

## Yaşa bakmadan sınıflamak: Radyo Pulsarların Özparlaklık Fonksiyonuna Yeni bir Bakış

Sinan Kaan Yerli<sup>1\*</sup>, Aşkın Anka<sup>2</sup>, Efe Yazgan<sup>3</sup>,  
Safiye Özkan<sup>4</sup>, Baha Dinçel<sup>1</sup> ve Nezihe Uzun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ODTÜ, Fizik Bölümü, Ankara

<sup>2</sup> Boğaziçi Üniversitesi, Fizik Bölümü, İstanbul

<sup>3</sup> Texas Tech University, Lubbock, Texas, USA

<sup>4</sup> Sakarya University, Department of Physics, Sakarya

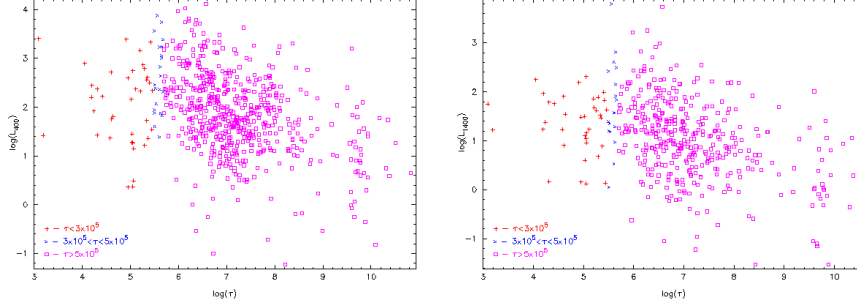
**Özet** Radyo pulsarların 400 MHz ve 1400 MHz'deki özparlaklık fonksiyonlarını, yaşa bağlı demetleme çarpan (beaming factor) etkisini de ekleyerek çıkarttık. Her frekanstaki fonksiyon iki doğrusal uyum (fit) ile tanımlanıyor. Her iki frekanstaki uyumların eğimleri düşük özparlaklık bölgesinde sıfırla ilişkilendirilmektedir: Çok düşük (ölçülemeyecek kadar) akı veren ve Güneş'ten 1.5 kpc'ye kadar olan radyo pulsarlarının sayısı çok az olmalı. En düşük özparlaklık değerleriyle şu ana kadar gözlenmiş pulsarlardan daha düşük özparlaklıklardaki pulsarların toplam sayısı da çok az olmalı. Sonuçta, yakın pulsar gözlemlerinin seçim etkisindeki en baskın etken demetleme çarpanı olduğunu gösterdik ve bu etkenin, öbeklenmiş radyo pulsar nüfusunun özparlaklığı için de bu kadar etkili olduğu söylenebilir. Bunun yanında radyo özparlaklıkları yaş bağımsızdır. Bu çalışma, TÜBİTAK TBAG-109T736 projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

### 1 Giriş

Arka alan radyo ışınımının yanı sıra, radyo pulsarların belirlenmesini engelleyen iki seçim etkisi vardır: pulsarların manyetik dipol radyasyonunu belirli bir yönde yaymasının sonucu olan demetleme çarpanı (Lyne ve Graham, 2006) ve pulsarların belirli bir uzaklığın ötesinde kalmasından kaynaklanabilen ve gözlenmelerini zorlaştıran düşük parlaklık etkisi. Bu iki seçim etkisi; pulsarların toplam sayısının – aynı zamanda doğum sıklıklarının, fiziksel karakteristiklerinin ve farklı tip ayrık pulsarların evrimlerinin incelenmesinde önemli yer tutar.

