

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific Library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

16-iyun, 2025



engineer.tstu.uz

**“QURILISHDA YASHIL IQTISODIYOT, SUV VA ATROF-MUHITNI ASRASH
TENDENSIYALARI, EKOLOGIK MUAMMOLAR VA INNOVATSION
YECHIMLAR” MAVZUSIDAGI RESPUBLIKA MIQYOSIDAGI
ILMIY-AMALIY KONFERENSIYA
TASHKILIY QO‘MITASI**

1. Abdurahmonov O.K. – O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi ijtimoiy rivojlantirish departament rahbari, Toshkent davlat transport universiteti rektori
2. Gulamov A.A – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
3. Shaumarov S.S – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
4. Suvonqulov A.X. – O‘zsuvta’minoti AJ raisi
5. Xamzayev A.X. – O‘zbekiston ekologik partiyasi raisi
6. Maksumov N.E. – O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi sohasida nazorat qilish inspeksiyasi boshlig‘i o‘rinbosari
7. Baratov D.X. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
8. Turayev B. X – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
9. Norkulov S.T. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
10. Adilxodjayev A.E. – Universitetdagi istiqbolli va strategik vazifalarni amalga oshirish masalalari bo‘yicha rektor maslahatchisi
11. Negmatov S.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK ilmiy rahbari, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Akademigi
12. Abed N.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK raisi
13. Merganov A.M – Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo‘limi boshlig‘i
14. Ibadullayev A. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası professori
15. Rizayev A. N. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası professori
16. Xalilova R.X. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası professori
17. Babayev A.R. – “Qurilish muhandisligi” fakulteti dekani
18. Boboxodjayev R.X – Tahririy nashriyot va poligrafiya bo‘limi boshlig‘i
19. Talipov M.M – Ilmiy nashrlar bilan ishlash bo‘limi boshlig‘i
20. Maxamadjonova Sh.I. - Matbuot xizmati kontent-menedjeri
21. Umarov U.V. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası mudiri
22. Eshmamatova D.B. – Oliy matematika kafedrası mudiri
23. Muxammadiyev N.R. – Bino va sanoat inshootlari qurilishi kafedrası mudiri
24. Tursunov N.Q. – Materialshunoslik va mashinasozlik kafedrası mudiri
25. Shermuxammedov U.Z. – Ko‘priklar va tonnellar kafedrası mudiri
26. Lesov Q.S. – Temir yo‘l muhandisligi kafedrası mudiri
27. Pirnazarov G‘.F. – Amaliy mexanika kafedrası mudiri
28. Teshabayeva E.U. – Tabiiy fanlar kafedrası professori
29. Chorshanbiyev Umar Ravshan o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası dotsent v.b.
30. Obidjonov Axror Jo‘raboy o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası assistenti



The use of advanced computational methods in reliable river flow prediction

D.E. Atakulov, D.A. Zhumabaeva¹, K.T. Rakhimov²

¹“Tashkent Institute of irrigation and agricultural mechanization Engineers” National Research University, Tashkent, Uzbekistan

²Tashkent State transport University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Research on the Yangtze and Narmada Rivers has focused on predicting river flow and preventing flooding. The minimum prediction period of numerical computing methods is about a month ago, which is also achieved because it is calculated too short for use in hydrological applications by combining a deep neural network - empirical mode degradation (EMD) algorithm and an encoder-decoder Long-Short-Term Memory (En-de-LSTM) architecture to predict river flow in a study conducted on the Yangtze River. Monthly flow data from the Hankou hydrological station on the Yangtze River (January 1952 to December 2008) was selected to teach the model, and results were obtained for two years and ten years of continuous predictions of floods. To achieve a reliable and accurate result, modern programs CatBoost, LGBM, Random Forest and XGBoost are used. When checking the consistency of the calculation results, the mean quadrad error (MSE), mean absolute error (MAE), root mean quadrad error (RMSE), root mean quadrad percentage error (RMSPE), normalized root mean quadrad error (NRMSE), and quadrad error (R2) indicators are used. Among the above models, Random Forest has shown to be able to produce effective results even in complex conditions of hydrological prediction.

Keywords: Narmada river, river flow management, cat raising, Lgbm, random medium, XGBoost, LSTM, Yangtze River

Daryo oqimini ishonchli bashorat qilishda ilg'or hisoblash usullaridan foydalanish

Atakulov D.E., Jumabayeva D.A.¹, Rakhimov Q.T.²

¹“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” milliy tadqiqot universiteti, Toshkent, O'zbekiston

²Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Yangtze va Narmada daryolaridagi tadqiqotlar daryo oqimini bashorat qilish va toshqinlarning oldini olishga qaratilgan. Raqamli hisoblash usullarning minimal bashorat davri taxminan bir oy oldin bo'lib, bu esa gidrologik qo'llanmalarda foydalanish uchun juda qisqa hisoblanganligi uchun ham Yangtze daryosida olib borilgan tadqiqotda daryo oqimini bashorat qilish uchun chuqur neyron tarmog'i - Empirik Rejimni Degradatsiya qilish (EMD) algoritmi va Kodlovchi-Dekodlovchi Uzun-Qisqa Muddatli Xotira (En-De-LSTM) arxitekturasini birlashtirish orqali amalga oshiriladi. Yangtze daryosidagi Hankou gidrologik stansiyasining oylik oqim ma'lumotlari (1952-yil yanvardan 2008-yil dekabr gacha) modelni o'rgatish uchun tanlandi va toshqinlar bo'lgan ikki yil va o'n yillik doimiy bashoratlari uchun natijalar olindi. Ishonchli va aniq natijaga erishish uchun CatBoost, LGBM, Random Forest va XGBoost zamonaviy dasturlari qo'llaniladi. Hisoblash natijalari muvofiqligini tekshirishda o'rtacha kvadrat xatolik (MSE), o'rtacha absolyut xatolik (MAE), ildiz o'rtacha kvadrat xatolik (RMSE), ildiz o'rtacha kvadrat foiz xatosi (RMSPE), normallashtirilgan ildiz o'rtacha kvadrat xatolik (NRMSE) va kvadrat xatolik (R2) ko'rsatkichlaridan foydalaniladi. Yuqoridagi modellar orasida Random Forest gidrologik bashoratlarning murakkab sharoitida ham samarali natija bera olishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Narmada daryosi, daryo oqimini bashorat qilish, CatBoost, LGBM, Random Forest, XGBoost, LSTM, Yangtze daryosi

1. Kirish

Daryo oqimlarining murakkabligi va ularning dinamikasi jadal o'zgarib turishi sababli, ularni aniq va ishonchli prognoz qilish suv resurslarini to'g'ri tarzda boshqarishda katta ahamiyatga ega. An'anaviy hisoblash usullari yordamida bo'lsa aniq natijaga erishish ehtimoli juda ham kam. Sababi, bu usullar aksariyat hollarda daryo tizimlaridagi murakkab bog'liqlikni to'liq hisobga olmaydi va o'zgaruvchan muhitga moslasha olmaydi [1].

An'anaviy hisoblash usullaridan farqli ravishda zamonaviy hisoblash usuli atrof - muhit o'zgarishiga moslashgan va daryo oqimining ko'p yillik tarixiy ma'lumotlari asosida ish olib boradi. An'anaviy raqamli modellar odatda faqat bir oy oldingi prognozlarni bera oladi — bu esa amaliy gidrologik natijalar uchun juda qisqa muddatdir. Ikkinchidan, ko'plab statistik usullar to'liq yuqori toshqin oqimini aniq prognoz qila olmaydi, holbuki bu oqim prognozining asosiy maqsadi hisoblanadi. Uchinchidan, daryo oqimlari prognozi bo'yicha olib borilgan ko'pgina tadqiqotlar yillik, mavsumiy, kundalik

yoki hattoki soatlik miqyoslarda bo'lgan. Biroq, Yangtze daryosida toshqin mavsumi odatda yiliga 2–3 oy davom etadi. Shu sababli, oylik oqim prognozining asosiy maqsadi toshqinlarni nazorat qilish va tabiiy ofatlarga qarshi kurashdir. Suv xo'jaligi tashkilotlari uchun 2–3 oy yoki hatto 6 oy oldindan yuqori oqimdagi keskin o'zgarishlar haqida ma'lumotga ega bo'lish nihoyatda muhim. Bu gidrologik ofatlarning oldini olish va yumshatishda katta ahamiyatga ega. Zamonaviy hisoblash usullari jarayonni amalga oshirish uchun ma'lumotlarning sifati, yaratilayotgan modelning tushuntirilishi va katta hajmdagi ma'lumotni talab etadi. So'nggi yillarda ma'lumotlarga asoslangan modellashdirish yondashuvlari, Empirik Model Dekompozitsiyasi (EMD) bilan birlashtirilib, fizik asosli modellar o'rniga keng qo'llanilmoqda [2]. Bir nechta tadqiqotchilar EMD va uning modifikatsiya qilingan turlarini mashinali o'rganish modellariga qo'shib, oqim oqimi tendensiyalarini prognoz qilishga harakat qilishgan. Masalan, Huang va boshqalar hamda Meng va boshqalar modifikatsiya qilingan EMD usulidan foydalangan va yaxshiroq natijalarga erishgan. Wang, Xu va boshqalar esa PSO algoritmi yordamida EMD va Support Vector Machine (SVM) ni birlashtirib, yog'ingarchilik-oqimni bashorat qiluvchi modelni taqdim etgan. Biroq bu EMD asosidagi SVM modellarida sekin o'rganish, lokal minimumda "ilinish", sadel nuqtalar va ortiqcha moslashish (overfitting) kabi kamchiliklar mavjud. Bundan tashqari, ularning hech biri 5 yildan uzun muddatli prognoz bermagan [3]. Ushbu tadqiqotda EMD va Enkoderni-dekoderli uzoq qisqa muddatli xotira tarmog'i (En-De-LSTM) ni birlashtirgan model taklif etildi. Ushbu model Yangtze daryosidagi Hankou gidrologik stansiyasi uchun 10 yillik oylik oqim ma'lumotlarini prognoz qilishga qaratilgan. Taklif etilgan model EMD usulining turli chastotali ma'lumotlarni ajratish afzalliklari va LSTM neyron tarmog'ining vaqt qatorlarini qayta ishlashdagi ustunliklarini o'zida mujassamlashtiradi. Bu yondashuv an'anaviy raqamli va fizik asosli modellar hamda ANN lar olib keldagani muammolarni bartaraf etishga xizmat qiladi [4]. Shuningdek, so'nggi yillarda ko'pchilik tadqiqotchilar zamonaviy hisoblash modellaridan gidrologiya sohasida keng foydalanib kelishmoqda. Bu modellarining o'zgaruvchan muhitda samaraliligi tufayli dunyoning eng rivojlangan Xitoy, AQSH kabi davlatlari ham foydalanib, yuqori aniqlikdagi har soatlik, kunlik va oylik ma'lumotlarga ega bo'lishmoqda. Masalan, Lin et al FFNN va LSTM modellari yordamida Xitoyning Andun ko'rfazini soatlik daryo oqimi ma'lumotlarini olishga erishgan. Rasouli et al SVR va MLR modellarini o'rganish orqali Kanada suv havzasining kunlik oqimlar bashoratini olgan [5]. Fut et al ham LSTM modeli yordamida Malayziyaning Kelantan daryosi oqimini bashorat qilishda yuqori natijaga erisha oldi. Achieng bo'lsa iqlim o'zgarishining daryo oqimiga ta'sirini SVR modelini yordamida o'rganib chiqqan. Olimlar shu kabi tadqiqotlarida zamonaviy hisoblash usullari bo'lgan ANFIS, AdaBoost, ELB, ANN-BP, ELM, MLP, CNN kabi dasturlardan gidrologiya sohasida keng foydalanishmoqda. Har qanday tabiiy jarayonlarni modellashdirishda jarayonning geografik imkoniyatlari bilan birgalikda zamonaviy hisoblash usuli o'rtasida uzviy bog'liqlik mavjud [6]. Yuqoridagi kabi samarali dasturlar prognozlash sohasida sezilarli natija ko'rsatishiga qaramasdan Narmada daryosida bu yo'nalishdagi ishlar yetarli darajada amalga oshirilmagan [7]. Tadqiqotda foydalanilgan 4 ta model ham zamonaviy model hisoblanib, har bir tegishli ko'rsatkichlari bo'yicha ustunlikka ega.

