

RAVE Verilerinden Yerel Durağanlık Standartının Hesaplanması

Başar Coşkunoglu^{1*}, Serap Ak¹, Selçuk Bilir¹, Salih Karaali², Esmâ Yaz¹ ve
Gerry Gilmore³

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

² Beykent Üniversitesi, Matematik Bilgisayar Bölümü, İstanbul, Türkiye

³ Cambridge Üniversitesi, Astronomi Enstitüsü, Cambridge, Birleşik Krallık

Özet Bu çalışmada, Radyal Hız Deneyi'nin (RAVE) 82850 yıldız içeren üçüncü veri sürümündeki anakol yıldızlarının Yerel Durağanlık Standardı'na (LSR) göre hızları tayin edilmiştir. Anakol yıldızları, yıldızların yüzey çekim ivmelerine sınırlamalar ($4 < \log(g/\text{cm s}^{-2}) < 5$) getirilerek belirlenmiştir. Yıldızların uzay hızlarının hesabı için gerekli olan öz hareket verileri literatürden, radyal hız verileri RAVE'den alınmış; uzaklık değerleri Hipparcos verilerine dayanan renk-parlaklık ilişkisinden hesaplanmıştır. Yıldızların popülasyon tiplerine ayırımında kinematik kriterler kullanılmıştır. Anakol örneği yıldızların popülasyon ve spektral tiplerine göre alt gruplara ayrılmıştır: i) 21310 yıldızlık tüm örnek, ii) 19649 yıldız içeren ince disk yıldızları ve iii-v) 9654, 5910 ve 2325 yıldızdan oluşan F, G ve K spektral tipinden ince disk yıldızları. Örneklerin uzay hız bileşenlerinin dağılımlarından Gauss eğrileri geçirilmiş ve bu eğrilerin modları LSR bileşenleri olarak kabul edilmiştir. İnce disk anakol örneğinden elde edilen LSR değerleri $U_{\odot} = 8.50 \pm 0.29$, $V_{\odot} = 13.38 \pm 0.43$ ve $W_{\odot} = 6.49 \pm 0.26$ km s⁻¹dir. Kalın disk yıldızlarının hız bileşenlerinde bir artış görülmektedir.

1 Giriş

Güneş yakınındaki yıldızların kinematiği Galaksinin yapısı ve evrimi ile ilgili önemli bilgiler sağlar. Gözlemler durağan olmayan Güneş'e göre yapıldığından elde edilen kinematik parametreler Yerel Durağanlık Standardı'na (Local Standard of Rest - LSR) göre düzeltilmelidir. Yerel Durağanlık Standardı Güneş'in konumunda bulunan, Galaksinin çekimsel potansiyelinde dairesel bir yörüngede dolanan bir yıldızın hızının tersi olarak tanımlanmıştır. Buna göre Güneş'in U_{\odot} , V_{\odot} ve W_{\odot} uzay hız bileşenleri tayin edilmelidir. Radyal (U_{\odot}) ve dikey (W_{\odot}) doğrultudaki bileşenler Güneş komşuluğundaki yıldızların ortalama Güneş merkezli hızlarından kolaylıkla bulunabilir. Fakat, Galaktik dönme yönündeki bileşeni (V_{\odot}) belirlemek ortalama geri kalmadan dolayı (asimetrik sürüklenme) zordur. Ortalama geri kalma örnekteki yıldızların hız dispersiyonlarına bağlıdır.

* basarc@istanbul.edu.tr

Yakın zamana kadar astronomlar asimetric sürüklenme ile radyal hız dispersiyonlarının karesi arasında doğrusal bir ilişki olduğunu varsaymışlardır (Strömberg, 1946). Fakat, bu doğrusal ilişkiyi temsil eden çizgi asimetric sürüklenme eksenini 0 km s^{-1} de değil, -7 km s^{-1} de kesmektedir; bu da V_{\odot} değerinin olması gerekenden küçük çıkmasına sebep olur. Dehnen ve Binney (1998)'in Hipparcos yıldızlarını kullanarak yapmış oldukları çalışmadan elde ettikleri $V_{\odot}=5.25\pm 0.62 \text{ km s}^{-1}$ lik değer bu sonuca tipik bir örnek teşkil etmektedir.

