

NEYRO NORAVSHAN XULOSA TIZIMI YORDAMIDA SUV SIFATI INDEKSINI BASHORAT QILISH

Xudayshukur QUZIBOYEV

Doktorant

Muhammad Al-Xorazmiy

nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti

Toshkent, O'zbekiston

Gulora RAZZAKOVA

Stajyor

Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
Urganch filiali

Urganch, O'zbekiston

Annotatsiya

Ushbu maqolada suv sifatini bashorat qilish uchun moslashuvchan tarmoqning noaniq xulosalar tizimi (ANFIS) kabi samarali metodologiyasi taklif qilinadi.

Tayanch so'zlar: WQI, suv sifati, noravshan xulosa tizimi, a'zolik funktsiyasi, ANFIS.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНДЕКСА КАЧЕСТВА ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА НЕЙРО

Худайшукур КУЗИБАЕВ

Докторант

Ташкентский университет

информационных технологий имени

Мухаммада Аль-Хорезми

Ташкент, Узбекистан

Гулоры РАЗЗАКОВА

Стажер

Ургенчский филиал Ташкентского

университета информационных технологий

имени Мухаммада Аль-Хоразми

Ургенч, Узбекистан

Аннотация

В этой статье предлагается эффективная методология прогнозирования качества воды, такая как адаптивная сетевая система нечеткого вывода (ANFIS).

Ключевые слова: WQI, качество воды, система нечеткого вывода, функция принадлежности, ANFIS.

Suvga bo'lgan talab odamlar, qishloq xo'jaligi va sanoat maqsadlarida foydalanish uchun er osti suvlarini o'rganishga sabab bo'ladi. Er osti suvlari zahiralarining ifloslanishi, yer usti oqindisi, shuningdek, tabiiy ravishda geokimyoviy faoliyat natijasida yuzaga keladi. Ochiq qazilgan quduqlar, odatda, ichimlik suvi manbalarining eng yomon turlaridan biri hisoblanadi. Atrof-muhit ta'siriga ega bo'lmagan holda, yer osti suvlarida ko'pchilik metallarning kontsentratsiyasi juda past va asosan mineralogiya va ob-havo bilan belgilanadi. Suv tarkibi yer osti suvlari omborida perkolatsiya va suv tarkibini o'zgartirishi mumkin bo'lgan tog' jinslarida mavjud bo'lgan minerallar bilan reaksiyalar orqali o'zgaradi. Metallarning tabiiy nurash orqali ifloslanishiga bir nechta misollar mavjud, ammo ko'p hollarda metallar antropogen faollik tufayli atrof-muhit va sog'liq uchun muammoga aylanadi. O'zbekistonning Quyi Amudaryo mintaqasidagi og'ir metallarga asoslanib, yer osti suvlarining ko'chma qobiliyatini baholadilar. Er osti suvlarining ifloslanishi va uni boshqarish inson salomatligiga katta ta'sir ko'rsatishi sababli muhim ahamiyatga ega bo'ldi. Shuning uchun suv sifatini bilish va suv sifati indeksini (WQI) baholash suv sifatini nazorat qilish va boshqarishda muhim rol o'ynaydi. WQI odatda suv sifatining turli parametrlarini oddiy indeksga jamlash uchun o'lchash vositasi sifatida qaraladi. Biroq, bu parametrlarning o'zaro bog'liqligi baholash jarayonini noto'g'ri qiladi. Shuning uchun ishda ko'rib chiqilgan parametrlar o'rtasidagi korrelyatsiyani o'rganish juda muhimdir. Agar mustaqil asosiy komponentlarni olish uchun asosiy komponentlarni tahlil qilish (PCA) kabi ma'lumotlarni qisqartirish texnikasidan foydalanilsa, parametrlarning korrelyatsiyasidan qochish mumkin. Bir-biriga bog'liq bo'lmagan parametrlar neyron tarmoq yoki noravshan mantiq kabi prognozlash metodologiyasining standart protsedurasi orqali suv sifatini baholash uchun ishlatilishi mumkin. Bu kombinatsiya noravshan tizim va neyron tarmoqning afzalliklarini birlashtiradi. Moslashuvchan neyro-noravshan xulosalar tizimi (ANFIS) deb nomlanuvchi neyron tarmoq va noravshan mantiqni birlashtirgan usulni taklif qildi. Asosan, ANFIS neyron tarmoqlar doirasida amalga oshirilgan noravshan xulosalar tizimidir. Ushbu tadqiqotda daryolarga tutashgan shahar hududida joylashgan quduqlarning yer osti