2. Tadqiqotning maqsadi

Yangtze daryosida yiliga 2-3 oy davomida toshqin holati kuzatilganligi bois, ushbu hududda o'tkazilgan tadqiqot aynan ushbu jadal suv toshqini davrini oldindan bashorat qilib, tabiiy talofatlarning oldini olish va suv toshqini hajmining eng yuqori qiymati ma'lumotlariga 6 oy oldindan ega bo'lishga qaratilgan. Tadqiqotni amalga oshirish uchun (En-De-LSTM) va EDM dasturlarini kombinatsiyalashtirgan holda uzoq muddatli bashoratga erishish hisoblanadi. Narmada daryosi suv oqimini prognoz qilishda daryoning oldindan belgilab olingan 5 ta stansiyasidan olingan tarixiy ma'lumotlaridan foydalanib ilg'or hisoblash dasturlari hisoblanadigan CatBoost, LGBM, Random Forest, XGBoost lardan foydalanish va qaysi dastur samarali natija berishini aniqlashdan iborat. Natijada, gidrologik jarayonlarni chuqur o'rganibgina qolmasdan, ushbu hududda sel va toshqin kuzatilishi ma'lumotlarini oldindan bilib, tayyorgarlik ko'rish imkoniyati yaratiladi.

3. Tadqiqot obyekti

Yangtze daryosi Xitoydagi eng katta va dunyoda uzunligi bo'yicha 3-o'rinni egallovchi daryo hisoblanadi. Uzunligi 5800 m², havzasining maydoni 1808,5 ming km². Kengligi 300-600 metr, daralardan o'tgan joyida 120–200 m, chuqurligi 80-110 m. O'rtacha suv sarfi 34 ming m³/sek, rejimi mussonli, yoz oylarida tekislik qismida suv sathi 10 m gacha ko'tariladi. Ushbu tadqiqot ma'lumotlari Hankou gidrologik stansiyasidagi gidrologik ma'lumotlarga asoslangan. Hankou gidrologik stansiyasi, Vuxan shahrida joylashgan bo'lib, Yantsze daryosining o'rta va quyi havzasi chegarasida joylashgan. Vuxan shahri, Tsyanxan tekisligining sharqiy qismida joylashgan bo'lib, markaziy Xitoydagi eng yirik shahar va Yantszi daryosi havzasidagi eng katta shaharlardan biridir. Aynan shu yerda Yantszi daryosining eng katta irmog'i - Xanjiang daryosi Yantszi daryosi tizimiga qo'shiladi. Xitoydagi toshqinlarning taxminan 70 foizi Yantszi daryosi havzasida sodir bo'ladi. Xitoy meteorologiya boshqarmasi ma'lumotlariga ko'ra, ushbu daryodagi toshqinlar asosan musson mavsumida, ya'ni iyun-sentabr oylarida ro'y beradi. Ayrim yillarda esa vayronkor toshqinlar yuz bergan. Vuxanning geografik joylashuvi tufayli har safar katta toshqinlar shaharga ham katta zarar yetkazgan. 1998-yilda, subtropik yuqori bosim zonalarida ta'sirida bir necha hafta davom etgan kuchli yog'ingarchilik Yantszi daryosi havzasida suv sarfini toshqin mavsumidagidan uch baravar oshishiga olib kelgan. Natijada, bu Yantszi daryosi havzasida so'nggi 50 yildagi eng katta toshqinga aylangan.

