(V-M_V)=10^m.84 \pm 0.19$ ,  $(J-M_J)=10^m.80 \pm 0.10$  ve  $(V-M_{K_s})=10^m.73 \pm 0.10$  olarak hesap edilmiş ve bu değerler de, sırasıyla, NGC 1513'ün uzaklığı 1472, 1445 ve 1400'e karşılık gelmiştir.

Bu çalışmada renk artışı değerleri ve uzaklık modülleri farklı yöntemler ile bulunmuşken NGC 1513'ün tayfsal bir çalışması olmadığı için metal bolluğu tayin edilememiştir. Ancak optik ve yakın kızılötesi filtrelerde,  $0.0095 < Z < 0.024$  ağır element bolluğu aralığında birkaç eş yaş eğrisi üretilmiştir. Her bir renk-kadir diyagramında ZAMS dışında  $\log(t/yıl)=8.40$  ve  $\log(t/yıl)=8.60$  eş yaş eğrileri de işaretlenmiştir. Yapılan analizlerden  $Z=0.015$ 'lik eş yaş eğrisi kümenin anakolunu, anakolunun dönüm noktasını ve dev yıldızlarını en iyi şekilde temsil etmiştir. Bu nedenle  $Z=0.015$  ağır element bolluğu ( $[M/H]=-0.10$  dex) kümenin metal bolluğu olarak kabul edilmiştir.

Duyarlı bir şekilde yaşı tayin edebilmek için ağır element bolluğu  $Z=0.015$ 'teki eş yaş eğrileri için üç farklı yaş değeri ( $\log(t/yıl)=8.35$ ,  $\log(t/yıl)=8.40$  ve  $\log(t/yıl)=8.44$ ) renk-kadir diyagramlarına ilave edilmiştir (Şekil 4).  $\log(t/yıl)=8.40$ 'lik eş yaş eğrisi kümenin yaşını en iyi temsil eden eğri olarak görülmektedir; çünkü söz konusu yaş eğrisi hem anakolu, hem de kümenin dev yıldızlarını en iyi şekilde temsil etmiştir.  $\log(t/yıl)=8.40$ 'lık eş yaş eğrisindeki kanca (Şekil 4a:  $B-V=0.61$ ,  $V=11.93$ ; Şekil 4b:  $J-H=0.16$ ,  $J=10.44$ ; Şekil 4c:  $J-K_s=0.26$ ,  $K_s=10.05$ ) çekirdek-te hidrojen yanmasının sona erdiği, kalın katmanda hidrojenin yanmaya devam ettiği ve çekirdeğin sıkıştığı yerdir. 380 numaralı yıldız kırmızı dev kolunun hemen tabanında, 360 numaralı yıldız ise helyum yakma aşamasındadır. Anakolun dönüm noktası  $(B-V)_0=-0.11$  rengine karşılık gelip tayf tipi B8'dir. Kümedeki çift yıldız etkisini belirlemek için kümedeki yıldızlar eş kütleli çift sistemler olarak kabul edilmiştir. Bu durum herhangi bir sistemin mutlak kadirinin olması gere-kenden 0.75 kadirde daha parlak olamayacağı anlamına gelir.  $\log(t/yıl)=8.40$ 'lık bu çift yıldız etkisi içeren anakol Şekil 4'de kalın, kesikli çizgiyle gösterilmiştir.

Sonuç olarak kümenin ortalama uzaklığı  $d=1440 \pm 80$  pc, metal bolluğu  $Z=0.015 \pm 0.004$  ( $[M/H]=-0.10 \pm 0.10$  dex) ve ortalama yaşı  $\log(t/yıl)=8.40$ 'tır. Bu sonuçlar Frolov ve diğ.'nin (2002) sonuçlarıyla kısmen uyumludur. Maciejewski ve Niedzielski (2007) kümenin yaşını  $\log(t/yıl)=7.4$  vermekte olup kümenin



**Şekil 4.** NGC 1513 açık kümesinin  $V/(B-V)$ ,  $J/(J-H)$  ve  $K_s/(J-K_s)$  renk kadir diyagramları. Kalın çizgi:  $\log(t/yıl)=8.40$ , üstteki kesikli çizgi:  $\log(t/yıl)=8.35$  ve alttaki kesikli çizgi:  $\log(t/yıl)=8.44$  yaş eğrisini göstermektedir.

dev yıldızlarını dikkate almamışlardır. Bu nedenle bu çalışmada elde edilen yaş Maciejewski ve Niedzielski'ninkiyle (2007) uyumlu değildir. NGC 1513'ün optik ve yakın kızılötesi bütünleştirilmiş mutlak kadirlerini belirlemek için Lata ve diğ.'nin (2002) bağıntıları kullanılarak küme merkezinden  $r=5$  yay dakikası içindeki yıldızlar için bu değerler elde edilmiştir:  $I(M_V)=-2.136$ ,  $I(B-V)_0=0.032$ ,  $I(J-H)_0=0.053$ ,  $I(J-K_s)_0=-0.037$ . Kümenin bütünleştirilmiş optik rengi A2 tayf türüne karşılık gelmektedir.

## 4 Teşekkür

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (UDP-8084) ve TUG (TUG-RTT150.04.016) projeleriyle desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Barhatova, K. A., Drjakhlushina, L. I.: *Astronomicheskii Zhurnal* **37** (1960) 332  
Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Yaz, E., Cabrera-Lavers, A., Coşkunoglu, B.: *MNRAS* **390** (2008) 1569  
Bronnikova, N. M.: *Izv. Glav. Astron. Obs. Pulkovo No.* **161** (1958a) 144  
Bronnikova, N. M.: *Trudy Glav. Astron. Obs. Pulkovo Ser. 2* **72** (1958b) 79  
Carpenter, J. M.: *AJ* **121** (2001) 2851  
Cutri, R. M., ve diğ.: *2MASS All-Sky Catalog of Point Sources*, CDS/ADC Electronic Catalogues 2246 (2003)  
Del Rio, G., Huestamendia, G.: *A&AS* **73** (2003) 425  
Fiorucci, M., Munari, U.: *A&A* **401** (2003) 781  
Frandsen, S., Arentoft, T.: *A&A* **333** (1998) 524  
Frolov, V. N., Jilinski, E. G., Ananjevskaja, J. K., Poljakov, E. V., Bronnikova, N. M., Gorshanov, D. L.: *A&A* **396** (2002) 125



- King, I.: *AJ* **71** (1966) 64  
Lata, S., Pandey, A. K., Sagar, R., Mohan, V.: *A&A* **388** (2002) 158  
Maciejewski, G., Niedzielski, A.: *A&A* **467** (2007) 1065  
Marigo, P., Girardi, L., Bressan, A., Groenewegen, M. A. T., Silva, L., Granato, G. L.:  
*A&A* **482** (2008) 883  
Pickles, A. J.: *PASP* **110** (1998) 863  
Schmidt-Kaler, T.: *Bull. Inf. Centre Donnees Stellaires* **23** (1982) 2  
Skrutskie, M. F., ve diğ.: *AJ* **131** (2006) 1163  
Stetson, P. B.: *PASP* **99** (1987) 191  
Stetson, P. B.: *Astronomical Data Analysis Software and Systems I*, A.S.P. Conference  
Series, **25** (1992) eds. D. M. Worrall, C. Biemesderfer and J. Barnes, 297