

AYRIK ÇİFT YILDIZLAR İÇİN YENİ MUTLAK KADİR KALİBRASYONLARI

Esmayaz¹, Selçuk BİLİR¹, Tansel AK^{1,2}, Esin SOYDUGAN³, Faruk
SOYDUGAN³,
N. Filiz AK⁴, Zeki EKER^{2,3}, Osman DEMİRCAN³, Mustafa
HELVACI⁵

¹İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119,
İstanbul, Türkiye

e-posta: esmayaz@yahoo.com, {sbilir, tanselak}@istanbul.edu.tr

²TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi, Akdeniz Üniversitesi Yerleşkesi, 07058, Antalya,
Türkiye

e-posta: {tanselak, eker@tug.tubitak.gov.tr}

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen – Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü,
17100, Çanakkale, Türkiye

e-posta: {esoydugan, fsoydugan, demircan}@comu.edu.tr

⁴Erciyes Üniversitesi, Fen – Edebiyat Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri
Bölümü, 38039, Kayseri, Türkiye e-posta: nfak@erciyes.edu.tr

⁵Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100,
Ankara, Türkiye e-posta: helvac@astrol.science.ankara.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, anakol bileşenli ayrik çift sistemler için Lutz-Kelker düzeltmeli mutlak kadir kalibrasyonları sunulmuştur. Kalibrasyon yıldızlarının mutlak kadirleri Johnson-Cousins ve 2MASS (İki Mikron Tüm Gökyüzü Taraması) fotometrik sistemlerinin kızarmadan arındırılmış renklerinden elde edilmiştir. Kalibrasyon yıldızı olarak, Hipparcos kataloğunda, gözlenen rölatif paralaks hatası %15'den ($\sigma_{\pi}/\pi \leq 0.15$) küçük 44 ayrik çift kullanılmıştır. Optik ve yakın kırmızı-öte bandlar için düzeltilmiş mutlak kadir kalibrasyonlarının geçerli olduğu renk ve mutlak kadir aralıkları, sırası ile, $-0.18 < (B-V)_0 < 0.91$, $-1.6 < M_V < 5.5$, $-0.15 < (J-H)_0 < 0.50$, -

$0.02 < (H-K_s)_0 < 0.13$, $0 < M_J < 4$ kadirdir. Optik (BV) ve yakın kırmızı-öte (JHK_s) gözlemlerinin kullanıldığı ışıma gücü – renkler (LCs) bağıntılarından hesaplanan uzaklıklar, farklı yöntemlerden bulunan uzaklıklar ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, bu çalışmadaki yeni mutlak kadir kalibrasyonlarının, Hipparcos'un uzaklık sınırı dışındaki ayırık çiftlerin gerçek uzaklıklarının tahmin edilmesinde güvenilir, istatistiksel bir araç olduğunu gösteriyor.

Anahtar Kelimeler: yıldızlar: uzaklık, (yıldızlar) çiftler: tutulmalı

Abstract

In this study, Lutz-Kelker bias corrected absolute magnitude calibrations for the detached binary systems with main-sequence components are presented. The absolute magnitudes of the calibrator stars were derived at intrinsic colours of Johnson-Cousins and 2MASS (Two Micron All Sky Survey) photometric systems. As for the calibrator stars, 44 detached binaries were selected from the Hipparcos catalogue, which have relative observed parallax errors smaller than 15% ($\sigma_\pi/\pi \leq 0.15$). The calibration equations which provide the corrected absolute magnitude for optical and near-infrared pass bands are valid for wide ranges of colours and absolute magnitudes:

$-0.18 < (B-V)_0 < 0.91$, $-1.6 < M_V < 5.5$ and $-0.15 < (J-H)_0 < 0.50$, $-0.02 < (H-K_s)_0 < 0.13$, $0 < M_J < 4$, respectively. The distances computed using the luminosity-colours (LCs) relation with optical (BV) and near-infrared (JHK_s) observations were compared to the distances found from various other methods. The results show that new absolute magnitude calibrations of this study can be used as a convenient statistical tool to estimate the true distances of detached binaries out of Hipparcos' distance limit.

Keywords: stars: distances, (stars) binaries: eclipsing

1. Giriş

Yıldızların yapısını anlayabilmek için kullanılan en güvenilir fiziksel parametreler (kütle, yarıçap, etkin sıcaklık vb.), anakol bileşenli ayırık örten çift yıldızların gözlemlerinden hesaplanır. Günümüzde çift sistemlerin fotometrik ışık ve radyal hız eğrilerinden bileşenlerin kütle ve yarıçapları %1'den daha iyi hassasiyet ile tayin edilebilir (Andersen 1991; Southworth ve diğ. 2004, 2005a).

Ayrık örten çift yıldızların uzaklık tayininde kullanılan birkaç yöntem vardır. Bunlardan en güvenilir olanları, trigonometrik paralaks veya interferometrik gözlemlerinden bulunanlardır. Yıldızların fotometrik ve tayfsal paralaks yönteminden bulunan uzaklıkları ikincil yöntemler olup sistemlerin tayf türünün bilinmesine dayalıdır. Fotometrik paralaks yöntemi ile uzaklık tayininde duyarlı sonuçlar alınabilmesi, incelenen yıldız renklerinin yıldızlararası kızarmadan arındırılmış olmasını gerektirir. Kırmızı-öte bandların yıldızlararası ortamın sönmüleme etkisi optik bandlara göre daha az olduğundan, kırmızı-öte bandların uzaklık tayininde kullanımı daha avantajlıdır (Southworth ve diğ. 2005b).

