



**№3**

# **MOLIYAVIY TEXNOLOGIYALAR**

**ILMIY ELEKTRON JURNALI**



**ISSN: 2181-3965**  
**VOLUME 5**  
**TOSHKENT 2026**

# “MOLIYAVIY TEXNOLOGIYALAR” ILMIY ELEKTRON JURNALI TAHRIRIYAT KENGASHI RAISI

**To‘lqin Zakirovich Teshabayev** – tahririyat kengashi raisi. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti rektori, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

## TAHRIRIYAT KENGASHI

**Mehmonov Sultonali Umaraliyevich** – Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, O‘quv ishlari bo‘yicha birinchi prorektor, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Abdurahmanova Gulnora Qalandarovna** - Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo‘yicha prorektor, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Karimova Komila Daniyarovna** - Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, Yoshlar masalalari va ma‘naviy-marifiy ishlar bo‘yicha birinchi prorektor, iqtisodiyot fanlari doktori, dotsent

**Xudoyqulov Sadirdin Karimovich** - Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, Hududiy ta‘lim masalalari va markazlar bo‘yicha prorektor, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Sindarov Sherzod Egamberdiyevich** – Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, Infratuzilmalarni rivojlantirish va iqtisod ishlari bo‘yicha prorektor, iqtisodiyot fanlari doktori, dotsent

**Saparov Aktam Jo‘rayevich** – bosh muharrir, filologiya fanlari doktori

**Islamkulov Alimnazar Xudjamuratovich** – iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Pardayev Abdunabi Xoliqovich** – iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Kuziyev Islomjon Ne‘matovich** – iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Baymurotov Tursunbay Maxkambayevich** – iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor

**Omonov Akrom Abdinazarovich** – iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Sharipov Qongratbay Avezimbetovich** – texnika fanlari doktori, professor, O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta‘lim, fan va innovatsiyalar vaziri

**Jumayev Nodir Xosiyatovich** – iqtisodiyot fanlari doktori, professor, O‘zbekiston Respublikasi Oliy Kengashi deputati

**Haydarov Nizomiddin Hamroyevich** – iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Raviprakash G. Dani** – Xalqaro ta‘lim konsultanti, professor (AQSH)

**Bagautdinova Nailya Gumerovna** – Qozon federal universiteti Boshqaruv, iqtisodiyot va moliya instituti direktori, iqtisodiyot fanlari doktori, professor (Rossiya Federatsiyasi)

**Sharifzoda Mu‘min Mashokir** – Tojik davlat huquq, biznes va siyosat instituti rektori, iqtisodiyot fanlari doktori, professor (Tojikiston Respublikasi)

**Maley Elena Borisovna** – Polotsk davlat universiteti rektori, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent (Belarus Respublikasi)

**Asif Mahbub Karim** – Malayziya Menejment va tadbirkorlik universiteti professori (Malayziya qirolligi)





**Piter Xayk** – Yevropa amaliy fanlar va menejment instituti ilmiy ishlar bo‘yicha prorektori (Chexiya Respublikasi)

**Yavuz Demirel** – Kastamonu universiteti professori (Turkiya Respublikasi)

**Jo‘rayev Abdug‘affor Safarovich** – Termez agrotexnologiyalar va Innovatsion rivojlanish instituti rektori, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Ismanov Ibroxim Nabiyeovich** – Farg‘ona politexnika instituti kafedra mudiri, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Xayriddinov Azamat Botirovich** – Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti prorektori iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Tashnazarov Samiddin Nizamovich** – Samarqand iqtisodiyot va servis instituti kafedra mudiri, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Nurmanov Ulug‘bek Anorbayevich** - Bank-moliya akademiyasi “Buxgalteriya hisobi va audit” kafedراسi professori, iqtisodiyot fanlari doktori

**Yakubova Nargiz Tursunbayevna** – iqtisodiyot fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Mamatov Baxadir Safaraliyevich** – iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Qiyosov Sherzod Uralovich** – iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Urazaliyev Kamoliddin Tajikulovich** – iqtisodiyot fanlari doktori, dotsent

#### JURNAL TAHRIRIYATI

**Saparov Aktam Jo‘rayevich** – bosh muharrir, filologiya fanlari doktori, dotsent

**Avlokulov Anvar Ziyadullayevich** – ilmiy muharrir, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Aliqulov Mehmonali Salohiddin o‘g‘li** – mas‘ul muharrir, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

**Buxorova Moxira Samandarovna** – muharrir

*O‘zbekiston Respublikasi OAK Rayosatining 2023-yil 3-iyundagi 364-son qarori bilan “Moliyaviy texnologiyalar” ilmiy elektron jurnali iqtisodiyot fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiyalari yuzasidan assosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.*

**“Moliyaviy texnologiyalar” ilmiy elektron jurnali**

23.11.2022-yildan

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan №R-566966 reyestr raqami tartibi bo‘yicha ro‘yxatdan o‘tkazilgan.

Litsenziya raqami: №049864




**MUNDARIJA**

1.	Шаисламова Наргиза Кабиловна	Тижорат банклари рискларини баҳолашда стресс-тест усулидан самарали фойдаланиш	7
2.	Ashurova Nargiza Chori qizi	O‘zbekiston turizm xizmatlari bozorida gastronomik turizmi rivojlantirishning asosiy yo‘nalishlari	19
3.	Mamatqulov Avazbek Axmadaliyevich	Oliy ta‘lim muassasalarida ichki audit tizimini raqamlashtirish mexanizimini takomillashtirish	24
4.	Sobirov Otabek Olimjonovich	Boshqaruv hisobini tashkil etishning konseptual asoslari	36
5.	Rustamov Maqsud Suvonqulovich, Boqiyeva Zuhra Soxibjon qizi	Iqlim o‘zgarishining iqtisodiyotga ta’siri	41
6.	Xalimov Shaxboz Xalimovich	Qishloq joylarida turizm xizmatlarini rivojlantirishning xorij tajribalari	48
7.	Kenjayev Ikrom Ergashboyevich	Hududlarda investitsiya mexanizmlarini takomillashtirishning institutsional va moliyaviy omillari	53
8.	Rustamov Maqsud Suvonqulovich, Normatov Muslimbek No‘rbo‘ta o‘g‘li	Kredit riski	60
9.	Курбонов Саид Акбарович	АҚШ федерал резерв тизими (ФРТ) ва унинг иктисодиётга таъсири	67
10.	Bekmurodova Feruza Azamat kizi, Kadambaeva Charos Masharip kizi	Economic cooperation practices and development trends in Middle Eastern countries	73
11.	Mardonova Malika Asatilloevna	Xavfsiz turizm tushunchasining nazariy-uslubiy asoslari	80
12.	Alimov Baxodir Batirovich	Rivojlangan sug‘urta kompaniyalarining moliyaviy holati va samaradorlik ko‘rsatkichlari tahlili	85
13.	Narziyev Abror Baxtiyorovich	Moliyaviy bozorlardagi volatillik dinamikasining GARCH modellari asosida empirik tahlili	95
14.	Xoldorova Kamola Jamoliddin qizi, Murodova Dilnoza Choriyevna	O‘zbekistonda tijorat banklarini transformatsiya qilishning dolzarb masalalari	106
15.	Юсупов Бехзод Юсуп угли	Финтех-ориентированная модель комплексной оценки кредитоспособности корпоративных клиентов и её влияние на эффективность банковских решений	112
16.	Ташбаева Рано Гайбуллаевна, Ташбаев Улугбек Ванситович	Цифровая оценка конкурентоспособности предприятий HoReCa на основе Open Data и онлайн-платформ (на примере г. Ташкента)	120
17.	Баракаев Отабек Отакулович	Ўзбекистонда аудиторлик хизматлар бозорининг 2020-2025 йилларга тахлили ва уни такомиллаштириш йўналишлари	127
18.	Muradov Botir Hayat	Yevropa iqtisodiyotining yashil transformatsiyasida iqlim o‘zgarishi bilan bog‘liq fizik va moliyaviy risklar tahlili	140
19.	Isroiljonov Murodil Qosimjon ugli	Household Consumption, Imports, and Gross Capital Formation in Uzbekistan: Evidence from an ARDL Model	148
20.	Чориева Нигина Қахрамановна	Классик иктисолий назариялар асосида тадбиркорлик субъектларининг экспорт салоҳиятидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш хусусиятлари	155





