

ექსტრემალური ბლამარების დაკვირვებების ანალიზის მეთოდები

ალექსანდრე ღურჭუმელია

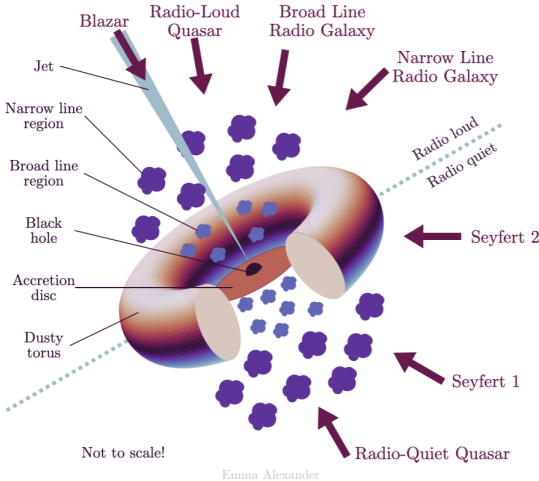
*ე. ხარაძის ეროვნული ასტროფიზიკური ობსერვატორია
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*



მხარდაჭერილია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო
ფონდი გრანტით (FR-21-307)

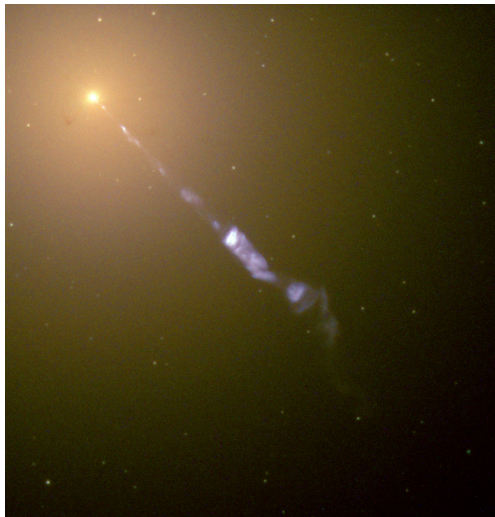
გალაქტიკების აქტიური ბირთვები (AGNs)

ბლზარები

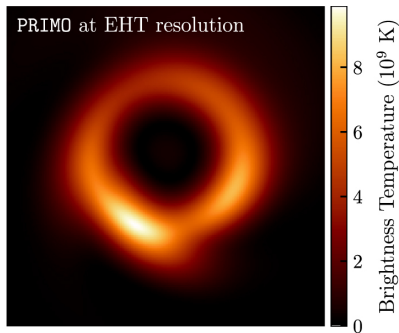


- ✓ არათერმალური კონტინუუმის ემისია რადიოდან TeV დიაპაზონამდე
- ✗ ძლიერი ემისიური ხაზები
- ✓ ცვალებადობა ყველა სპექტრალურ ზოლში
- ✓ სინათლის სიჩქარეზე სწრაფი მოძრაობა (მოჩვენებითი)
- ✓ ძლიერი და ცვალებადი რადიო/ოპტიკური პოლარიზაცია
- ✓ ძლიერი რენდგენული და გამა გამოსხივება

Messier 87 (NGC 4486)

