Atarcaların Sentetik Işınım Gücü Fonksiyonu

İ. Yusifov^{1,2} ve İ. Küçük¹

¹ Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 38039, Kayseri, TÜRKİYE, <u>yusifov@erciyes.edu.tr</u>, <u>kucuk@erciyes.edu.tr</u>
² Azerbaycan Bilimler Akademisi, Fizik Enstitüsü, Bakü, 370143, AZERBAYCAN

Özet: Bu araştırmada, en son atarca (pulsar, kısaca PSR) taramaları göz önüne alınarak, farklı ışınım bölgelerine en uygun şekilde farklı hacimler seçilerek atarcaların yerel yoğunluğu yeniden değerlendirilmiş ve 'normal' atarcaların sentetik ışınım gücü fonksiyonu (bundan sonra kısaca IGF) oluşturulmuştur. IGF'nin en yüksek ve en düşük ışınım gücü (bundan sonra IG) bölgeleri detaylı incelenmiş ve sonuç olarak, 1400 MHz'te ışınım gücü no.1 mJy kpc²'dan büyük değerleri için IGF'nin, parametreleri logLo=-1.0, log $\sigma = 1.05 \pm 0.02$ ve genliği 52.5 ± 5 olan bir Log-Normal dağılımla ifade edilmesinin mümkün olduğu gösterilmiştir. Bu verilere dayanarak gözlenen atarcaların yerel yoğunluğu ve oluşum hızı 45 ± 5 psr kpc⁻² ve 4.5 ± 0.5 psr kpc⁻² Myr⁻¹ olarak değerlendirilmiştir. Alınan değerler biraz büyük olsa da, daha önceki araştırma sonuçlarıyla [7] uyum sağlamaktadır.

1. Giriş

Atarcaların IGF'si, önceki düşük frekans (400 MHz) tarama sonuçlarına dayanarak bir çok kez incelenmiştir (bkz [6], [2], [7] ve oradaki referanslar). 400 MHz frekanslarda IG 1 mJy kpc² den büyük 1şımalarda genel olarak IGF $dN/dL \sim L^2$ gibi kabul edilmektedir. Daha düşük IG'lerde, istatistik yetersizlik nedeniyle IGF belirsizdir.

Yüksek frekanslı (1400 Mhz) hassas Parkes ve Swinborn çok yön diyagramlı (multi beam) atarca taramaları [4], [8] (Parkes Multibeam Puslar Surveys, kısaca PMPS), gözlenen atarcaların sayısını 2 kat artırmıştır. Araştırma sonucu, sadece Galaksinin uzak ve yakın bölgelerinden değil, aynı zamanda IG'nin çok küçük olduğu bölgelerde de çok sayıda yeni atarca bulunmuştur. Evrim teorisi açısından, bu atarcaların, IGF'nin formuna etkisinin incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu araştırmada, problemin güncelliğini, yukarıda anılanları ve diğer taraftan, bazı araştırmalarda [3], atarcaların IGF'sine yanlış yaklaşım ve yorumlamaların da bulunduğunu göz önüne alarak bu problem detaylı incelenerek onların 1400 MHz frekanstaki IGF'si oluşturulmuştur.

2. Seçilen Ornekler ve Varsayımlar

Bu araştırmada, 1400 civarında atarcadan oluşan ATNF Atarca Katalogu (ATNF Puslar Catalogue, [8]) kullanılmıştır. Burada, "normal" atarcaların IGF'si incelendiği için, örnekleme yapılırken çift sistemlerdeki, küresel kümelerdeki vs. aracalar son listeye alınmamıştır.

Atarcalar çok zayıf kaynaklardır ve onların bulunması farklı seçim koşullarıyla engellenmektedir. Bu nedenle onların IGF'si oluşturulurken seçim koşullarını gidermek için farklı, mürekkep algoritmalar kullanılmaktadır. Bu araştırmada ise, basit ama özenli bir metot ele alınmıştır.

Kullanılan metotu kısaca şöyle anlatılabiliriz: eğer 'normal' atarcaların 1400 MHz'teki IG'nin güneşten olan mesafeye göre dağılım grafiği yapılırsa, atarcalar ışınım akısıyla sınırlanmış örnek (flux limited sample, bundan sonra FLS) oluşturdukları gözükür. Yani, güneşten olan herhangi *d*(kpc) uzaklıkta biz genel olarak IG

$$L \approx S_{c} d^{2} \tag{1}$$

'den büyük olan atarcaları görürüz. Burada S_o, mJy ölçeğinde teleskopun hassasiyetine ve seçim koşullarına bağlı bir en küçük ışınım akısıdır. PMPS'den önceki taramalar için S_o \cong 0.2 mJy bulunmuştur. Aynı grafik PMPS taramasından sonra bilinen atarcalar için kurulacak olursa, S_{o2} için ~0.1 mJy buluruz. Hatasız, ideal koşullarda ve *d* atarcalara kadar olan gerçek uzaklık olsaydı, S_{o2}, PMPS taramasının sınır hassasiyeti olan S_{min} \approx 0.2 mJy eşit olurdu.