Burada U_{\odot} , V_{\odot} ve W_{\odot} 'i tayin etmek için kullanılan yıldız örneği ve metot farklıdır: Hipparcos'tan daha uzak mesafelere ulaşan RAVE verisi kullanılmıştır. Ayrıca, anakol yıldızlarından oluşan bir örnek elde edebilmek için şu sınırlamalar kullanılmıştır: i) Yüzey çekim ivmesi $4 < \log(g/\text{cm s}^{-2}) < 5$ olan yıldızlar seçilmiştir. ii) Mavi yatay kol yıldızlarını ve olası kırmızı devleri seçmemek için $(J - H)_0 < 0.05$ ve $(J - H)_0 > 0.55$ renk aralığı kullanılmıştır. iii) Uzay hız hataları 25 km s^{-1} den büyük yıldızlar dışarıda bırakılmıştır. iv) Yıldızlar popülasyonlara ayrılmış ve kalın disk ve halo tarafından kirletilmemiş ince disk popülasyonu kullanılmıştır.

V_{\odot} 'i belirlerken halo ve kalın disk yıldızlarını dışarıda bırakmak çok önemlidir, çünkü bu iki popülasyon yüksek asimetric sürüklenme değerlerine sahip olduklarından Gauss fitlerinin V bileşenine oturmasını güçleştirirler. 2. bölümde RAVE taraması ve bu taramada kullanılan verilerden bahsedilmektedir, 3. bölümde verilerden bahsedilmektedir, 3 ve 4. bölümler, sırasıyla, kinematik ve popülasyon analizlerine ayrılmıştır. Sonuçlar 5. bölümde verilmiş olup 6. bölüm tartışmaya ayrılmıştır.

2 Veri

RAVE (Radyal Hız Deneyi - RAdial Velocity Experiment) yaklaşık 500000 yıldızın öncelikle radyal hızlarını ve metal bolluklarını, yüzey çekim ivmelerini, etkin sıcaklıklarını Anglo-Australian Observatory'deki 1.2 m'lik UK Schmidt teleskobunun 6 derecelik alan (6 degree Field - 6dF) spektrografını kullanarak belirleyecek bir projedir. 2003'te başlayan RAVE, Güney Yarımküre yıldızlarının $9 < I_{DENIS} < 13$ parlaklık aralığında Ca-Triplet bölgesinde (8410-8795 Å) orta çözünürlükte spektrumunu almaktadır. RAVE'in bilimsel amaçları yerel olarak gözlemlenmiş dev ve küçüleri kullanarak Galaksinin kimyasal ve dinamik evrimini analiz etmektir. Anakol yıldızları birkaç yüz pc'ye kadar uzaklıklarda bulunurken devler kpcler mertebesinde uzaklıklara uzanabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan veriler RAVE'in 3. Veri Salınımını oluşturacaktır (Data Release 3 - DR3). DR3 yıldızların ekvatorial ve galaktik koordinatlarını, radyal hızlarını, metal bolluklarını, alfa element bolluklarını, yüzey sıcaklıklarını ve yüzey çekim ivmelerini içerecektir. Öz hareketler Tycho-2, SuperCOSMOS Gökyüzü Taraması, PPMX ve UCAC-2 kataloglarından alınmışken, fotometrik veriler optik ve yakın kızılötesi sistemlerdendir. Yıldızların parlaklıkları RAVE DR3'ü Tycho-2, USNO-B, DENIS ve 2MASS kataloglarıyla eşleştirilerek elde edilmiştir.