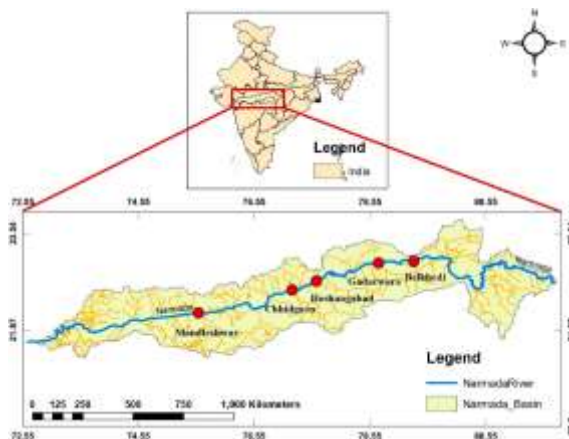


1-rasm. Yangtze daryosi havzasi va Wuhan shahridagi Hankou gidrologik stansiyasining joylashuvi

Ilgari Narbada nomi bilan ham tanilgan yoki Nerbudda nomi bilan atalgan Narmada daryosi Hindistondagi eng uzun 5-daryo va umuman mamlakatdagi eng uzun g'arbiy daryodir. Bu Madhya-Pradesh shtatidagi eng katta oqadigan daryo hamdir. Bu daryo Hindistonning Madhya-Pradesh va Gujarat shtatlaridan oqib o'tadi. Narmada daryosi nafaqat ekotizim uchun balki insoniyat jamiyati uchun ham muhim suv manbai hisoblanadi. hududning qishloq xo'jaligi, sanoat va kommunal xo'jalik sohaslarini suv bilan ta'minlashda katta ahamiyatga ega.

4. Ma'lumot yig'ish

Tadqiqot obyekti hisoblangan Narmada daryosining oqimini prognozlashdagi har kunlik ma'lumotlar daryoning yirik stansiyalari bo'lgan - Belkhedi, Gadarwara, Hoshangabad, Chhidgaon and Mandleshwar stansiyalaridan olindi. Bundagi 1978-yildan 2020-yilgacha bo'lgan gidrologik ma'lumotlar bilan Hindiston Suv Resurslari Ma'lumoti Tizimi ta'minladi.



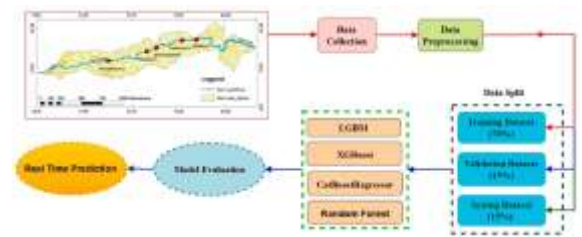
2-rasm. Narmada daryosining 5 ta stansiya bo'ylab joylashuvi

Yangtze daryosida olib borilgan tadqiqotda Hankou gidrologik stansiyasidagi oqim sarfi (streamflow) ma'lumotlariga qaratilgan. Tadqiqotda foydalanilgan ma'lumotlar Yantszi daryosi suv resurslari komissiyasi tomonidan to'plangan va 1952-yil yanvardan 2018-yil dekabr gacha bo'lgan oyma-oy oqim sarfi ma'lumotlarini o'z ichiga oladi. Ushbu tadqiqotda 1998 va 2016 yillardagi (ikki eng halokatli toshqin yili) Hankou gidrologik stansiyasining oqim sarfi ma'lumotlari tanlanib, prognoz qilish ishlari amalga oshirildi. Bundan tashqari, 2009-yil yanvardan 2018-yil dekabr gacha bo'lgan o'n yillik uzluksiz harakatlanuvchi prognozlar asosida uzoq muddatli prognozlash salohiyati tekshirildi.

5. Metod

Modelni qurish uchun birinchi navbatda ko'p yillik tarixiy ma'lumotlar (1978 – 2020) – meteorologik o'zgarishlar va gidrologik parametrlar yig'ildi. Keyingi bosqich ma'lumotlarni tozalash, yetmayotgan ma'lumotlarni to'ldirish va analiz qilishdan iborat. Keyin tajribada ko'rilayotgan 4 ta modeldan eng samaralisi tanlab olindi va model qurildi. Bu bosqichda eng kamida 1 million ma'lumot talab qilinadi. Bu ma'lumotning 70 % i modelni

qurish uchun, 30 % I model aniqligini tekshirish uchun foydalanildi.