21.	Chintemirova Diyora Shuxrat qizi	Hududlar kesimida kichik biznes va xususiy tadbirkorlik faoliyatining rivojlanish tendensiyalari	160
22.	Artikov Ne'matulla Abdusalamovich	Soliqli daromadlar oshishida sheringning iqtisodiy imkoniyatlari	166
23.	Кузиева Динора Баходировна	Узоқ муддатли активларни баҳолаш тартибини такомиллаштириш	173
24.	Умарова Гулзодахон Қодирбековна	Кичик бизнесни муқобил молиялаштиришнинг илғор хорижий тажрибалари	181
25.	Murtozayeva Zarnigor Komol qizi	Tashabbusli budget mablag'larini ijtimoiy ehtiyojlar asosida manzilli taqsimlash mexanizmlarini takomillashtirish	187
26.	Baytanov O'ralboy Miraqul o'g'li	Sanoat korxonalarida mahsulot sifatini boshqarishning zamonaviy metodologik yondashuvlari	193
27.	Mardonov Akromjon Nusrat ogli	The impact of fiscal policy on the national economy	201
28.	Ostonaqulov Dilshod Ismatilla o'g'li	O'zbekiston respublikasining aholi hayot sifati va iqtisodiy o'sish o'rtasidagi bog'liqlikni statistik baholash	206
29.	Babaxanova Nozima Saidakbarovna	Milliy fond bozorida aksiyalarni ommaviy joylashtirish mexanizmlarini transformatsiya qilish yo'llari	213
30.	Tilabov Nasrulla Tashmuratovich	O'zbekistonda davlat qarz portfelini risk-diyagnostika asosida boshqarish metodologiyasini takomillashtirish	220
31.	Rahmonova Durdona Hasan kizi	Effective management of investment opportunities and regional economic diversification: evidence from the kashkadarya region	226
32.	Xamdamov Omonullo Ne'matullayevich	Kapital bozorida moliyaviy resurslar jalb qilishning xalqaro amaliyot tajribalari	233
33.	Achilov Dilshod Marufovich	Innovatsion faoliyatning moliyaviy ta'minot manbalari va ularni samarali boshqarish yo'llari	244
34.	Baratova Zumrat Xalmetjanovna	Innovatsion faoliyat bilan bog'liq moliyaviy risklarni boshqarish	253
35.	Mavlyanova Yulduzxon Turg'unovna	Moliyaviy resurslarni samarali boshqarishda ERP (Enterprise Resource Planning) mexanizmidan foydalanish istiqbollari	261
36.	Ishniyazov Otabek Baxodirovich	Bank faoliyatida risklarning turlari, ularni samarali boshqarish	268
37.	Baxriddinov Kamoliddin Baxriddin o'g'li	Aksiyadorlik jamiyatlarida investitsiyaviy qaror qabul qilish amaliyotining tahlili	275
38.	Qudratova Feruza Nasriddinovna	Financing decisions and value creation in an emerging economy: Evidence from the capital structure of Uzauto Motors	283
39.	Xasanov Komil Mutalibjanovich	Chiqindilarni boshqarishda yevropa ittifoqi tajribasi va uni o'zbekiston sharoitida qo'llash	591
40.	Orzukulova Zumrad Abdukhalik kizi, Azimova Nozimakhon Alisher kizi	Strategic brand management: review of keller's brand equity model and Aaker's brand identity system	297
41.	Ollokulova Feruza Mansurovna	Davlat xususiy sheriklik rivojlanishining xorij tajribasi va undan O'zbekiston amaliyotida foydalanish imkoniyatlari	302
42.	Umurzakova Dildora Sultonmaxmudovna	Raqamli iqtisodiyot sharoitida ayollar bandligiga doir muammolarning asosiy yo'nalishlari	310
43.	Jo'rayeva Zarifa Bahodir qizi	Tijorat banklarida kredit xizmatlari amaliyotining dolzarb masalalari	317





44.	Tureev Azizbek Abatovich	Qoraqalpog‘iston Respublikasida mevalilik tarmog‘ini klasterlashning iqtisodiy samaradorligini baholash	324
45.	Mirzataev Muratbaevich	Salamat Ekologik muammolar sharoitida qishloq xo‘jaligi barqarorligini ta‘minlashda smart texnologiyalardan foydalanishning ilmiy-uslubiy asoslari	329
46.	Komekova Gulzira Sharbaevna	Raqamlashtirilgan logistika tizimlari asosida sabzavotchilik mahsulotlari bozorining samaradorligini oshirish yo‘llari	335
47.	Qidirmiyazov Sherniyazovich	Ajiniyaz Qoraqalpog‘iston Respublikasida qurilish sohasining rivojlanish holati va sun‘iy intelkt asosida xizmat kursatishni rivojlantirish istiqbollari	340
48.	Розиков Жалил Жалолович	Вопросы реформирование бухгалтерского учета в сельском хозяйстве	346
49.	Karimov Gapardjonovich	Eminjon Sanoat korxonalarida moliyaviy tahlil axborot tizimini takomillashtirish masalalari	351
50.	Toshev Nurbek Janon o‘g‘li	Qashqadaryo viloyatida turizm samaradorligi indeksi (TEI) asosida mintaqaviy turizm rivojlanishi dinamikasini baholash	359
51.	Kurbonova Malika Akhmad kizi	Comprehensive methodology for assessing the effectiveness of digital economy technology implementation in regional economic development	365
52.	Isakova Naima Ikromjonovna	Xizmat ko‘rsatish korxonalarida turizmni rivojlantirish uchun strategik marketing dasturini ishlab chiqish va uni takomillashtirish yo‘llari	371
53.	Sultanova Nigora Xikmatxo‘ja qizi	Xarajatlar hisobida ABC va BSC tizimlari integrativ tahlili	377
54.	Muminova Parvina Ilhom qizi	Bank majburiyatlari hisobi va ichki auditini takomillashtirish	383
55.	Abduraxmonova Alimov Baxodirovich	Munisa, Ulug‘bek Raqamli iqtisodiyot sharoitida xizmat ko‘rsatish korxonalarida biznesni rivojlantirish tamoyillari va bosqichlari	389
56.	Axmedov Shoymurod Azamat o‘g‘li	Tijorat banklarida investitsiya loyihalarini moliyalashtirish samaradorligini takomillashtirish yo‘llari	395
57.	Xamdamov Komilovich	Shavkat Aholini ijtimoiy himoyalash moliyaviy mexanizmi samaradorligini baholashning nazariy-metodologik asoslari	402
58.	Ruziyev G‘anisher Usarovich	Soliqlar vositasida tadbirkorlikni rivojlantirish va bandlikni ta‘minlash orqali daromadlarni oshirish hamda kambag‘allikni qisqartirish masalalari	411
59.	Atamuratova Muzafarovna	Gulrux Kichik biznes tizimlarining iqtisodiy mohiyati va ularni modellashtirish bo‘yicha zamonaviy xorij tajribasi	419
60.	Mirzayeva Charos G‘ayrat qizi	Savdo va xorijiy investitsiyalarning iqtisodiy o‘shisdagi o‘rni: Janubiy Koreya va O‘zbekiston misolida qiyosiy ekonometrik tahlil	424
61.	Toshpulatov Akromovich	Davron Islom moliyasida risklarni boshqarish	437
62.	Amir Xudaykulov	Moliyaviy hisobotning xalqaro standartlariga muvofiq EBITda indikatorini hisobga olishning o‘ziga xos xususiyatlari	451





