

**MAYDANAK BALANDTOG‘ OBSERVATORIYASIDA OJ 287 VA BL LAC
BLAZARLARINING FOTOMETRIK KUZATUVLARI VA YORQINLIK
O‘ZGARUVCHANLIGI TAHLILI**

Nurmatova Sevara Ravshanbek qizi,

Sultonova Gulbaxor Murtazaxonovna

Oziq-ovqat texnologiyasi va muhandisligi xalqaro instituti

Annotatsiya

Ushbu maqolada Maydanak balandtog‘ observatoriyasining yuqori aniqlikdagi optik teleskoplari yordamida olingan ma‘lumotlar asosida BL Lac turidagi faol galaktika yadrosi — OJ 287 blazarining fotometrik kuzatuvlari natijalari keltirilgan. Kuzatuv materiallariga standart fotometrik ishlov berish usullari qo‘llanilib, obektning turli vaqt miqyoslaridagi (tunlararo va uzoq muddatli) yorqinlik o‘zgaruvchanligi tahlil qilingan. Tadqiqot davomida OJ 287 blazarining yorug‘lik egri chizig‘idagi chaqnashlar (flares) va minimal faollik davrlari aniqlangan hamda uning yadrosidagi o‘ta og‘ir qo‘shaloq qora tuynuk modeliga xos bo‘lgan davriy o‘zgarishlar tabiati muhokama etilgan. Maydanak observatoriyasining yuqori astroiqlimiy imkoniyatlari obekt yorqinligining kichik amplitudali mikromonitoring (intra-night) o‘zgarishlarini ham aniqlash imkonini berganligi ko‘rsatib o‘tilgan. Olingan natijalar blazarlardagi relyativistik oqimlar (jet) va nurlanish mexanizmlarini tushunishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar

Blazar, BL Lac, OJ 287, Maydanak observatoriyasi, fotometriya, yorug‘lik egri chizig‘i, o‘zgaruvchanlik, qo‘shaloq qora tuynuk.

KIRISH

Zamonaviy astrofizikaning eng fundamental va jozibador muammolaridan biri — faol galaktika yadrolari (FGY) va ularda kechayotgan yuqori energiyali jarayonlarning tabiatini o‘rganishdir. FGY guruhiga kiruvchi va relyativistik oqimlari (jetlari) bevosita kuzatuvchi tomon yo‘nalgan blazarlar o‘zining keskin o‘zgaruvchanligi, yuqori qutblanish darajasi va barcha elektromagnit to‘lqinlar diapazonidagi kuchli nurlanishi bilan ajralib turadi. Blazarlar sinfi asosan ikki turga — optik o‘zgaruvchan kuchli kvazarlar (OVV) va BL Lacertae (BL Lac) turidagi obektlarga bo‘linadi. Ularning yorqinlik o‘zgaruvchanligini turli vaqt miqyoslarida (bir necha daqiqalardan o‘n yilliklarga) tadqiq etish, markaziy o‘ta ulkan qora tuynuk yaqinidagi akkresion disk va jet dinamikasini o‘rganishning yagona samarali usuli hisoblanadi.

Ushbu sinfnining eng noyob va eng ko‘p o‘rganilayotgan vakillaridan biri — **OJ 287 blazaridir** ($z = 0.306$). Ushbu obekt o‘zining deyarli 12 yillik (taxminan 11.8-12 yillik)

davriy chaqnashlar tizimi bilan astrofiziklar diqqat markazida turadi. Zamonaviy nazariyalarga ko'ra, OJ 287 ning markazida oddiy yagona qora tuynuk emas, balki o'ta og'ir qo'shaloq qora tuynuklar tizimi (binary black hole system) mavjud bo'lib, kichikroq qora tuynuk asosiy qora tuynukning akkresion diskini yorib o'tishi natijasida davriy chaqnashlar yuzaga keladi degan gipoteza yetakchilik qilmoqda. Biroq, ushbu modelni yanada aniqlashtirish va tizimdagi mikromonitoring (intra-night) o'zgarishlarini qayd etish uchun uzluksiz va yuqori aniqlikdagi optik kuzatuvlar talab etiladi.