Yıldız, kuasar vs gibi kaynakların diferansiyel IGF'si, birim hacimde ve birim ışıma gücü aralığında olan kaynakların sayısı (veya yoğunlukları) gibi değerlendirilmektedir. Genel olarak yoğunluk hesaplanırken, birim ışıma gücü aralığı yerine, IG logaritmasının birim aralığı dikkate alınmaktadır.

Eğer atarcaların yüzey yoğunluğunu

$$\sigma = \int_{L_{\min}}^{L_{\infty}} \frac{d^2 N}{dL dS} dL = \int_{L_{\min}}^{L_{\infty}} \frac{d\sigma}{dL} dL = \int_{\ln L_{\min}}^{\ln L_{\infty}} \frac{d\sigma}{d\ln L} d\ln L = \int_{\ln L_{\min}}^{\ln L_{\infty}} \Phi(L) d\ln L = \int_{\lg L_{\min}}^{\lg L_{\infty}} \frac{d\sigma}{d\lg L} d\lg L,$$
(2)

gibi tanımlarsak, IGF'ni aşağıdaki gibi değerlendire biliriz

$$\Phi(L) = \frac{d\sigma}{d\ln L} = \frac{d^2 N}{d\ln L dS} \approx \frac{\Delta N}{\Delta \ln L \Delta S} = \frac{\Delta N}{\ln 10 \Delta \lg L \Delta S}$$
(3)

Bu araştırmada, atarcalar yedi IG alt aralığına (örneğe) bölündü ve her birine uygun olarak farklı hacimler seçildi. Bu hacimlerdeki atarcaları VLS gibi kabul ederek onların yoğunlukları değerlendirildi. Yoğunlukları değerlendirmek için, atarcaların IG'leri daha küçük alt aralıklarına ($\Delta L=0.25$) bölünmüştür. Sadece, en küçük ve en büyük IG'de (istatistiğin az olan yerlerinde) alt aralıklar 2 kez büyük alınmıştır. Yoğunluklara uygun düzeltmeler yapılarak her alt aralık için ayrı ayrılıkta IGF değeri hesaplandı ve sonunda da bunları bir araya getirerek sentetik IGF oluşturuldu.

4. Işıma gücü fonksiyonu ve atarcaların yerel yoğunluğu

İnceleme sonucu alınan IGF Şekil 1'de histogram şeklinde verilmiştir. Bu verilere aşağıdaki gibi Log-Normal dağılımla fit edildi:



Şekil 1. Gözlenen atarcaların 1400 frekansta ışıma gücü fonksiyonu. Her IG aralığına değerlendirilmiş (düzeltilmiş) atarca sayısı rakam olarak verilmiştir. (4) denklemiyle yapılan fitler, sürekli ve kesik çizgilerle gösterilmiştir. Kalan detaylar metinde anlatılmaktadır.

Şekil 1'den gözüktüğü gibi, Log-Normal dağılımın maksimum noktasını belirlemek zordur ve sadece sağ tarafı kullanılır. Bu nedenle, IGF için maksimum (μ) noktalarına, pratik değerlendirmelerde de kolaylık sağlayacak sabit bir değer vererek fit edildi ve aşağıdaki gibi iki takım parametre aldık:

i. A = 52.5 \pm 5 , $\,\sigma'$ = 1.05 \pm 0.02, μ = -1, $\,$ hataları hesaba katmakla ve

ii. A = 152 \pm 22, σ' = 1.24 \pm 0.02, μ = -2, hataları göz ardı etmekle.

IGF'nun (i) ve (ii) parametrelerine uygun yaklaşımlar Şekil 1'de sürekli ve kesik çizgilerle verilmiştir. Bulunan IGF'ye dayanarak (2) integrelinden atarcaların yerel yoğunluklarını değerlendirmek mümkündür. İntegrallemede $L_{\infty} = 10^4$ kabul edildi.

PMPS'den önceki verilerin detaylı incelenmesi [7] tarafından yapılmıştır. Onlar, 400 MHz frekanstaki IG >1 olan atarcaların yerel yoğunluk ve oluşma hızlarını değerlendirmişler ve sonuçları Tablo 1 satır 4'te verilmiştir. Atarcaların spektrumu genel olarak S $\sim v^{\alpha}$ gibi yazılmaktadır (burada S, mJy'lerle atarcalardan gelen

ışınım akısı, v gözlem frekansı ve $< \alpha > = -1.7$). Bu durumda, 400 MHz'teki 1 IG'ne, 1400 MHz'te L₁₄₀₀ = 0.1 uygun olur. Alınan sonuçları farklı yaklaşımlarla karşılaştırmak için σ 'nın değeri L_{min} 'un üç farklı değerinde hesaplanmıştır. Bu yaklaşımlara uygun hesaplanmış yerel yoğunluklar Tablo 1'de verilmiştir. $logL_{min}$ değerleri 1. kolonda, gözlemsel veriler ise 2. kolonda verilmiştir. (i) ve (ii) takım parametrelere uygun IGF'nin integralinden alınan değerler ise uygun olarak 3. ve 4. kolonlarda ve 1 - 3 satırlarda verilmiştir. 4. satırda, [7], 5. satırda ise Lorimer'in [5] aldığı değerler verilmiştir.