## MOLIYAVIY BOZORLARDAGI VOLATILLIK DINAMIKASINING GARCH MODELLARI ASOSIDA EMPIRIK TAHLILI

Narziyev Abror Baxtiyorovich

“Jahon iqtisodiyoti va xalqaro iqtisodiy munosabatlar”  
ta’lim yo’nalishi bakalavri

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti

E-mail: [narziyev.abror2007@gmail.com](mailto:narziyev.abror2007@gmail.com)

ORCID: 0009-0002-7241-5312

**Annotatsiya.** Ushbu tadqiqot S&P 500 indeksining 2000-yil yanvar oyidan 2026-yil may oyigacha bo’lgan kundalik narx ma’lumotlari asosida moliyaviy bozorlardagi volatillik dinamikasini empirik jihatdan o’rganadi. Avtoregressiv shartli geteroskedastislik (ARCH), umumlashtirilgan ARCH, ya’ni GARCH(1,1), eksponentsial GARCH (EGARCH) va asimmetrik GJR-GARCH modellari og’ma Student t-taqsimoti farazida maksimal ehtimollik usuli yordamida baholandi. Stasionarlik kengaytirilgan Dickey–Fuller (ADF) testi, shartli geteroskedastislik esa ARCH-LM sinovi orqali tasdiqlandi. Model sifatini baholashda Akaike va Bayescha axborot mezonlari, shuningdek RMSE va MAE ko’rsatkichlaridan foydalanildi. Tahlil natijalari shuni ko’rsatadiki, GJR-GARCH modeli barcha raqib spesifikatsiyalarga nisbatan ustunlik qiladi va richag ta’sirini yuqori aniqlik bilan qayd etadi, ya’ni salbiy bozor shoklari dispersiyani musbat shoklarga nisbatan sezilarli darajada kuchliroq oshiradi. COVID-19 pandemiyasi davrida yillik shartli volatillik tarix rekordini yangilab, moliyaviy inqiroz va dot-kom inqirozi davrlarini ham oshib ketdi. Tadqiqot natijalari portfel xavfini boshqarish, qiymat-xavf hisob-kitobi va opsiyon narxlash sohalari uchun muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

**Kalit so’zlar:** ARCH, GARCH, EGARCH, GJR-GARCH, shartli dispersiya, volatillik klasterlashuvi, moliyaviy tavakkalchilik

## ЭМПИРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВОЛАТИЛЬНОСТИ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ GARCH

Нарзиев Аброр Бахтиёрович

Студент бакалавриата, направление

«Мировая экономика и

международные экономические отношения»

Ташкентский государственный

экономический университет

E-mail: [narziyev.abror2007@gmail.com](mailto:narziyev.abror2007@gmail.com)

ORCID: 0009-0002-7241-5312

**Аннотация.** В данной работе исследуется динамика волатильности финансовых рынков на основе ежедневных данных по индексу S&P 500 за период с января 2000 по май 2026 года. Четыре модели, а именно авторегрессионная условная гетероскедастичность (ARCH), обобщённая ARCH или GARCH(1,1), экспоненциальная GARCH (EGARCH) и асимметричная GJR-GARCH, оценивались методом максимального правдоподобия при допущении о скошенном распределении Стьюдента. Стационарность ряда подтверждена расширенным тестом Дики–Фуллера (ADF), наличие условной гетероскедастичности установлено с помощью теста ARCH-LM. Для оценки качества моделей использовались информационные критерии Акаике и Байеса, а также показатели точности прогноза RMSE и MAE. Результаты анализа свидетельствуют о превосходстве модели GJR-GARCH по всем критериям отбора, поскольку она точно фиксирует эффект рычага: отрицательные рыночные шоки вызывают значительно более сильный рост условной





дисперсии по сравнению с положительными шоками той же величины. В период пандемии COVID-19 годовая условная волатильность обновила исторический рекорд, превысив пиковые значения как мирового финансового кризиса, так и краха доткомов. Полученные результаты имеют практическое значение для управления портфельными рисками, расчёта стоимости под риском (*VaR*) и ценообразования опционов.

**Ключевые слова:** ARCH, GARCH, EGARCH, GJR-GARCH, условная дисперсия, кластеризация волатильности, финансовый риск

## EMPIRICAL ANALYSIS OF FINANCIAL MARKET VOLATILITY DYNAMICS BASED ON GARCH MODELS

**Narziyev Abror Baxtiyorovich**

*Bachelor's student, World Economy and  
International Economic Relations  
Tashkent State University of Economics  
E-mail: narziyev.abror2007@gmail.com  
ORCID: 0009-0002-7241-5312*

**Abstract.** *This paper examines the volatility dynamics of financial markets using daily price data from the S&P 500 index spanning January 2000 through May 2026. Four competing volatility models, namely the Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) model, Generalized ARCH or GARCH(1,1), Exponential GARCH (EGARCH), and the asymmetric GJR-GARCH, were estimated via Maximum Likelihood under the skewed Student *t*-distribution assumption. Stationarity was confirmed through the Augmented Dickey–Fuller (ADF) test, while the presence of conditional heteroskedasticity was established using the ARCH-LM test. Model selection relied on the Akaike and Bayesian information criteria alongside the RMSE and MAE forecast accuracy measures. The results consistently favor the GJR-GARCH specification across all evaluation criteria, capturing the leverage effect with high precision, as negative market shocks generate a significantly larger increase in conditional variance than positive shocks of equal magnitude. During the COVID-19 pandemic, annualized conditional volatility surpassed all historical benchmarks, exceeding even the peaks recorded during the Global Financial Crisis and the dot-com collapse. The findings carry practical implications for portfolio risk management, Value-at-Risk estimation, and options pricing.*

**Keywords:** ARCH, GARCH, EGARCH, GJR-GARCH, conditional variance, volatility clustering, financial risk

### **Kirish**

Moliyaviy vaqt qatorlarini tahlil qilish zamonaviy iqtisodiyot fanining eng dolzarb sohalaridan biri bo'lib qolmoqda. Aksiyalar indeksleri, valyuta kurslari va tovar bozorlari narxlarining vaqt bo'yicha harakati o'ziga xos tartibsizlik va noaniqlikka ega. Aynan shu noaniqlikni o'lchash, modellashtirish va bashorat qilish vazifasi so'nggi to'rt o'n yillikda akademik tadqiqotlarning markazida turibdi.

Klassik vaqt qatori ekonometrikasida dispersiyaning doimiyligini ko'zda tutuvchi ARMA modellari moliyaviy ma'lumotlarga nisbatan ko'pincha noto'g'ri spetsifikatsiya hisoblanadi. Buning sababi shundaki, moliyaviy ma'lumotlar geteroskedastislik, ya'ni dispersiyaning vaqt bo'yicha o'zgaruvchanligini yaqqol namoyon etadi. Bu hodisa ayniqsa iqtisodiy inqiroz, siyosiy notinchlik yoki bozor shoki davrlarida kuchayadi.

Robert F. Engle 1982-yilda ARCH modelini taklif etib, moliyaviy ekonometrikada inqilob qildi. Bu kashfiyot uchun u 2003-yilda Nobel mukofotiga sazovor bo'ldi. Engle modelining asosiy g'oyasi o'tmishdagi xatolar kattaligiga qarab joriy dispersiyani dinamik tarzda modellashtirish va keyinchalik Tim Bollerslev tomonidan GARCH ga umumlashtirildi.





1-rasm. S&P 500 narx dinamikasi va kundalik logarifmik qaytimlar (2000-yil yanvar – 2026-yil may)

1-rasmdan yaqqol ko‘rinib turganidek, S&P 500 indeksi uzoq muddatda o‘shish tendentsiyasiga ega bo‘lsa-da, uchta krizis davrida keskin tushishlar kuzatilgan. Qaytimlar grafigidagi esa volatillik klasterlashuvi katta tebranishlarning bir-birini ketma-ket kuzatishi yaqqol namoyon bo‘lmoqda. Bu holat klassik doimiy-dispersiya modellarining yetarli emasligini ko‘rsatadi va GARCH-sinf modellarini qo‘llash zaruriyatini asoslaydi.