Rucinski (1974) W UMa türü çift yıldızların renk-parlaklık diyagramındaki anakol saçılmasını azaltabilmek için sistemlerin yörünge periyotları, ışınma güçleri ve renkleri arasındaki PLC bağıntısını önermiştir. Rucinski (1994), W UMa türü sistemler için yörünge periyodu, (B-V) ve (V-I) renklerini kullanarak PLC bağıntısı elde etmiştir. Daha sonra, W UMa türü sistemlerin Hipparcos paralakslarını kullanarak PLC bağıntısını geliştirmiştir (Rucinski ve Duerbeck 1997). Son zamanlarda benzer bir ilişki kataklismik değişen yıldızlar için de tanımlanmıştır (Ak ve diğ. 2007). Bu çalışmada PLC bağıntısı ayırık çift yıldız sistemleri için de uygulanabilecek iken, bileşenlerin yörünge periyotları ile renkleri arasında bir korelasyon bulunamamasından dolayı, sistemlerin yörünge periyodu bu ilişkinin dışında bırakılmıştır. Bundan dolayı, anakol bileşenli ayırık çift sistemler için ışınma gücü ve renkleri (LCs) arasında bir bağıntının üretilmesi daha yararlı olacaktır. Tek renge dayalı kalibrasyonlar sistematik hata içerdiğinden, oluşturulacak kalibrasyonlarda birden çok renk kullanımı hassas sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır (Bilir ve diğ. 2008).

Bu çalışmada, V ve J bandları için ışığın, sistemin tümünden geldiği varsayımı ile, güvenilir Hipparcos trigonometrik paralaksları

kullanılarak ayrıık örten çift yıldızların M_V ve M_J mutlak kadirleri hesaplanmıştır. Optik ve kırmızı-öte LCs bağıntılarını elde edebilmek için sistemlerin kızzarmadan arındırılmış $(B-V)_0$, $(J-H)_0$ ve $(H-K)_0$ renkleri kullanılmıştır. Bu çalışmada, ayrıık çift sistemlerin her bir bileşeni için mutlak kadir hesabı amaçlanmamıştır.

Yıldızların paralaksları sistematik hatalar içerir. Lutz-Kelker yanlılığı olarak bilinen bu problem, Lutz ve Kelker (LK, 1973) tarafından dikkate alınmıştır. LK yanlılığı, gözlenen paralaksların (π) gerçek paralaks (π_0) etrafında düzgün dağılmakla beraber, yıldızların uzay dağılımlarının da homojen olduğu varsayımı altında hesaplanan uzaklıkların sadece rölatif paralaks hatasına (σ_π/π) bağılı sistematik hata içereceğini ifade eder. Bu yüzden gerçek paralaks her zaman gözlenen paralakstan daha küçüktür (Lutz ve Kelker 1973). LK yanlılığının düzeltilmesinde, paralaksı ölçülen yıldızın paralaks ölçüm hatasının bilinmesi gerekir. Bu da LK düzeltmesi olarak bilinir. Jerzykiewicz (2001), rölatif paralaks hatası (σ_π/π) ≤ 0.1 olan yıldızlar için LK yanlılığı ihmal edilebilirken, rölatif paralaks hatası bu değerden büyük olanlar için düzeltmenin uygulanmadığı durumda yanlış sonuçlara ulaşabileceğini söyler. Ayrıca, Maiz Apellaniz (2005) rölatif hatası (σ_π/π) = 0.05'den büyük paralaks ölçümleri için bu düzeltmenin kaçınılmaz olduğunu ifade eder.

Bu çalışmanın amacı, trigonometrik paralaksları veya mutlak kadirleri bilinmeyen (en azından ayrıık ve anakol yıldızı olduğunu gösteren tutulmalı ışık eğrisine sahip sistem) anakol bileşenli ayrıık örten çift yıldızların uzaklık tayini için pratik bir mutlak kadir kalibrasyonu elde etmektir. Tayfsal ve fotometrik ışık eğrisi çözümü ile ayrıık sistemlerdeki bileşenlerin fiziksel parametrelerinin tayini duyarlı bir yöntem olmasına karşın, geniş kapsamlı araştırma gerektirmektedir. Bu çalışmada optik ve kırmızı-öte bandların ve duyarlı Hipparcos paralaks verilerinin bir arada kullanılmasından hesaplanan LCs bağıntıları, yörünge analizi ve ışık eğrisi çözümlerine ulaşamayan ASAS (Paczynski ve diğ. 2006) gibi çok sayıda verisi olan gökyüzü taramaları için kullanışlı bir araçtır.

2. Veri

Rölatif paralaks hatası $(\sigma_\pi/\pi) \leq 0.15$ olan 44 anakol bileşenli ayırık örten çift yıldızın fotometrik verisi literatürden toplanmıştır. Bu yıldızlardan 14'ü kromosferik aktif yıldızdır (Eker ve diğ. 2008). Kalibrasyon yıldızlarının LK düzeltmesi Smith'in (1987) (1) numaralı eşitliği kullanılarak yapılmıştır:

$$\pi_0 = \pi \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 - 16(\sigma_\pi / \pi)^2} \right) \quad (1)$$

Burada π_0 gerçek paralaks, π gözlenen paralaks ve (σ_π/π) de rölatif paralaks hatasını ifade eder. Tablo 1'de, kalibrasyon yıldızı olarak seçilen 44 anakol bileşenli ayırık örten çift yıldızın temel parametreleri listelenmiştir: yıldız ismi, spektrel tip, galaktik koordinat (l, b), gözlemsel paralaks (π), renk artığı (E(B-V)), görünen kadir (V), optik renk (B-V), kırmızı-öte (IR) kadir (J) ve renkler (J-H, H-K_s) ve IR veri kaliteleri ("AAA" üç bandtaki 2MASS bandlarının en iyi kalitede olduğunu göstermektedir). Kalibrasyon yıldızlarının paralaks, paralaks hatası, galaktik koordinatları, 2MASS kadirleri (J, H ve K_s), sırası ile, Hipparcos (ESA 1997) ve 2MASS Nokta Kaynak kataloglarından (Cutri ve diğ. 2003) alınmıştır. Yıldızların tayf türleri literatürdeki makalelerden toplanmıştır.

