

KATAKLİSMİK DEĞİŞEN YILDIZLAR İÇİN YENİ BİR UZAKLIK KALİBRASYONU

Aykut ÖZDÖNMEZ, Tansel AK, Selçuk BİLİR

*İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119, Beyazıt-İstanbul
(e-posta: aykutozdonmez@gmail.com, tanselak@istanbul.edu.tr, sbilir@istanbul.edu.tr)*

Özet: Uzaklık tayini, yıldızların Galaktik dağılımı ile Galaksi evriminin anlaşılması, ilgilenilen nesnelere evrim modellerinin sınanması ve fiziksel yapılarının araştırılması için önemlidir. Katakliksmik değişenlerin uzaklık tayini için bileşen yıldızın fotometrik özelliklerini kullanmak uygun bir yöntem olabilir. Bununla birlikte yığılma disklerinin toplam akıya özellikle optik bölgede yaptığı katkı fotometrik paralaksta büyük belirsizliklere yol açacağından, bu yöntemle elde edilen uzaklıkların hataları yüksek olur. Bu sebeple, bileşen yıldızın toplam akıya katkısının en çok olduğu yakın kızılötesi bölgede yapılmış gözlemleri ve güvenilir trigonometrik paralaksları kullanarak, bu yıldızlara ait yörünge dönemi-parlaklık-renk ilişkilerinden uzaklık tayini yapılmıştır. Kalibrasyonlar için Ak ve diğ. (2007) tarafından yakın kızılötesi verileriyle geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Bu sayede yörünge dönemleri 78-720 dakika arasındaki sistemlerin uzaklıkları belirlenerek, bir mutlak kadir kalibrasyonu geliştirilmiştir.

1. Giriş

Katakliksmik değişenler, baş yıldız beyaz cüce ve bileşeni Roche lobunu doldurmuş bir geç tipten bir anakol yıldız olan kısa dönemli etkileşen çift yıldızlardır. Bileşen yıldızın Roche lobundan sürekli taşan madde beyaz cücenin etrafında bir yığılma diski oluşturur ve maddenin yığılma diskine çarpması sonucu diskin dış kısmında bir sıcak leke meydana gelir. Diskin iç kısmında beyaz cücenin manyetik alanı ile etkileşen madde, beyaz cüce ile disk arasında bir geçiş bölgesi oluşmasına yol açar. Beyaz cücenin ortalama manyetik alan şiddetinin yüksek olduğu sistemlerde yığılma diskinin oluşumu engellenir ve beyaz cüce üzerine yığılma, yığılma kolonlarıyla gerçekleşir.

Uzaklık tayini, astronomi çalışmalarının en zorlu konularından biridir ve duyarlı uzaklık tayini, gök cisimlerinin atmosfer modeli parametrelerinin hesaplanmasında son derece önemlidir. Ancak katakliksmik değişenler zamana bağlı fotometrik ve tayfsal değişimler sergilediklerinden, araştırmacılara ilave güçlükler çıkarırlar. Ayrıca beyaz cüce ile bileşen yıldız arasında kalan diskin iç kısımları sıcak, dış bölgeleri ise soğuktur. Disk ve sıcak leke özellikle görsel bölgede baskın olduğundan, bu dalgaboyu bölgesinde katakliksmik değişenlere fotometrik paralaks yöntemi uygulanamamaktadır. Bu sebeplerden dolayı genelde farklı uzaklık tayini yöntemlerine başvurulur. Patterson (1998), katakliksmik değişenlerin uzaklıklarının tayininde kullanılacak tek bir yöntem, “sihirli bir değnek”, olmadığını belirtir. Böyle bir sihirli değnek, sistemlerin gerçek uzay dağılımları, uzay yoğunlukları ve Galaktik model parametrelerinin hesaplanması için kullanılabilir (Ak ve diğ., 2008).