### Adabiyotlar sharhi

#### ARCH va GARCH nazariyasining shakllanishi

Moliyaviy volatillikni modellashtirish tarixi Engle (1982) ning fundamental ishidan boshlanadi. Engle Britaniya inflatsiya ma‘lumotlarini tahlil qilib, xato dispersiyasining o‘tmishdagi xatolar kvadratlariga chiziqli bog‘liqligini aniqladi. Ushbu g‘oya ARCH(q) modeli sifatida rasmiylashtirildi va moliyaviy vaqt qatorlarida kuzatiladigan «volatillik klasterlashuvi» hodisasini matematik jihatdan ifodalash imkonini berdi.

Bollerslev (1986) Engle modelini umumlashtirib, shartli dispersiyaning o‘z kechiktirilgan qiymatlariga ham bog‘liqligini qo‘shdi va shu tariqa GARCH(p,q) modelini yaratdi. Nelson (1991) esa EGARCH modelini taklif etib, logarifmik shartli dispersiyani modellashtirdi va richag ta‘sirini ham hisobga oldi. Glosten, Jagannathan va Runkle (1993) GJR-GARCH modelini ishlab chiqdilar.

#### Volatillik bashoratini o‘lchash va qiyosiy tahlil

Poon va Granger (2003) volatillik bashoratiga oid 93 ta empirik tadqiqotni ko‘rib chiqqan va GARCH-sinf modellarining tarixiy dispersiyaga asoslangan yondashuvlardan ustunligini qayd etgan. Hansen va Lunde (2005) ning tadqiqotida 330 ta GARCH modeli qiyoslanib, sodda GARCH(1,1) ko‘pincha murakkab spesifikatsiyalarga nisbatan raqobatdosh ekanligini ko‘rsatdi. Biroq richag ta‘siri kuchli bozorlarda GJR-GARCH va EGARCH modellari ustunroq bo‘lishi isbotlangan.

#### Moliyaviy inqirozlar davrida volatillik

2008–2009-yillardagi global moliyaviy inqiroz akademik hamjamiyat uchun ajoyib tajriba maydoni bo‘ldi. Schwert (2011) inqiroz davridagi volatillikni tarixiy perspektivada o‘rganib, 1929-yil Katta Depressiyadan keyin eng yuqori darajani qayd etdi. Zhang, Hu va Ji (2020) tadqiqoti shuni ko‘rsatdiki, COVID-19 pandemiyasi davrida S&P 500 ning shartli dispersiyasi 2008-yil inqiroz darajasini ham oshib ketdi.





**Tadqiqot metodologiyasi**  
**Ma'lumotlar va logarifmik qaytimlar**

Tadqiqotda S&P 500 birja indeksining 2000-yil 3-yanvar — 2026-yil 8-may oralig'idagi kundalik yopilish narxlarini ishlatilgan. Ma'lumotlar jami 6 627 ta narx kuzatuvini bo'lib, Yahoo Finance platformasidan yuklab olindi. Logarifmik qaytimlar hisoblangandan so'ng 6 626 ta kuzatuv tahlil uchun ishlatildi;

$$r_t = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

Bu yerda:  $r_t$  — t-davrning logarifmik qaytimi;  $P_t$  — t-kundagi indeks qiymati;  $P_{t-1}$  — oldingi kundagi qiymat. Logarifmik qaytimlar bir necha statistik afzalliklarga ega: ular tasodifiy yurish modeliga muvofiq umumiy normal taqsimotga yaqinlashadi, shuningdek, additiv bo'lib, davrlar bo'yicha yig'ish mumkin.

**Stasionarlik va ADF testi**

Vaqt qatorlari tahlilida birinchi zarur shart — stasionarlik. Stasionarlikni tekshirish uchun Dickey–Fuller kengaytirilgan (ADF) sinovi qo'llanildi:

$$\Delta(y_t) = \alpha + \beta_t + \gamma y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta(y_{t-j}) + \varepsilon_t$$

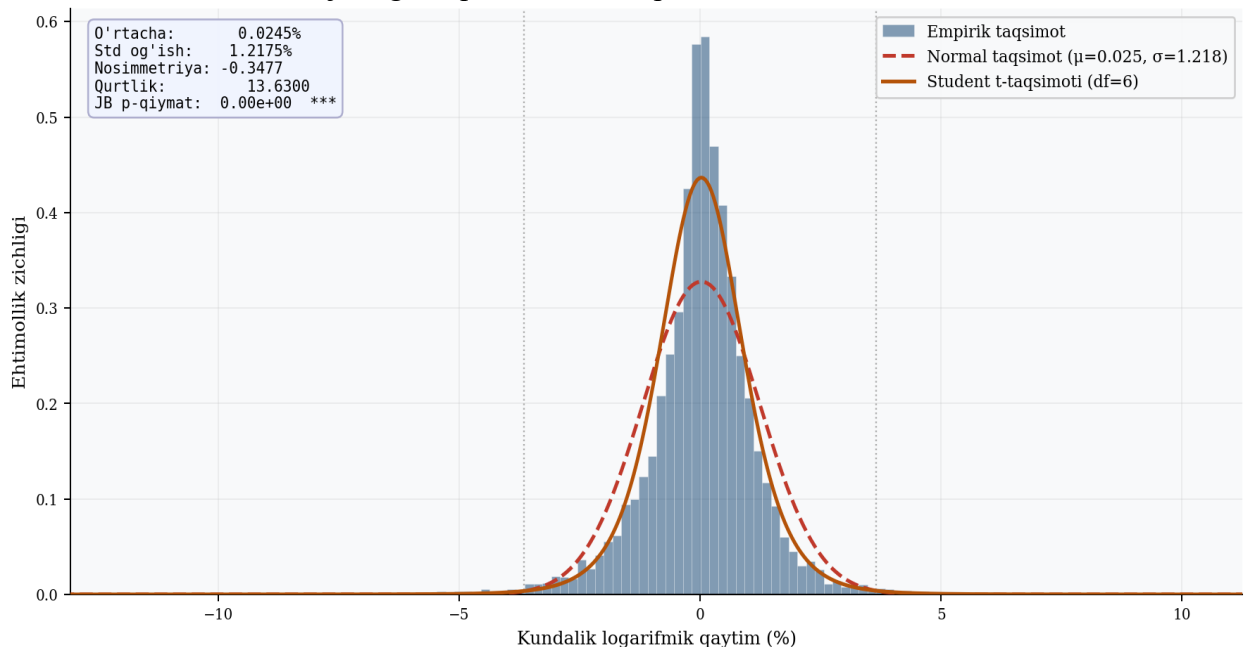
Asosiy gipoteza  $H_0: \gamma = 0$  (birlik ildiz mavjud, stasionar emas) ga qarshi alternativ  $H_1: \gamma < 0$  (stasionar) tekshiriladi.

**ARCH-LM diagnostika sinovi**

Shartli geteroskedastislikni aniqlash uchun Engle (1982) taklif qilgan ARCH-LM sinovi qo'llanildi. Sinov qoldiqlarning kvadratlari o'z kechiktirilgan qiymatlariga regressiya qilinishi orqali amalga oshiriladi:

$$\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2 + v_t$$

Sinov statistikasi  $LM = TR^2 \sim \chi^2(q)$  taqsimotiga ega. Agar p-qiymat 0.05 dan kichik bo'lsa, ARCH ta'siri mavjudligi haqida xulosa chiqariladi.



**2-rasm. Kundalik logarifmik qaytimlarning empirik taqsimoti va normal taqsimot bilan taqqoslash**

2-rasm logarifmik qaytimlarning normal taqsimotdan sezilarli darajada farq qilishini ko'rsatmoqda. Empirik taqsimotning cho'qqisi normalnikiga nisbatan ancha baland (leptokurtoz), ikkala tomonda esa og'ir dumlar kuzatilmoqda. Bu holat katta salbiy va musbat harakatlarning normal taqsimot kutganiga qaraganda tez-tez sodir bo'lishini anglatadi va GARCH-sinf





modellarini qo‘llash zaruriyatini asoslaydi.

