

Oort Sabitlerinin Yıldız Rengine göre Değişimi

Oğuz Öztürk^{1,2}★, Ahmet Erdem^{1,2}, David Hobbs^{3,4},

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fizik Bölümü, Çanakkale, Türkiye

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Gözlemevi, Çanakkale, Türkiye

³ Lund University, Department for Astronomy and Theoretical Physics, Lund, Sweden

⁴ Lund Observatory, Lund, Sweden

Özet

Oort sabitleri, Samanyolu Galaksimizin yerel dönme özelliğini karakterize eden sabitlerdir. Bu sabitler, yıldızların galaktik konumları (l) ve hareketlerine (μ_l) doğrudan bağlıdır. Bu çalışmanın amacı, Hipparcos Kataloğunda yer alan yıldızları kullanarak, farklı $B - V$ renk aralığındaki yıldızlar için Oort sabitlerini belirlemektir. Oort sabitlerinin duyarlı değerleri Feast ve Whitelock (1997) tarafından $A = 14.82$ km/s/kpc ve $B = -12.37$ km/s/kpc olarak verilmektedir. Hipparcos kataloğundaki farklı $B - V$ renk aralığındaki yıldız gruplarına bakıldığında, renkleri $0.0 < B - V < 0.2$ kadir olan parlak yıldızlardan hesapladığımız Oort sabitleri ($A = 15.53$ km/s/kpc ve $B = -12.78$ km/s/kpc), Feast ve Whitelock (1997) tarafından verilen değerlere en yakın değerler olarak görülmektedir. Bu sonuç ve diğer $B - V$ renk aralığındaki yıldız gruplarından elde edilen Oort sabitlerinin değerleri çalışmamızda ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: catalogues, Samanyolu, Galaksiler, Kozmoloji

1 Giriş

A ve B ile temsil edilen Oort Sabitleri, Samanyolu Galaksimizin yerel dönme özelliğini karakterize eden sabitlerdir (bkz Hobbs (2014), Lindegren (2014)): $V_0/R_0 = A - B$ ve $(dV/dR)_0 = -(A + B)$. Burada " $V(R)$ ", " R " ve " 0 " indisi, sırasıyla, dönme eğrisini (rotation Curve), galaktik merkezden olan uzaklığı ve Güneş'in galaktik merkezden olan uzaklıktaki konumunu (LSR) temsil etmektedirler. Öte yandan, yıldızların galaktik boylamları (l) ve öz hareketleri (μ_l) arasındaki ilişki $A \cdot \cos(2l) + B = K \cdot \mu_l$ şeklindedir (bkz Lindegren (2014)). Burada K , 4.7405 değerinde bir sabit olup, "mili yay saniyesi \cdot yıl⁻¹ (mas/yıl)" birimini "km s⁻¹ kpc⁻¹" birimine dönüştüren bir katsayıdır. Denklemden görüldüğü üzere yıldızların hareketleri, konumlarına lineer olarak bağlıdır, i.e., $\mu_l = \mu_l \cdot \cos(2l)$. Bu lineer ilişki ve Hipparcos Kataloğu yardımı ile Oort Sabitlerinin değerleri, belirli kriterlerdeki beş yıldız grubu için hesaplanmıştır.

2 Yıldız Seçimi ve Metot

Güneş etkisi, Güneş'ten ~ 0.1 kpc kadar uzak bölgelerde yer alan yıldızlarda oldukça etkilidir (bkz Lindegren (2014)). Yakın yıldızların öz hareketleri, Güneşimiz dahil her bir yakın yıldızın hız dağılımını içermektedir. Bu yıldızların hızlarının büyüklüğü yaklaşık olarak 20km/s mertebesinde olduğu kabul edilebilir (bkz Lindegren (2014); Hobbs (2014)). Yıldızların öz hareketi ve teğetsel hızları arasındaki ilişki $\mu = \tau/(K \cdot r)$ şeklindedir. Burada r ve τ (~ 20 km/s), sırasıyla, yıldızın bizden olan uzaklığını ve yıldızın teğetsel hızını temsil etmektedirler. Galaksimizin diferansiyel dönmesi, öz hareketi etkilemektedir. Bu etki, kendisini, yıldız grubunun galaktik boylam doğrultusundaki öz hareketlerinin ($K \cdot \mu_l$) galaktik boylam koordinatlarına (l) göre değişimi grafiğinde $A/K \cong 3$ mas/yıl genliği olarak gösterir (bkz Lindegren (2014), Hobbs (2014)). Galaksimizin diferansiyel dönme etkisini görebilmek için seçeceğimiz yıldızların öz hareketleri $A/K \cong 3$ mas/yıl değerinden küçük veya eşit olmalıdır.

