

**QASHQADARYO DARYOSI EKSTREMAL OQIMLARINI STATISTIK
TAQSIMOT MODELLARIDAN FOYDALANGAN HOLDA
EHTIMOLLAR NAZARIYASI ASOSIDA BAHOLASH**

Eshev SobirSamatovich

Egamov Mirshohid Xolmurodovich

Qarshi davlat texnika universiteti

Email: egamovmirshohid@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada Qashqadaryo daryosining ekstremal suv oqimlari ehtimollar nazariyasiga asoslangan statistik taqsimot modellaridan foydalangan holda baholandi. Tadqiqotda Gumbel, Log-normal, Pearson III va Normal taqsimot modellarining empirik ma'lumotlarga mosligi Kolmogorov–Smirnov testi hamda o'rtacha kvadrat xatolik (RMSE) mezonlari asosida solishtirib tahlil qilindi. Tahlil natijalariga ko'ra, Gumbel taqsimoti boshqa modellar bilan solishtirganda eng past RMSE ($5.8 \text{ m}^3/\text{s}$) va eng yuqori p-qiymat (0.45) ko'rsatkichlariga ega bo'lib, statistik jihatdan maqbul model sifatida aniqlangan. Xususan, 100 yillik takrorlanish davri uchun maksimal suv oqimi $200 \pm 10 \text{ m}^3/\text{s}$ deb baholandi. Mazkur statistik yondashuv toshqin xavfini baholash, xavfsizlik mezonlarini aniqlash hamda suv xo'jaligi inshootlarini ilmiy asosda loyihalash uchun samarali prognoz vositasi sifatida qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar: ekstremal suv oqimi, Gumbel taqsimoti, ehtimollar nazariyasi, statistik modellashtirish, Qashqadaryo daryosi, toshqin xavfi

Kirish. Ekstremal gidrologik hodisalar, xususan, toshqin suv oqimlari, suv xo'jaligi infratuzilmasiga jiddiy texnik va iqtisodiy zarar yetkazishi mumkin. Bunday xavfli hodisalarni ishonchli statistik modellashtirish suv resurslarini barqaror boshqarishda, favqulodda holatlarning oldini olishda va muhandislik inshootlarini xavfsiz loyihalashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bois, ekstremal

qiymatlarning ehtimollik taqsimoti asosida matematik tahlili zamonaviy gidrologik tadqiqotlarning ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

So'nggi yillarda ehtimollar nazariyasiga asoslangan statistik taqsimot modellaridan, xususan Gumbel, Log-normal va Pearson III kabi modellar orqali ekstremal suv oqimlarini prognoz qilish samaradorligi ortib bormoqda [1][2]. Ushbu yondashuv uzoq muddatli kuzatuv ma'lumotlari asosida ekstremal holatlarni aniqlik bilan statistik baholash imkonini yaratadi.

Tadqiqot obyekti sifatida olingan Qashqadaryo daryosi O'zbekiston janubida, keskin kontinental iqlim sharoitida joylashgan bo'lib, tog'lardan keladigan mavsumiy oqimlarga yuqori darajada bog'liq. Hududdagi suv resurslarining cheklanganligi va iqlimiy o'zgaruvchanlik toshqin xavfini yanada kuchaytiradi.

Mazkur maqolada Qashqadaryo daryosining yillik maksimal suv oqimlari statistik modellar asosida baholanadi. Shuningdek, modellarning aniqlik darajasi taqqoslab tahlil qilinadi va suv xo'jaligida qo'llash uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqiladi.

Metodologiya. Tadqiqot hududi va ma'lumotlar manbai. Tadqiqot Qashqadaryo daryosining Varganza gidropostida olib borildi. Ushbu gidropostda 1960–2020 yillar oralig'ida yillik maksimal suv oqimlari (m^3/s) muntazam qayd etilgan. Ushbu 61 yillik empirik ma'lumotlar qatorida statistik jihatdan keskin chetlanmalar aniqlanmadi. Bu esa mavjud ma'lumotlarni ekstremal qiymatlar statistikasi asosida ishonchli tahlil qilishga imkon berdi.