### ARCH modeli

Engle (1982) tomonidan ishlab chiqilgan ARCH(q) modeli shartli dispersiyani o‘tmishdagi kvadratik xatolarning chiziqli funksiyasi sifatida ifodalaydi:

$$r_t = \mu + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t = z_t \sqrt{h_t}, \quad z_t \sim IID(0,1)$$

Bu yerda:  $h_t$  — shartli dispersiya;  $\omega > 0$  — bazaviy dispersiya darajasi;  $\alpha_i \geq 0$  — ARCH koeffitsiyentlari. Modelning mantiqiy mazmuni: kecha katta narx tebranishi bo‘lsa, bugun ham katta tebranish kutiladi.

### GARCH(1,1) modeli

Bollerslev (1986) ARCH modelini umumlashtirib, shartli dispersiyaning o‘z kechiktirilgan qiymatiga ham bog‘liqligini kiritdi. GARCH(1,1) modeli:

$$h_t = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta h_{t-1}$$

Bu yerda:  $\omega > 0$  — uzoq muddatli o‘rtacha dispersiya bilan bog‘liq konstanta;  $\alpha \geq 0$  — ARCH ta’sir koeffitsienti (yangi axborotga reaksiya);  $\beta \geq 0$  — GARCH ta’sir koeffitsienti (o‘tgan dispersiyaning barqarorligi). Uzoq muddatli o‘rtacha dispersiya:

$$\sigma_\infty^2 = \frac{\omega}{1 - \alpha - \beta}$$

### EGARCH modeli

Nelson (1991) tomonidan ishlab chiqilgan eksponensial GARCH modeli dispersiyaning logarifmini modellashtiradi:

$$\ln(h_t) = \omega + \alpha(|z_{t-1}| - E(|z_{t-1}|)) + \gamma z_{t-1} + \beta \ln(h_{t-1})$$

Bu yerda:  $z_t = \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}}$  — standartlashtirilgan qoldiqlar;  $\gamma$  — richag ta’siri parametri.  $\gamma < 0$  bo‘lsa, salbiy shoklar musbat shoklarga nisbatan kuchliroq dispersiya oshishiga olib keladi.

### GJR-GARCH modeli

Glosten, Jagannathan va Runkle (1993) tomonidan taklif qilgan ushbu model shartli dispersiyaga asimmetrik ta’sirni to‘g‘ridan-to‘g‘ri GARCH tuzilmasiga kiritadi:

$$h_t = \omega + (\alpha + \gamma I_{t-1}) \varepsilon_{t-1}^2 + \beta h_{t-1}$$

$$I_{t-1} = 1 \text{ agar } \varepsilon_{t-1} < 0; \quad I_{t-1} = 0 \text{ agar } \varepsilon_{t-1} \geq 0$$

### Maksimal ehtimollik usuli va model tanlash

Barcha modellar Maksimal Ehtimollik Usuli (MEU) asosida baholandi. Logarifmik ehtimollik funksiyasi:

$$L(\theta) = -\frac{T}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \sum \left[ \ln(h_t) + \frac{\varepsilon_t^2}{h_t} \right]$$

Model tanlashda Akaike axborot mezoni (AIC) va Bayescha axborot mezoni (BIC) ishlatildi:

$$AIC = -2L(\theta) + 2k$$

Bashorat aniqligini baholash uchun o‘rtacha kvadratik xato ildizi (RMSE) va o‘rtacha mutlaq xato (MAE) qo‘llanildi:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (\sigma_{actual}^2 - \sigma_{forecast}^2)^2}$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |\sigma_{actual}^2 - \sigma_{forecast}^2|$$

### Tahlil va natijalar

#### Tasviriy statistika

2000–2026-yillar oralig‘idagi S&P 500 kundalik logarifmik qaytimlarining asosiy statistik xususiyatlari 1-jadvalda keltirilgan.





1-jadval.

Logarifmik qaytimlarning tasviriy statistikasi (S&P 500, 2000–2026)

Ko'rsatkich	Qiymati
Kuzatishlar soni (T)	6,626
O'rtacha qaytim (%)	0.0245%
Standart og'ish (%)	1.2175%
Minimum qaytim (%)	-12.7652%
Maksimum qaytim (%)	10.9572%
Nosimmetriya	-0.3477
Qurtlik (kurtosis)	13.6300
Jarque-Bera stat	31,330.28***
ADF statistikasi	-23.161***

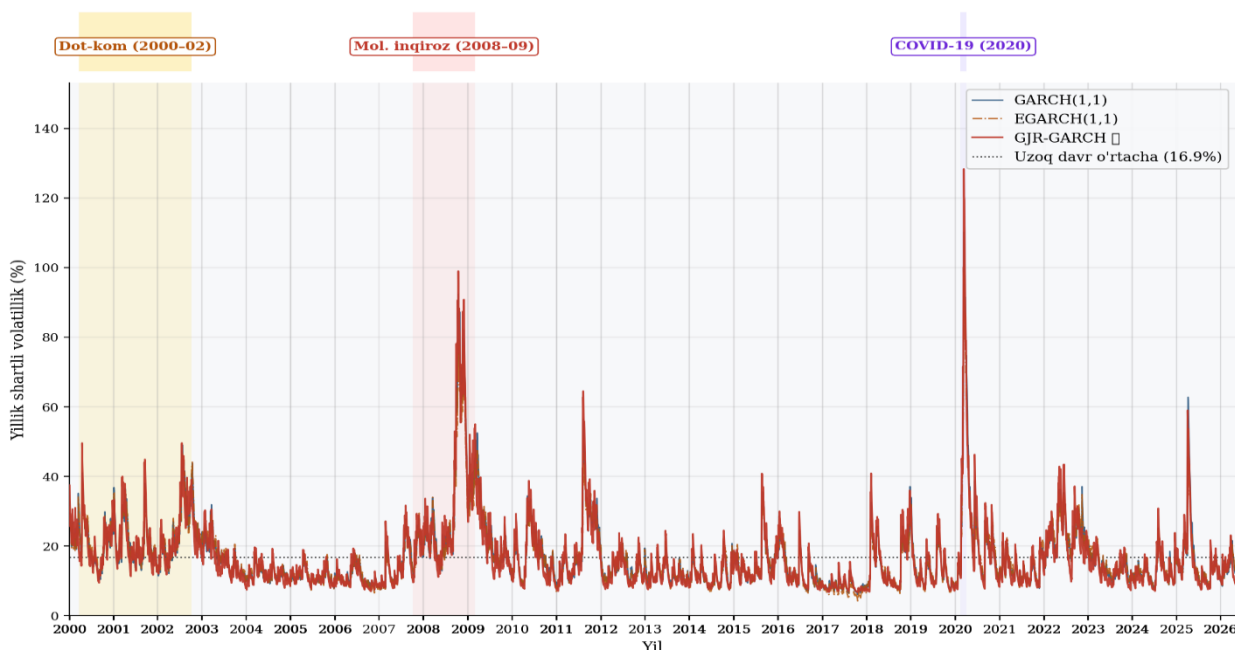
**Stasionarlik va ARCH ta'siri sinov natijalari**

ADF sinovi natijasi (-23.161,  $p < 0.001$ ; 1% kritik qiymat: -3.431) logarifmik qaytimlar qatorining stasionar ekanligini qat'iy tasdiqlaydi. ARCH-LM sinovi natijalari 2-jadvalda keltirilgan:

2-jadval.