Literatürde radyo pulsarların 400MHz ve 1400MHz radyo akısı değerlerindeki parlaklık fonksiyonunu inceleyen bir çok çalışma vardır (bkz. Guseinov ve dig 1978, 1981; Yusifov 1981; Krishnamohan 1981; Guseinov ve Yusifov 1986; Johnston ve dig. 1991; Foster ve Tavani 1992; Helfand 2002; Guseinov ve dig. 2003 – GYTO–2003; Yusifov ve Küçük 2004). En son çalışmalardan birisi olan GYTO–2003'da yakın pulsarların, 400 MHz ve 1400 MHz frekanslarında, özparlaklık fonksiyonları verilmiştir. GYTO–2003, çalışmada, parlaklık fonksiyonu, her bir

\* yerli@metu.edu.tr



**Şekil 1.** 400 MHz (sol) ve 1400 MHz (sağ) frekanslarında parlaklığa karşı karakteristik yaş. Yaş, üç aralığa ayrılmıştır:  $\tau < 3 \times 10^5$  yr,  $3 \times 10^5$  yr  $< \tau < 5 \times 10^5$  yr ve  $\tau > 5 \times 10^5$  yr sırasıyla 'artı', 'çarpı' ve 'kare' ile işaretlenmiştir.

frekans için azalan parlaklıkla düşüş gösteren eğimle ve üç doğrusal fit ile tanımlar.

Bu çalışmada ATNF<sup>5</sup> (Australian Telescope National Facility) verileri kullanılmıştır. Gözlemlenen pulsarlar arasında 400 MHz ve 1400 MHz radyo akısında belirlenen pulsar sayısı sırasıyla 663 ve 1361'dir. Bunun yanında gelişmiş bir parlaklık fonksiyonu elde edebilmek için ATNF kataloğundaki akı değerlerini ve Pulsar Uzaklık Kataloğu'ndaki (PDC)<sup>6</sup>, uyarlanmış uzaklık değerlerini kullanırken doğru pulsar sayı yoğunluğu elde edilmesi için önemli olan demetleme çarpanı da göz önünde bulundurulmuştur.  $P$  ve  $\dot{P}$ 'in sırasıyla pulsarın periodu ve periodunun zamana göre türevi olduğu düşünülürse daha önceki çalışmamızda (Tauris ve Manchester, 1998) da geçen ve radyo pulsarların demetleme çarpanı karakteristik yaşın fonksiyonu olarak veren şu ifadeyi kullandık:  $\tau = P/2\dot{P}$ .

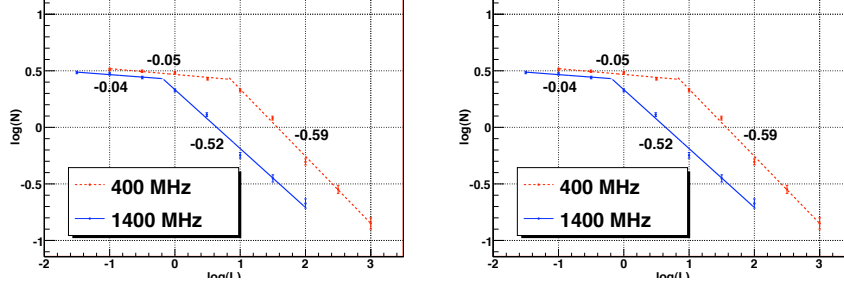
Bölüm 2'de parlaklık fonksiyonunun nasıl oluşturulduğu ve bunun sonuçları; bölüm 3'de sonuçların yorumlanması ve bölüm 4'te de sonuçlar özetlenmiştir.

## 2 Radyo pulsarların demetleme çarpanı altındaki parlaklık fonksiyonu

Bütün radyo pulsarlar için farklı iki frekanstaki (400 MHz ve 1400 MHz)  $\tau$ 'ya göre parlaklık dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekile bakıldığında, saçılmaya rağmen parlaklık ve karakteristik yaş arasında zayıf da olsa bir bağıntı olabileceği düşünülebilir de,  $\tau > 10^7$  yr olan pulsarların yaşlarına belirli bir düzeltme yapıldığında durumun öyle olmadığı anlaşılır (Guseinov ve dig., 2004). Yazarlar, pulsarların kinematik yaşlarını  $\tau$  ile karşılaştırmış ve şöyle bir sonuca varmışlardır; pulsarlar evrimleştikçe yüzey dipol manyetik alanının dikey bileşeni büyük bir azalma göstermeli ve  $\tau > 10^7$  yr olan radyo pulsarlar  $\tau$  değerlerinin