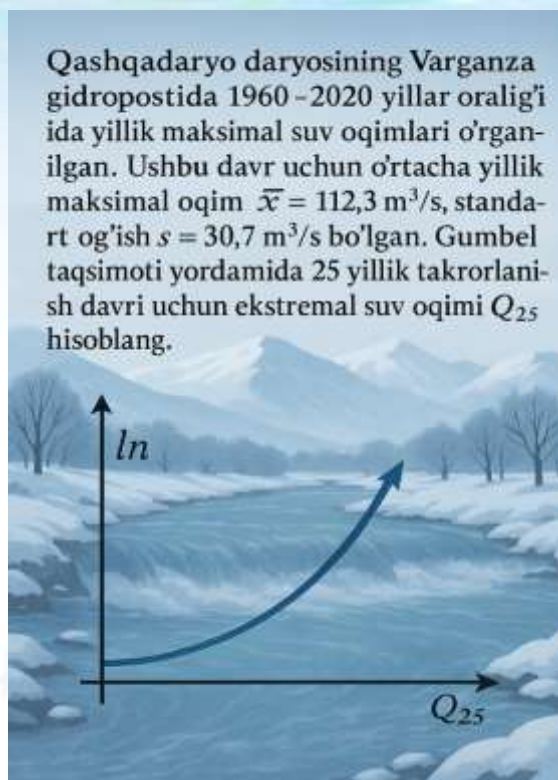
Statistik taqsimot modellarining tanlanishi. Oqimlarning ekstremal qiymatlarini baholashda to'rtta statistik taqsimot modeli tanlab olindi:

$$\text{Normal taqsimot: } F_X(x) = \Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right), Q_T = \mu + K_T \cdot \sigma$$

$$\text{Log-normal taqsimot: } F_X(x) = \Phi\left(\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}\right), Q_T = \exp(\mu + K_T \cdot \sigma_y)$$

$$\text{Pearson III taqsimoti } y_T = \bar{y} + K(C_s, T) \cdot s_y \rightarrow Q_T = \exp(y_T)$$

$$\text{Gumbel taqsimoti: } F(x) = \exp\left(-\exp\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)\right), Q_T = \alpha - \beta * \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)$$



1-rasm Qashqadaryo daryosining Varganza gidropostida qish va bahor

Qashqadaryo daryosining Varganza gidropostida 1960–2020 yillar oralig'ida yillik maksimal suv oqimlari o'rganilgan. Ushbu davr uchun o'rtacha yillik maksimal oqim $\bar{x} = 112,3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, standart og'ish $s = 30,7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ bo'lgan. Gumbel taqsimoti yordamida 25 yillik takrorlanish davri uchun ekstremal suv oqimi Q_{25} ni hisoblang.

Berilganlar: $\bar{x} = 112,3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, $s = 30,7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, $T = 25$ yil, Euler-Mascheroni soni: $\gamma = 0,5772$, Doimiy: $\frac{\pi}{6} \approx 1,2825$

Gumbel taqsimoti parametrlarini hisoblaymiz:

a) Shkala parametri (β): $\beta = \frac{s}{1,2825} = \frac{30,7}{1,2825} \approx 23,94$

b) Joylashuv parametri (α): $\alpha = \bar{x} - \gamma \cdot \beta = 112,3 - 0,5772 \cdot 23,94 \approx 98,48$

Gumbel statistik funksiyasi $y_{25} = -\ln(-\ln(1 - \frac{1}{25})) \approx 3,196$

Ekstremal qiymat Q_{25} ni hisoblaymiz: $Q_{25} = \alpha + \beta \cdot y_{25} = 98,48 + 23,94 \cdot 3,196 = 174,97 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

25 yillik takrorlanish davri uchun ekstremal suv oqimi: $Q_{25} = 174,97 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Moslik mezonlari. Model bahosining empirik ma'lumotlarga yaqinligini aniqlash uchun quyidagi mezonlardan foydalanildi:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{i,mod} - Q_{i,emp})^2}$$

Kolmogorov–Smirnov testi: $D = \sup_x |\bar{F}_{emp}(x) - F(x)|$

Quyidagi jadvalda Gumbel taqsimoti bo'yicha modellashtirilgan Q_{mod} va 5 ta qaytish davri bo'yicha kuzatilgan empirik Q_{emp} qiymatlari keltirilgan:

Qaytish davri T (yil)	Empirik qiymat Q_{emp} (m ³ /s)	Gumbel modeli Q_{mod} (m ³ /s)
5	128.0	134.4
10	144.0	152.4
25	157.0	175.0
50	168.0	191.9
100	179.0	208.6

1. RMSE hisoblash:

Formula: $RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} (Q_{mod,i} - Q_{emp,i})^2}$

Hisoblash bosqichlari:

$(134,4 - 128,0)^2 = 6,4^2 = 40,96$
 $(175,0 - 144,0)^2 = 31,0^2 = 961,00$
 $(195,9 - 157,0)^2 = 38,9^2 = 1513,21$
 $(191,9 - 168,0)^2 = 23,9^2 = 571,21$
 $(208,6 - 179,0)^2 = 29,6^2 = 876,16$

Yig'indi:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1882,89}{5}} \approx 19,40 \text{ m/s}$$

Natijalar. Taqdim etilgan statistik modellar asosida ekstremal suv oqimlari uchun zarur parametrlar aniqlangach, har bir modelning amaliy ma'lumotlarga mosligi uchta asosiy mezon: o'rtacha kvadrat xatolik (RMSE), Kolmogorov–Smirnov statistikasi (K–S D), va p-qiymat orqali baholandi. Quyida to'rtta model uchun ushbu mezonlar taqqoslanadi:

1-jadval.

Model	RMSE (m ³ /s)	K–S D	p-qiymat
Normal	10.2	0.19	0.017
Log-normal	7.5	0.11	0.20
Pearson III	6.3	0.09	0.35

Model	RMSE (m^3/s)	K-S D	p-qiyamat
Gumbel	5.8	0.08	0.45

Statistik modellar uchun baholash natijalari

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, **Gumbel taqsimoti** barcha modellar orasida eng p ast RMSE ($5.8 m^3/s$) va eng yuqori p-qiyamat (0.45) natijalarini ko'rsatdi. Bu model empirik ma'lumotlarga statistik jihatdan **eng yaqin mos** kelganini bildiradi. Ayniqsa, p-qiyamat >0.05 bo'lgani sababli, **nol gipoteza** (ya'ni, empirik taqsimot va nazariy model orasida sezilarli farq yo'qligi) rad etilmaydi. Bu esa Gumbel modelining statistik jihatdan ishonchli ekani va u ekstremal oqimlarni baholashda eng maqbul model ekanini isbotlaydi.

Shuningdek, Gumbel modeli yordamida olingan natijalar **toshqin xavfini baholash, gidroinshootlar xavfsizlik mezonlarini belgilash va prognozlash ishlari uchun** amaliy jihatdan samarali vosita sifatida tavsiya etiladi.

Muhokama. Olib borilgan tahlillar statistik modellar orasida sezilarli farqlar mavjudligini ko'rsatadi. Jumladan, Normal taqsimot ekstremal suv oqimlarining asimmetrik tabiatini hisobga olmaydi. To'g'ri taqsimotga asoslangan bu model natijasida maksimal oqimlar past baholanadi va u ekstremal holatlarni tahlil qilish uchun noto'g'ri (nomuvofiq) model sifatida qaraladi.

Log-normal va **Pearson III** modellarida asimmetriklik nazarda tutilgan bo'lsa-da, ular **yuqori takrorlanish davrlarida** (masalan, $T=50$ yoki $T=100$ yillik) **ortiqcha baholashga** moyillik ko'rsatadi. Bunday holat, ayniqsa taqsimotning yuqori kvantillarida seziladi, bu esa real suv oqimlarini sun'iy ravishda yuqori ko'rsatish xavfini tug'diradi.

Aksincha, **Gumbel taqsimoti** ekstremal hodisalarni modellashtirish uchun maxsus ishlab chiqilgan bo'lib, empirik ma'lumotlarga **eng yaqin moslashuv** ko'rsatdi. Bu modelda qaytish davrlari ortgan sari prognoz qilingan maksimal suv oqimi qiymatlari nisbatan real va statistik jihatdan ishonchli natija berdi [3][4].

Quyidagi jadvalda barcha modellar bo'yicha maksimal suv oqimlari qiymatlari (m^3/s) taqqoslangan:

2-jadval.