Uzaklık tayini için sistemde en az değiştiği bilinen anakol bileşeninin, toplam ışınım katkısının en yüksek olduğu ve yıldızlararası kızarmadan az etkilenen kızılötesi bölgedeki fotometrik özelliklerini kullanmak daha duyarlı sonuçlar elde etmemize olanak sağlar. Bileşen yıldızın fiziksel özelliklerinin yörünge dönemine de bağlı olduğu

bilindiğinden, trigonometrik paralaksarı ölçülebilmış sistemlerin kıvılötesindeki fotometrik verileri ile yörünge dönemlerinin birlikte kullanıldığı bir mutlak parlaklık kalibrasyonu, diğere yöntemlere göre nispeten daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar. Ak ve diğ. (2007) kataklismik değışenler için dönem-ışınma gücü-renkler ilişkisi (PLC) önermiştir. Ak ve diğ. (2007), yakın kıvılötesi (2MASS - Two Micron All Sky Survey) verileriyle PLC ilişkisi kullanılarak, tüm kataklismik değışenlerin istatistiksel paralaksalarının tayin edilmesine olanak sağlayan bir kalibrasyon geliştirmiştir. Yörünge dönemi bilinen ve yakın kıvılötesi gözlemi bulunan tüm kataklismik değışenlere uygulanabilen bu yöntemi, Knigge (2006) ve Beuermann (2006) tarafından önerilmiş benzer yöntemlerle karşılaştıran Gariety ve Ringwald (2012), PLC'den hesaplanmış uzaklıkların diğere yollarla belirlenenlerden daha duyarlı oldukları sonucuna varmıştır.

van Leeuwen (2007) Hipparcos'un daha önce yayımlanmış astrometrik verilerini yeni bir indirgeme yöntemi ile geliştirerek, diğere yıldızların yanı sıra kataklismik değışenlerin trigonometrik paralaksalarını da daha duyarlı hale getirmiştir. Ayrıca yer tabanlı trigonometrik paralaksarı ölçülebilen kataklismik değışenlerin sayısı ve ölçümlerin duyarlılıkları da zamanla artmıştır (Roelofs ve diğ., 2007; Patterson, Thorstensen ve Knigge, 2008; Thorstensen ve diğ., 2008, 2009). Bu durum, PLC ilişkisinin yeniden gözden geçirilmesi ve daha hassas bir mutlak parlaklık kalibrasyonu elde edilmesi ihtiyacını doğurmuştur.

2. Veri

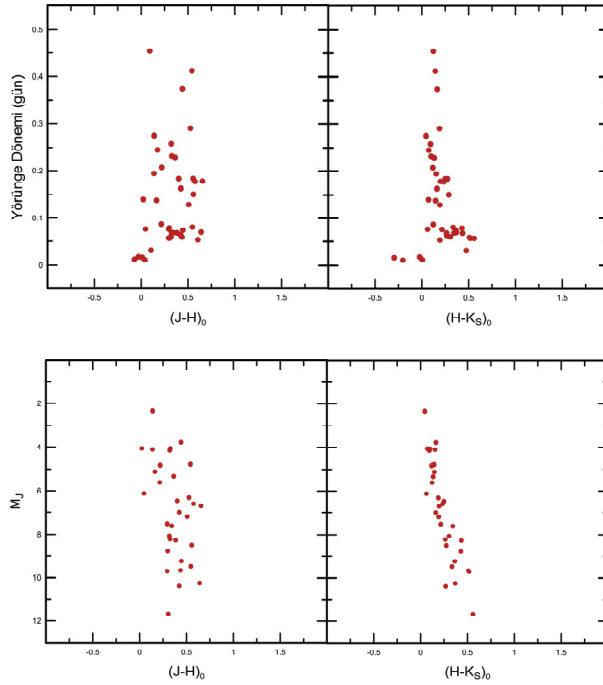
En duyarlı uzaklık tayini trigonometrik paralaks yöntemiyle yapılır. Kataklismik değışenler sönük ve uzak sistemler olduğundan, literatürde hassas trigonometrik paralaks tayinleri yapılabilmış sistem sayısı azdır. Hipparcos (ESA 1997) uydusu ve Hubble Uzay Teleskopu ile yapılan gözlemlerden itibaren bazı parlak kataklismik değışenlerin trigonometrik paralaksarı ölçülmüştür (Duerbeck, 1999; McArthur ve diğ., 1999, 2001; Harrison ve diğ. 2004; Beuermann ve diğ., 2003, 2004; Roelofs ve diğ., 2007). Ancak Hipparcos uydusunun gözlemlerinden kataklismik değışenler için hesaplanmış paralaksaların hata mertebelerinin çok yüksek olması dikkat çekmiştir. Bunun üzerine van Leeuwen (2007) Hipparcos uydusu ile ölçülen trigonometrik paralaksalarını daha duyarlı hale getirmiştir. Kataklismik değışenlerin trigonometrik paralaks ölçümünde yer tabanlı gözlemlere dayanan girişimler de olmuş, çok sayıda kataklismik değışenin trigonometrik paralaksarı yer tabanlı gözlemlerle belirlenmiştir (Thorstensen, 2003; Patterson, Thorstensen ve Knigge, 2008; Thorstensen ve diğ., 2008, 2009).