3-rasm. Bajirilgan ishlar ketma-ketligi

Tegishli ko'rsatkichlarni aniqlash formulalari:

$$MSE = (1/n) * \sum [(y_i - \hat{y}_i)^2] \quad (1)$$

$$MAE = (1/n) * \sum |y_i - \hat{y}_i| \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{[(1/n) * \sum [(y_i - \hat{y}_i)^2]]} \quad (3)$$

$$RMSPE = \sqrt{[(1/n) * \sum [(y_i - \hat{y}_i)/y_i]^2]} \quad (4)$$

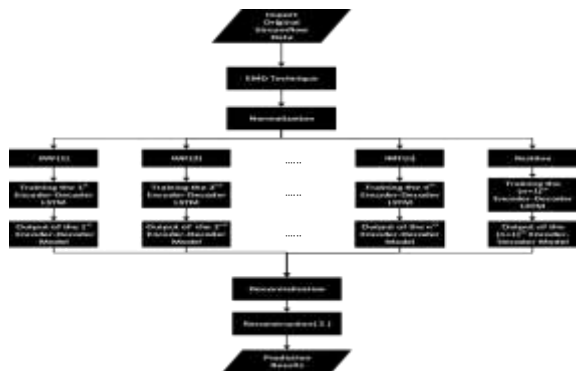
$$NMSPE = \frac{\sqrt{MSE}}{\max(y) - \min(y)} \quad (5)$$

$$R^2 = 1 - (\sum [(y_i - \hat{y}_i)^2] / \sum [(y_i - \bar{y})^2]) \quad (6)$$

Bu yerda, n ma'lumotlar nuqtalarining umumiy sonini ifodalaydi. y_i – umumiy ma'lumotlar uchun bog'liq o'zgaruvchining haqiqiy kuzatilgan qiymati. $\hat{y}_i$ – umumiy ma'lumot nuqtalari uchun bog'liq o'zgaruvchilari taxmin qilingan qiymati. $\max(y)$ $\min(y)$ – haqiqiy maqsadli o'zgaruvchining maksimal va minimal qiymati. Σ – har bir nuqta uchun kvadrat og'ishlar qiymati, $\bar{y}$ – bog'liq o'zgaruvchining o'rtacha qiymati. EMD (Empirical Mode Decomposition) usuli yordamida vaqt qatoridagi ma'lumotlar bir nechta ichki modalar (IMF) va qoldiqqa ajratiladi. Bu usul chiziqli va o'zgaruvchan bo'lmagan signallarni bo'lib, har bir qismini alohida tahlil qilish imkonini beradi. Har bir IMF original signal bilan bir xil uzunlikda bo'lib, signalning turli chastotali xususiyatlarini ifodalaydi. Keyin ushbu IMFlar alohida normalizatsiya qilinib, En-De-LSTM (Encoder-Decoder LSTM) modeliga kiritiladi. LSTM esa vaqt ketma-ketligidagi uzoq muddatli bog'liqliklarni eslab qolish va keraksiz ma'lumotni unutish xususiyatiga ega. Bu xususiyatlar noaniq va murakkab ma'lumotlarni prognoz qilishda katta yordam beradi. En-De-LSTM arxitekturasida esa signalni kodlab, keyin uni qayta tiklash orqali yanada aniqroq prognozlarni yaratadi. Shu tarzda, har bir IMF uchun alohida prognoz qilinadi. Modelni o'qitishda uning parametrlarini optimallashtirish uchun Grid Search usuli qo'llaniladi. Bu usul model uchun eng yaxshi parametrlarni topishda yordam beradi. Barcha IMFlar bo'yicha olingan natijalar asl o'lchovga qaytariladi va ularning yig'indisi sifatida yakuniy oqim prognozi hosil qilinadi. Shunday qilib, EMD va En-De-LSTM yondashuvlari birgalikda murakkab, o'zgaruvchan gidrologik vaqt qatorlarini yuqori aniqlikda prognoz qilish imkonini beradi. Bu esa oqim bashoratlarining ishonchligini oshiradi va ekstremal holatlarni yaxshiroq aniqlashga yordam beradi.

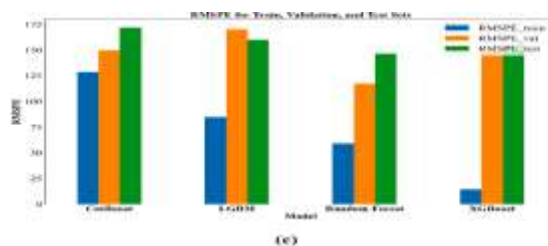
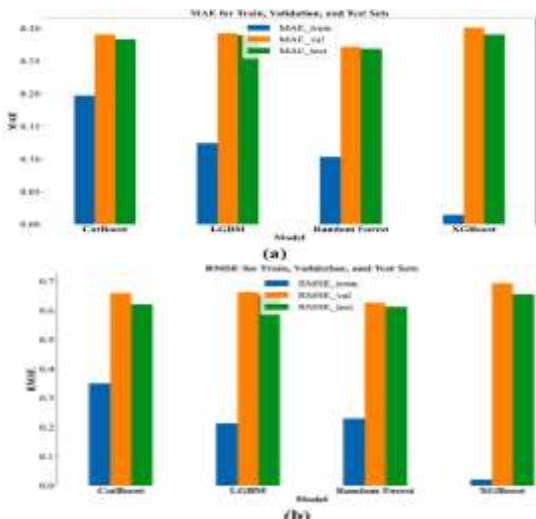
6. Natijalar

Ushbu modellarning ishlashini baholashda asosiy ko'rsatkichlar sifatida o'rtacha kvadrat xatolik (MSE), mutloq xatolik (MAE), o'rtacha ildiz kvadrat xatolik (RMSE), me'yorlashtirilgan kvadrat xatolik (NRMSE) va kvadrat xatolik (R2) olindi.