2.1. Gerçek renkler ve mutlak kadirler

Mutlak kadir kalibrasyonlarında kullanılacak renklerin yıldızlararası ortamın etkilerinden arındırılmış olması gerekir. Bu çalışmada kızarmadan arındırılmış renklerin hesaplanabilmesi için E(B-V) renk artığı tercih edilmiştir. Az sayıdaki kalibrasyon yıldızının renk artığı literatürdeki çalışmalardan bulunabilmiştir. Renk artığı değeri bilinmeyen yıldızların E(B-V) değerlerinin tayini için Schlegel ve diğ.'nin (1998) kızarma haritaları kullanılmıştır. Schlegel ve diğ.'nin (1998) kızarma haritalarındaki $E_\infty(B-V)$ değerine NASA'nın Ekstragalaktik Veri merkezindeki¹ WEB tabanlı bir uygulamadan ulaşılır. Kızarma haritalarında yıldız doğrultusundaki, Güneş - Galaksi sınırı, $E_\infty(B-V)$ renk artığını bulabilmek için öncelikle incelenen kaynağın galaktik koordinatlarına gereksinme vardır. Schlegel ve

¹ <http://nedwww.ipac.caltech.edu/forms/calculator.html>

diğ.'nin (1998) haritaları bir doğrultu boyunca toplam kızarma değerini verdiğiinden, incelenen yıldızın uzaklığına bağlı olarak kızarma değerinin Güneş - yıldız arasındaki uzaklık için indirgenmesi gerekir. Yıldızların V bandındaki toplam absorpsiyonu aşağıdaki eşitlikten elde edilir:

$$A_{\infty} = 3.1E_{\infty}(B - V). \quad (2)$$

Belirli bir d ($d=1/\pi$) uzaklığındaki yıldızın V bandındaki toplam absorpsiyonu aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir (Bahcall ve Soneira 1980):

$$A_d(b) = A_{\infty}(b) \left[1 - \exp\left(\frac{-|d \sin(b)|}{H}\right) \right], \quad (3)$$

Burada H , yıldızlararası tozun yükseklik ölçeği olup 125 pc kabul edilmiştir (Marshall ve diğ. 2006). İndirgenmiş renk artığı aşağıdaki formülden hesaplanmıştır:

$$E_d(B - V) = A_d / 3.1. \quad (4)$$

Yıldızların kızarmadan arındırılmış renk ve parlaklıklarının belirlenmesinde aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Fiorucci ve Munari 2003, Bilir ve diğ. 2006):

$$V_0 = V - 3.1E_d(B - V), (B - V)_0 = (B - V) - E_d(B - V); J_0 = J - 0.88E_d(B - V); \\ (J - H)_0 = (J - H) - 0.32E_d(B - V); (H - K_s)_0 = (H - K_s) - 0.18E_d(B - V).$$

Kızarmadan arındırılmış kadirler ve renkler "0" alt indisi ile gösterilmiştir. Mutlak kadir kalibrasyonlarının oluşturulmasında kullanılan temel girdi parametreleri, yıldızların Hipparcos paralakslarından tayin edilen mutlak kadirleri, kızarmadan arındırılmış renkleri ve kadirleridir. Tablo 1'deki kalibrasyon yıldızlarının optik ve kırmızı-ötedeki mutlak kadirleri, Pogson bağıntısında Hipparcos

paralaksaları kullanılarak hesaplanmıştır: $M_{V,LK}=V_0-5\log(1/\pi_0)$, $M_{J,LK}=J_0-5\log(1/\pi_0)$. Mutlak kadir hataları $\delta M=2.17(\sigma_\pi/\pi)+\delta m$ bağıntısı ile tayin edilmiş olup δm görünen kadir hatasını göstermektedir.

3. Mutlak Kadir Kalibrasyonları

Çalışmada optik ve kırmızı-ötedede ayırık örten çift sistemlerin ışıma gücü – renk bağıntılarının (LCs) elde edilmesi amaçlanmıştır. Mutlak kadir kalibrasyonlarında optik bölgede tek renk $((B-V)_0)$, kırmızı-öte bölgede ise iki renk $((J-H)_0$ ve $(H-K)_0$) kullanılması tercih edilmiştir. Mutlak kadir kalibrasyonlarının oluşturulmasında 44 kalibrasyon yıldızının LK düzeltmeli Hipparcos paralakslarından hesaplanmış M_V ve M_J mutlak kadirleri ve kızarmadan arındırılmış renkleri kullanılmıştır. Mutlak kadir kalibrasyonlarının katsayı ve hatalarının tayininde regrasyon analizi kullanılmıştır. Katsayıların hata tayininde 1σ saçılma değeri dikkate alınmıştır. Optik ve kırmızı-öteki mutlak kadir kalibrasyonları, sırası ile, (5) ve (6) numaralı bağıntılarda verilmiştir:

$$M_V = 5.908(\pm 0.309) * (B - V)_o + 0.204(\pm 0.143), \quad (5)$$

$$M_J = 5.228(\pm 0.715) * (J - H)_o + 6.185(\pm 0.3173) * (H - K_s)_o + 0.608(\pm 0.154). \quad (6)$$