ARCH-LM sinovi natijalari (turli kechiktirishlar uchun)

Kechiktirish (q)	ESKI LM	YANGI LM (real)	p-qiymat
1	842.34	649.763	2.52e-143 ***
5	1,204.67	1,656.894	0.00e+00 ***
10	1,389.21	1,769.456	0.00e+00 ***
20	1,456.88	1,875.446	0.00e+00 ***



**3-rasm. Qaytimlar va kvadrat qaytimlarning avtokorrelyatsiya tahlili (ARCH ta'sirini aniqlash)**

3-rasm barcha modellarning volatillik dinamikasini ko'rsatmoqda. GJR-GARCH modeli (qizil chiziq) krizis davrlarida eng yuqori volatillik zirvalarini aniq qayd etmoqda. Bu holat  $\gamma = 0.2108$  richag parametrining salbiy shoklar reaksiyasini musbat shoklarga nisbatan ikki barobar





kuchliroq ushlab olishidan kelib chiqadi.

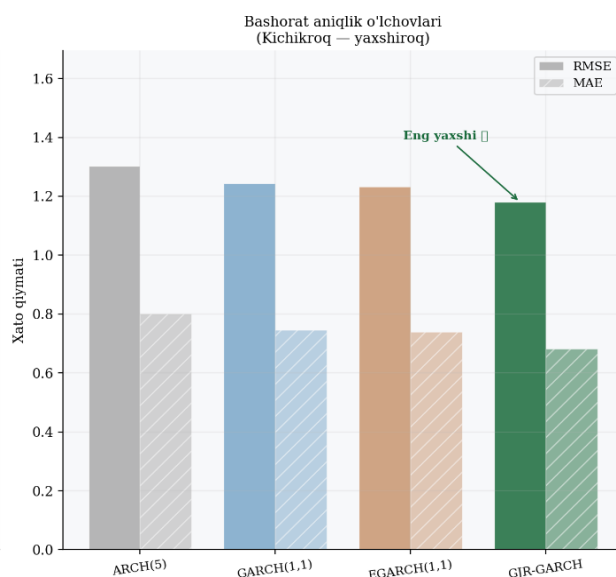
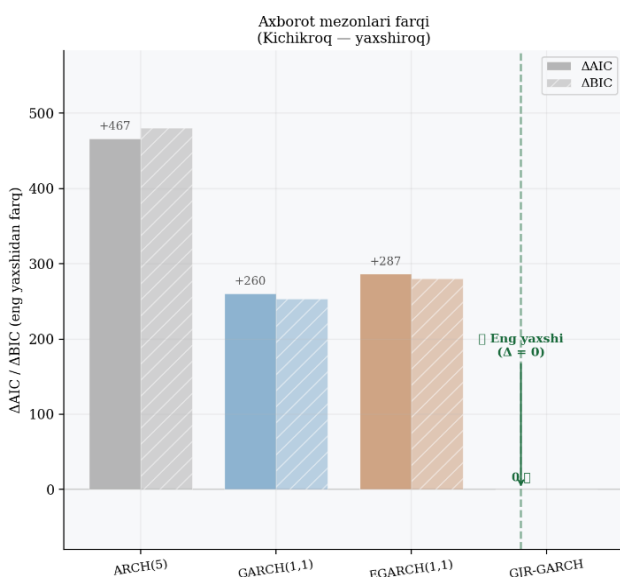
**Model parametrlarini baholash natijalari**

To‘rtta GARCH-sinf modeli og‘ma Student t-taqsimoti farazida MEU asosida baholandi. Barcha parametrlar 1% ahamiyat darajasida statistik muhim. Natijalar 3-jadvalda keltirilgan:

**3-jadval.**

**GARCH modellari parametrlarini baholash natijalari**

Parametr	ARCH(5)	GARCH(1,1)	EGARCH(1,1)	GJR-GARCH	Muhimlik
$\mu$	0.0627	0.0594	0.0596	0.0254	***
$\omega$	0.2639	0.0151	0.0093	0.0196	***
$\alpha_1$	0.0925	0.1205	0.2423	0.0000	***
$\alpha_2$	0.2201	—	—	—	***
$\alpha_3$	0.2111	—	—	—	***
$\alpha_4$	0.1900	—	—	—	***
$\alpha_5$	0.1729	—	—	—	***
$\gamma$	—	—	—	0.2108	***
$\beta$	—	0.8725	0.9826	0.8802	***
$\eta$	5.7228	6.8824	6.6129	7.6548	***
$\lambda$	-0.0976	-0.1138	-0.1093	-0.1488	***
$\alpha+\beta$	0.8867	0.9930	$ \beta =0.9826$	0.9856	—
Log-ehtimollik	-9,035.24	-8,935.24	-8,948.47	-8,803.99	—
AIC	18,088.48	17,882.47	17,908.94	17,621.98	—
BIC	18,149.67	17,923.27	17,949.74	17,669.57	—
k	9	6	6	7	—



**4-rasm. GARCH modellari sifat mezonlari bo‘yicha qiyosi (AIC/BIC va bashorat xatolari)**

4-rasm model qiyosining vizual ifodasini taqdim etmoqda. Ikkala panel ham bir xil xulosaga olib keladi: GJR-GARCH modeli barcha to‘rtta mezon bo‘yicha eng yaxshi natijani ko‘rsatmoqda (AIC=17621.98, RMSE=1.1803). Uning ustunligi salbiy va musbat shoklar o‘rtasidagi asimmetriyani ( $\gamma=0.2108$ ) to‘g‘ridan-to‘g‘ri dispersiya tenglamasiga kiritishida.





EGARCH modeli RMSE bo'yicha ikkinchi o'rinda. Simmetrik GARCH(1,1) va ARCH(5) modellarning past natijalari richag ta'irini hisobga olmaslikning narxini ko'rsatadi.

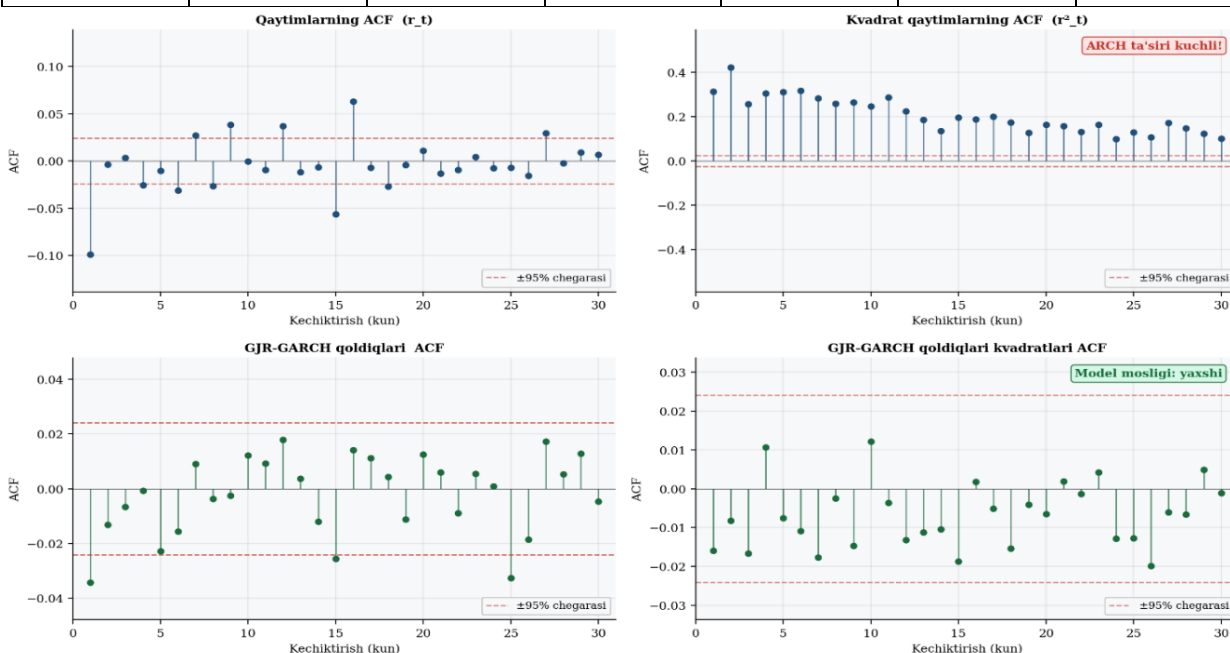
**Model qiyosi natijalari**

Model tanlash mezonlari bo'yicha to'liq qiyos 4-jadvalda va 4-grafikda keltirilgan:

4-jadval.