Bu durum, yıldızların bizden olan uzaklarına (r) sınırlamaktadır. Bu sınırlama $p \leq 0.73 \cong 1$ mas koşuluna ve Galaksimizin diferansiyel dönmesinden oldukça etkilenen yıldızları işaret eder. Hipparcos Kataloğunda yer alan ve ıraksınımları < 0.5 mas olan uzak yıldızların ıraksınımları yüksek standart hata ile verilmiştir. ıraksınımları duyarlı olarak ölçülmüş yıldızları seçmek için ıraksınımlarındaki standart hata (σ_p) 1.5 mas değerine eşit veya bu değerden küçük yıldızlar seçilmiştir ($\sigma_p \leq 1.5$ mas). $\sigma_p \leq 1.5$ mas sınırlaması, katalogdaki uzak yıldızları ihmal etmektedir.

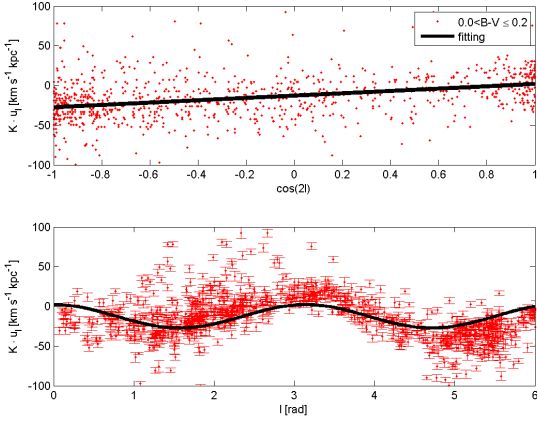
Genç yıldızların yaklaşık %85-95'i galaktik diske yakın olan ince bir bölgede bulunurlar. Geriye kalan ve muhtemelen daha yaşlı olan yıldızlar ise kalın galaktik disk bölgesinde yer alırlar. İnce galaktik diskin kalınlığı yaklaşık olarak 600pc civarındadır (bkz Lindegren (2014)). Samanyolu Galaksisinin diferansiyel dönmesi galaktik diske yakın olan yıldızların öz hareketlerini etkilemektedir. Bu nedenle, Oort sabitlerini duyarlı olarak belirlemek için, galaktik diske yakın olan yıldızlar ele alınmalıdır. Bu durum, Oort sabitlerini belirlemek için kullanılacak yıldızların galaktik boylamlarında (b) bir sınırlama getirmektedir. Bizden 1000pc uzaklığa kadar uzak olan yıldızları seçtiğimizde, en uzak yıldız için galaktik boylam $b \approx 17$ derece olarak bulunur. Bu nedenle, galaktik boylamlardaki sınırlama $b \leq 17$ derece şeklinde olmalıdır. Renkleri $B - V < 0.6$ kadir olan anakol yıldızları genellikle, galaktik diske yakın olan aynı yönelimli hız vektörlerine sahip genç yıldızlardan oluşmaktadır (bkz Tayler (1994)). Bu renklerdeki yıldızlar, hem galaktik diske yakın bulduklarından (Galaktik diferansiyel dönmesinden en çok etkilenen yıldızlardır) hem de hız vektörleri birbirleri ile aynı yönelimde olduklarından, Oort Sabitlerini belirlemek için kullanılacak en uygun yıldızlardır. Bu çalışmada Oort sabitlerini belirlemek için renkleri $-0.2 < B - V \leq 0.6$ kadir aralığında olan yıldızlar seçilmiştir.