suvlarining WQI ANFIS yordamida pH, TDS, qattqlik, kaltsiy, xlorid, magniy, DO, noravshanlik, umumiy ishqoriylik, BOD, temir kabi parametrlarni hisobga olgan holda taxmin qilinadi va sulfat bashorat qilish qobiliyatini yaxshilash uchun harametrlarning korrelyatsiyasi o'rganildi va ANFIS tizimiga kirish sifatida xizmat qilish uchun o'zaro bog'liq bo'lmagan asosiy komponentlarga aylantirildi.

Ushbu tadqiqotda O'zbekistonning quyi Amudaryo mintaqasidagi quduqlarning yer osti suvlari sifati ko'rib chiqiladi. Tuman ko'mir, temir, marganets, dolomit kabi foydali qazilmalarning katta zahiralari bilan mashhur va foydali qazilmalarni qazib olish bir necha o'n yillar davomida davom etmoqda. Daryolarga tutashgan yer osti suvlari kislotalilik, ishqoriylik, zaharlilik, og'ir minerallar va mikroblar bo'yicha kuchli ifloslangan. Yomg'irli mavsumda, odatda, daryolar yer osti suvlarini ifloslantiradigan suv bilan to'ldiriladi va tuproq orqali shahar hududiga singib, asta-sekin tarqalib ketadi, bu esa suvni ishlatish uchun yaroqsiz holga keltiradi. Bundan tashqari, qishloq xo'jaligida ishlatiladigan o'g'itlar yer osti suvlarining pH va nitrat miqdoriga ta'sir qiladi. Demak, yer osti suvlarining WQI ni baholash konlarga yaqin shaharlarda tuzatish choralarini tayyorlash uchun juda muhimdir. Tumanning turli burchaklaridan yigirmata joy yaqin atrofda keng tarqalgan konchilik faoliyati asosida tanlangan. 20 ta saytdan ma'lumotlar 2009–2010-yillar davomida uch faslda, yoz, yomg'irli va qishda tanlab olingan.

WQI ni hisoblash. Suv sifati indeksini shakllantirishda turli ko'rsatkichlarning ahamiyati suvdan maqsadli foydalanishga bog'liq va suv sifati ko'rsatkichlari inson iste'moliga yaroqlilik nuqtai nazaridan o'rganiladi. Ichimlik suvi uchun "standartlar" (turli xil ifloslantiruvchi moddalarning ruxsat etilgan qiymatlari) O'zbekiston Tibbiy Tadqiqotlar Kengashi (ICMR) tomonidan tavsiya etilgan. ICMR standartlari mavjud bo'lmaganda, Qo'shma Shtatlar sog'liqni saqlash xizmatlari (USPHS), Jahon Sog'liqni Saqlash Tashkiloti (JSST), O'zbekiston standartlar instituti (USI) va Yevropa iqtisodiy hamjamiyatining (EEC) standartlari keltirilgan.

Ichimlik suvi sifati parametrlari uchun qi sifat ko'rsatkichi quyidagi nisbatda olinadi:

$$q_i = \frac{v_i}{s_i} \cdot 100$$

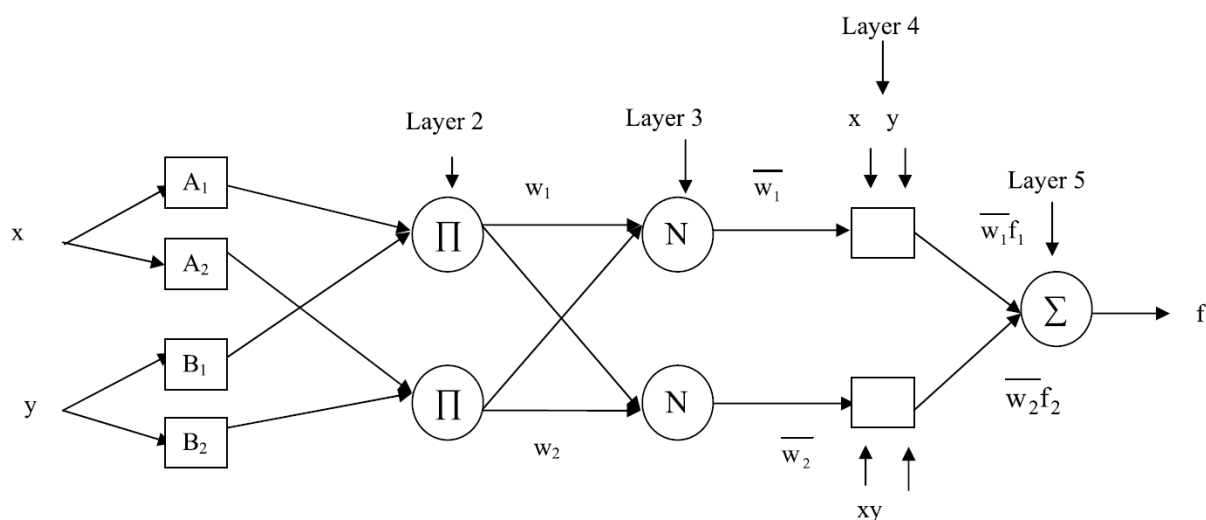
Bu yerda v_i ma'lum bir namuna olish stantsiyasidagi i parametrining qiymati va s_i i parametrining standart ruxsat etilgan qiymati. Bu tenglama ifloslantiruvchi (i parametr) suvda yo'q, $q_i=100$ esa, agar bu parametrning qiymati ichimlik suvi uchun ruxsat etilgan qiymatga teng bo'lsa. Shunday qilib, q_i qiymati qanchalik katta bo'lsa, i ifloslantiruvchi bilan suv shunchalik ifloslangan. Biroq, pH va DO uchun sifat ko'rsatkichlari maxsus ishlov berishni talab qiladi. Ichimlik suvi uchun ruxsat etilgan pH diapazoni 7,0 dan 8,5 gacha.

Shuning uchun, pH uchun sifat reytingi quyidagicha bo'lishi mumkin

$$q_{pH} = \left[\frac{v_{pH} - 7}{8.5 - 7.0} \right] \cdot 100$$

Moslashuvchan neyro-noravshan xulosalar tizimi (ANFIS). Moslashuvchan neyro-noravshan xulosalar tizimi (ANFIS) sun'iy neyron tarmoq (ANN) va noravshan xulosalar tizimi (FIS) o'rtasida bog'langan. Neyron tarmoq va noravshan mantiq bir-birini to'ldiruvchi ikkita texnologiyadir. Neyron tarmoq ma'lumotlar va fikr-mulohazalardan o'rganishi mumkin, ammo u tomonidan o'rganilgan bilim yoki naqshni tushunish qiyin edi. Ammo noravshan mantiqiy modellarni tushunish oson, chunki ular lingvistik atamalardan IF-THEN qoidalarini ko'rinishida foydalanadilar. Noravshan qarorlar qoidalarini o'rganish uchun ularning o'rganish imkoniyatlariga ega neyron tarmoqdan foydalanish mumkin, bu esa gibrid aqlli tizimni yaratadi. ANFIS deb nomlanuvchi bunday texnikaning afzalligi mantiqiy ravishda istalgan natijani bashorat qilishda chiziqli bo'lmagan funktsiyalarni modellashtirish uchun ishlatilishi mumkin. Takagi va Sugeno (1985) tomonidan birinchi marta muntazam ravishda o'rganilgan ushbu model nazorat qilish, bashorat qilish va xulosa chiqarishda ko'plab amaliy qo'llanmalarni topdi. Ushbu ishning maqsadi ANFIS tarmog'ining yangi arxitekturasini qabul qilish orqali erishish mumkin bo'lgan WQI ni bashorat qilishdir. Tarmoq noravshan IF-THEN qoidalarini to'plamini, natijani adekvat yaratish uchun a'zolik funktsiyalari bilan mos keladigan noravshan xulosa chiqarish tizimlari asos bo'lib xizmat qilishi mumkin. Noravshan mantiqiy tizimlarning qurilishi modellashtirish sohasidagi tajriba va bilimlarga ega bo'lgan