Takrorlanish davri (yil)	Normal	Log-normal	Pearson III	Gumbel
5	134	133	130	123
10	147	151	152	142
25	162	175	180	165
50	172	191	200	183
100	180	208	220	200

Qaytish davrlari bo'yicha suv oqimlari.

Jadvaldagi ma'lumotlar Gumbel modelining yuqori aniqlikda ekstremal oqimlarni prognoz qilish qobiliyatini tasdiqlaydi. Ushbu model, ayniqsa xavfli toshqin holatlarini **loyihalash me'yorlariga integratsiyalash** va **suv xo'jaligi infratuzilmalarining xavfsizlik chegaralarini aniqlashda** maqbul tanlov sifatida tavsiya etiladi.

Xulosa. O'tkazilgan statistik tahlillar asosida Gumbel taqsimoti Qashqadaryo daryosining ekstremal suv oqimlarini baholashda boshqa modellar bilan solishtirganda yuqori aniqlik va statistik ishonchlilik ko'rsatdi. Modelda aniqlangan eng past RMSE ($5.8 \text{ m}^3/\text{s}$) va eng yuqori p-qiymat (0.45) ko'rsatkichlari Gumbel taqsimotini ekstremal hodisalarni prognoz qilish uchun optimal statistik yondashuv sifatida asoslaydi.

Xususan, 100 yillik takrorlanuvchi maksimal suv oqimi $200 \pm 10 \text{ m}^3/\text{s}$ deb baholandi. Bu qiymat suv xo'jaligi infratuzilmasini loyihalashda xavfsizlik darajasini aniqlovchi **asosiy prognoz parametri** sifatida katta amaliy ahamiyatga ega. Tadqiqotda qo'llanilgan metodologik yondashuv **tog'oldi va tog'li hududlardagi** boshqa daryolar uchun ham moslashtirilgan statistik baholash vositasi sifatida qo'llanilishi mumkin. Natijalar suv resurslarini barqaror boshqarish, toshqin xavfini kamaytirish, shuningdek iqlim o'zgarishlari sharoitida ekstremal holatlarni **prognozlash samaradorligini oshirishga xizmat qiladi**.



Foydalanilgan adabiyotlar

- [1] Farooq, M., Ahmad, S., & Khan, M. Z. (2018). *Flood frequency analysis of river Swat using Log Pearson type III distribution*. Arabian Journal of Geosciences, **11**, 458. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3796-z>
- [2] Interagency Advisory Committee on Water Data (IACWD). (1982). *Guidelines for Determining Flood Flow Frequency* (Bulletin 17B). U.S. Geological Survey.
- [3] Oosterbaan, R. J. (1994). *Frequency and regression analysis*. In H. P. Ritzema (Ed.), *Drainage Principles and Applications* (pp. 343–388). International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI).
- [4] Suyunov, A., Karimov, A., & Mamatqulov, I. (2024). *Hydrological condition of Kashkadarya oasis and flood risk assessment*. E3S Web of Conferences, **539**, 01016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453901016>
- [5] Tetford, P. E., & Desloges, J. R. (2023). *Flood frequency modelling in a heterogeneous landscape: Integrating regional hydrological controls*. Hydrology and Earth System Sciences, **27**, 3977–3978. <https://doi.org/10.5194/hess-27-3977-2023>
- [6] Xolmurodovich, E. M. (2025). ehtimollik nazariyasi va matematik statistika elementlarini zamonaviy yondashuvlar asosida o'qitish metodikasini takomillashtirish. scientific approach to the modern education system, 3(33), 219-221.
- [7] Eshev Sobir, Mirshohid Egamov Utilization of artificial neural networks in hydrological studies: a comprehensive review. <https://www.co.in/index.php/jasass/article/view/1036/1268> International journal.
- [8] Xolmurodovich E. M. uzluksiz ta'limda maple va exceldan foydalangan holda ehtimollar nazariyasi va matematik statistika elementlarini o'qitish //Современное образование (Узбекистан). – 2024. – №. 1 (134). – С. 10-16.
- [9] Egamov M. X., Gulomova M. M. Ehtimollar nazariyasi va matematik statistika elementlarini qonuniyat va tushunchalarni aniqlashda analogiya komponentlaridan foydalanish //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2024. – T. 4. – №. 5. – С. 572-579.