

Tekrarlayan Hızlı Radyo Patlamalarında Zaman-Enerji Korelasyon Analizi

UAK
2026

Didar Canpolat¹ · Ersin Göğüş²

¹Yeditepe Üniversitesi Fizik Bölümü · ²Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

— HIZLI RADYO PATLAMALARI

FRB Nedir?

Hızlı Radyo Patlamaları (FRB), 1–10 milisaniye süren, 10^{36} – 10^{40} erg enerji yayan güçlü radyo transieniti olaylardır. Bu enerji, **Güneş'in milyarlarca yılda yaydığı toplam enerjiye eşdeğerdir** — yalnızca birkaç milisaniye içinde.

Kaynaklar **milyarlarca ışık yılı** uzaklıkta olup yalnızca radyo dalgaboyunda 1–8 GHz aralığında gözlemlenir. Bazı kaynaklar tekrar eden patlama dizileri üretir; bu **tekrarlayan FRB'ler** üretim mekanizması araştırmaları için ayrıcalıklı kaynaklardır.

Fiziksel mekanizma hâlâ tartışmalıdır. En güçlü aday **magnetarlardır** — aşırı güçlü manyetik alanlara sahip nötron yıldızları ($\geq 10^{14}$ G). Zaman-enerji istatistikleri üretim mekanizmasını aydınlatmak için kritik öneme sahiptir.

ARAŞTIRMA SORUSU

FRB 20240114A patlamalarında zaman ve enerji arasında istatistiksel bir korelasyon var mı ve bu sinyal deprem artışı-şok mekanizmasıyla uyuyor mu?

— AMAÇ

Yöntem Motivasyonu

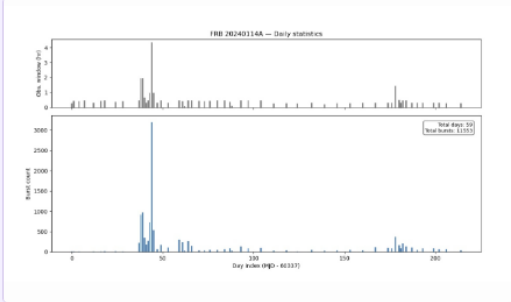
Tekrarlayan FRB üretim mekanizmasını anlamak için Totani & Tsuzuki (2023) tarafından geliştirilen **2D iki nokta korelasyon fonksiyonu** yöntemini FRB 20240114A verilerine uyguladık.

Bekleme süresi dağılımı **tek başına yetersiz**; çiftler arası zaman farkı ve enerji farkının birlikte incelenmesi mekanizma hakkında ek bilgi sağlar.

11 553 Toplam Patlama	214 gün Gözlem Süresi	729 hr⁻¹ Tepe Hızı	529.1 DM (pc cm ⁻³)	~10³⁷ erg E _c Eşik Enerjisi
---------------------------------	---------------------------------	---	---	---

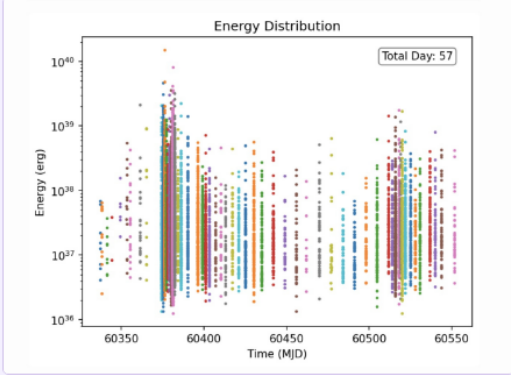
FAST
L-bant (1–1.5 GHz)

Günlük Patlama Aktivitesi



Günlük patlama sayısı ve tepe hızı. FRB 20240114A, 214 günlük gözlem süresi boyunca yüksek değişkenlik gösterdi; tepe aktivite günlerinde 729 hr⁻¹ patlama hızına ulaştı (Zhang et al. 2025).

Enerji Dağılımı



Spesifik enerji dağılımı. Güç yasası indeksi $\gamma \approx 1.7$; toplam yayılan enerji manyetar dipol enerjisinin %86'sını aşar.

— VERİ ÖZETİ

Parametre	Değer	Kaynak
Toplam patlama	11 553	Zhang+ 2025
Gözlem süresi	214 gün	FAST
DM (medyan)	529.1 pc cm ⁻³	L-bant
Bekleme süresi (bimodal)	34 ms / 7.11 s	Zhang+ 2025
Eşik enerjisi E _c	~10 ³⁷ erg	—
Toplam enerji	>86% E _{dipol}	$\mu > 4.7 \times 10^{32}$

Zhang et al. 2025 (arXiv:2507.14707) · Totani & Tsuzuki 2023 (MNRAS 526)

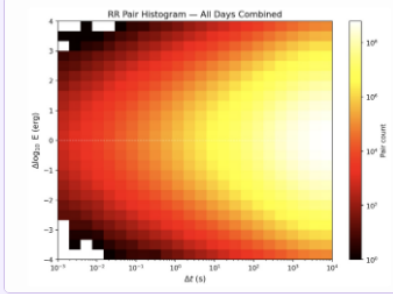
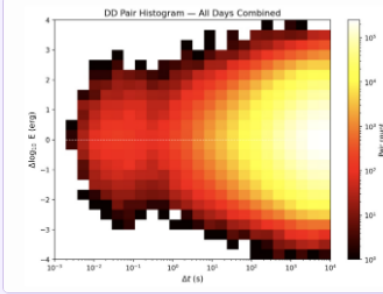
— YÖNTEM