Kırmızı-öte mutlak kadir kalibrasyonunun oluşturulmasında fotometrik verileri duyarlı 37 yıldız kullanılmıştır. Optik ve kırmızı-ötedeki kalibrasyonların korelasyon katsayıları ve standart sapmaları yaklaşık $R=0.90$ ve $s=0.09$ kadirdir. Korelasyon katsayılarındaki yüksek uyumluluk ile standart sapmalardaki küçük belirsizlikler kalibrasyonların yeterince duyarlı olduğunu göstermektedir. Optik kalibrasyonun geçerli olduğu renk ve mutlak kadir aralığı $-0.18 < (B-V)_0 < 0.91$ ve $-1.6 < M_V < 5.5$ 'tir. Kırmızı-öte kalibrasyonun geçerli olduğu renkler ve mutlak kadir aralığı ise $-0.15 < (J-H)_0 < 0.50$, $-0.02 < (H-K_s)_0 < 0.13$ ve $0 < M_J < 4$ tür (spektrel sınıf B4-K7 denk gelmekte; Cox 2000, Covey ve diğ. 2007). Ortalama gözlemsel renk hataları optik için $0.02 (\pm 0.02)$ kadir iken, 2MASS için $0.04 (\pm 0.01)$ kadirdir. 2MASS verilerindeki ortalama renk hatalarının optik renklere göre daha büyük olmasının nedeni tek bir gözleme dayalı olmasındandır. M_V ve M_J mutlak kadirlerindeki ortalama renk hataları

da, sırası ile, ± 0.17 ve ± 0.22 kadirdir. Kızarmadaki belirsizlikler mutlak kadir tayinini etkiler. Kırmızı-ötedeki renkler yıldızlararası ortamdan daha az etkilendiğinden kırmızı-öte mutlak kadir kalibrasyonunun kullanımı, optiktekine göre daha duyarlı sonuçlar verir. Kalibrasyon yıldızlarının rölatif paralaks hatalarının medyan değeri $0.07'$ dir. Bu da, mutlak kadirde ± 0.15 kadirlik hataya karşılık gelir.

3.1. Hipparcos mutlak kadiri ve uzaklıklarının kalibrasyonlardan bulunanlar ile karşılaştırılması

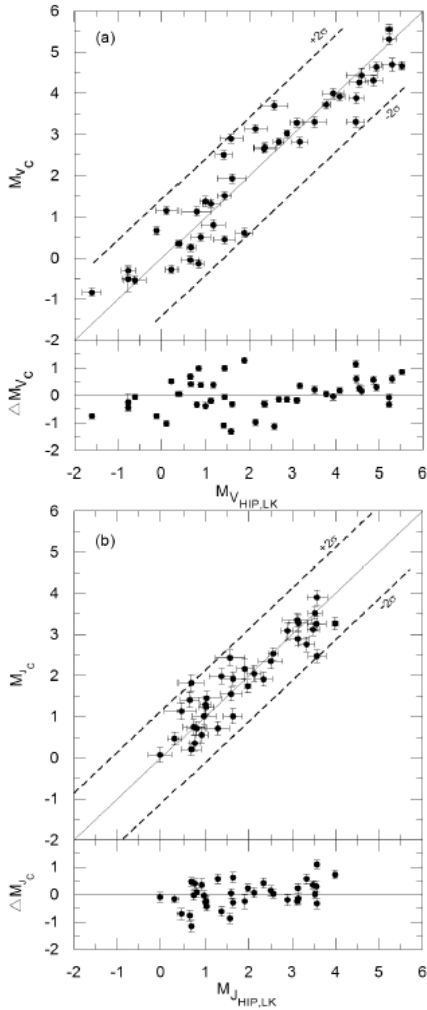
Kalibrasyon yıldızlarının LCs bağıntılarından hesaplanan mutlak kadirleri ile Hipparcos paralakslarından hesaplanan mutlak kadirleri Şekil 1'de karşılaştırılmıştır. Şekil üzerinde, kalibrasyon yıldızlarının neredeyse tamamı 2σ doğruluk limiti içinde yer almıştır. Ayrıca, kalibrasyonlardan hesaplanan mutlak kadirler ile Hipparcos mutlak kadirleri arasındaki farkların küçük olması kalibrasyonların duyarlı olduğunu göstermektedir (Şekil 1).

Mutlak kadir kalibrasyonlarından hesaplanan uzaklıklar ile LK düzeltilmiş Hipparcos paralakslarından elde edilen uzaklıklar Şekil 2'de karşılaştırılmıştır. Hipparcos uzaklıkları ile kalibrasyonlardan hesaplanan uzaklıklar arasındaki farkların standart sapması optik ve kırmızı-öte için, sırası ile, 37 ve 26 pc'tir. Şekil 2a-b'deki kesikli çizgiler 1σ doğruluk limitini gösterir. Şekilde iki farklı yöntem ile hesaplanan uzaklıklar 100 pc'e kadar uyumlu iken, daha uzaktaki birkaç sistem için aynı uyum görülmemektedir. 2MASS kalibrasyonundan hesaplanan uzaklıklar, LK düzeltilmiş Hipparcos uzaklıkları ile daha uyumludur (Şekil 2b).