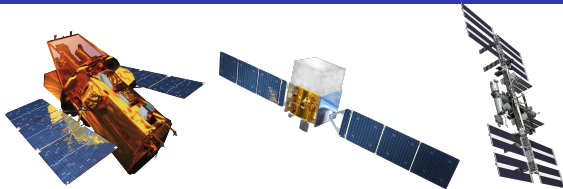


M87*

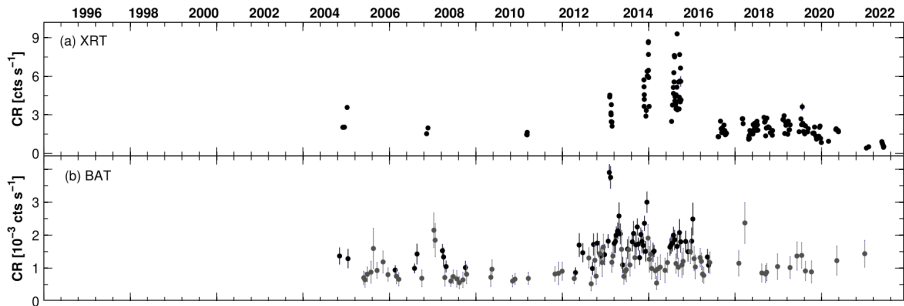


12:30:49.42 12:23:27.96
დაშორება: 16.5 Mpc

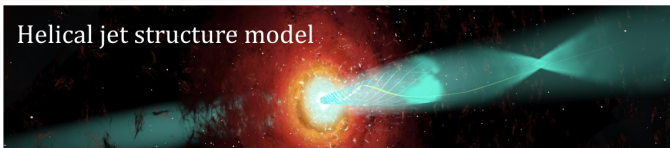
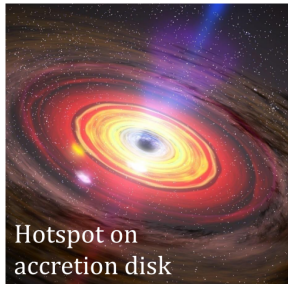
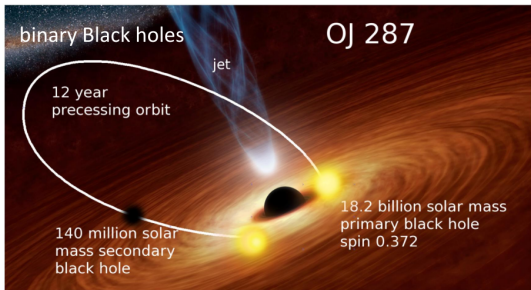
რენტგენული და γ დაკვირვებები ობსერვატორიებზე: Swift, Fermi, MAXI (ISS)...



Swift XRT & BAT არათანაბარი ბიჭით დაკვირვებული სინათლის მრუდი BLL ტიპის ობიექტისთვის 1ES 0033+595, $z = 0.08614470$ [Kapanadze & Guruchumelia 2022]



სიკამკაშის ცვალებადობის შესაძლო მიზეზები



LTV და STV - ხანგრძლივ და მოკლე მასშტაბიანი ხოლო IDV დღიური ცვალებადობა

ლომბ-სკარგლის პერიოდოგრაფა

Swift XRT დაკვირვება, BLL ტიპის ობიექტი Mrk 421 $z = 0.030$
 [Kapanadze, Guruchumelia, Kharshiladze *et al* 2020]

$$P_{LS}(\omega) = \frac{A}{2} \left(\sum_n x_n \cos(\omega(t_n - \tau)) \right)^2 + \frac{B}{2} \left(\sum_n x_n \sin(\omega(t_n - \tau)) \right)^2$$

სადაც

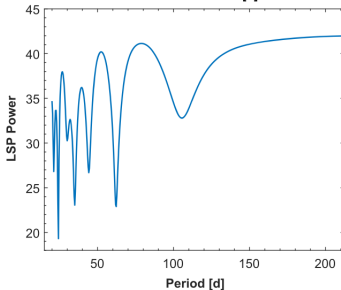
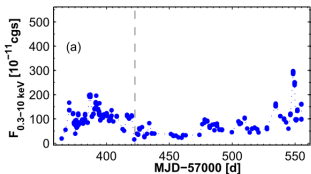
$$A^{-1} = \sum_n x_n \cos^2(\omega(t_n - \tau))$$

$$B^{-1} = \sum_n x_n \sin^2(\omega(t_n - \tau))$$

და

$$\tau = \omega^{-1} \arctan \left(\frac{\sum_n \sin(2\omega t_n)}{\sum_n \cos(2\omega t_n)} \right)$$

ხელმისაწვდომია AstroPy-ში და MATLAB-ში.