IF-THEN noravshan qoidalar to'plamini chiqarish bilan boshlanadi. Tegishli qoidani modellashtirish zerikarli va shuning uchun raqamli va statistik tahlildan noaniq qoidalariga erishish uchun oldindan belgilangan usul yoki vosita ushbu kontekst uchun eng maqbuldir. Noaniq shartli bayonotlar pH kichik bo'lsa, WQI yuqori bo'lsa, bu parametrlar noravshan to'plamlar darajalari bo'lganda ifodalanadi; ular a'zolik funksiyalari bilan tavsiflanadi. Demak, noaniq qoidalarning bu ixcham shakllari ko'pincha noaniqlik holatlarida qaror qabul qilish uchun qo'llaniladi. Bu inson qobiliyatida muhim rol o'ynaydi qarorlar qabul qilish.



1-rasm. ANFIS tizimining odatiy arxitekturas.

unumdorligi aniq sinov ma'lumotlari yordamida tekshiriladi va sinov bosqichida nisbatan yaxshi moslashish kutiladi. Birinchi tartibli Takagi, Sugeno va Kang (TSK) noravshan interfeys tizimini hisobga olgan holda, noravshan model Sugeno va Kang tomonidan bayon qilingan ikkita qoidadan iborat.

1-qoida: Agar x A1 va y B1 bo'lsa, $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

2-qoida: Agar x A2 va y B2 bo'lsa, $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

Agar f_1 va f_2 chiziqli tenglamalar o'rniga konstantalar bo'lsa, bizda nol tartibli TSK noravshan modeli mavjud. Xuddi shu qatlamdagi tugun funksiyalari quyida tavsiflangan funksiyalar oilasiga kiradi. Shuni ta'kidlash kerakki, Oj j qavatdagi i-tugunning chiqishini bildiradi.

1- qavat: Bu qatlamdagi har bir tugun

$$O_i^j = \mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x-c_i}{a_i}\right)^2\right]^{b_i}}$$

a'zolikni hosil qiladi, bu erda x - i tuguniga kirish, A_i - bu tugun bilan bog'langan lingvistik belgi (kichik, katta); va

$\{a_i, b_i, c_i\}$ - a'zolik funksiyasining shakllarini o'zgartiruvchi parametrlar to'plami. Ushbu qatlamdagi parametrlar "Premise Parameters" deb nomlanadi.

2-qavat: Ushbu qatlamdagi har bir tugun har bir qoidaning otish kuchini ko'paytirish orqali hisoblab chiqadi:

$$O_i^2 = w_i = \mu A_i(x) \times \mu B_i(y), \quad i = 1, 2.$$

3-qavat: Bu qatlamning i -tuguni i -qoidaning otish kuchining barcha qoidaning otish kuchlari yig'indisiga nisbatini hisoblab chiqadi:

$$O_i^3 = \overline{w_i} = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1, 2.$$

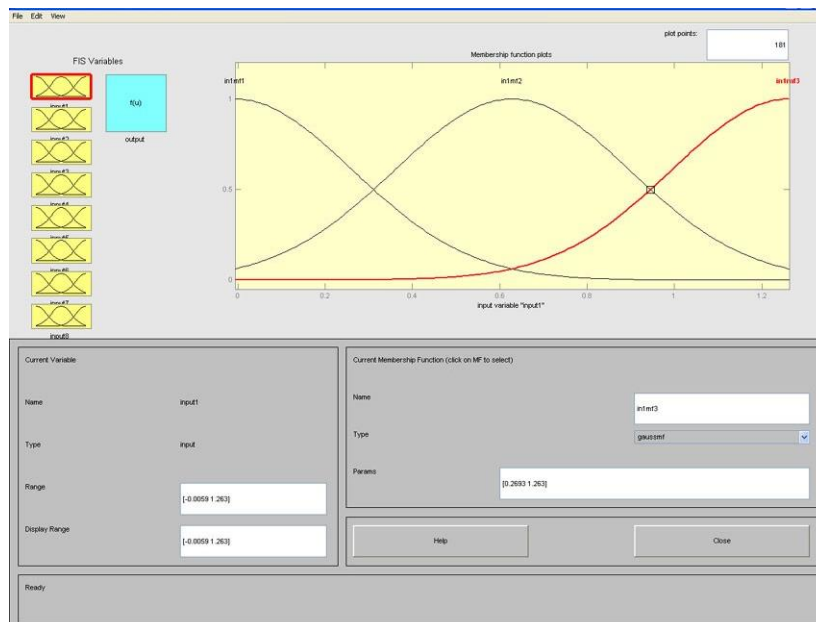
4-qavat: Bu qatlamdagi har bir tugun i tugun funksiyasiga ega kvadrat tugundir