<sup>5</sup> <http://www.atnf.csiro.au/research/pulsar/psrcat/>

<sup>6</sup> <http://astro-cats.org/pdc/>



**Şekil 2.** 400 MHz and 1400 MHz frekanslarında  $d \leq 1.5$  kpc ve  $\log \tau \leq 7$  olan pulsarların demetleme çarpanı *katılmadan* (sol) ve *katılarak* (sağ) oluşturulan parlaklık fonksiyonu. Sayı yoğunluğu (N) ve parlaklık (L) değerlerinin birimleri sırasıyla,  $\text{kpc}^3$ 'teki pulsar sayısı ve  $\text{mJy kpc}^2$ 'dir.

gösterdiğinden çok daha genç olmalıdır. Bu yüzden  $\tau > 10^7$  yr olan bütün pulsarların Şekil 1'de daha küçük yaş değerlerine taşınması gerekmektedir. Bu durumda, parlaklıkla yaş arasında hiç bir bağıntı olmadığı ve radyo parlaklığının zamanla değişmediği sonucuna güvenle varılabilir.

Parlaklık fonksiyonunu oluştururken gözlemlenebilir sınırlar içinde kalmak ve uzaklıklardaki belirsizliği azaltmak adına uzaklığı 1.5 kpc'yi geçmeyen pulsarları seçtik. Ayrıca evrimini, radyo pulsar olmadan önce ikili fazda geçiren milisaniye pulsarlarını saf dışı bırakmak ve demetleme çarpanının  $\tau$  üstündeki negatif etkisinden kurtulmak adına  $\tau$ 'ya  $10^7$  yr üst sınırını koyduk.

Bütün bu sınırlandırmalar sonucu, örneğimiz akı ölçümleri 400MHz ve 1400 MHz'de yapılan 52 radyo pulsarı içerdi (Çizelge 1). Şekil 2'de sol ve sağdaki grafikler, bu pulsarların iki frekanstaki demetleme çarpanının etkisinin sırasıyla katılmadığı ve katıldığı durumlardaki parlaklık fonksiyonunun göstermekte. Bu grafiklerde, N, 1.5 kpc'lik yarıçaplı bir kürenin içindeki, parlaklığı bu hücre grubundaki (*ing.* bin) parlaklık değerinden fazla olan pulsarların sayı yoğunluğunu gösteriyor. Hata çubukları ise sadece her bir hücre grubundaki pulsar sayısı kullanılarak hesaplanmış istatistiksel belirsizlikleri göstermekte. Not düşmek gerekirse buradaki sistematik belirsizlikler parlaklık fonksiyonunun oluşturulması sırasında pulsarların yaşı ve uzaklıkları üzerinde yapılan sınırlandırmalar sayesinde küçük değerlere sahip olmalıdır.

Bir pulsarın demet evrimi göz önünde bulundurulduğunda Taurus ve Manchester (1998)'e göre pulsarın yüzey dipol manyetik alanının zaman içinde dönme eksenine hizalanma eğilimi gösterdiği gözlenmektedir. Bu durum zamanla pulsarın evrimi boyunca ciddi bir artış gösteren bir etkiye; demetleme çarpanına yol açar. Sözü edilen çalışmada, demetleme çarpanı (demeti görüş doğrultusundan geçen pulsar yüzdesi) ve karakteristik yaş arasında<sup>7</sup> ilişkisi çıkarılmıştır. Bizim çalışmamızda bu ilişki, gerçek sayı yoğunluğunun değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır (Şekil 2; sağ).