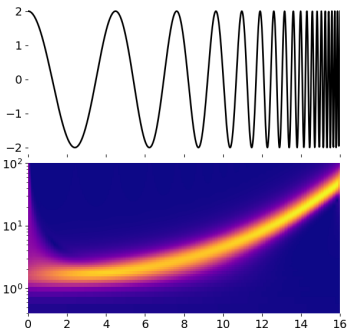
ვეივლეთ და შენონილი ვეივლე Z-გარდაქმნები

ფურიე გარდაქმნაში ამ ცვლილების შეტანით:

$$x(t) e^{i\omega t} \rightarrow x(t) e^{i\omega t} e^{-c\omega^2 t^2}$$

ვიღებთ ვეივლეთ გარდაქმნას

$$W(\omega, \tau) = \sqrt{\omega} \int_{-\infty}^{+\infty} dt x(t) \times e^{i\omega(t-\tau)} e^{c\omega^2(t-\tau)^2}$$



სიგნალის პროექცირება ხდება ფუნქციებზე:

$$\phi_0 = 1, \phi_1 = \cos(\omega(t-\tau)), \phi_2 = \sin(\omega(t-\tau)).$$

S-მატრიცაა:

$$S_{\mu\nu} = \langle \phi_\mu, \phi_\nu \rangle = \frac{\sum_n w_n \phi_\mu(t_n) \phi_\nu(t_n)}{\sum_m w_m}$$

სადაც წონები მოიცემა ფორმულით

$$w_n = \exp(-c\omega^2(t_n - \tau)).$$

სიგნალის მორელად აიღება

$$|y\rangle = \sum_{\mu=0}^2 y_\mu |\phi_\mu\rangle \Rightarrow y_\mu = \sum_{\nu=0}^2 S_{\mu\nu}^{-1} \langle \phi_\nu, x \rangle.$$

შენონილი ვეივლეთ Z-გარდაქმნაა:

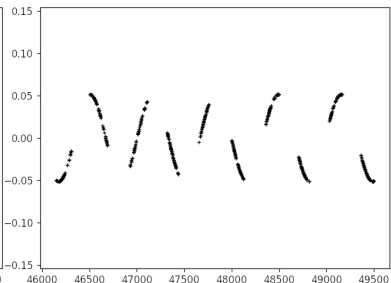
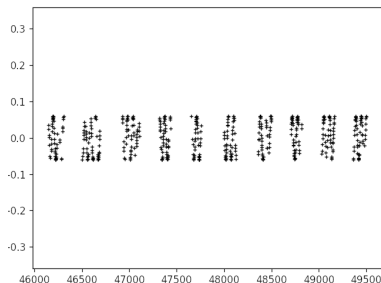
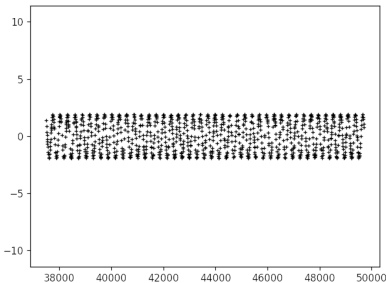
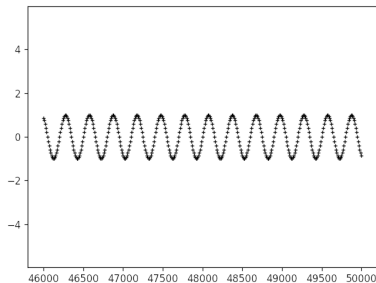
$$WWZ = \frac{(N_{\text{eff}} - 3) \text{var}(y)}{2(\text{var}(x) - \text{var}(y))}$$

სადაც მონაცემთა ეფექტური რაოდენობაა:

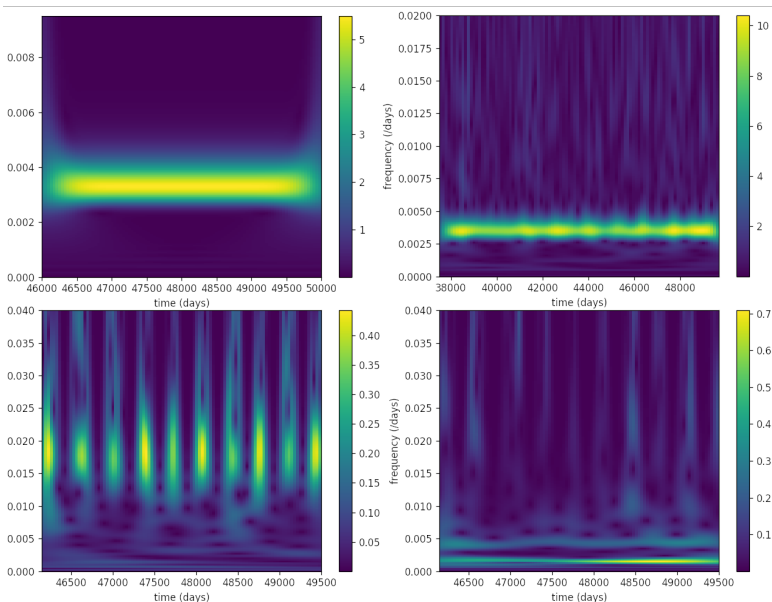
$$N_{\text{eff}} = \frac{\sum_n w_n^2(\omega, \tau)}{\sum_m w_m(\sqrt{2}\omega, \tau)}.$$