İki Nokta Korelasyon Fonksiyonu (Totani & Tsuzuki 2023)

Gökbilimde gökada büyük ölçekli yapı çalışmalarında kullanılan DD/RR yöntemi FRB patlama çiftlerine uygulanır. Gerçek çiftler (DD) rastgele katalogla (RR) karşılaştırılarak fazlalık korelasyon sinyali $\xi = DD/RR - 1$ hesaplanır. (Δt , $\Delta \log_{10} E$) uzayında 2D korelasyon haritası çıkarılır.

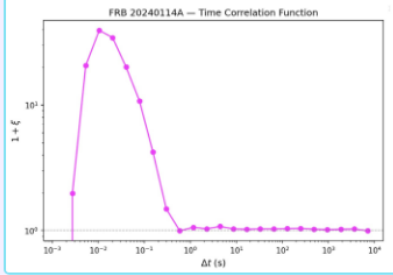
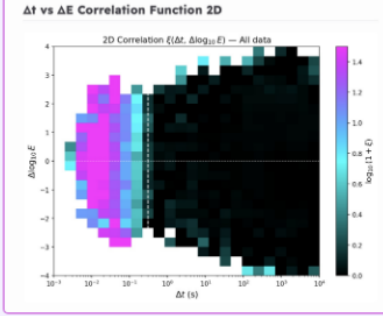
- Zaman & Enerji:** Her çift (i,j) için $\Delta t = t_j - t_i$ ve $\Delta \log_{10} E$ hesaplanır
- DD sayımı:** Gerçek patlama çiftleri (Δt , $\Delta \log E$) hücrelerinde sayılır
- RR üretimi:** Gözlem süresi + enerji dağılımına göre $10^4 \times$ büyük rastgele katalog oluşturulur
- ξ hesabı:** $\xi = DD/RR - 1$ her hücre için hesaplanır

DD Gerçek Çiftler / RR Rastgele Katalog



Sol — DD (Gerçek Çiftler): Küçük Δt değerlerinde (< 0.1 s) belirgin yoğunlaşma; patlama ardışıklığının gerçek korelasyon sinyali. **Sağ — RR (Rastgele Katalog):** $10^4 \times$ büyük referans dağılımı; düzgün dağılım normalleştirilmiş ξ hesabına olanak tanır.

2D ξ Haritası & Zaman Korelasyon Fonksiyonu



Şekil 5 — 2D korelasyon haritası (Δt , $\Delta \log_{10} E$) uzayında. $\Delta t \leq 0.5$ s bölgesinde güçlü sinyal; enerji boyutunda simetri deprem modelini destekler.

Şekil 6 — $1 + \xi(\Delta t)$ zaman korelasyon fonksiyonu. $\Delta t \sim 10$ ms civarında zirve; $\Delta t > 1$ s'de $\xi \rightarrow 0$ (korelasyonsuz Poisson süreci). T&T (2023) Omori-Utsu güç yasasıyla uyumlu.

— BULGULAR

Temel Sonuçlar

Güçlü Korelasyon Sinyali

$\Delta t \leq 0.5$ s bölgesinde (bimodal bekleme süresinin kısa tarafında) belirgin $\xi > 0$ sinyali; patlama ardı patlama koşullı olasılığı %10–60 aralığında.

Enerji Bağımsızlığı

ξ , $\Delta \log_{10} E$ boyutunda düz — patlama enerji büyüklüğü korelasyon sinyalini etkilemiyor. Güneş parlamasından farklı olarak enerji ile Δt arasında korelasyon yok.

Aktivite Kararlılığı

Korelasyon katsayısı C, kaynak aktivite seviyesinden bağımsız; manyetar dipol enerjisinin >%86'sı yayıldı ($\mu > 4.7 \times 10^{32}$ G cm³).

T&T (2023) Doğrulaması

FRB 20220912A dahil üç aktif kaynaktan tespit edilen $\Delta t \leq 1$ s korelasyon sinyali FRB 20240114A'da 11 553 patlamayla güçlü biçimde teyit edildi.

>86%

Manyetar
Dipol Enerjisi
Yayıldı

— SONUÇ

FRB 20240114A'nın zaman-enerji korelasyon istatistiği **deprem modeli** ile nicel uyum gösteriyor. Nötron yıldızı krust kırılmalarının sismik artçı-şok zinciri ürettiği hipotezini 11 553 patlama ile güçlü biçimde destekliyor.

GELECEK ÇALIŞMALAR

Parametrik genişleme ve çoklu kaynak karşılaştırması:

Frekans Süre Fluence

Tepe Akı Bant Genişliği

Bekleme Süresi

KAYNAKÇA

Zhang et al. (2025) — arXiv:2507.14707 · 11 553 patlama, FAST L-band, FRB 20240114A kapsamlı analizi.

Totani & Tsuzuki (2023) — MNRAS 526, 2795 · Tekrarlayan FRB'lerde 2D zaman-enerji korelasyon yöntemi.

didar.canpolat@alumni.yeditepe.edu.tr