<sup>7</sup> Demetleme çarpanı =  $(1.1 \times (\log \tau - 8)^2 + 15)/100$

**Çizelge 1.**  $d \leq 1.5$  kpc ve  $\log(\tau) \leq 7$  olan radyo pulsarlar. Nesne adları, 400 MHz and 1400 MHz'deki parlaklıklarının logaritmaları, uzaklık (kpc), karakteristik yaşın logaritması ( $\tau$ ), Galaktik boylam ( $l$ ) ve enlem ( $b$ ) gösterilmiştir.

| JNAME      | $L_{400}$ | $L_{1400}$ | $d$  | $\tau$ | $l$    | $b$    |
|------------|-----------|------------|------|--------|--------|--------|
| J0006+1834 | -1.00     | -          | 0.7  | 6.72   | 108.17 | -42.98 |
| J0056+4756 | 0.39      | -          | 0.9  | 6.35   | 123.80 | -14.93 |
| J0108+6608 | 1.16      | 0.11       | 1.2  | 6.19   | 124.65 | 3.33   |
| J0206-4028 | 0.85      | -0.19      | 0.8  | 6.92   | 258.60 | -69.63 |
| J0332+5434 | 3.33      | 2.47       | 1.2  | 6.74   | 145.00 | -1.22  |
| J0401-7608 | 1.58      | 1.45       | 1.42 | 6.75   | 290.31 | -35.91 |
| J0454+5543 | 1.52      | 0.86       | 0.75 | 6.36   | 152.62 | 7.55   |
| J0636-4549 | -         | -0.92      | 1.1  | 7.00   | 254.55 | -21.55 |
| J0659+1414 | 0.37      | 0.12       | 0.6  | 5.05   | 201.11 | 8.26   |
| J0826+2637 | 1.07      | 0.20       | 0.4  | 6.69   | 196.96 | 31.74  |
| J0835-4510 | 2.90      | 2.25       | 0.40 | 4.05   | 263.55 | -2.79  |
| J0837+0610 | 1.51      | 0.16       | 0.6  | 6.47   | 219.72 | 26.27  |
| J0908-1739 | 0.80      | 0.10       | 0.63 | 6.98   | 246.12 | 19.85  |
| J0921+6254 | 0.78      | -0.21      | 1.1  | 6.84   | 151.43 | 40.73  |
| J0922+0638 | 1.88      | 0.79       | 1.21 | 5.70   | 225.42 | 36.39  |
| J0946+0951 | 0.58      | -          | 0.98 | 6.70   | 225.41 | 43.13  |
| J1057-5226 | 2.18      | -          | 1.38 | 5.73   | 285.98 | 6.65   |
| J1119-7936 | 1.00      | -          | 1.2  | 6.99   | 298.70 | -17.50 |
| J1136+1551 | 1.17      | 0.26       | 0.24 | 6.70   | 241.90 | 69.20  |
| J1435-5954 | -         | 0.36       | 0.8  | 6.69   | 315.58 | 0.39   |
| J1457-5122 | 0.68      | -          | 1.1  | 6.72   | 322.13 | 6.72   |
| J1509+5531 | 2.35      | 1.20       | 1.4  | 6.37   | 91.33  | 52.29  |
| J1530-5327 | -         | 0.10       | 1.46 | 5.97   | 325.33 | 2.35   |
| J1604-4718 | -         | -0.32      | 1.48 | 6.23   | 333.40 | 3.81   |
| J1614+0737 | 1.18      | -0.03      | 1.25 | 6.91   | 20.63  | 38.16  |
| J1651-1709 | 1.25      | -0.23      | 1.4  | 6.71   | 2.81   | 16.88  |

Şekil 2'den görüleceği gibi, her bir parlaklık fonksiyonu bu denklemlerle

$$\log(N) = \alpha + \beta \log(L) , \quad (1)$$

betimlenen birkaç doğrusal fit ile ifade edilmiştir. Şekil 2'den yola çıkarak,  $\tau \leq 10^7$  yr olan radyo pulsarların demetleme çarpanının katıldığı ve katılmadığı parlaklık fonksiyonları sırasıyla Çizelge 2'da verilmiştir.