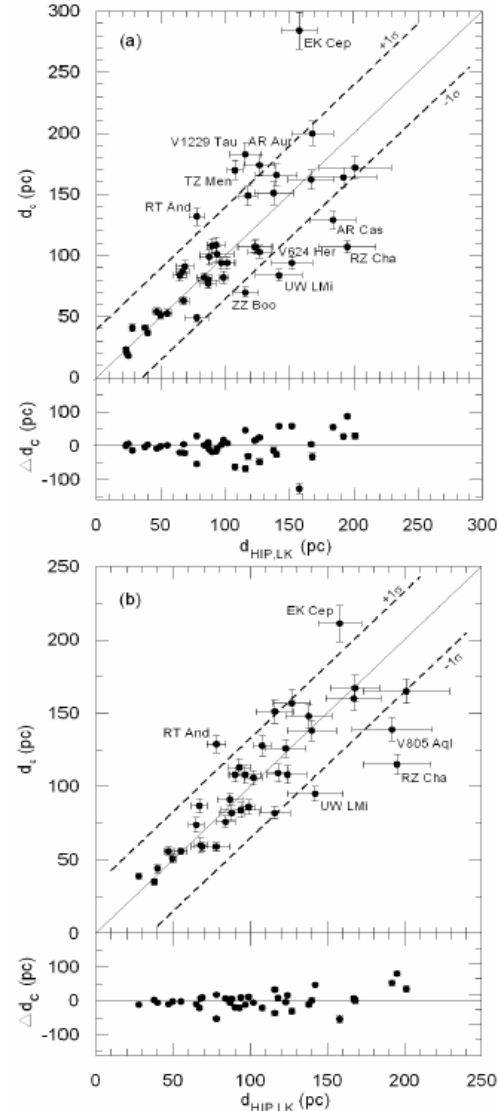
Şekil 2'de saçılan kaynakların farklı yöntemler ile hesaplanan uzaklıkları Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'den, 11 sistemin trigonometrik paralakslarından hesaplanan uzaklıkları ile farklı yöntemlerden hesaplanmış uzaklıklarının uyumlu olmadığı görülmektedir. Buna en iyi örnek V1229 Tau'dur. Southworth ve diğ. (2005b) V1229 Tau'un uzaklık tayini için üç farklı yöntem kullanmışlar ve bu uzaklıklardan hiç birinin Hipparcos uzaklığı ile uyumlu olmadığını göstermişlerdir. Çalışmada kalibrasyon yıldızı seçiminde kriter olarak rölatif paralaks hatasına dikkat edilmesinin yanısıra, sistemlerin paralakslarının 10 mas'tan daha büyük olması gerektiği görülmüştür.

3.2 Diğer ayırık sistemlere uygulama

Değişik yöntemler ile hesaplanmış anakol bileşenli 48 ayırık örten çift yıldızın uzaklık verileri literatürden toplanmıştır. Rölatif paralaks hatası $0.15 < (\sigma_\pi/\pi) < 0.50$ olan 16 sistemin paralaksı Hipparcos kataloğundan alınmıştır. Geriye kalan yıldızların uzaklıkları sistemlerin fotometrik analizlerinden elde edilmiştir. 48 yıldızın mutlak kadir tayininde kullanılan optik ve kırmızı-öte fotometrik verileri Bölüm 2’de bahsedilen kaynaklardan alınmıştır.



Şekil 1. 5 ve 6 numaralı kalibrasyonlardan hesaplanan mutlak kadirler ile LK düzeltmeli Hipparcos mutlak kadirlerin karşılaştırılması.



Şekil 2. 5 ve 6 numaralı kalibrasyonlardan hesaplanan uzaklıklar ile LK düzeltmeli Hipparcos uzaklıkların karşılaştırılması.

48 sistemin üçlü/çoklu olmasının ve/veya eksen dönmesi göstermesinin uzaklık tayininde etkisinin olup-olmadığını görebilmek

için gerekli literatür taraması yapılmıştır. Mutlak kadirleri tayin edilen sistemlerin uzaklıkları Pogson bağıntısı ile tayin edilmiştir. 48 ayrık örten çift yıldızın LCs bağıntılarından hesaplanan uzaklıkları ile literatürde verilen uzaklıklarının karşılaştırılması Şekil 3'te gösterilmiştir. Kalibrasyonlardan hesaplanan uzaklıklar literatürde verilen uzaklıklar ile genelde uyum içerisindedir. Optik ve yakın kırmızı-ötedeki bağıntılardan hesaplanan uzaklıklar ile literatürde verilen uzaklıklar arasındaki farkların standart sapması 50 pc'tir. 400 pc'ten daha uzak sistemler için hesaplanan uzaklıklar ile literatür uzaklıkları arasında büyük saçılmalar olmasına karşın, bu saçılmalar 100 pc'ten büyük değildir. Bu da, %25 doğruluğu ifade eder. Farklı semboller ile gösterilen yıldızların üçlü/çoklu olması ve/veya eksen dönmesi göstermesinin sistemin uzaklık tayininde bir yanlılığa yol açmadığı Şekil 3'ten görülmektedir.

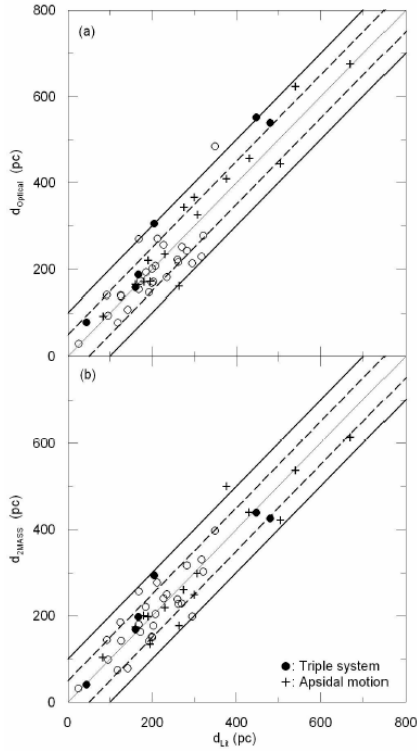
4. Sonuç

Bu çalışmada, ayrık örten çift yıldızların mutlak kadir tayini için optik ve kırmızı-ötede iki farklı LCs bağıntısı hazırlanmıştır. Mutlak kadir kalibrasyonları duyarlı Hipparcos trigonometrik paralakslarına dayandığından, yıldız sistemindeki bileşenlerin temel parametreleri bilinmeksizin, ayrık çift yıldızların uzaklıklarının belirlenmesinde pratik bir çözüm sunar. Mutlak kadir kalibrasyonları Güneş civarındaki ayrık örten çift yıldızların uzay dağılımlarını ve evrimini anlamaya yardımcı olmakla beraber, yıldız sistemlerinin astrometrik gözlemleri hakkında da ipucu verebilir. Gelecekteki GAIA ve SIM gibi gökyüzü taramalarından sağlanacak astrometrik veriler, daha güvenilir LCs ve PLCs bağıntılarının elde edilmesini sağlayacaktır.