PLC yöntemine temel teşkil eden mutlak parlaklık kalibrasyonu oluşturulması için, yörünge dönemleri Ritter ve Kolb'un (2003, son güncelleme Haziran 2012) kataloğundan, yakın kıvılötesi fotometrik verileri ise 2MASS Nokta Kaynak Kataloğu'ndan (Cutri ve diğ. 2003) derlenmiştir. Fotometrik verilerin yıldızlararası kıvırmadan arındırılması için literatürden E(B-V) renk artıkları toplanmış ve Fiorucci ve Munari'nin (2003) 2MASS verileri için hesapladığı kıvırma katsayıları kullanılmıştır. Kullanılan indirgeme ve hesaplama işlemleri Ak ve diğ. (2008) tarafından detaylı olarak anlatılmıştır. Böylece yaklaşık 50 adet sistem için veri derlenmiştir. Kıvırmadan arındırılmış renk ve parlaklıkları göstermek için "0" alt indisi kullanılmıştır.

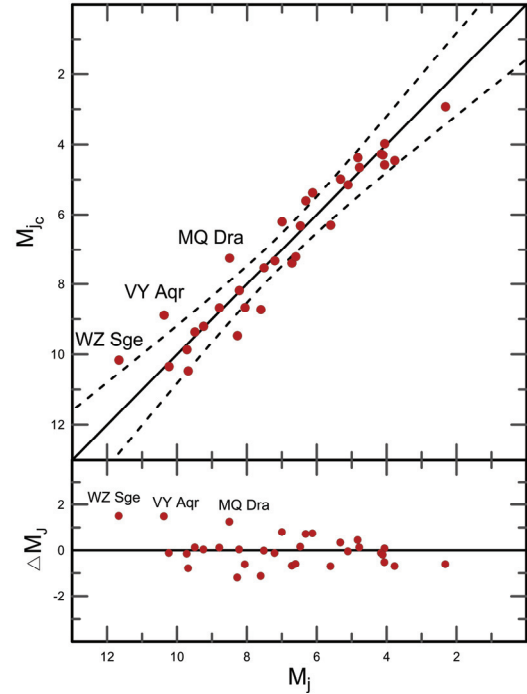
3. Mutlak Parlaklık Kalibrasyonu

Duyarlı bir PLC ilişkisi elde etmek için, yörünge dönemleri, trigonometrik paralaksarı ve kızılötesi verileri derlenen sistemlere şu ölçütler uygulanmıştır: (i) Rölatif paralaks hatası $\sigma_\pi/\pi \leq 0.5$ olan sistemler tercih edilmiştir. (ii) Yörünge dönemleri 78-720 dakika aralığındaki sistemler dikkate alınmıştır. Bu ölçütlerle sistem sayısı 33'e, J bandındaki parlaklık hatası yüksek olan EF Eri'nin de istatistik dışı bırakılmasıyla sistem sayısı 32'ye inmiştir. PLC ilişkisinin hesabında kullanılan değişkenler arasında bağılıklar Şekil 1'de gösterilmiştir. Bahsedilen verilerden itibaren elde edilen PLC ilişkisi şu şekildedir:

$$M_J = -0.879(\pm 0.657) - 5.08(\pm 0.751) \times \text{LogP}(\text{gün}) + 5.10(\pm 0.948) \times (J-H)_0 + 5.64(\pm 1.510) \times (H-K_s)_0$$



Şekil 1. PLC ilişkisi hesabında kullanılan 32 kataklismik değişkenin yörünge dönemi ile kızarmadan arındırılmış renk indisleri diyagramı (üste) ve sistemlerin trigonometrik paralakstan hesaplanan J-bandı mutlak parlaklıkları ile renk indisleri diyagramı (altta).



Şekil 2. Trigonometrik paralakstan (M_J) ve PLC ilişkisinden (M_{Jc}) hesaplanan mutlak parlaklıkların karşılaştırılması. Kesikli çizgi %99 güvenirliliği göstermektedir.