### 3 Yorumlar

Nötron yıldızlarının ortalama uzay hızı yaklaşık  $300 \text{ km s}^{-1}$ 'dir; nötron yıldızları bu hız ile  $10^7$  yr süresinde doğdukları noktadan 3 kpc kadar uzaklaşabilirler ki bu değer spiral kolların Galaksi düzleminde sapmasından daha büyük bir değerdir (Allakhverdiev ve Kasumov, 1985; Allakhverdiev ve dig., 1997).

Çizelge 1. Sürüyor...

| JNAME      | L <sub>400</sub> | L <sub>1400</sub> | d    | $\tau$ | $l$    | $b$    |
|------------|------------------|-------------------|------|--------|--------|--------|
| J1709-1640 | 1.58             | 0.51              | 0.9  | 6.21   | 5.77   | 13.66  |
| J1736-3511 | —                | -0.41             | 1.48 | 6.71   | 353.61 | -1.60  |
| J1740+1000 | 0.49             | 0.96              | 1    | 5.06   | 34.01  | 20.27  |
| J1743-0339 | 0.84             | 0.05              | 1.5  | 6.66   | 21.65  | 13.40  |
| J1751-4657 | 1.75             | 0.91              | 0.9  | 6.96   | 345.00 | -10.18 |
| J1752-2806 | 3.27             | 1.48              | 1.3  | 6.04   | 1.54   | -0.96  |
| J1825-0935 | 1.36             | 0.89              | 0.8  | 5.37   | 21.45  | 1.32   |
| J1832+0029 | —                | -0.54             | 1.45 | 6.75   | 31.25  | 4.36   |
| J1844+1454 | 1.65             | 0.53              | 1.5  | 6.50   | 45.56  | 8.15   |
| J1848+0647 | 0.52             | -0.62             | 1.2  | 5.96   | 38.70  | 3.65   |
| J1848-0023 | —                | -0.07             | 1.2  | 6.72   | 32.27  | 0.45   |
| J1848-1952 | 1.04             | —                 | 0.8  | 6.47   | 14.77  | -8.25  |
| J1908+0734 | -0.25            | -1.05             | 0.4  | 6.61   | 41.58  | -0.27  |
| J1918+1444 | 0.36             | 0.16              | 1.2  | 4.95   | 49.10  | 0.87   |
| J1918+1541 | -0.54            | —                 | 0.6  | 6.36   | 49.89  | 1.36   |
| J1932+1059 | 1.59             | 0.67              | 0.36 | 6.49   | 47.38  | -3.88  |
| J1943-1237 | 1.46             | 0.20              | 1.5  | 6.97   | 27.26  | -17.16 |
| J1949-2524 | 0.96             | -0.15             | 1.32 | 6.67   | 15.26  | -23.38 |
| J1955+5059 | 1.77             | 0.95              | 1.5  | 6.78   | 84.79  | 11.55  |
| J2022+2854 | 2.01             | 1.74              | 1.2  | 6.46   | 68.86  | -4.67  |
| J2022+5154 | 1.97             | 1.51              | 1.1  | 6.44   | 87.86  | 8.38   |
| J2043+2740 | 1.26             | —                 | 1.1  | 6.08   | 70.61  | -9.15  |
| J2048-1616 | 1.46             | 0.51              | 0.5  | 6.45   | 30.51  | -33.08 |
| J2113+2754 | 1.41             | 0.20              | 1.2  | 6.86   | 74.99  | -14.03 |
| J2155-5641 | 0.13             | —                 | 0.8  | 6.71   | 337.05 | -47.05 |
| J2330-2005 | 1.02             | -0.12             | 0.5  | 6.75   | 49.39  | -70.19 |