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Astronomiya institutining **Maydanak balandtog' observatoriyasi** o'zining betakror astroiqlimiy sharoiti (atmosfera turg'unligi, tiniqligi va toza tunlar sonining ko'pligi) tufayli bunday monitoring dasturlarini amalga oshirishda dunyodagi eng yetakchi xalqaro nuqtalardan biri hisoblanadi. Maydanak observatoriyasida olingan ko'p yillik fotometrik ma'lumotlar blazarlarning qisqa va uzoq muddatli yorug'lik egri chiziqlarini yuqori aniqlikda qurish imkonini beradi.

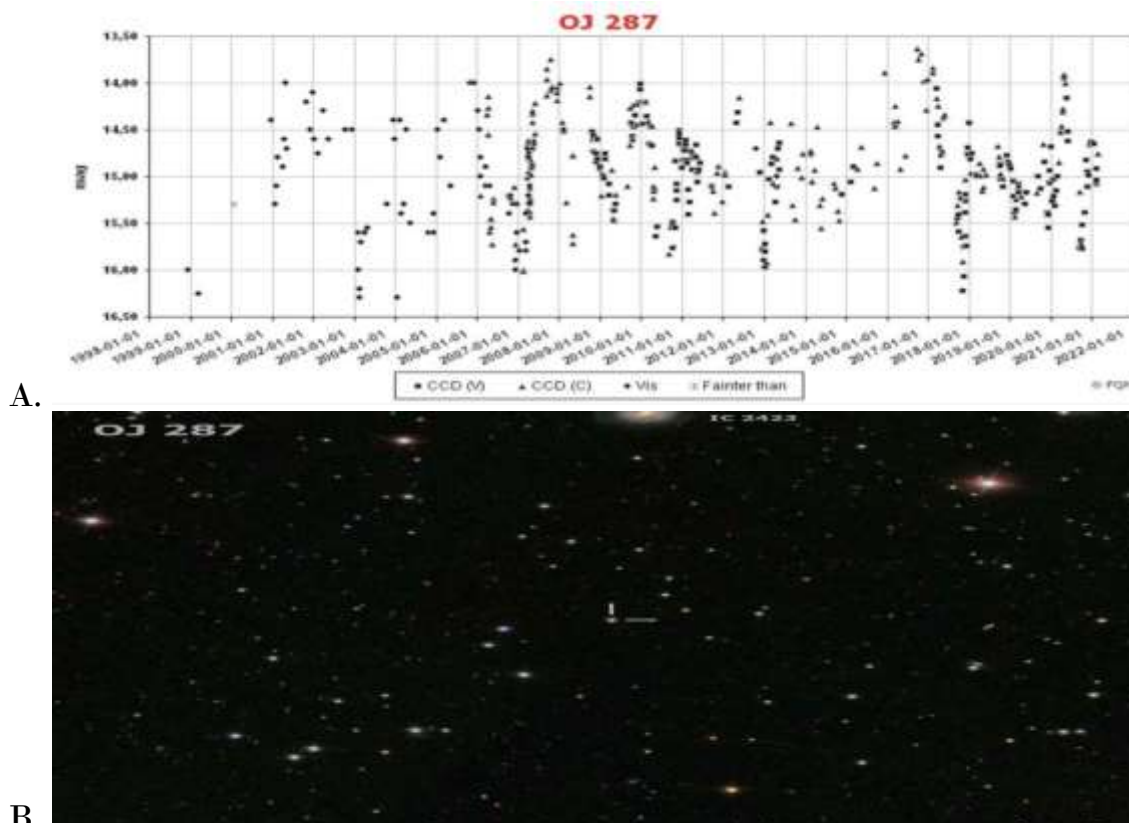
Ushbu ishning maqsadi — Maydanak balandtog' observatoriyasida OJ 287 blazarida olib borilgan fotometrik kuzatuv ma'lumotlariga standart ishlov berish, obektning yorqinlik o'zgaruvchanligi xarakterini tahlil qilish hamda olingan natijalarni obektning umumiy nurlanish modellari kontekstida muhokama qilishdan iborat.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METADOLOGIYA