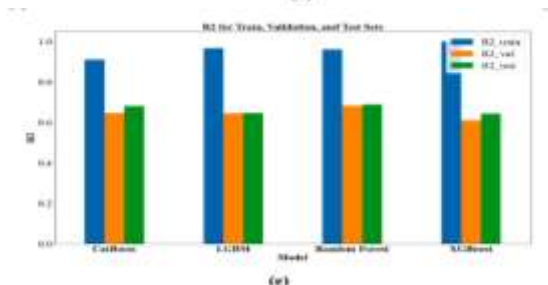
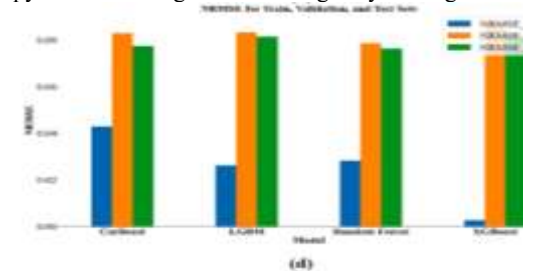


4-rasm. Taklif etilgan modelning blok-sxemasi

Har bir model bashorat qilish aniqligining turli sohalarda o'zining kuchli tomonlarini ko'rsatdi. MAE 0.2 va RMSE 0.35 ko'rsatkich bilan CatBoost aniq prognoz qila olishini ko'rsatdi. 0.91 R bilan oqim ma'lumotlarining asosiy tendensiyalarini qamrab olish xususiyatini ko'rsatdi. LGBM MSE 0.05 va RMSE 0,21 bilan Car Boost va Random Forest dan yuqori ko'rsatkichga erishdi. XG Boost 0.98 R2 qiymatga ega bo'lib, mukammal bashoratli aniqlikni va oqim dinamikasini aniq qayd etishini ko'rsatdi. Random Rorest esa 0.96 R2 natijani ko'rsatdi. MAE qiymat bo'yicha CarBoost va LGBM 0.29, XG Boost 0,31 va Random Forest 0,27 qiymatga ega bo'ldi. Natijada Random Forest modeli bashorat qilishi aniqroq ekanligini ko'rsatdi. RMSE 0.63 bilan Random Forest tekshiruvdan so'ng xatolarni kamaytirishi mumkinligini ko'rsatdi. NRMSE 0.08 va RMSPE 115.6 qiymatlari bilan istiqbollari natijalar berishini ko'rsatdi.

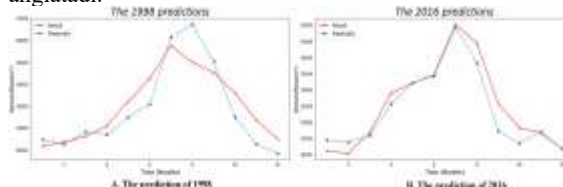


Yangtze daryosidagi tadqiqotda 2016-yil natijalari bo'yicha, yanvardan avgustgacha bo'lgan bashorat juda aniq bo'lib, ayniqsa toshqin mavsumida bashorat qilingan qiymatlar amaldagi ma'lumotlarga deyarli to'g'ri keladi.



5-rasm. Dasturlarning tegishli ko'rsatkichlar ((MSE), (MAE), (RMSE), (RMSPE), (NRMSE), (R2)) bo'yicha natijalari

2016 va 1998 yillarning har ikkala holatida ham R2 qiymati 0.8 dan yuqori va LMI qiymatlari 0.65 ga yaqin. Shuningdek, 2016-yildagi bashorat 1998-yildagi bashoratga qaraganda aniqroq bo'lgan. 1998-yilda kuzatilgan maksimal suv sarfi 2016-yildagi bashoratga qaraganda taxminan 40% ga yuqori bo'lgan. 1998-yildagi bashoratlar uchun ishonch oralig'i 2016-yildagiga qaraganda kengroq, bu esa tarixiy ekstremal qiymat (eng yuqori suv sarfi) bilan bog'liq. Oddiy yillardagi bashoratlar haqiqiy qiymatlarga anomal toshqin yillaridagi bashoratlarga qaraganda yaqinroq. Shuning uchun, 1998-yildagi kabi ekstremal maksimal holatlar, masalan, yuqori suv sarflarini hozirgi model yordamida bashorat qilish qiyin. Shunga qaramay, deyarli barcha nuqtalar regressiya chizig'iga yaqin joylashgan, bu esa taklif etilgan modelning toshqin bashorat qilish salohiyati yetarli ekanligini anglatadi.