Örneğimizde kullandığımız toplam radyo pulsar sayısı uzaklık ve yaş üzerinde yapılan sınırlandırmalar sonucu 52 olmuştur (Çizelge 1). Demetleme çarpanının etkisini 5–6 olarak aldığımızda, bu değer Şekil 2'in sol ve sağdaki grafikler karşılaştırılarak bulunabilir,  $\tau \leq 10^7$  yr olan ve parlaklık erimi Güneş'ten 1.5 kpc olan radyo pulsar sayısının 250–300 kadar olması gerektiği ortaya çıkar. Nötron yıldızlarının Galaktik düzlemde doğduğu varsayılırsa; yüksekliği 6 kpc, yarıçapı 12 kpc olan bir silindirin içinde ( $\tau \leq 10^7$  yr) olan ve parlaklık değeri şimdiye kadar gözlemlenebilmiş en düşük parlaklıktan yüksek olan radyo pulsar sayısı yaklaşık  $5 - 6 \times 10^4$  olmalıdır. Bu değer aynı yaş aralığındaki toplam radyo pulsarların 50–100% kadarını oluşturduğu düşünülebilir Cappelaro ve Turatto (2001); çünkü Guseinov ve dig. (2005)'na göre radyo pulsarların en azından yarısının parlaklığı, bugüne kadar gözlemlenen en düşük parlaklık değerine eşit ya da bu değerden daha büyük olmalıdır. Diğer yandan, yukarıda yapılan değerlendirmeye ve parlaklık fonksiyonlarımızın düşük parlaklık bölgesinin eğimlerinin küçüklüğüne bakarak düşük parlaklıklı pulsarların sayısının ihmal edilebilir olduğu söylenebilir. Buna ek olarak yeterli sayıdaki

**Çizelge 2.**  $\tau \leq 10^7$  yr olan pulsarların demetleme çarpanı katılmadan ve katılarak oluşturulan parlaklık fonksiyonlarının doğrusal fitinde kullanılan parametreler.

| log(L <sub>400</sub> ) için |                  |                  |                   |
|-----------------------------|------------------|------------------|-------------------|
|                             | ... < 0.8        | 0.8 < ...        | demetleme çarpanı |
| $\alpha$                    | $0.77 \pm 0.09$  | $1.23 \pm 0.36$  | <i>katılmadan</i> |
| $\beta$                     | $-0.05 \pm 0.14$ | $-0.59 \pm 0.24$ |                   |
| $\alpha$                    | $1.51 \pm 0.04$  | $2.00 \pm 0.16$  | <i>katılarak</i>  |
| $\beta$                     | $-0.05 \pm 0.06$ | $-0.63 \pm 0.11$ |                   |

| log(L <sub>1400</sub> ) için |                  |                  |                   |
|------------------------------|------------------|------------------|-------------------|
|                              | ... < -0.2       | -0.2 < ...       | demetleme çarpanı |
| $\alpha$                     | $0.72 \pm 0.24$  | $0.63 \pm 0.16$  | <i>katılmadan</i> |
| $\beta$                      | $-0.04 \pm 0.10$ | $-0.52 \pm 0.09$ |                   |
| $\alpha$                     | $1.46 \pm 0.22$  | $1.37 \pm 0.22$  | <i>katılarak</i>  |
| $\beta$                      | $-0.04 \pm 0.07$ | $-0.56 \pm 0.10$ |                   |

gözlemsel olguya (bkz Guseinov ve dig. 2003) göre de yakın radyo pulsarlar için düşük parlaklıklı pulsarlar ihmal edilebilmektedir. Yani bu pulsarlar için baskın seçim etkisi demetleme çarpanıdır ki bu gerçek radyo parlaklığı pulsarın yaşından bağımsız olduğu için çok genç pulsarlar için bile geçerlidir (bkz Şekil 1). Daha büyük uzaklık ve yaş değerleri için (bu aralık radyo pulsarların büyük bir çoğunluğunu kapsar) düşünüldüğünde ise; radyo pulsarların gözlenemezliği açısından uzaklıkla birlikte parlaklığın önemi artacağından ve pulsarın yaşıyla beraber demetleme çarpanı büyüyeceğinden bu iki temel seçim etkisinin ortalamada karşılaştırılabilir düzeyde oldukları görülür.