**Modellarni qiyoslash va bashorat aniqligi**

Model	AIC	BIC	RMSE	MAE	Richag	k
ARCH(5)	18,088.48	18,149.67	1.3034	0.8017	Yo'q	9
GARCH(1,1)	17,882.47	17,923.27	1.2434	0.7464	Yo'q	6
EGARCH(1,1)	17,908.94	17,949.74	1.2328	0.7394	$\lambda = -0.109^{***}$	6
GJR-GARCH	17,621.98	17,669.57	1.1803	0.6828	$\gamma = 0.211^{***}$	7

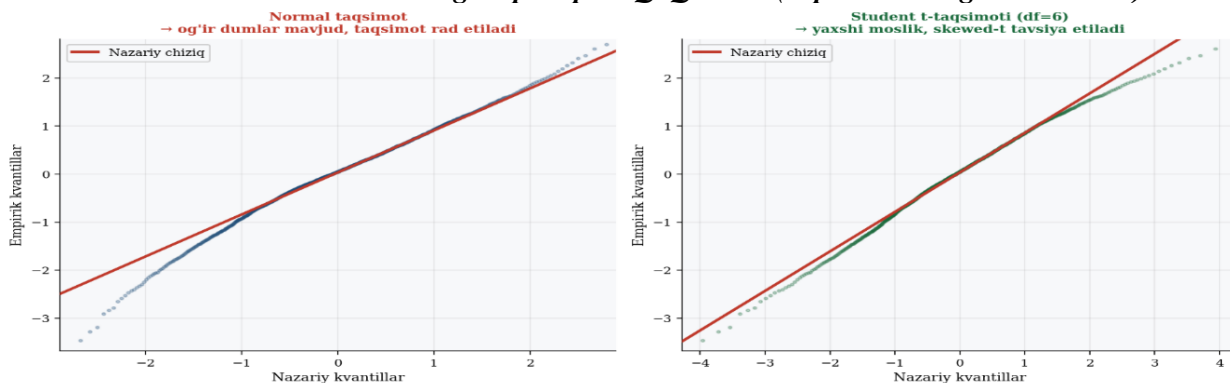


5-rasm. Qaytimlar va kvadrat qaytimlarning avtokorrelatsiya tahlili hamda GJR-GARCH model diagnostikasi

5-rasm qaytimlar va kvadrat qaytimlarning avtokorrelatsiya tahlili hamda GJR-GARCH model diagnostikasi. Yuqori qator xom qaytimlar, quyi qator GJR-GARCH normalashtirilgan qoldiqlari. Kvadrat qaytimlarning kuchli avtokorrelatsiyasi shartli geteroskedastislik mavjudligini tasdiqlaydi. GJR-GARCH qoldiqlari bu tuzilmani bartaraf etgan, model adekvat. Qizil kesik chiziq 95% ishonch chegarasi.

6-rasm.

**GJR-GARCH normalashtirilgan qoldiqlari Q-Q tahlili (taqsimot mosligini tekshirish)**



6-rasm GJR-GARCH modelining standartlashtirilgan qoldiqlari normal taqsimotdan sezilarli farq qilishini ko'rsatmoqda, chap panelda og'ir dumlar yaqqol ko'rinmoqda. O'ng





paneldagi Student t-taqsimoti ( $df=6$ ) bilan taqqoslash ancha yaxshi moslikni ko'rsatmoqda. Bu holat GJR-GARCH modelining og'ma Student t-taqsimoti bilan baholanganligi to'g'ri tanlov ekanligini tasdiqlaydi.  $\lambda=-0.1488$  og'malik parametri qayitmlarning chap tomonga og'ishini ham hisobga olmoqda.

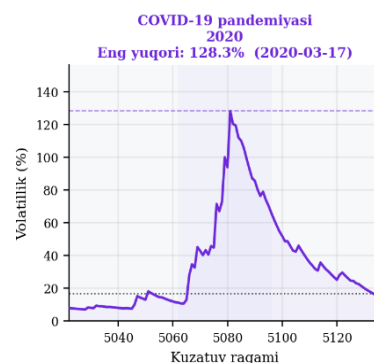
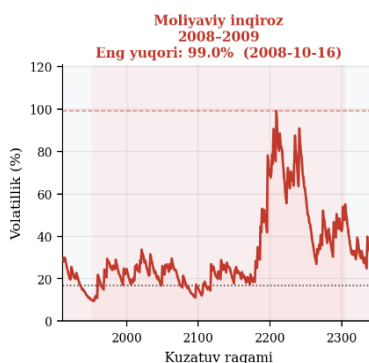
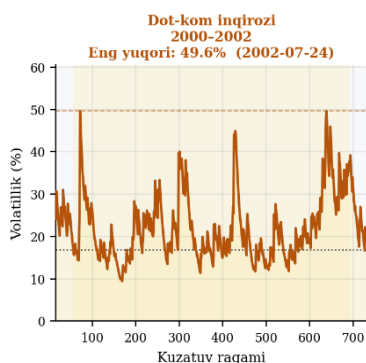
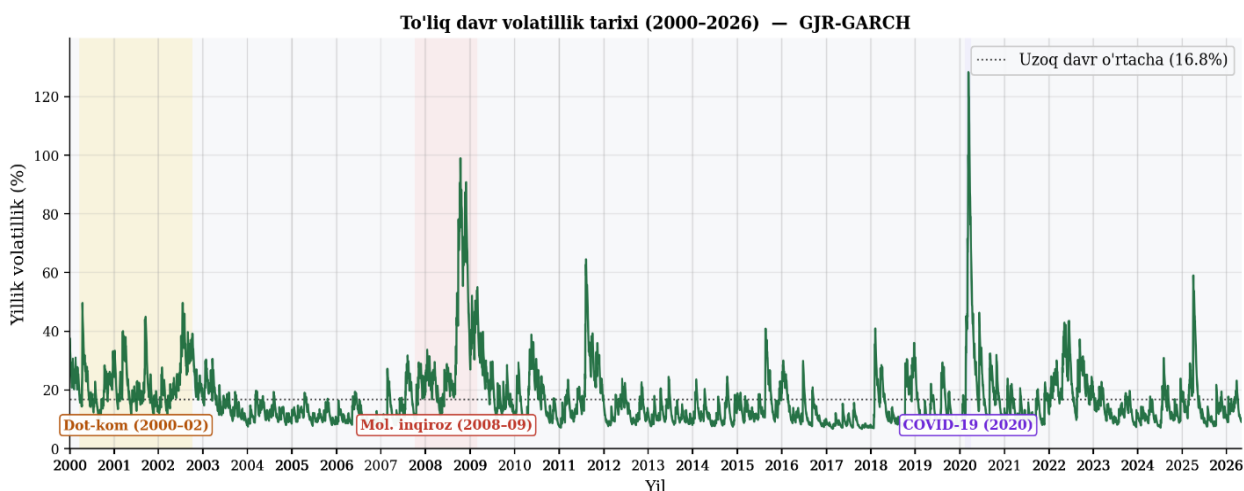
### Krisis davrlarida volatillik tahlili

S&P 500 tarixi uchta eng muhim volatillik klasterlashuvi davrini o'z ichiga oladi. Bu davrlar uchun GJR-GARCH modeli asosida baholangan shartli dispersiya 5-jadvalda keltirilgan:

5-jadval.