6-rasm. 1998 – va 2016-yillardagi haqiqiy va bashorat qilingan oqim

7. Muhokama

Har bir ko'rsatkich ma'lum tomondan yaxshi natija berdi: XGBoost mukammal bashoratli aniqlik va oqim dinamikasini aniq qayd etishini ko'rsatdi. Lekin, 5 – rasmdagi natijalardan xulosa qilgan holda Random Forest eng yuqori aniqlikda daryo oqimi harakatini bashorat qila olishi va xato qilish ko'rsatkichi kam deya xulosa qilindi. CarBoost, LGBM va XG Boost ham ma'lum yo'nalishda o'z ustunliklariga ega bo'lishlarda, umumiy ko'rsatkichda Random Forest kabi ishonchli va aniq bashoratlay olmaydi degan xulosaga kelindi. Taklif qilingan model EMD va En-De-LSTM arxitekturasida asosida 6 oylik Min-Pd bilan birlashtirilgan. Eng yaxshi natijalarni aniqlash uchun turli LSTM modellari (Vanilla LSTM, Stacked LSTM, En-De-LSTM) va har xil Min-Pd qiymatlarini 2018 yilgi 12 oylik oqim ma'lumotlari yordamida taqqosladik. Birinchi bosqichda, Vanilla LSTM'dan En-De-LSTM'gacha bo'lgan modellar taqqoslandi. Model qatlamlari soni ortgan sayin aniqlik yaxshilandi. En-De-LSTM eng murakkab va eng aniq natijalarni berdi. Bu shuni ko'rsatadiki, qatlamlar soni ko'paygani sayin modelning natijasi ham barqaror va ishonchli bo'ladi. Keyin turli Min-Pd (6, 12, 18, 24 oy) qiymatlari uchun modellar sinovdan o'tkazildi. 12 oylik Min-Pd yillik oqim o'zgarishini to'liq saqlaydi va oqim tendensiyalarini yaxshi o'rgana oladi. 6 oylik Min-Pd esa yil davomidagi yarmi uchun ma'lumotdan foydalanadi va eng aniq bashoratlarni beradi. 18 va 24 oylik Min-Pd esa uzoqroq muddatni qamrab oladi, lekin oqimdagi asosiy o'zgarishlarni to'liq aks ettira olmaydi, shuning uchun natijalar kamroq aniq chiqadi. Grafik va jadvallar ko'rsatganidek, En-De-LSTM modeli bilan 6 oylik Min-Pd eng yaxshi natijalarni berdi. Ushbu modelda xatoliklar (RMSE) eng past va prognozlar real ma'lumotlarga eng yaqin. Bundan tashqari, 12 oylik Min-Pd ham yaxshi natijalar ko'rsatdi, lekin 6 oylik Min-Pdga qaraganda biroz pastroq. Vanilla LSTM va Stacked LSTM modellari EMD bilan birlashtirish ham natijalarni yaxshiladi, lekin En-De-LSTM bilan solishtirganda, ular biroz pastroq darajada qoladi. 7-rasm. Vanilla, Stacked va En-De LSTM modellari EMD bilan birlashtirilgan holdagi taqqoslash. Xulosa qilib aytganda, EMD va En-De-LSTM arxitekturasida, ayniqsa 6 oylik Min-Pd bilan birgalikda, oqim bashoratlarida eng ishonchli va aniq natijalarni beradi. Bu model suv oqimining o'zgarishini yaxshi tushunadi va eng muvaffaqiyatli prognozlarni yaratadi.

8. Xulosa

Ushbu maqolada Yantsze daryosining oylik oqim sarfini prognoz qilish uchun EMD asosidagi yangi gibril Encoder-Decoder LSTM modeli (6 oylik minimal davr bilan) taklif qilindi. Bashorat ikki jihatdan amalga oshirildi:

1. Toshqin bashorati, ya'ni toshqin mavsumi bashorati. Bu qismda 1998 va 2016 yillardagi to'liq ma'lumotlar modelning samaradorligini baholash uchun ishlatildi. Ushbu yillarda tadqiqot hududi toshqinlardan aziyat chekkan. Toshqin bashoratining yakuniy natijalari qoniqarli bo'lib, R^2 qiymati har ikkala yilda ham 0.8 dan yuqori bo'ldi, LMI (Linear Matching Index) qiymati esa 0.65 ga yaqinlashdi. Bu natijalar modelni toshqinlarni oldindan prognoz qilishda foydalanish mumkinligini ko'rsatadi, aniqlik darajasi esa kamida 70% ga yetadi.