Burada $(J-H)_0$ ve $(H-K_s)_0$ kızarmadan arındırılmış 2MASS renklerini, P yörünge dönemini, M_J ise J bandındaki mutlak parlaklığı temsil etmektedir. Kalibrasyonun korelasyon katsayısı ve standart sapması, sırasıyla, $R = 0.89$ ve $\sigma = \pm 0.70$ bulunmuştur. PLC ilişkisinin kullanılabilceği parametre aralıkları; $0.02 < (J-H)_0 \leq 0.65$, $0.04 < (H-K)_0 \leq 0.56$ ve $0.054 < P(\text{gün}) \leq 0.5$ şeklindedir. Trigonometrik paralakslardan ve PLC ilişkisinden itibaren hesaplanmış mutlak parlaklıkların karşılaştırılması Şekil 2'de gösterilmiştir.

4. Sonuç

Ak ve diğ. (2007) tarafından 27 kataklismik değişen kullanılarak elde edilen mutlak parlaklık kalibrasyonu, burada sistem sayısı yaklaşık %20 arttırılarak daha duyarlı hale getirilmiştir. PLC ilişkisinden ve trigonometrik paralakstan itibaren hesaplanan mutlak parlaklıklar karşılaştırıldığında, sistemlerin neredeyse tamamının Şekil 2’de kesikli çizgi ile gösterilen %99’luk güvenilirlik çizgisinin içinde yer aldıkları görülmektedir. İlişkide diğer sistemlere nispeten daha çok saçılan MQ Dra, VY Aql ve WZ Sge’de, yığılma diskinin kızılötesi ışınımına katkısı muhtemelen diğer sistemlere göre daha fazladır. Şekil 2, sistemlerin uzaklıklarının etkinlik evrelerine bakılmaksızın duyarlı şekilde hesaplanabileceğini göstermektedir. Geniş bir yörünge dönemi ve renk aralığında tüm kataklismik değişenlerin uzaklıkları hakkında bilgi veren duyarlı istatistiksel paralakslarını hesaplamak bu kalibrasyon ile mümkündür.

Burada kullanılan PLC ilişkisi, 2MASS’ın yanı sıra yeni yayımlanmış olan WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer; Wright ve diğ., 2010) verileri de katılarak geliştirilecek ve uygun verisi bulunabilen tüm kataklismik değişenlerin ve alt-sınıflarının Galaktik model parametrelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

5. Kaynaklar

- Ak, T., Bilir, S., Ak, S., Retter, A., 2007, *NewA*, 12, 446
Ak, T., Bilir, S., Ak, S., Eker, Z., 2008, *NewA*, 13, 133
Beuermann, K., ve diğ., 2003, *A&A*, 412, 821
Beuermann, K., ve diğ., 2004, *A&A*, 419, 291
Beuermann, K., 2006, *A&A*, 460, 783
Cutri, R. M. ve diğ., 2003. *VizieR On-Line Data Catalog: II/246*, Originally published in: University of Massachusetts and Infrared Processing and Analysis Center
Duerbeck, H. W., 1999, *IBVS*, 4731
ESA, 1997, *The Hipparcos and Tycho Catalogues*, ESA SP-1200. ESA, Noordwijk
Fiorucci, M., Munari, U., 2003, *A&A* 401, 781
Gariety, M. J., Ringwald, F. A., 2012, *NewA*, 17, 154
Harrison, T. E., ve diğ., 2004, *AJ*, 127, 460
Knigge C., 2006, *MNRAS*, 373, 484
McArthur, B. E., ve diğ., 1999, *ApJ*, 520, L59
McArthur, B. E., ve diğ., 2001, *ApJ*, 560, 907
Patterson, J., 1998, *PASP*, 110, 1132
Patterson, J., Thorstensen, J. R., Knigge, C, 2008, *PASP*, 120, 510
Ritter H., Kolb U., 2003, *A&A*, 404, 301 (update RKcat7.18, 2012)
Roelofs, G. H. A., ve diğ., 2007, *ApJ*, 666, 1174
Thorstensen, J. R., 2003, *AJ*, 126, 3017
Thorstensen, J. R., Lépine, S., Shara, M., 2008, *AJ*, 136, 2107
Thorstensen, J. R., ve diğ., 2009, *PASP*, 121, 465
van Leeuwen, F., 2007, *A&A*, 474, 653
Wright, E. L., ve diğ., 2010, *AJ*, 140, 1868