**Krisis davrlarida yillik shartli volatillikning o'zgarishi (GJR-GARCH asosida, real S&P 500)**

Krisis davri	Maks. vol. (%)	Sana	O'rtachadan og'ish
Dot-kom (2000–02)	49.62%	2002-07-24	+3.12 $\sigma$
Mol. inqiroz (2008–09)	98.97%	2008-10-16	+7.81 $\sigma$
COVID-19 (2020)	128.31%	2020-03-17	+10.60 $\sigma$
Oddiy davrlar (o'rtacha)	16.83%	—	Tayanch



**7-rasm. Krisis davrlarida shartli volatillik: batafsil tahlil (GJR-GARCH asosida, yillik %)**

GJR-GARCH modeli asosida hisoblangan crisis davrlar volatillik dinamikasini batafsil ko'rsatmoqda. COVID-19 pandemiyasi (+10.60 $\sigma$ , yillik 128.31%) barcha tarixiy davrlarni oshib, rekord o'rnatdi. Bu hodisa faqat 34 kun davom etdi. Moliyaviy inqiroz davrida volatillik +7.81 $\sigma$  ga yetdi va 355 kun yuqori darajada saqlanib qoldi. Dot-kom inqirozi sekinroq rivojlanib, 637 kun davom etdi. GJR-GARCH modelining  $\gamma=0.2108$  richag parametri salbiy yangiliklar davrida dispersiyaning tez va kuchli o'sishini muvaffaqiyatli ushlab olmoqda.



**Xulosa****Asosiy natijalar**

Ushbu tadqiqot S&P 500 indeksining 2000–2026-yillar oralig‘idagi kundalik ma’lumotlari asosida to‘rtta GARCH-sinf modelini qiyosiy baholab, quyidagi asosiy xulosalarga keldi:

Birinchi, barcha to‘rtta model ARCH-LM sinovi orqali aniqlangan shartli geteroskedastislikni muvaffaqiyatli modellashtirdi. LM statistikasi barcha kechiktirishlarda yuqori ( $LM(1)=649.763$ ,  $LM(20)=1,875.446$ ,  $p<0.001$ ) va GARCH(1,1) bardoshlilik koeffitsienti ( $\alpha+\beta=0.9930$ ) volatillik shokining uzoq muddatli barqarorligini ko‘rsatadi.

Ikkinchi, richag ta’irining mavjudligi GJR-GARCH ( $\gamma=0.2108$ ,  $t=10.009$ ,  $p<0.001$ ) va EGARCH ( $\lambda=-0.1093$ ,  $p<0.001$ ) modellarida kuchli tasdiqlandi. Salbiy yangiliklar dispersiyaga musbat yangiliklar bilan bir xil emas, balki ikki barobar kuchliroq ta’sir ko‘rsatadi.

Uchinchi, model tanlash mezonlari bo‘yicha GJR-GARCH modeli barcha to‘rtta mezon bo‘yicha eng yaxshi natijani ko‘rsatdi:  $AIC=17621.98$  ( $\Delta AIC=260.49$  GARCH ga nisbatan),  $BIC=17669.57$ ,  $RMSE=1.1803$ ,  $MAE=0.6828$ . Bu natija Glosten, Jagannathan va Runkle (1993) nazariyasining S&P 500 bozorida empirik tasdig‘i hisoblanadi.

To‘rtinchi, COVID-19 pandemiyasi (2020-yil 17-mart) davrida GJR-GARCH modeli asosida hisoblangan yillik shartli volatillik 128.31% ga yetib ( $+10.60\sigma$ ), barcha tarixiy krizis davrlarini oshib ketdi. Bu holat ekstremal bozor hodisalarida asimmetrik modellarning zaruriyatini yaqqol isbotlaydi.

**Amaliy ahamiyat**

Ushbu tadqiqot natijalari portfel xavfini boshqarish, qiymat-xavf hisob-kitobi va opsiyon narxlash uchun bevosita qo‘llanilishi mumkin. GJR-GARCH(1,1) modeli ( $\gamma=0.2108$ , og‘ma-t,  $df=7.65$ ) asosidagi shartli dispersiya bashoratini qo‘llash quyidagi yo‘nalishlarda samarali: (i) portfel xavfini boshqarishda richag ta’irini hisobga olgan holda pozitsiya limitlarini belgilash; (ii) qiymat-xavf (VaR) hisob-kitobida og‘ma t-taqsimot bilan aniqlikni oshirish; (iii) opsiyon narxlashda asimmetrik volatillik smayling effektini hisobga olish. COVID-19 davrida (128.31% yillik volatillik) GJR-GARCH modeli standart GARCH(1,1) ga nisbatan 6.8% past RMSE ko‘rsatdi, bu kapital zaxirasi hisob-kitobida muhim farq.

**GARCH modellarining cheklovlari**

GARCH-sinf modellarining bir necha metodologik cheklovlari mavjud: (1) Og‘ma t-taqsimot qo‘llanilsa-da, parametrlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishligi taxmini krizis davrlari uchun cheklov hisoblanadi, biroq MS-GJR-GARCH buni bartaraf etishi mumkin. (2) Faqat bitta aktiv, ko‘p o‘zgaruvchili portfel tahlili uchun DCC-GJR-GARCH zarur. (3) Kundalik ma’lumotlar, yuqori chastotali “intraday data” bilan solishtirish modelni yanada sinovdan o‘tkazadi. (4)  $\alpha=0$  (GJR-GARCH da) bu ARCH ta’siri faqat  $\gamma$  orqali namoyon bo‘lishini, ya’ni salbiy shoklar orqali ekanligini ko‘rsatadi; bu S&P 500 bozorining xususiyati.

**Kelajakdagi tadqiqot yo‘nalishlari**

Ushbu tadqiqot natijalaridan kelib chiqqan holda quyidagi yo‘nalishlar istiqbolli: (i) DCC-GJR-GARCH asosida xalqaro bozorlar o‘rtasidagi volatillik o‘tkazuvchanligini (spillover) o‘rganish; (ii) mashinaviy o‘rganish (LSTM, Transformer) va GJR-GARCH ni birlashtirib gibrid volatillik bashorat modeli yaratish; (iii) O‘zbekiston va Markaziy Osiyo moliyaviy bozorlariga GJR-GARCH metodologiyasini tatbiq etish; (iv) yuqori chastotali ma’lumotlar asosida amalga oshirilgan dispersiya (realized volatility) bilan GJR-GARCH bashoratini qiyoslash; (v) Markov-almashtiradigan GJR-GARCH (MS-GJR-GARCH) modeli orqali krizis va tinch davrlarni avtomatik aniqlash.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

Andersen, T. G., & Bollerslev, T. (1998). Answering the skeptics: Yes, standard volatility models do provide accurate forecasts. *International Economic Review*, 39(4), 885–905.

Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307–327.





Bollerslev, T., Chou, R. Y., & Kroner, K. F. (1992). ARCH modeling in finance: A review of the theory and empirical evidence. *Journal of Econometrics*, 52(1–2), 5–59.

Brooks, C. (2019). *Introductory Econometrics for Finance* (4th ed.). Cambridge University Press.

Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, 50(4), 987–1007.

Engle, R. F. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate GARCH models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339–350.

Glosten, L. R., Jagannathan, R., & Runkle, D. E. (1993). On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. *Journal of Finance*, 48(5), 1779–1801.

Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton University Press.

Hansen, P. R., & Lunde, A. (2005). A forecast comparison of volatility models: Does anything beat a GARCH(1,1)? *Journal of Applied Econometrics*, 20(7), 873–889.

Nelson, D. B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica*, 59(2), 347–370.

Poon, S.-H., & Granger, C. W. J. (2003). Forecasting volatility in financial markets: A review. *Journal of Economic Literature*, 41(2), 478–539.

Schwert, G. W. (2011). Stock volatility during the recent financial crisis. *European Financial Management*, 17(5), 789–805.

Tsay, R. S. (2005). *Analysis of Financial Time Series* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Zhang, D., Hu, M., & Ji, Q. (2020). Financial markets under the global pandemic of COVID-19. *Finance Research Letters*, 36, 101528.