2.1 Anakol Yıldızları ve Uzaklık Tayini

Anakol örneğini oluşturabilmek için ana örneğe iki sınırlama uygulanmıştır: yüzey çekim ivmelerine ($4 < \log(g/\text{cm s}^{-2}) < 5$) ve renklerine ($0.05 < (J-H)_0 < 0.55$). Renge getirilen sınırlama yatay mavi kol ve kırmızı dev yıldızlarından kaynaklanan kirlenmeyi engellemek konusunda çok etkilidir. Bu iki kriterin uygulanmasının ardından yıldız sayısı 21310'a inmiştir. Ana örneğin $(J-H)_0-(H-K_S)_0$ iki renk diyagramındaki yıldız dağılımı iki zirve etrafında yoğunlaşmıştır; bu F-M tipi küçelleriyle birlikte K ve M tipinden devlerin de örnekte bulunduğunu gösterir. Kriterler uygulandıktan sonra elde kalan alt örnekte ise saf bir anakol örneğine işaret eden tek bir zirve görülmektedir.

Hipparcos kataloğunun aksine RAVE taramasında gözlemlenen yıldızların paralaksı mevcut değildir. Bundan dolayı anakol yıldızlarının uzaklıkları Bilir ve diğ. (2008)'nin $0 < M_J < 6$ aralığında geçerli olan renk-parlaklık ilişkisi kullanılarak hesaplanmıştır. Yıldızların çoğu 100 pc'den daha büyük uzaklıklarda bulunduğundan parlaklık ve renkleri yıldızlararası kızarmadan etkilenir. Bunun için, uzaklık tayini ve kızarmadan arındırma eş zamanlı olarak yapılmıştır. Tekrarlanacak bir sürecin ilk aşamasında orijinal $(J-H)$ ve $(H-K_S)$ renklerinin kızarmadan arındırılmış olduğu varsayılmış ve mutlak M_J kadirleri Bilir ve diğ. (2008)'nin renk-parlaklık ilişkisi kullanılarak hesaplanmıştır. Görünen ve mutlak parlaklıkların bir arada kullanılmasıyla yıldızların uzaklıkları elde edilmiştir. Schlegel ve diğ. (1998)'nin yıldızlararası kızarma haritaları kullanılmış ve örnekteki her yıldız için $E(B-V)$ renk artışı değerleri bulunmuştur. UBV sistemindeki toplam ve seçici absorpsiyonlar arasındaki ilişki

$$A_\infty(b) = 3.1E_\infty(B-V), \quad (1)$$

$A_\infty(b)$ 'yi verir; bu değer de Bahcall ve Soneira (1980)'nin yöntemini kullanarak $A_d(b)$ 'nin bulunmasını sağlar:

$$A_d(b) = A_\infty(b) \left[1 - \exp\left(-\frac{|d \sin(b)|}{H}\right) \right] \quad (2)$$

denklemden b , d ve H , sırasıyla , yıldızın Galaktik boylamı, uzaklığı ve 125 pc (Marshall ve diğ., 2006) olarak alınan yıldızlararası tozun yükseklik ölçeğidir. $A_\infty(b)$ ve $A_d(b)$ ise model için toplam absorpsiyon ve yıldız yönünde yıldızın uzaklığına kadar olan absorpsiyonu gösterirler. Ardından, denklem 1'in özel bir şekli kullanılarak yıldızın uzaklığındaki renk artışı hesaplanabilir:

$$A_d(b) = 3.1E_d(B-V). \quad (3)$$

Bu değer, Fiorucci ve Munari (2003)'nin denklemlerinde J , H ve K_S bantlarındaki toplam absorpsiyonu hesaplamak için kullanılmıştır: $A_J=0.887 \times E(B-V)$, $A_H=0.565 \times E(B-V)$ ve $A_{K_S}=0.382 \times E(B-V)$. Kızılötesi absorpsiyon miktarları ise uzaklıkları elde etmek için Pogson bağıntısında kullanılmıştır. Yukarıdaki varsayımın aksine orijinal $(J-H)$ ve $(H-K_S)$ değerleri altında kızarmadan arındırılmış olmadıklarından, 1-3 nolu denklemler yıldızlara d uzaklığı ve $E_d(B-V)$ renk artışı değişimene kadar tekrar tekrar uygulanmıştır.