[Foster 1996]

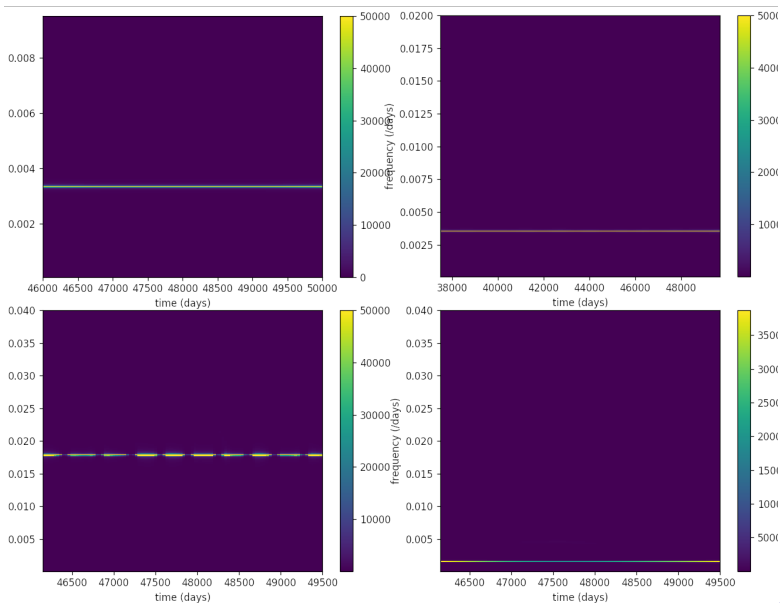
სატესტო ხელოვნური მონაცემები



სატესტო ხელოვნური მონაცემები



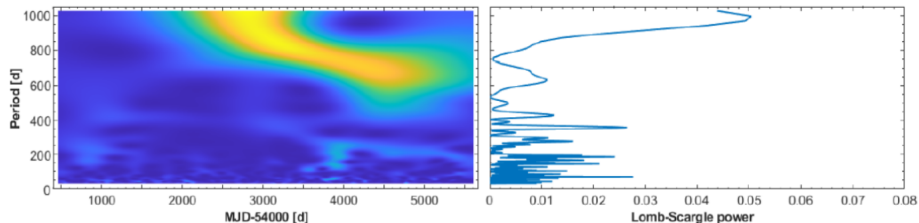
სატესტო ხელოვნური მონაცემები



OVRO რადიო დაკვირვება

ბლაზარი H1722+119, $z = 0.018$

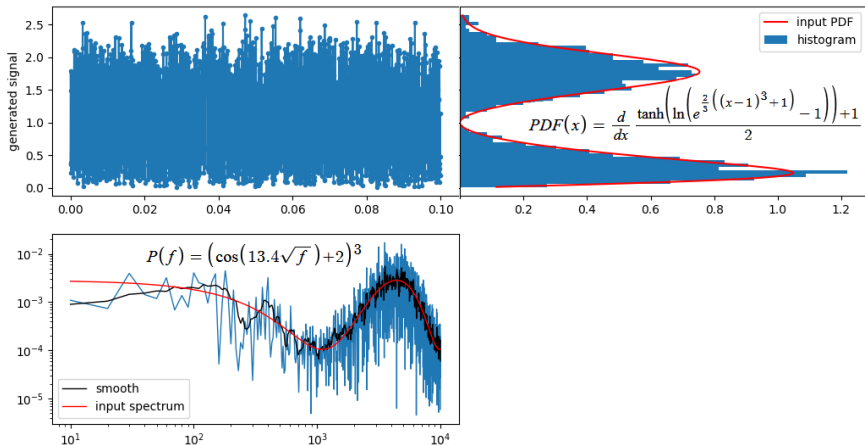
WWZ გარდაქმნა და ლომბ-სკარგლის პერიოდოგრამა.