$$O_i^4 = \overline{w_i} f_i = \overline{w_i} (p_i + q_i y + r_i)$$

Bu erda w_i - 3-qatlamning chiqishi va parametrlar to'plami. Ushbu qatlamdagi parametrlar "Natijadagi parametrlar" deb nomlanadi.

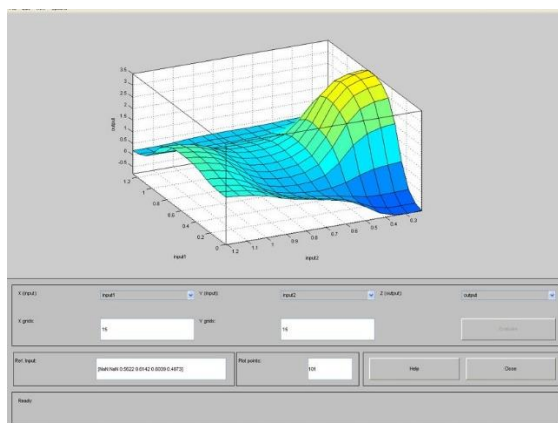
5-qavat: Yagona aylana tugun barcha kiruvchi signallarning yig'indisi sifatida umumiy chiqishni hisoblaydi, ya'ni.

$$O_i^5 = \text{Overall output} = \sum_i^n \overline{w_i} f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i}$$



2-rasm. FIS xulosalar tizimining a'zolik funksiyasi.

Modelning ishlashi turli xil birikmalar bilan tekshiriladi. Dastlab, umumiy o'zgarishlarning 67,289% ni tushuntiruvchi uchta asosiy komponent modelga kirish parametrlari sifatida ishlatiladi. Keyin umumiy o'zgarishlarning mos ravishda 76,159%, 84,284%, 89,584% va 93,254% ni tushuntiruvchi to'rt, besh, olti va ettita asosiy komponentlar ketma-ketlik bilan modelga kirish parametrlari sifatida ishlatiladi. Modelga kirish parametrlari sifatida uchta, to'rt, besh, olti va ettita asosiy komponentlar qo'llanilganda ma'lumotlarni sinovdan o'tkazishda o'rtacha mutlaq foizli nisbiy



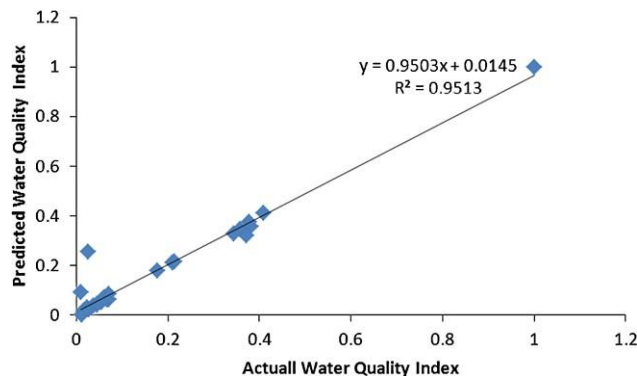
3-rasm. Sirt uchastkasi.

xatolik 47,15, 41,50, 40,98, 39,30 va 23,67 bo'lishi kuzatiladi. Aniqlanishicha, o'rtacha mutlaq foiz nisbati ma'lumotlarning yo'qolishi tufayli kirishlar soni kamayishi bilan xatolik ortadi. Bu modelni umumlashtirish va bashorat qilish samaradorligiga salbiy ta'sir qiladi. Demak, ANFIS tizimiga kirish

sifatida umumiy o'zgarishlarning 95,777% ni tushuntiruvchi sakkizta asosiy komponent ishlatilsa, model yaxshi ishlaydi.