Elde edilen uzaklıkların medyanı 276 pc olup örnekteki yıldızların %97'sinin uzaklıkları 600 pc'den küçüktür.

3 Kinematik

Bölüm 3'te tayin edilen uzaklıklarla RAVE kinematik verilerinin ve öz hareketlerinin birlikte kullanılmasıyla, Johnson ve Soderblom (1987)'un algoritması yardımıyla Galaktik uzay hız bileşenleri tayin edilmiştir. Hesaplarda Uluslararası Gök Referans Sistemi'ndeki (International Celestial Reference System - ICRS) ve Hipparcos ve Tycho-2 (ESA 1997) kataloglarındaki tanıma uygun olacak şekilde J2000 epogu kullanılmıştır. Dönüşüm matrisleri sağ el kuralına göre düzenlenmiştir. Bundan dolayı, U , V ve W bir yıldızın Güneş'e göre uzay hız bileşenleridir ve U Galaksi merkezi yönünde ($l=0^\circ$, $b=0^\circ$), V Galaksi etrafında dolanım yönünde ($l=90^\circ$, $b=0^\circ$) ve W Kuzey Galaktik Kutba doğru pozitiftir ($b=90^\circ$). U , V ve W uzay hız bileşenlerini hassas şekilde tayin etmek için diferansiyel Galaktik rotasyon düzeltmesi yapılmıştır. Uzay hız bileşenlerinin belirsizlikleri U_{err} , V_{err} ve W_{err} öz hareketlerin, uzaklıkların ve radyal hızların belirsizlikleri birleştirilerek Johnson ve Soderblom (1987)'un algoritmasının yardımıyla tayin edilmiştir. Buradan bir yıldızın toplam uzay hız hatası aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$S_{err}^2 = U_{err}^2 + V_{err}^2 + W_{err}^2. \quad (4)$$

Uzay hız hatasının medyan değeri ve standart sapması, sırasıyla, 8.01 ve 16.99 km s⁻¹'dir. Bu değerler elde edildikten sonra veri kalitesi düşük yıldızlar örnekten çıkarılmıştır; çünkü bu tür yıldızların içerisinde sistematik olarak yanlış analiz edilmiş yıldızlar bulunmaktadır. Bundan dolayı, örnekte medyandan 1 σ 'dan fazla sapmış yıldızlar (8.01 km s⁻¹+16.99 km s⁻¹=25 km s⁻¹) ileriki analizlere dahil edilmemiştir. Bu sınırlamayla 867 yıldız, yani örneğin yaklaşık %4'ü çıkarılmıştır. Böylece, örnek hassas uzay hız bileşenlerine sahip 20453 yıldız indirgenmiştir. 20453 yıldızdan oluşan örnek için bileşenlerin medyan değerleri ve standart sapmaları (\bar{U}_{err}^2 , \bar{V}_{err}^2 , \bar{W}_{err}^2)=(4.83 \pm 3.19, 4.40 \pm 2.82, 3.94 \pm 2.69) km s⁻¹'dir. (U , V) ve (V , W) diyagramlarındaki en ilginç özellik yıldızların sıfır noktalarının koordinat sistemlerinin orijininde bulunmamalarıdır; bu noktalar Güneş'in hız bileşenlerine karşılık gelirler.