Ushbu tadqiqotda 2009 yildan 2018 yilgacha bo'lgan so'nggi 10 yillik davr bo'yicha prognoz amalga oshirildi. Bu tajriba bo'yicha WI (Willmott Index), LMI va R^2 ko'rsatkichlari juda yuqori bo'lib, modelning ishonchliligi va moslik darajasini tasdiqlaydi. Bundan tashqari, RMSE (Root Mean Square Error) atigi 1171.9 m³ bo'ldi. Yanada muhimrog'i — har bir yildagi mahalliy maksimumlar (toshqin cho'qqilari) kuzatilgan qiymatlar bilan deyarli to'g'ri yoki ulardan yuqori tarzda prognoz qilindi. Bu esa yillik suv taqsimoti, o'z vaqtida favqulodda toshqinlarga javob choralarini ko'rish va iqtisodiy rivojlanish uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa qilib aytganda zamonaviy hisoblash usullari qo'llanilishi Narmada daryosi hududida oqim bashorat qilishda yaxshi natijalarga erishdi. Bu bizga daryolar qanday ishlashi haqida ko'proq ma'lumot olishga yordam berdi. Kelajakda voqealarni to'g'ri bashorat qilishda ularning har biri ma'lum qismlarda eng yaxshi natijaga erishdi. XG Boost mashg'ulot vaqtida eng samarali usul edi. MAE va MSE ko'rsatkichida kam xatolarga yo'l qo'ydi. Ammo Random Forest treningda ma'lumotlar to'plamini sinovdan o'tkazish va saqlashda kuchli ekanini ko'rsatdi. Ushbu modellar Narmada daryosi kabi daryolarni boshqarishda qanday yo'l tutish kerakligi haqida tezkor qaror qilishda yordam beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar / References

- [1] Liu D. et al. Streamflow prediction using deep learning neural network: case study of Yangtze River //IEEE access. – 2020. – T. 8. – C. 90069-90086.
- [2] Kedam N. et al. River stream flow prediction through advanced machine learning models for enhanced accuracy //Results in Engineering. – 2024. – T. 22. – C. 102215.
- [3] Abbass, Z. D., Maatooq, J. S., & Al-Mukhtar, M. M. (2023). Monitoring and modelling morphological changes in rivers using RS and GIS techniques. Civil Engineering Journal, 9(3), 531–543. Doi: 10.28991/CEJ-2023-09-03-03
- [4] Nones, M. (2020). Remote sensing and GIS techniques to monitor morphological changes along the middle-lower Vistula river, Poland. International Journal of River Basin Management, 19(3), 345–357. <https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1742137>
- [5] Chadwick, A. J., Greenberg, E., & Ganti, V. (2023). Remote sensing of riverbank migration using particle image velocimetry. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 128(6), e2023JF007177. <https://doi.org/10.1029/2023JF007177>
- [6] Islam, M. S., & Mitra, J. R. (2024). Quantification of Historical Riverbank Erosion and Population Displacement Using Satellite Earth Observations and Gridded Population Data. Earth Systems and Environment, 9, 375–388.
- [7] Zhou, N., Sheng, S., He, L.-Y., Tian, B.-R., Chen, H., & Xu, C.-Y. (2023). An Integrated Approach for Analyzing the Morphological Evolution of the Lower Reaches of the Minjiang River Based on Long-Term Remote Sensing Data. Remote Sensing, 15(12), 3093

Mualiflar haqida ma'lumot

**Atakulov
Dinislam
Ermag'anbet
o'g'li**

Toshkent "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti, O'zbekiston, Toshkent

**Jumabayeva
Dinara Azat
qizi** Toshkent“Toshkent irrigatsiya va qishloq
xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari
instituti” milliy tadqiqot universiteti,
O‘zbekiston, Toshkent

**Raximov
Qudratjon
Toshbotirovich** Toshkent davlat transport universiteti,
O‘zbekiston, Toshkent



M. Ruzibaeva, U. Umarov, A. Rizaev, U. Bakhramov <i>Possibilities of using local raw material - black sand for water purification filters</i>	50
D. Allayarov, A. Arifjanov <i>Effects of climate change in uzbekistan on floods.....</i>	54
H. Kosimova, M. Abdukadirova <i>Rainwater harvesting and treatment technologies: efficiency and prospects in the context of Uzbekistan.....</i>	57
Sh. Abdukhalilova, E. Mukhtorov <i>Innovative technologies in the production of electricity through waste processing: International experience and perspectives</i>	60
Sh. Abdukhalilova <i>Modern equipment for ecology protection.....</i>	63
D. Atakulov, D. Zhumabaeva, K. Rakhimov <i>The use of advanced computational methods in reliable river flow prediction.....</i>	65
A. Obidjonov, A. Suvankulov, A. Babaev, U. Chorashanbiev <i>Assessment of hydraulic efficiency of inter-farm irrigation channels in the context of field research.....</i>	71
M. Musajonov, A. Ibadullaev, U. Chorashanbiev <i>Structural analysis of disperse systems and energy-efficient rheological modeling in hydrotransport processes</i>	74
R. Khalilova <i>Environmental education is the basis of environmental protection activities.....</i>	79
M. Muzaffarova <i>Influence of annual atmospheric precipitation on the potential for sand encroachment on roads.....</i>	83
Sh. Tadjibayev <i>Increasing the stability of the railway track surface using modern building materials.....</i>	87
Kh. Umarov, J. Kodirov, R. Choriev <i>Methodology for calculating the strength of balastless track design.....</i>	90
Sh. Normurodov, D. Lintang, Y. Usmonaliev, H. Normurodov <i>Assessment of the stability of the excavation tunnel and vertical movements of the earth's surface.....</i>	94