Tablo 1. Mutlak kadir kalibrasyonlarında kullanılan ayırık çift sistemlerin temel verileri.

ID	Star	Spectral type	ℓ (°)	b (°)	π (mas)	(σ_π/π)	π_0 (mas)	$E_d(B-V)$ (mag)	V (mag)	$(B-V)$ (mag)	J (mag)	$(J-H)$ (mag)	$(H-K_s)$ (mag)	Quality
1	RT And	G0V + K2V	108.058	-6.926	13.26	0.09	12.87	0.020 ^{ae}	8.97±0.017	0.546±0.018	8.037±0.018	0.257±0.027	0.093±0.028	AAA
2	V805 Aql	A2 + A7	24.163	-8.544	5.80	0.15	5.22	0.130 ^b	7.60±0.010	0.286±0.013	6.970±0.027	0.079±0.050	0.078±0.047	AAA
3	β Aur	A1V + A1V	167.457	10.409	39.72	0.02	39.66	0.000 ^c	1.90±0.005	0.077±0.006	1.756±0.222	-0.004±0.278	-0.018±0.254	DCC
4	AR Aur	B9V + B9.6V	172.768	-2.233	8.20	0.10	7.89	0.000 ^d	6.15±0.007	-0.043±0.007	6.190±0.019	-0.064±0.025	-0.011±0.029	AAA
5	WW Aur	A4m + A5m	181.724	10.519	11.86	0.09	11.47	0.000 ^e	5.82±0.005	0.188±0.007	5.498±0.021	-0.001±0.033	0.018±0.033	AAA
6	ZZ Boo	F3V + F3V	31.820	75.482	8.88	0.09	8.60	0.012 ^e	6.78±0.005	0.402±0.006	5.982±0.021	0.115±0.043	0.037±0.044	AAA
7	SV Cam	F9V + K4V	131.572	26.523	11.77	0.09	11.37	0.015 ^e	9.30±0.019	0.703±0.023	7.872±0.023	0.366±0.051	0.130±0.051	AAA
8	AR Cas	B4V + A6V	112.466	-2.659	5.67	0.10	5.44	0.054 ^f	4.89±0.003	-0.122±0.003	5.092±0.023	-0.035±0.054	-0.037±0.055	EAA
9	YZ Cas	A1Vm + F2V	122.549	12.121	11.24	0.05	11.13	0.070 ^g	5.64±0.003	0.078±0.004	5.585±0.019	-0.059±0.042	0.042±0.043	AAA
10	V636 Cen	G0V + G7V	316.742	10.619	15.36	0.07	15.03	0.027 ^h	8.67±0.015	0.650±0.018	7.474±0.030	0.348±0.040	0.066±0.034	AAA
11	EK Cep	A2V + G5Vp	107.724	12.653	6.53	0.09	6.32	0.000 ⁱ	7.88±0.011	0.069±0.013	7.632±0.026	0.051±0.037	0.022±0.040	AAA
12	RS Cha	A8V + A8V	292.551	-21.632	10.23	0.04	10.15	0.031 ^{ae}	6.05±0.015	0.229±0.021	5.994±0.030	0.117±0.048	0.025±0.051	AAA
13	RZ Cha	F5V + F5V	298.410	-20.324	5.43	0.12	5.12	0.004 ^h	8.05±0.011	0.460±0.014	7.131±0.030	0.190±0.047	0.037±0.052	AAA
14	WY Cnc	G5V + K9V	199.471	39.307	11.76	0.15	10.65	0.011 ^{ae}	9.49±0.034	0.727±0.042	7.992±0.023	0.403±0.029	0.108±0.028	AAA
15	α CrB	A0V + G5V	41.870	53.772	43.65	0.02	43.59	0.007 ^{ae}	2.22±0.003	0.032±0.003	2.249±0.242	-0.145±0.315	0.188±0.415	DCD
16	V1143 Cyg	F5V + F5V	87.251	15.595	25.12	0.02	25.07	0.005 ^j	5.89±0.003	0.482±0.004	4.979±0.020	0.139±0.028	0.068±0.028	AAA
17	DE Dra	B9V + G2V	96.483	14.364	8.62	0.06	8.49	0.040 ^{ae}	5.71±0.003	-0.043±0.007	5.695±0.021	-0.029±0.029	0.019±0.026	AAA
18	TX Her	A5V + F0V	66.872	34.440	5.55	0.15	4.99	0.000 ^h	8.11±0.010	0.292±0.014	7.535±0.023	0.049±0.030	0.095±0.030	AAA
19	V624 Her	A3Vm + A7V:	38.716	21.250	6.93	0.11	6.60	0.051 ⁱ	6.18±0.005	0.211±0.006	5.740±0.019	0.034±0.026	0.056±0.018	AAF
20	V772 Her	G0V + G5V	47.757	19.298	26.51	0.05	26.23	0.020 ^h	7.07±0.006	0.654±0.007	5.818±0.030	0.337±0.050	0.127±0.049	AAA
21	HS Hya	F4V + F4V	261.349	31.676	11.04	0.08	10.75	0.024 ^{ae}	8.08±0.012	0.466±0.014	7.206±0.021	0.172±0.040	0.077±0.038	AAA
22	KW Hya	A5Vm + F0V	237.548	26.953	12.10	0.07	11.85	0.012 ^{mn}	6.10±0.005	0.232±0.008	5.654±0.023	0.022±0.046	0.088±0.045	AAA
23	GZ Leo	K1V + K1V	217.241	64.826	18.43	0.06	18.11	0.007 ^{ae}	8.96±0.019	0.872±0.026	7.244±0.019	0.428±0.025	0.111±0.023	AAA
24	UV Leo	G0V + G2V	228.700	56.462	10.85	0.11	10.33	0.016 ^{ae}	8.91±0.019	0.657±0.023	8.069±0.026	0.318±0.033	0.108±0.026	AAA
25	UW LMi	F8V + F8V	202.219	61.777	7.73	0.14	7.07	0.003 ^{ae}	8.34±0.012	0.596±0.015	7.320±0.034	0.281±0.043	0.059±0.031	AAA
26	GG Lup	B7V + B9V	330.846	13.954	6.34	0.11	5.99	0.027 ^{mn}	5.59±0.005	-0.099±0.007	6.117±0.020	-0.137±0.039	0.042±0.040	AAA
27	FL Lyr	F8V + G8V	77.268	15.933	7.69	0.12	7.25	0.040 ^o	9.35±0.022	0.574±0.025	8.243±0.026	0.258±0.042	0.086±0.039	AAA
28	V478 Lyr	G8V + M2V	61.852	10.124	35.70	0.02	35.63	0.008 ^{ae}	7.78±0.007	0.763±0.009	6.232±0.020	0.377±0.026	0.114±0.026	AAA
29	TZ Men	B9V + G1V	297.348	-28.827	9.35	0.05	9.24	0.055 ^{ae}	6.18±0.004	-0.003±0.004	6.137±0.029	0.018±0.049	0.002±0.048	AAA
30	UX Men	F8V + F8V	287.845	-31.096	9.93	0.06	9.77	0.027 ^p	8.23±0.010	0.549±0.011	7.195±0.027	0.219±0.038	0.061±0.036	AAA
31	η Mus	B8V + B9V	305.178	-5.127	8.04	0.07	7.86	0.008 ^q	4.79±0.002	-0.078±0.003	4.949±0.044	-0.082±0.050	0.040±0.033	EAA
32	EE Peg	A3mV + F5V	64.182	-31.117	7.61	0.12	7.14	0.020 ^{ae}	6.96±0.015	0.120±0.018	6.720±0.018	0.003±0.044	0.071±0.049	AAA
33	V505 Per	F5V + F5V	135.812	-6.101	15.00	0.06	14.81	0.012 ^{ae}	6.86±0.007	0.456±0.001	6.070±0.067	0.277±0.076	0.022±0.041	AAA
34	V570 Per	F5V + F5V	145.178	-8.189	8.53	0.11	8.07	0.071 ^{ae}	8.05±0.012	0.491±0.015	7.160±0.026	0.212±0.031	0.066±0.026	AAA
35	ζ Phe	B6V + B8V	297.833	-61.714	11.66	0.07	11.45	0.000 ^r	3.94±0.004	-0.120±0.220	4.216±0.450	0.001±0.570	0.011±0.539	DDD
36	UV Psc	G5V + K3V	134.149	-55.504	15.87	0.08	15.42	0.017 ^{ae}	8.98±0.023	0.712±0.028	7.633±0.029	0.407±0.040	0.092±0.035	AAA
37	BB Scl	K3V + K4V	231.697	-80.036	42.29	0.03	42.08	0.003 ^{ae}	7.11±0.009	0.909±0.011	5.340±0.023	0.367±0.079	0.283±0.078	AEA
38	CD Tau	F6V + F6V	183.955	-10.136	13.66	0.12	12.82	0.026 ^h	6.69±0.009	0.523±0.009	5.851±0.021	0.183±0.037	0.079±0.042	AAA
39	V818 Tau	G6V + K6V	177.621	-23.356	21.40	0.06	21.11	0.005 ^s	8.32±0.017	0.756±0.004	6.865±0.020	0.379±0.026	0.089±0.024	AAA
40	V1229 Tau	A0Vp + Am	166.535	-23.319	9.05	0.11	8.61	0.025 ^e	6.83±0.011	0.066±0.006	6.635±0.023	-0.006±0.035	0.034±0.035	AAA
41	XY UMa	G9V + K7V	162.720	41.675	15.09	0.10	14.49	0.005 ^{ae}	9.50±0.029	0.765±0.039	7.770±0.020	0.493±0.043	0.118±0.042	AAA
42	PT Vel	A1V + A6V	266.180	3.329	6.20	0.10	5.94	0.004 ^{sa}	7.02±0.006	0.055±0.008	6.863±0.030	0.010±0.042	0.016±0.041	AAA
43	ER Vul	G0V + G5V	73.342	-12.306	20.06	0.04	19.92	0.018 ^h	7.33±0.007	0.614±0.010	6.082±0.019	0.294±0.028	0.070±0.029	AAA
44	HD 71636	F2V + F5V	184.980	34.803	8.54	0.11	8.10	0.026 ^h	7.88±0.010	0.441±0.015	7.074±0.020	0.152±0.029	0.036±0.040	AAA