4 Popülasyon Analizi

Uzay hızlarını kullanarak yıldızların popülasyonlara üyeliklerini test etmek analizimizin yeni aşamasını oluşturmaktadır. Bensby ve diğ. (2003, 2005)'nin yöntemi kullanılarak 20453 yıldızlık anakol örneği popülasyonlara ayrılmış ve LSR ile popülasyon arasındaki ilişkiyi araştırmak için ince disk popülasyonuna ait Güneş hız bileşenleri tayin edilmiştir. Bensby ve diğ. (2003, 2005) yıldız popülasyonlarının LSR'ye göre Galaktik uzay hızlarının aşağıda verildiği gibi Gauss dağılımları gösterdiğini varsayımlardır:

$$f(U, V, W) = k \cdot \exp\left(-\frac{U_{LSR}^2}{2\sigma_{U_{LSR}}^2} - \frac{(V_{LSR} - V_{asym})^2}{2\sigma_{V_{LSR}}^2} - \frac{W_{LSR}^2}{2\sigma_{W_{LSR}}^2}\right). \quad (5)$$

σ_U , σ_V ve σ_W hız dispersiyonları olup ince disk ($i=D$) için, sırasıyla, 35, 20 ve 16 km s⁻¹; kalın disk için ($i=TD$) 67, 38, 35 km s⁻¹ ve halo ($i=H$) için 160, 90, 90 km s⁻¹ değerlerini alırlar (Bensby ve diğ., 2003). v_a asimetric sürüklenmedir ve ince disk, kalın disk ve halo popülasyonları için, sırasıyla, -15, -46 ve -220 km s⁻¹dir. $(U, V, W)_{LSR}$ bir yıldızın LSR'ye göre uzay hız bileşenleridir. LSR'ye göre hız bileşenleri yıldızların uzay hızlarının Güneş'in LSR uzay hızına göre ($(U, V, W)_{\odot}=(10.00, 5.25, 7.17)$ km s⁻¹, Dehnen ve Binney (1998)) düzeltilmesi ile elde edilir.

Bir yıldızın Galaksideki herhangi bir popülasyona ait olup olmadığını belirlemek için denklem 5'ten hesaplanan olasılık değerleri her bir popülasyonun Güneş civarındaki görülme olasılıkları (X) ile çarpılır. Yani, X Güneş civarındaki yıldızların popülasyon oranlarını gösteren bir katsayıdır. Bu değerler ince disk, kalın disk ve halo için, sırasıyla, $X_D=0.9385$, $X_{TD}=0.06$ ve $X_H=0.0015$ 'tir (Robin ve diğ., 1996; Buser ve diğ., 1999). Kalın diskin ince disk ve halo'ya göre görelî olasılıkları aşağıdaki denklemlerin yardımıyla hesaplanır:

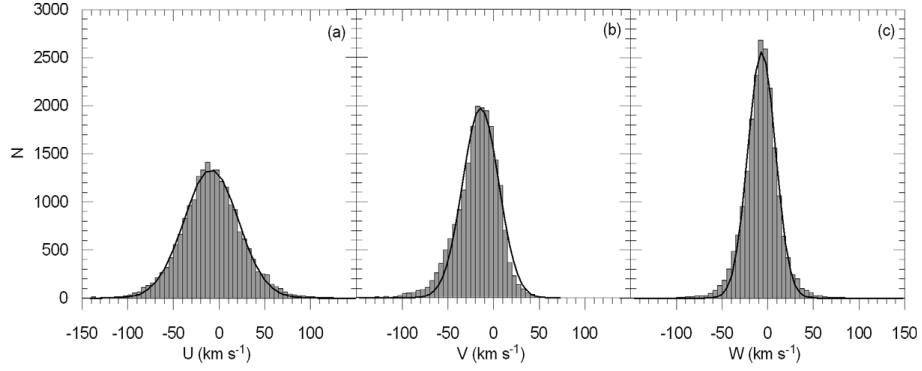
$$TD/D = \frac{X_{TD}}{X_D} \cdot \frac{f_{TD}}{f_D}, \quad TD/H = \frac{X_{TD}}{X_H} \cdot \frac{f_{TD}}{f_H}. \quad (6)$$