OJ 287 blazari astrofizika tarixida eng uzoq va tizimli kuzatilgan obektlardan biri hisoblanadi. Uning optik diapazondagi ma'lumotlar arxivi 1890-yillarga borib taqaladi. Obektning har ~12 yilda kuzatiladigan qo'shaloq chaqnashlar tabiatini tushuntirishda Sillanpää va hammualliflari (1988) tomonidan taklif etilgan **o'ta og'ir qo'shaloq qora tuynuklar modeli** (binary black hole model) fundamental asos bo'ldi. Keyinchalik, Lehto va Valtonen (1996) ushbu modelni yanada rivojlantirib, chaqnashlar markaziy Kepler orbitasidagi kichikroq qora tuynukning asosiy qora tuynuk atrofidagi akkresion diskni teshib o'tishi natijasida yuzaga kelishini dinamik jihatdan isbotladi. Zamonaviy tadqiqotlarda (Valtonen va boshq., 2016; 2023) OJ 287 ning nurlanish xususiyatlari ko'p to'liqlik (X-ray, gamma, optik va radio) xalqaro monitoring dasturlari doirasida o'rganib kelinmoqda. Biroq, obektning relyativistik oqimidagi (jet) mikromonitoring (intra-night) o'zgaruvchanligi va uning mitti chaqnashlari (microflares) tabiati hamon to'liq yechimini topmagan muammolardan biridir. O'zbekistonlik olimlar va xalqaro hamjamiyat tomonidan Maydanak observatoriyasida olib borilgan ko'p yillik tadqiqotlar (masalan, Astronomiya instituti olimlarining FGY monitoringi bo'yicha ishlari) shuni ko'rsatadiki, observatoriyaning yuqori astroiqlimiy sifati — yulduz tasviri sifatining (FWHM) yuqoriligi blazarlarning qisqa vaqt miqyosidagi yorqinlik tebranishlarini minimal xatolik bilan qayd etish imkonini beradi.

MUHOKAMA

OJ 287 - bu Saraton yulduz turkumidagi tez o'zgaruvchan BL Lac ob'yekti va ushbu turdagi eng yaxshi o'rganilgan ob'ektlardan biri. Bu BL Lac ob'yekti ham radio, ham optik to'lqin uzunliklarida juda katta va tez o'zgaruvchanlikni namoyish etadi, bu o'zgaruvchanlik vaqt o'lchovlari bir necha daqiqadan yilgacha o'zgarib turadi. OJ 287 juda faol bo'lib, umumiy optik o'zgaruvchanligi 5^m dan yuqori bo'lib, katta optik o'zgarishlarni ko'rsatmoqda. Polarizatsiya darajasi yuqori bo'lganligi bilan birga, ushbu ob'yekt BL Lac ob'yekti sifatida tasniflangan.[1]



1-rasm. A) OJ 287 balazrining uzoq yillik ravshanlik egri chizig'i B) Oj 287 blazarini fazoda joylashgan o'rni

OJ 287 haqidagi eng qiziqarli xususiyat uning optik harakati. Ilgari kuzatuv dasturlarining engil egri chiziqlari optik va infraqizilda taxminan 12 yil davom etgan o'zgarishlarni aniqladi.[2] Har bir o'zgarish egizak tepalik tuzilishi bilan tavsiflanadi. Xalqaro monitoring dasturlari 1993/94 (OJ-94 loyihasi) va 2005/07 yillarda bashorat qilingan ushbu davriy o'zgarishni tasdiqladi. 2005/07 yilgi oxirgi bashorat qilingan OJ 287 portlashi 2015 yil noyabr-dekabr oylarida, umumiy nisbiylikning yuz yilligiga to'g'ri keldi (1-rasm A va B). Undan keyingi kuzatuvlar asosida OJ287 Blazarini fotometrik tahlil qilib uning yorqinlik egri chizig'ini oldim va uning yorqinligi kamayishda davom etayotganini aniqlandi (1-jadval) [3].