Log L _{min}	Gözlenen	Model-i	Model-ii
-1.5	$146\ \pm 80$	82 ± 8	120 ± 18
-1.0	64 ± 27	60 ± 6	74 ± 11
-0.5	32 ± 9	38 ± 4	40 ± 6
~-1.0		30 ± 6	
-0.5		25 ± 2	

Tablo 1. Atarcaların değerlendirilmiş yerel yoğunluğu (PSR / kpc²)

Bu araştırmada, atarcalara kadar olan uzaklık Galakside elektron dağılımının daha önce geniş kullanılmakta olan TC93 [9] değil, yeni NE2001 [1] modeline dayanarak hesaplanmıştır. İncelemeler ([4] ve [10]) gösterir ki, NE2001 modeli, atarcalara sistematik olarak daha düşük mesafeler vermektedir. Mesafelerin küçültülmesi ise, atarcaların yerel yoğunluğunu artırmaktadır. Atacaların gerçek uzaklıkların neredeyse TC93 ile NE2001 modellerinin verdiği mesafeler arasında olduğunu kabul edersek, yukarıda alınmış değerlere dayanarak atarcaların yerel yoğunluğunun gerçek değerini tahmin edilebilir.

Bu tahmini yapmak için biz iki modelin verdiği mesafelerin oranını hesapladık. Yaklaşık $< d_{CL}/d_{TC} > =$ 0.75 alındı. Eğer gerçek uzaklıkların (d_j), bu iki modelin verdiği mesafeler arasında olduğunu kabul edersek, bu oran yaklaşık $< d_{CL}/d_j > = 0.86$ olur. O zaman, atarcaların yerel yoğunluğunun gerçek değerini tahmin etmek için, Tablo 1'de 1, 2 ve 3. satırlardaki değerleri, ölçek faktör (scale factor, SF) s_f = (0.86)² \cong 0.74'e çarpmak gerekmektedir.

5. Sonuçlar ve Tartışmalar

[7] araştırmasına karşılık gelen değerler Tablo 1, satır 2'de verilmiştir. Bu değerler [5], [7] değerlerinden biraz fazla olsa da, yukarıda anılan SF de göz önüne alındığında, hesaplama hataları çerçevesinde uyuşma sağlanmaktadır.

Bu araştırmada varılan önemli sonuçlar:

- Önceki araştırmalardan farklı olarak, IGF'nun Log-Normal dağılımla fit edilmesinin daha doğru olduğu gözükmektedir.

- 1400 MHz'te $L_{min} > 0.1$ olan atarcaların yerel yoğunluğu ve oluşma hızı daha önceki değerlendirmelere rağmen biraz fazla olsa da, hesaplama hataları çerçevesinde uyuşma sağlanmaktadır. Bu değerlerin uygun olarak 45 ±5 PSR/kpc² ve 4.5 ± 0.5 PSR/kpc² olduğu gösterilmiştir. Makalenin tam versiyonu [11] yayına hazırlanmak üzeredir.

6. Kaynaklar

[1]. Cordes, J.M. & Lazio, T.J.W., 2002, preprint[astro-ph/0207156]

- [2]. Guseinov, O.H. & Yusifov, I.M., 1986, Sov. Astron., 30, 47
- [3]. Guseinov, O.H., vd. 2002, preprint[astro-ph/0206030]
- [4]. Kramer, M., Bell, J.F., Manchester, R.N., vd., 2003, preprint[astro-ph/0303473]
- [5]. Lorimer, D.R., 2003, preprint[astro-ph/0308501]
- [6]. Lyne, A.G., Manchester, R.N. & Taylor, J.H., 1985, MNRAS, 213, 613
- [7]. Lyne, A.G., Manchester, R.N., vd. 1998, MNRAS, 295, 743
- [8]. Manchester, R.N., vd., 2002, ATNF Pulsar Catalogue, http://www.atnf.csiro.au/research/pulsar
- [9]. Taylor, T.M. & Cordes, J.M., 1993, ApJ, 411, 674
- [10]. Yusifov, I.M. & Küçük, İ, 2004a, A&A, (Kabul edilib).
- [11]. Yusifov, I.M. & Küçük, İ, 2004b, (hazırlanmakta).