Bensby ve diğ. (2005) yıldızları dört kategoriye ayırmışlardır: $TD/D \leq 0.1$ (yüksek olasılıklı ince disk yıldızları), $0.1 < TD/D \leq 1$ (düşük olasılıklı ince disk yıldızları), $1 < TD/D \leq 10$ (düşük olasılıklı kalın disk yıldızları) ve $TD/D > 10$ (yüksek olasılıklı kalın disk yıldızları). 18026 yıldız yüksek olasılıklı ince disk yıldızı kategorisine girerken, 1552 yıldız düşük olasılıklı ince disk, 412 yıldız kalın disk ve son olarak 463 yıldız ise halo yıldızıdır.

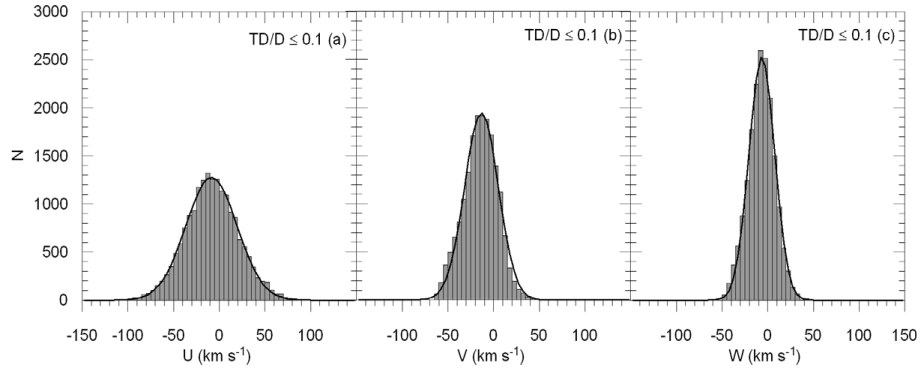
5 Sonuçlar

Anakol örneğinin ve farklı spektrel tiplerden yüksek olasılıklı ince disk yıldızlarından oluşan dört alt örneğin (F, G ve K - 17889 yıldız, sadece F - 9654 yıldız, sadece G - 5910 yıldız ve sadece K - 2325 yıldız) U , V ve W uzay hız bileşenlerinin Gauss dağılımlarının zirveleri tayin edilmiştir. Spektrel tipler yıldızların 2MASS renk indekslerine göre tayin edilmiştir (Bilir ve diğ., 2008 - Tablo 3). F spektrel tipi için renk aralığı $0.08 < J - H \leq 0.30$, G spektrel tipi için ise $0.30 < J - H \leq 0.42$ 'dir. Bu kinematik dağılım fonksiyonlarının zirveleri araştırılmakta olan yıldız grubu için Güneş hareketini ölçmenin en iyi yoludur. Anakol yıldız örneği ve yüksek olasılıklı ince disk yıldızlarının uzay hız bileşenlerinin histogramları, sırasıyla, Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir. Veriyi düzgün biçimde betimleyen Gauss eğrileri histogramların zirveleri için $U_{\odot}=8.83 \pm 0.24$, $V_{\odot}=14.19 \pm 0.34$ ve $W_{\odot}=6.57 \pm 0.21$ km s⁻¹ değerlerini vermiştir. F, G ve K spektrel tiplerine ait yüksek olasılıklı ince disk yıldızlarındaki sonuçlar ise önceki gruba göre biraz

farklıdır: $U_{\odot}=8.50\pm 0.29$, $V_{\odot}=13.38\pm 0.43$ ve $W_{\odot}=6.49\pm 0.26$ km s⁻¹. V_{\odot} 'teki büyük fark Şekil 1b ile Şekil 2b kıyaslanarak görülebilir.



Şekil 1. 20453 anakol yıldızının Galaktik uzay hızlarının Gauss eğrileri geçirilmiş dağılım fonksiyonları.