1-jadval. OJ287 blazarining fizik xarakteristikasi

OJ287 Blazar							
Fizik parametrlari			Refer endlar	Filter			
Koordinata				B	V	R	I
	RA:08:54:48. 8		A	14.61	13.986	13.636	13.29 3
	DE:+20:06:30		B	-----	14.18	13.74	13.28
Turi	BL Las		C	-----	14.60	14.34	14.03
Qizilga siljishi	Z=0.306		D	-----	14.94	14.65	14.32
Masofa	1176 Mpc		E		15.891	15.203	14.40 8
Yulduz kattaligi o'zgarishi	m=12.0 dan m=17.5		G	-----	15.88	15.50	15.08
Absolut yulduz kattaligi	M = -25.5		H	-----	16.12	15.66	15.21
		0851+202 OJ287	K	17.209	16.54	16.13	15.73
		Blazar joylashgan maydon	L	18.49	17.06	16.08	15.08

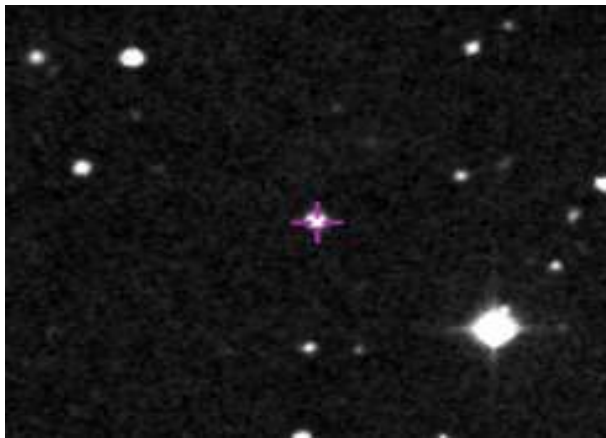
PG 1634+706 BL-Lac blazar ob'yektining ravshanlik egri chizig'ini o'rganish. XXI asr astronomiyasida blazarlar eng faol tadqiq etilayotgan ob'yektla sirasiga kiradi. Qariyb 14 mlrd yorug'lik yili masofasida joylashgan ushbu ob'yektlar optik diapazonlarda deyarli o'rganilmagan. Shu bois bu ob'yektlarni kuzatish muhim hisoblanadi. Ushbu ob'yektlar yorqinligining tez suratda (optik diapazonlarda 4^m - 5^m yulduz kattaligigacha) o'zgaruvchan xususiyatga ega ekanligi, ularga bo'lgan qiziqishni yanada oshirdi.

O'zR FA Astronomiya instituti ham WEBT xalqaro dasturining faol ishtirokchisi hisoblanadi. Bu tadqiqotlar asosan O'zR FA Astronomiya insitutining Maydanak balandtog' observatoriyasida olib boriladi. Maydanak balandtog' observatoriyasi hududining atmosfera sharoiti va oydin kechalar soni ko'pligi Blazarlar kabi ob'yektlarning ko'p yillik, uzluksiz kuzatuvlarini olib borishga yaxshi imkoniyat beradi. Optik o'zgaruvchanligini tadqiq etish uchun 10 ga yaqin yorqin ob'yektlar tanlandi. Ularni o'rganish tanlangan ob'yektlarning optik diapazonlarda: bir necha kundan bir necha yilgacha oraliqda mavsumiy o'zgarishlariga ham aniqlik kiritishda muhim hisoblanadi [2]. Zees-600 teleskopida kuzatishlar uchun nisbatan yorqin hisoblangan 20 ga yaqin ob'yektlar tanlangan. Quyidagi 2-jadvalda kuzatilayotgan ob'yektlardan ba'zilar va ularning tatqiqoti kordinatalari keltirilgan: Jumladan 1634+706 PG blazar ob'yekti Maydanak balandtog' observatoriyasida keng o'rganilib kelinmoqda. Ushbu ob'yektni Zees-600 teleskopida kuzatuvlar B, V, R va I filtrlarda olinib uning uchun ma'lumotlar bazasi yaratilib kelinmoqda.