(a) Schlegel ve diğ. (1998), (b) Popper (1981), (c) Nordström ve Johansen (1994), (e) Lacy (1979), (f) Holmgren ve diğ. (1999), (g) de Landsheer ve Mulder (1983), (h) Norström ve diğ. (2004), (i) Popper (1987), (j) Andersen ve diğ. (1987a), (k) Popper (1980), (l) Popper (1984), (m) Andersen ve Vaz (1984), (n) Andersen ve diğ. (1993), (o) Lacy (2002), (p) Andersen ve diğ. (1989), (q) Bakış ve diğ. (2007), (r) Clausen ve diğ. (1976), (s) Lastennet ve diğ. (1999), (t) Groenewegen ve diğ. (2007), (u) Bakış ve diğ. (2008).



Şekil 3. Kalibrasyonlardan hesaplanan uzaklıklar ile literatürde farklı yöntemlerden hesaplanan uzaklıkların karşılaştırılması. İnce kesikli (50 pc) ve kalın katı çizgi (100 pc) birebir çizgisine olan uzaklığı göstermektedir.

Tablo 2. Şekil 2’de çok saçılan yıldızların optik ve 2MASS kalibrasyonlarından hesaplanan uzaklıklar, LK düzeltmeli Hipparcos ve literatür uzaklıkları.