Şekil 2. Yüksek olasılıklı ince disk yıldızlarının Galaktik uzay hızlarının Gauss eğrileri geçirilmiş dağılım fonksiyonları.

Her bir dağılımdaki Gauss eğrilerinin zirve noktaları tayin edilmiş ve sonuçlar, yüksek ihtimalli anakol örneği ve tüm örnekle birlikte, Tablo 1'de verilmiştir. Her bir örnekteki bileşenlerin zirveleri arasında fark vardır; bu konu 6. bölümde tartışılacaktır.

Çizelge 1. Güneş'in LSR'ye göre metinde belirtilen beş örneğe ait uzay hız bileşenleri.

Parametre	U (km s ⁻¹)	V (km s ⁻¹)	W (km s ⁻¹)	N
Tüm örnek	8.83±0.24	14.19±0.34	6.57±0.21	20453
$TD/D \leq 0.1$	8.50±0.29	13.38±0.43	6.49±0.26	18026
F Spektrel Tipi	8.35±0.36	13.14±0.43	6.24±0.27	9654
G Spektrel Tipi	9.25±0.50	14.42±0.57	6.67±0.38	5910
K Spektrel Tipi	7.01±0.67	11.96±0.66	7.03±0.38	2325

6 Tartışma

LSR, Galaksinin çekimsel potansiyelinde, Galaksi düzleminde dairesel bir yörünge dolanan varsayımsal bir yıldızın referans çerçevesidir. Dinamik dengede bulunan Güneş civarındaki yıldızların kinematik dağılım fonksiyonları incelenerek Güneş'in bu varsayımsal yıldızla göre U , V ve W uzay hız bileşenleri tayin edilebilir. Benzer şekilde yıldız popülasyonlarının özel Güneş hareketleri incelenerek veya LSR'ye göre ortalama hareketleri araştırılarak dengede olup olmadıkları da test edilebilir.

Bu çeşitli sonuçlardan, seçilen örnekten bağımsız olarak, U_{\odot} 'in küçük ve tutarlı değerlere sahip olduğu görülmektedir. Galaksideki her popülasyon radyal olarak kararlı ve dairesel olarak simetrik gözükmemekte; çubuk-gibi yapılardan kaynaklanan tedirginliklere dair kanıt içermemektedir. Benzer şekilde, net dikey hareket W_{\odot} için aynı sonuçlara ulaşılabilir. Gökyüzü düşmez. Galaksi, yerel olarak yığılmış bir sistem veya asimetric kütle akımlarından ciddi şekilde etkilenmemiştir. Dönme doğrultusundaki bileşen V_{\odot} 'te ise durum bu kadar net değildir: Bu büyüklük için tayin edilen değerler arasındaki uyum daha azdır; bunun esas sebebi ise açısal momentumun zamanla rastgele hareketlere dönüşmesini belirleyen kinematik enerji dengesi açısından düzeltilen modele dayalı varsayımlardır. Bu dönüşüm difüzyonla yavaşça gerçekleşebilir; veya radyal etkilerle daha hızlı da olabilir. En iyi yol V_{\odot} 'i çeşitli yöntemlerle, mümkün olduğu kadar çok popülasyon için tayin etmektir. Bu yaklaşımı uygulayarak çalışmamızda, birçok çalışmayla uyumlu bir biçimde, V_{\odot} 'i yaklaşık 13 km s⁻¹ bulduk. Bu değer yerel anakol yıldızlarından oluşan üç alt gruba göre tayin edilmiştir. İstatistiksel olarak bu gruplar çok geniş bir yaş aralığını kapsar. Yine de, birbirleriyle ve daha yerel örneklerden elde edilmiş değerlerle uyum içerisindedirler, yani LSR kavramı iyi tanımlanmıştır.