## 4 Sonuçlar

Bu çalışmanın en önemli sonuçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- (1). Pulsarların radyo parlaklığı yaşın bir fonksiyonu değildir.
- (2). 400 MHz ve 1400 MHz'deki parlaklık fonksiyonları her bir frekans için ikişer doğrusal fit ile parametrize edilebilir. Eğimlerdeki değişiklikler 400 MHz için  $\log L = 0.8$ 'de ve 1400 MHz için  $\log L = -0.2$ 'de gerçekleşmektedir. Eğimler, 400 MHz için  $-0.05$  ( $\log L < 0.8$ ),  $-0.63$  ( $\log L > 0.8$ ) ve 1400 MHz için  $-0.04$  ( $\log L < -0.2$ ),  $-0.56$  ( $\log L > -0.2$ ) olarak bulunmuştur.
- (3).  $\log L_{400} > -1$ ,  $\log L_{1400} > -1.5$  ve  $\tau \leq 10^7$  yr koşullarını sağlayan Galaksideki radyo pulsar sayısı yaklaşık olarak  $5 - 6 \times 10^4$  olmalıdır.
- (4). Oluşturduğumuz parlaklık fonksiyonlarında, düşük parlaklık aralığına denk düşen eğimler sıfıra yakındır; bu durum Güneş'ten 1.5 kpc'e kadar uzak olan, tespit edilemez akı değerine sahip, düşük parlaklıklı radyo pulsarların sayısının çok küçük, hatta ihmal edilebilir olduğunu göstermektedir.

- (5). Ayrıca şimdiye kadar gözlenebilmiş en düşük pulsar parlaklığının altında bir parlaklık değerine sahip olan toplam radyo pulsar sayısı da bütün Galaksi için yine düşük olmalıdır.
- (6). İki temel seçim etkisi arasından, demetleme çarpanı yakın radyo pulsarlar için baskın etken iken; geriye kalan büyük çoğunluktaki radyo pulsar için bu iki etki ortalamada aynı tesire sahiptir.

## Teşekkür

Bu çalışma TBAG-109T736 numaralı TÜBİTAK projesi ile desteklenmektedir. Bu çalışmada NASA Astrofizik Data Sistemi Kaynakça Servisi (ADS)'den yararlanılmıştır. AA Boğaziçi Üniversitesi Vakfı (BÜVAK)'a teşekkür eder.

Bu çalışmayı Oktay Guseinov (1938-2009), son zamanlarında tasarlamıştır. Yazarlar, kendisinin bu çalışmanın her aşamasındaki ve bununla bağlantılı diğer bütün işlerdeki rolü için şükranlarını sunar. Onun Galaktik astrofiziğe katkıları ve derin bilgisi her zaman için özlenmeye devam edecektir.

## Kaynakça

- Bisnovatyi-Kogan G. S. and Komberg B. V., Pulsars and close binary systems, Soviet Astronomy, 1974, oct, 18, 217.
- Bisnovatyi-Kogan G. S. and Komberg B. V. , Possible evolution of a binary-system radio pulsar as an old object with a weak magnetic field, Soviet Astronomy Letters, 1976, aug, 2, 130-132.
- Guseinov O. K. and Kasumov F. K. and Yusifov I. M. , Luminosity function and spatial density of pulsars, Astrophysics, 1978, apr, 14, 200-203 10.1007/BF01006063.
- Guseinov O. H. and Kasumov F. K. and Yusifov I. M. , The pulsars of the second Molonglo survey - Parameters and luminosity function, azh, 1981, dec, 58, 1195-1206.
- Krishnamohan S., Effect of long-term intensity variations on pulsar searches and the pulsar luminosity function, mnras, 1981, nov, 197, 497-506.
- Yusifov I. M., The Luminosity Function and Radial Distribution of Pulsars in the Galaxy, Astronomicheskij Tsirkulyar, 1981, 1164, 1.
- Allakhverdiev A. O. and Guseinov O. K. and Kasumov F. K. , Pulsars - Space kinematic characteristics and their connection with supernova remnants., apss, 1985, oct, 115, 1-29, 10.1007/BF00653822.
- Guseinov O. K. and Yusifov I. M. , A New Pulsar Luminosity Function, Soviet Astronomy, 1986, feb, 30, 47.
- Johnston H. M. and Kulkarni S. R. and Phinney E. S. , The Luminosity Function of Cluster Pulsars, Bulletin of the American Astronomical Society, 1991, Bulletin of the American Astronomical Society, 23, jan, 828.
- Foster R. S. and Tavani M. , A determination of the radio-luminosity function and relative number of globular cluster pulsars., NATO Advanced Research Workshop on X-Ray Binaries and the Formation of Binary and Millisecond Radio Pulsars, p. 437 - 442, 1992, 437-442 .