Yıldızlarının galaktik boylam doğrultusundaki öz hareketi (μ_l) yıldızların galaktik boylamları ile orantılıdır ($\mu_l = \mu_l \cos(2l)$). Bu orantı $y = mx + C$ gibi bir doğru denklemi olarak düşünülürse, $y = K \cdot \mu_l$, $x = \cos 2l$, $A = m$ ve $B = C$ olmalıdır. Farklı gruplardan elde edilen $\mu_l - \cos 2l$ diyagramının

★ oguzozturk@comu.edu.tr

Çizelge 1. Kullanılan veri özeti ve elde edilen bulgular

Gr.	$B - V$ (kadir)	Yıldız sayısı	A (km/s/kpc)	B (km/s/kpc)
# 1	(-0.2, 0.0]	588	15.53±1.52	-16.98±1.02
# 2	(0.0, 0.2]	966	15.54±1.32	-12.78±0.93
# 3	(0.2, 0.4]	405	15.08±2.01	-9.19±1.43
# 4	(0.4, 0.6]	207	8.16±6.92	-12.14±4.85
# 5	(-0.2, 0.6]	2282	15.10±1.01	-13.03±0.70

Şekil 1. Bir örnek olası açısından; # 2 yıldızlar için $K \cdot \mu_l \cdot \cos 2l$ (üst) ve $K \cdot \mu_l \cdot l$ (alt) diyagramları ile elde edilen sabitlere göre çizilen fitler.

eğimi $A = m$ değerini ve doğrunun μ_l eksenini kestiği nokta da $B = C$ değerini verir. Çizelge 1'de görülen her bir yıldız grubu için elde edilen $\mu_l - \cos 2l$ diyagramından, MATLAB programında yazılan lineer regresyon yöntemi ile A ve B Oort sabitleri hesaplanmıştır. $\mu_l = \mu_l(\cos 2l)$ bağıntısı matris formunda aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\begin{bmatrix} \cos 2l & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K \cdot \mu_l \end{bmatrix} \quad (1)$$

(1) denklemindeki eşitliğin sol tarafındaki ilk matris $\alpha = \begin{bmatrix} \cos 2l & 1 \end{bmatrix}$, ikinci matris $p = \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}$ ve sağdaki matris de $\beta = \begin{bmatrix} K \cdot \mu_l \end{bmatrix}$ ile temsil edilirse, (1) denklemini $\alpha \cdot p = \beta$ biçiminde yazılabilir. Lineer regresyon yöntemi ile hesaplanan Oort sabitlerinin hataları p matrisinin kovaryans matrisi yardımı ile elde edilmiştir. Sabitlerdeki hata değerlerinin hesap yöntemi Groß (2003) tarafından ayrıntılı olarak verilmiştir.

3 Sonuç ve Tartışma

Çizelge 1 den görüldüğü üzere, Grup 2 den (966 tane yıldız içeren) ve Grup 5 den (2282 tane yıldız içeren) hesaplanan Oort sabitlerinin değerleri birbirlerine oldukça yakındır. Aynı zamanda bu yıldız gruplarından elde edilen sabitlerin hata değerleri de diğer gruplardan elde edilenlerden daha küçüktür. Bunun başlıca sebebi, her iki gruptaki yıldız sayısının çok olması olabilir. Analize giren yıldız sayısı ne kadar çok ise, hesaplanan sabitlerin hata değerleri o denli az olabilir.