Güneş gibi ince disk cücelerini inceledik. Uzay hız bileşenlerinde, doğal dağılımlarından ve farklı popülasyon ve yaşlarda aynı bileşenlerdeki farklı değerlerden dolayı, bir dispersiyon olması beklenmiştir. Bir uzay hız bileşenini bulabilmek için uzay hareketi verisinden uygun bir dağılım fonksiyonu geçirmektir. Bu fonksiyon Gauss dağılımı gösterir ve zirvesi istenilen değeri verir. Bu çalışmada kullanılan yöntem budur.

Yıldız örneği yüksek hassasiyetli yerel Hipparcos örneğinin çok ötesine ulaşan RAVE'den alınmıştır. Örneğin %97'sinin uzaklığı 0.6 kpc'den küçüktür. Küçük hatalara sahip bir anakol örneği oluşturabilmek için aşağıdaki sınırlamalar uygu-

lanmıştır: i) yüzey çekim ivmesi $4 < \log(g/\text{cm s}^{-2}) < 5$ olan yıldızlar seçilmiştir, ii) Mavi yatay kol yıldızlarını ve olası kırmızı devleri seçmemek için $(J - H)_0 < 0.05$ ve $(J - H)_0 > 0.55$ renk aralığı kullanılmıştır, iii) uzay hız hataları 25 km s^{-1} den büyük yıldızlar dışarıda bırakılmıştır ve iv) yıldızlar popülasyonlara ayrılmış ve kalın disk ve halo tarafından kirletilmemiş ince disk popülasyonu kullanılmıştır. Güneş hız bileşenleri beş örnek için tayin edilmiştir: tüm RAVE anakol yıldızları için, yüksek olasılıklı ince disk anakol yıldızları için, F, G ve K spektrel tiplerine ait ince disk anakol yıldızlarının her biri için. Sonuçlar hata barları içerisinde, tüm örnekler için tutarlıdır (Tablo 1). Ayrıca, sonuçlar, başka popülasyon alt örneklerini kullanan diğer güncel tayinlerle de uyumludur. Günümüzde özel Güneş hızının eski çalışmalarda olması gerekenden küçük bulunduğu yönünde gittikçe kuvvetlenen bir fikir birliği vardır. Farklı örneklerimizdeki iç uyum ve bu çalışma ile diğerleri arasındaki uyum Güneş civarındaki Galaktik potansiyelin - zamana bağlı değişimler olmadan - simetrik olduğuna dair kuvvetli kanıtlar sunmaktadır.

7 Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 108T613 nolu projeye desteklenmiştir. Salih Karaali verdiği maddi destekten dolayı Beykent Üniversitesi'ne teşekkür eder.

Kaynaklar

- Bahcall, J. N., Soneira, R. M.: ApJS **44** (1980) 73
Bensby, T., Feltzing, S., Lundström, I.: A&A **410** (2003) 527
Bensby, T., Feltzing, S., Lundström, I., Ilyin, I.: A&A **433** (2005) 185
Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Yaz, E., Cabrera-Lavers, A., Coşkunoğlu, K. B.: MNRAS **390** (2008) 1569
Buser, R., Rong, J., Karaali, S.: A&A **348** (1999) 98
Dehnen, W., Binney, J. J.: MNRAS **298** (1998) 387
ESA: The Hipparcos and Tycho Catalogs ESA SP-1200. ESA, Noordwijk (1997)
Fiorucci, M., Munari, U.: A&A **401** (2003) 781
Johnson, D. R. H., Soderblom, D. R.: AJ **93** (1987) 864
Marshall, D. J., Robin, A. C., Reylé, C., Schultheis, M., Picaud, S.: A&A **453** (2006) 635
Robin, A. C., Haywood, M., Créze, M., Ojha, D.K., Bienaymé, O.: A&A **305** (1996) 125
Schlegel, D. J., Finkbeiner, D. P., Davis, M.: ApJ **500** (1998) 525
Strömberg, G.: ApJ **104** (1946) 12