Star	Eq. 5 d (pc)	Eq. 6 d (pc)	Hip d_{LK} (pc)	Lit. d (pc)	Refs
RT And	132 ± 7	129 ± 6	78 ± 6	103	(1)
V805 Aql	164 ± 8	139 ± 8	192 ± 26	–	(–)
AR Aur	174 ± 9	157 ± 9	127 ± 12	136 ± 7	(2)
ZZ Boo	70 ± 4	82 ± 4	116 ± 10	79	(3)
AR Cas	129 ± 7	–	184 ± 18	–	(–)
EK Cep	284 ± 15	211 ± 12	158 ± 14	190	(4)
RZ Cha	107 ± 5	115 ± 7	195 ± 22	190 ± 10	(5)
V624 Her	94 ± 5	–	152 ± 16	111	(6)
UW LMi	84 ± 5	95 ± 5	141 ± 18	82	(7)
TZ Men	170 ± 8	128 ± 7	108 ± 6	120 ± 10	(8)
V1229 Tau	183 ± 9	151 ± 8	116 ± 12	139 ± 4	(9)

(1) Arevalo ve diğ. (1995), (2) Semeniuk (2000), (3) Popper (1998), (4) Popper (1987), (5) Andersen ve diğ. (1975), (6) Lacy (1979), (7) Nordström ve diğ. (2004), (8) Andersen ve diğ. (1987b), (9) Southworth ve diğ. (2005b)

Kaynaklar

- Ak, T., Bilir, S., Ak, S., Retter, A., 2007, *NewA*, 12, 446
 Andersen, J., Gjerloff, H., Imbert, M., 1975, *A&A*, 44, 349
 Andersen, J., Vaz, L.P.R., 1984, *A&A*, 130, 102
 Andersen, J., Nordström, B., Garcia, J.M., Gimenez, A., 1987a, *A&A*, 174, 107
 Andersen, J., Clausen, J.V., Nordström, B., 1987b, *A&A*, 175, 60
 Andersen, J., Clausen, J.V., Magain, P., 1989, *A&A*, 211, 346
 Andersen, J., 1991, *A&Arv*, 3, 91
 Andersen, J., Clausen, J.V., Gimenez, A., 1993, *A&A*, 277, 439
 Arevalo, M.J., Lazaro, C., Claret, A., 1995, *AJ*, 110, 1376
 Bahcall, J.N., Soneira, R.M., 1980, *ApJS*, 44, 73

- Bakış, V., Bakış, H., Eker, Z., Demircan, O., 2007, MNRAS, 382, 609
Bakış, V., Bakış, H., Demircan, O., Eker, Z., 2008, MNRAS, 384, 1657
Bilir, S., Güver, T., Aslan, M., 2006, AN, 327, 693
Bilir, S., Ak, S., Karaali, S., Cabrera-Lavers, A., Chonis, T.S., Gaskell, C.M., 2008, MNRAS, 384, 1178
Clausen, J.V., Gyldenkerne, K., Gronbech, B., 1976, A&AS, 23, 261
Covey, K.R., ve diğ., 2007, AJ, 134, 2398
Cox, A.N., 2000, Allen's astrophysical quantities, ISBN: 0387987460
Cutri, R.M., ve diğ., 2003, Vizier On-Line Data Catalog: II/246
de Landtsheer, A.C., Mulder, P.S., 1983, A&A, 127, 297
Eker, Z., ve diğ., 2008, MNRAS, astro-ph/0805.4517
ESA, 1997, The Hipparcos and Tycho Catalogues, ESA SP- 1200.
ESA, Noordwijk
Fiorucci, M., Munari, U., 2003, A&A, 401, 781
Groenewegen, M.A.T., Decin, L., Salaris, M., De Cat, P., 2007, A&A, 463, 579
Holmgren, D.E., ve diğ., 1999, A&A, 345, 855
Jerzykiewicz, M., 2001, AcA, 51, 151
Lacy, C.H.S., 1979, ApJ, 228, 817
Lacy, C.H.S., 2002, AJ, 124, 1162
Lastennet, E., Valls-Gabaud, D., Lejeune, Th., Oblak, E., 1999, A&A, 349, 485
Lutz, T. E., Kelker, D. H., 1973, PASP, 85, 573
Maiz Apellaniz, J., 2005, Proceedings of the Gaia Symposium "The Three-Dimensional Universe with GAIA" (ESA SP-576), p.179
Marshall, D.J., Robin, A.C., Reyl'e, C., Schultheis, M., Picaud, S., 2006, A&A, 453, 635
Nordström, B., Johansen, K.T., 1994, A&A, 282, 787
Nordström, B., ve diğ., 2004, A&A, 418, 989
Paczyński, B., Szczygiel, D.M., Pilecki, B., Pojmański, G., 2006, MNRAS, 368, 1311
Popper, D.M., 1980, ARA&A, 18, 115
Popper, D.M., 1981, ApJ, 244, 541
Popper, D.M., 1984, AJ, 89, 1057
Popper, D.M., 1987, ApJ, 313L, 81
Popper, D.M., 1998, PASP, 110, 919
Rucinski, S.M., 1974, Mem. Soc. Astron. Ital, 45, 799

- Rucinski, S.M., 1994, PASP, 106, 462
Rucinski, S.M., Duerbeck, H.W., 1997, PASP, 109, 1340
Schlegel, D.J., Finkbeiner, D.P., Davis, M., 1998, ApJ, 500, 525
Semeniuk, I., 2000, AcA, 50, 381
Smith, H.Jr., 1987, A&A, 171, 336
Southworth, J., Maxted, P.F.L., Smalley, B., 2004, MNRAS, 351, 1277
Southworth, J., Smalley, B., Maxted, P.F.L., Claret, A., Etzel, P.B., 2005a, MNRAS, 363, 529
Southworth, J., Maxted, P.F.L., Smalley, B., 2005b, A&A, 429, 645