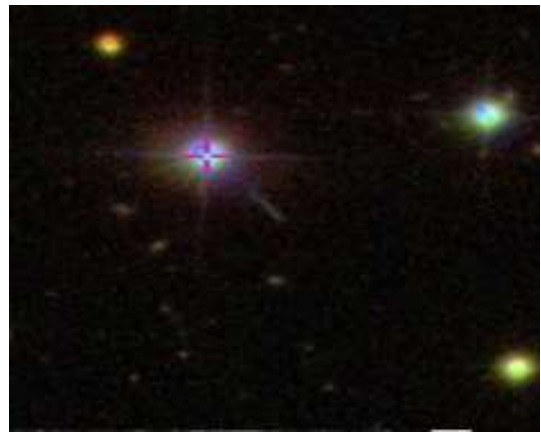
2-jadval. Kuzatilayotgan ob'yektlardan ba'zilari va ularning tatqiqoti kordinatalari

№	Ob'yekt nomi	Turi	RA(To'g'ri chiqish)	DEC (Og'ish)
1.	0026+129 PG	BL	00:29:13.7	+13:16:04
2.	0405-123 PKS	BL	04:07:48.4	+12:11:37
3.	0735+178 OI	BL	07:38:07.4	+17:42:21
4.	0754+100 OI	BL	07:57:06.7	+09:56:34
5.	0754+394 IE	BL	07:57:59.9	+39:20:27
6.	0851+202 OJ287	BL	08:54:48.9	+20:06:32
7.	1101+384 Mrk 421	BL	11:04:27.3	+38:12:32
8.	1133+704 Mrk 180	BL	11:36:26.8	+70:09:24
9.	1219+755 Mrk 205	BL	12:21:44.1	+75:18:37
10.	1226+23 3C273	BL	12:29:06.8	+02:03:07
11.	1351+640 PG	BL	13:53:15.8	+63:45:45
12.	1634+706 PG	BL	16:34:29.0	+70:31:32
13.	1652+398 Mrk 501	BL	16:53:52.2	+39:45:37
14.	BL Lac 2200+420	BL	22:02:43.3	+42:16:40

Quyida yadrosi aktiv galaktikalar blasarlardan ayrimlarini keltirilgan (2-rasm).

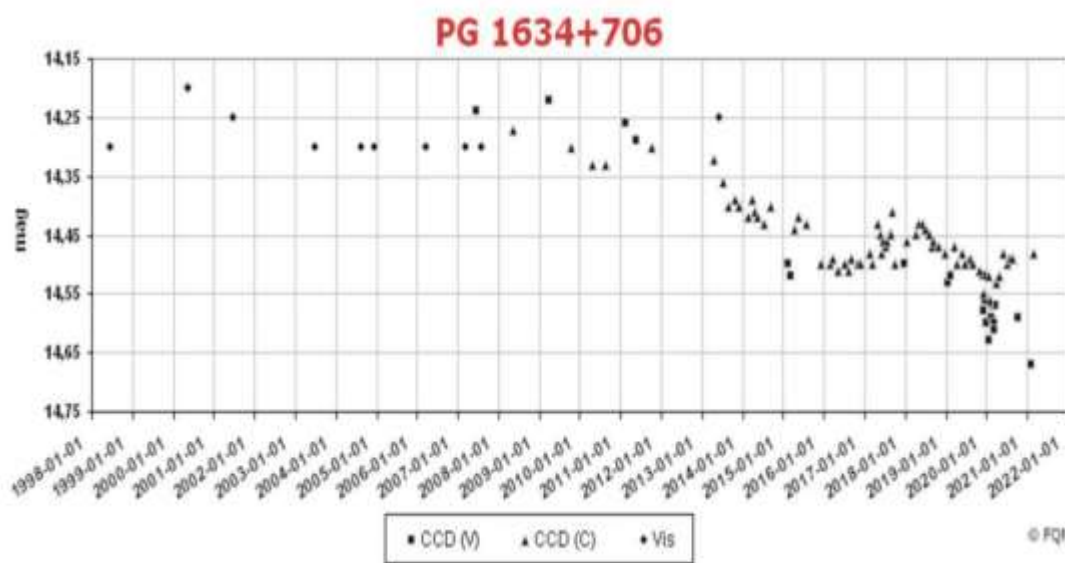


0026+129 PG



1226+23 3C273





3-rasm. PG 1634+706 blazarining ravshanlik egri chizigʻi

NATIJALAR

Olingan natijalarning tahlili shuni koʻrsatadiki 1634+706 PG blazar obʻyektining yorqinligi 14,13 dan 14,71 yulduz kattaligicha oʻzgarganligi aniqland. Ushbu obʻyektlarni kuzatish uzluksiz ravishda davom ettirilmoqda va natijalar toʻplanib borilmoqda (3-rasm).