Az sayıda yıldız içeren gruplardan elde edilen sabitlerin hata değerlerinin çok daha büyük olduğu Çizelge 1 de görülmektedir. Grup 4 (207 yıldız içeren) ile hesaplanan sabitler, diğer gruplardan elde edilen sabitler ile uyumlu görülmemektedir. Aynı zamanda, bu gruptan elde edilen değerler Feast ve Whitelock

Çizelge 2. Elde edilen bulguların bazı çalışmalar ile karşılaştırılması

A (km/s/kpc)	B (km/s/kpc)	Ref.
14.82±0.84	-12.37±0.64	Feast ve Whitelock (1997)
13.8±3.5	-12.7±2.6	Huyan ve ark. (2014)
15.54±1.32	-12.78±0.93	Bu çalışma, # 2 yıldızları
15.10±1.01	-13.03±0.70	Bu çalışma, # 5 yıldızları

(1997) tarafından verilen değerlere de yakın değildir. Bu durum, bu gruptaki yıldız sayısının azlığının yanında, grupta yer alan yıldızların büyük $B - V$ renk değerlerinden de kaynaklanabilir. Grup 4 yıldızları, önceki gruplarda yer alan yıldız gruplarından daha sönüktür. Bilindiği gibi, sönük yıldızların gözlemsel verileri yüksek hata değerleri içermektedir. Bu nedenle, bu yıldızların gözlemleri ile elde edilen ıraksınım ve galaktik boy lam doğrultusundaki öz hareketleri yüksek hata değerleri ile ölçülmektedir. Dolayısıyla grup 4 den hesap edilen Oort sabitlerinin tutarsız değerleri, hem gruptaki yıldız sayısının azlığından hem de yıldızların sönük olmasından kaynaklanabilir. Çok parlak yıldızlardan oluşan grup 1 yıldızlarından hesaplanan Oort sabitlerinin daha duyarlı olması beklenebilir. Fakat Çizelge 1'den görüldüğü üzere, bu gruptan elde edilen sabitlerin yüksek hata değerlerine sahip olduğunu görüyoruz. Bunun en akla yatkın sebebi, yukarıda da bahsedildiği gibi, bu grupta yer alan yıldız sayısının azlığı olabilir. Feast ve Whitelock (1997) Hipparcos Kataloğunda yer alan bazı Cepheid yıldızlarından hesaplanan Oort Sabitlerinin değerlerini verirken, Huyan ve ark. (2014) ise duyarlı astrometrik verilere sahip F3 türü yıldızlardan hesaplanan değerlerini vermiştir. Bu iki çalışmadan elde edilen sabitler Çizelge 2 de verilmiştir.

Hem grup 2 yıldızlarından hem de grup 5 yıldızlarından hesaplanan Oort Sabitlerinin, literatürde verilen sabitlere en yakın değerde oldukları görülmektedir. Bunun başlıca sebebi, daha önce bahsedilen yıldız parlaklıkları ve sayıca yıldız çokluğu olabilir. Grup 5 yıldızlarının $B - V$ renk aralığı oldukça geniştir ($-0.2 < B - V \leq 0.6$ kadir). Bu gruptaki sönük yıldızların Oort sabitinin hesaplamasındaki olumsuz (büyük hata değerleri) etkisi, gruptaki daha parlak yıldızlar tarafından azaltılmış olabilir.

Kaynaklar

- Feast, M., Whitelock, P.: Galactic kinematics of Cepheids from HIPPARCOS proper motions. Mon. Not. R. Astron. Soc. **291** (1997) 683--693
- Groß, J.: Lecture Notes in Statistics: Linear Regression. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2003) 53--55
- Hobbs, D.: Project 1 (P1); Oorts constants. ASTM 13 Dynamical Astronomy, Lund Obs. (2014), Dept. of Astro. & Theo. Phys.
- Huyan, Z.-Bo, Zhu, Z., Liu, J.-Cheng: Kinematics of Solar neighborhood stars and its dependency on age and metallicity. eprint arXiv:1405.5635
- Lindegren, L.: Dynamical Astronomy Lecture Notes for ASTM 13. Lund Observatory (2014), Department of Astronomy and Theoretical Physics
- Taylor, R. J.: The Stars: Their Structure and Evolution. 2nd ed. Cambridge University Press (1994)

Erişim:

O42-1220: UAK-2015 Program --- UAK Bildiri --- Turkish J.A&A.