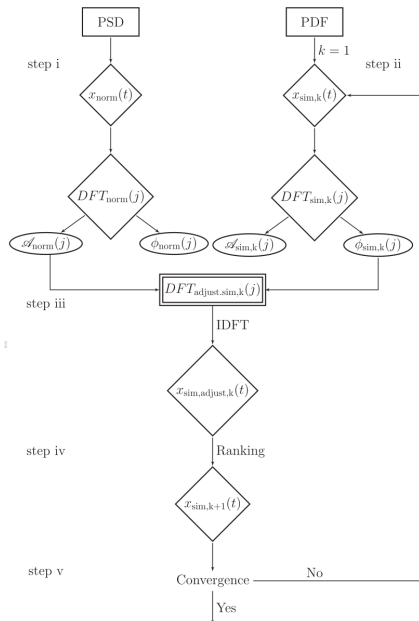
[Kapanadze, Gurchumelia, Kharshiladze *et al* 2023]

მონტე კარლო სიმულაცია ხელოვნური სინათლის მრუდით

შესაძლებელია მოცემული ალბათობის განაწილების სიმკვრივის (PDF) და სიმძლავრის სპექტრის სიმკვრივის (PSD) ხმაურის შექმნა

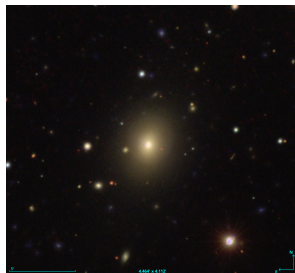
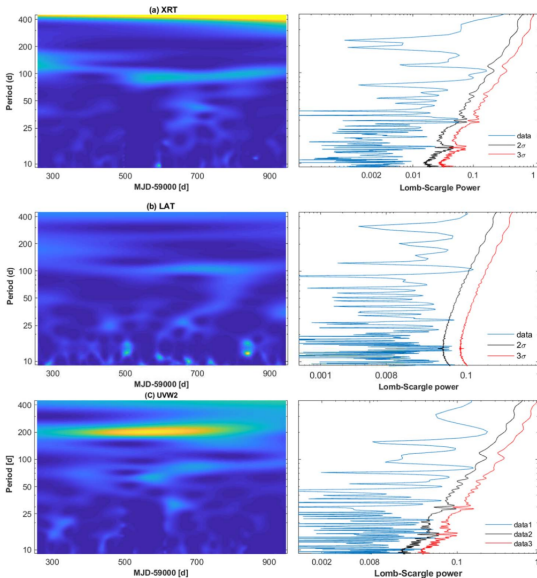


ხელოვნური სინათლის მრუდის შექმნა



ალგორითმი:
[Emmanoulopoulos, McHardy,
Papadakis 2013]

მარქარიან 501 (UVW2)



16:53:52.21 39:45:37.6
დაშორება: 140 Mpc

[Kapanadze, Gurchumelia, Aller 2023]

გამოქვეყნებული ნაშრომები

- ▶ Kapanadze, B., Guruchumelia, A., & Aller, M. (2023). Long-Term X-ray Outburst in the TeV-Detected Blazar Mrk 501 in 2021–2022: Further Clues for the Emission and Unstable Processes. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 268(1), 20.
- ▶ Kapanadze, B. (2023). Gamma-ray Emission and Variability Processes in High-Energy-Peaked BL Lacertae Objects. *Universe*, 9(7), 344.
- ▶ Kapanadze, B., Guruchumelia, A., Vercellone, S., Romano, P., Kapanadze, S., & Kharshiladze, O. (2023). Long-term Swift and multiwavelength observations of two TeV-detected blazars with unknown redshifts. *Astrophysics and Space Science*, 368(3), 23.
- ▶ Kapanadze, B., & Guruchumelia, A. (2022). Long-term multi-wavelength variability and extreme spectral properties of the TeV-detected blazar 1ES 0033+ 595. *Astronomy & Astrophysics*, 668, A75.

სამადლობელი

მადლიერი ვარ შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტისთვის (FR-21-307).