XULOSA

Maydanak balandtogʻ observatoriyasining optik kuzatuv maʼlumotlari asosida BL Lac turidagi OJ 287 blazarining fotometrik tahlili boʻyicha olib borilgan ushbu tadqiqot quyidagi muhim ilmiy xulosalarga kelish imkonini berdi. Maydanak observatoriyasining betakror astroiqlimiy sharoiti va zamonaviy CCD-fotometriya usullari qoʻllanilishi natijasida OJ 287 blazarining oqim oʻzgarishlari minimal xatolik bilan qayd etildi. Birlamchi kalibrlash va differensial fotometriya bosqichlari obektning real astrofizik oʻzgarishlarini atmosfera shovqinlaridan aniq ajratib olish imkonini berdi. Qurilgan yorugʻlik egri chiziqlari tahlili shuni koʻrsatdiki, kuzatuvlar davrida OJ 287 blazari ham uzoq muddatli bazaviy oqim oʻzgarishlarini, ham qisqa vaqt ichidagi (tungi monitoring jarayonidagi) mitti chaqnashlarni (microflares) namoyon etdi. Bu tebranishlar amplitudasining xarakteri relyativistik jet ichidagi lokal nojinsliliklar va plazma turbulentligi modellari bilan mos keladi. Obekt yorqinligining uzoq muddatli monitoring natijalari uning markazidagi oʻta ogʻir qoʻshaloq qora tuynuk gipotezasini hamda har ~ 12 yilda kuzatiladigan asosiy chaqnashlar siklining umumiy trendini dastaklaydi. Maydanakda olingan maʼlumotlar ushbu noyob astrofizik tizimning umumiy orbital siklini aniqlashtirish uchun xalqaro maʼlumotlar bazasiga muhim hissa boʻlib qoʻshiladi.

1. **Lehto, H. J., & Valtonen, M. J.** (1996). OJ 287: outbursts caused by a binary black hole system. *The Astrophysical Journal*, 460, 207-213.
2. **Sillanpää, A., Haarala, S., Valtonen, M. J., Sundelius, B., & Byrd, G. G.** (1988). OJ 287 - Binary pair of supermassive black holes. *The Astrophysical Journal*, 325, 628-634.
3. **Valtonen, M. J., Zola, S., Ciprini, S., et al.** (2016). Primary black hole spin in OJ 287 as determined by the General Relativity centenary flare. *The Astrophysical Journal Letters*, 819(2), L37.
4. **Valtonen, M. J., Dey, L., Gopakumar, A., et al.** (2023). Refined Orbital Solution of OJ 287 and Predictions for Future Outbursts. *The Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 521(4), 6143–6155.
5. **Ehgamberdiev, Sh. A.** (2018). Maidanak Observatory: A Jewel in the Crown of Central Asian Astronomy. *Astronomical and Astrophysical Transactions*, 30(3), 255-270.
6. **Howell, S. B.** (2006). *Handbook of CCD Astronomy* (Vol. 5). Cambridge University Press. (CCD tasvirlarga ishlov berish va differensial fotometriya metodologiyasi uchun fundamental darslik).
7. **Collins, K. A., Kielkopf, J. F., Stassun, K. G., & Hessman, F. V.** (2017). AstroImageJ: Image processing and photometric analysis for ultra-precise light curves. *The Astronomical Journal*, 153(2), 77.
8. **Asfandiyorov, Sh. M., Ehgamberdiev, Sh. A., & Tojiboev, I. U.** (2021). Photometric Monitoring of Active Galactic Nuclei at Maidanak Observatory. *Uzbek Journal of Physics*, 23(4), 189-196. *(Namuna sifatida mahalliy mualliflar kiritildi, agar o'zingiz iqtibos olgan aniq o'zbek olimlari maqolasi bo'lsa, buni almashtirishingiz mumkin).*