- Allakhverdiev A. O. and Guseinov O. H. and Tagieva S. O. and Yusifov I. M.,  
Velocities of pulsars: A new approach, *Astronomy Reports*, 1997, mar, 41,  
257-261.
- Tauris T. M. and Manchester R. N. , On the Evolution of Pulsar Beams, *mnras*,  
1998, aug, 298, 625-636, 10.1046/j.1365-8711.1998.01369.
- Cappellaro E. and Turatto M. , Supernova Types and Rates, The Influence of  
Binaries on Stellar Population Studies, 2001, *Astrophysics and Space Science*  
Library, 264, editor = D. Vanbeveren, 199.
- Helfand D. , The luminosity function of young pulsars and pulsar wind nebulae,  
34th COSPAR Scientific Assembly, 2002, COSPAR, Plenary Meeting, 34.
- Guseinov O. H. and Yazgan E. and Tagieva S. O. and Ozkan S. , The  
Pulsar Luminosity Function, *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica*,  
arXiv:astro-ph/0206030, 2003, 39, 267-274.
- Guseinov O. H. and Yazgan E. and Ankay A. and Tagieva S. , On Period  
and Burst Histories of AXPs and SGRs and the Possible Evolution of These  
Objects on the P- $\dot{P}$  Diagram, *International Journal of Modern Physics D*,  
arXiv:astro-ph/0206330, 2003, 12, 1-34, 10.1142/S0218271803002469.
- Ankay A. and Guseinov O. H. and Tagieva S. O. , Effects of the background  
radiation on radio pulsar and supernova remnant searches and the birth rates  
of these objects, *Astronomical and Astrophysical Transactions*, arXiv:astro-  
ph/0305490, 2004, jun, 23, 503-507, 10.1080/10556790500055408.
- Yusifov I. and Küçük I. , Galactic Distribution and the Luminosity Function of  
Pulsars, *The Magnetized Interstellar Medium*, 2004, B. Uyaniker, W. Reich,  
& R. Wielebinski, feb, 159-164.
- Guseinov O. H. and Ankay A. and Tagieva S. O. , The Strong Magnetic Field  
Decay and Evolution of Radio Pulsars on the P- $\dot{P}$  Diagram, *International*  
*Journal of Modern Physics D*, arXiv:astro-ph/0408477, 2004, oct, 13, 1805-  
1815, 10.1142/S0218271804005122.
- Guseinov O. H. and Ankay A. and Tagieva S. O. , Birth Rates of Different  
Types of Neutron Stars and Possible Evolutions of these Objects, *International*  
*Journal of Modern Physics D*, arXiv:astro-ph/0309133, 2005, 14, 643-  
656, 10.1142/S0218271805006110
- Manchester R. N. and Hobbs G. B. and Teoh A. and Hobbs M. , The Australia  
Telescope National Facility Pulsar Catalogue, *aj*, 2005, apr, 129, 1993-2006,  
10.1086/428488
- Lyne A. G. and Graham-Smith F. , *Pulsar Astronomy*, Pulsar astronomy, 3rd  
ed., Cambridge astrophysics series, publisher= Cambridge University Press,  
UK, 0521839548, 2006, editor = Lyne, A. G. & Graham-Smith, F.
- Haberl F. , The magnificent seven: magnetic fields and surface temperature  
distributions, *journal= apss*, arXiv:astro-ph/0609066, 2007, apr, 308, 181-190  
10.1007/s10509-007-9342-x