Suv sifatini bashorat qilish uchun Mamdani tipidagi noaniq modelga asoslangan klassik noravshan model sakkizta shaxsiy kompyuterda kirish va WQI chiqish sifatida sinab ko'riladi. Har bir kirish parametri uchun past, o'rta va yuqori o'zgaruvchan darajali Gauss tipidagi a'zolik sinab ko'riladi. Gauss tipidagi a'zolik funktsiyasidan foydalangan holda, chiqish belgilari, ya'ni, a'lo, yaxshi, yomon, juda yomon va ichish uchun yaroqsiz. Bunday modelni bashorat qilish uchun mutaxassislar maslahati asosida 32805 qoidalarini ishlab chiqish kerak.

Shunday qilib, yer osti suv omborida suv tarkibi perkolatsiya va suv tarkibini o'zgartirishi mumkin bo'lgan jinsdagi minerallar bilan reaksiyalar orqali o'zgaradi. Metallarning ifloslanishi tabiiy nurash natijasida yuzaga keladi va metallar antropogen faollik tufayli atrof-muhit va salomatlik muammosiga aylanadi. Er osti suvlarining ifloslanishi va uni boshqarish inson salomatligiga katta ta'sir ko'rsatishi sababli muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun suv sifatini bilish va suv sifati indeksini (WQI) baholash suv sifatini nazorat qilish va boshqarishda muhim rol o'ynaydi. Ushbu maqola konchilik faoliyatiga tutashgan shaharlardagi yer osti suvlarining suv sifati indeksini bashorat qiladi. O'zbekistonning Sundergarh tumanida to'plangan suv namunalari tadqiqotda ko'rib chiqilgan suv sifatining 12 parametri IS tomonidan ruxsat etilgan diapazonda ekanligini ko'rsatadi: 10500. Muhimlik darajasi 0,05 bo'lgan juftlashgan ikki namunali t-testi shuni ko'rsatadiki, fasllar va yillar bo'yicha parametrlarning statistik farqi mavjudligi. Sinovlar shuni ko'rsatadiki, suv sifati ko'rsatkichlari sanoat faoliyati tufayli fasllar va yillar davomida sezilarli darajada o'zgaradi. Ushbu parametrlar orasidagi kuchli va o'rtacha korrelyatsiya (maksimal korrelyatsiya 0,688) yerdan foydalanishdagi o'zgarishlar, konlarni qazib olish va o'rganilayotgan hududdagi



4-rasm. Bashorat qilingan va haqiqiy ma'lumotlarning o'zaro bog'liqligi (test).

oqava suvlarni noto'g'ri chiqarish natijasida kuzatiladi. Parametrlar kuchli yoki o'rtacha korrelyatsiyaga ega bo'lsa, kirish va chiqish parametrlarini aniq raqamli ko'rsatish deyarli mumkin emas va WQI suv sifatini tavsiflamasligi mumkin. Bunday ma'lumotlarni yig'ish ko'p vaqt talab qiladigan, qimmat va ba'zan xavfli bo'lishi mumkin. Shunday qilib, katta hajmdagi ma'lumotlar to'plamining yetishmasligi tufayli ko'plab saytlarda analitik yoki statistik regressiya usullarini qo'llash deyarli imkonsiz bo'lishi mumkin. Shuning uchun suv sifatini samarali prognoz qilish uchun korrelyatsiya qilingan parametrlarni o'zaro bog'liq bo'lmagan parametrlarga aylantirish juda muhimdir. Asosiy komponentlar tahlili korrelyatsiya qilingan parametrlarni o'zaro bog'liq bo'lmagan komponentlarga aylantirish uchun mos usulni ta'minlaydi. Biroq, sifat noaniq atama bo'lib, uni aniq ma'lumotlar to'plami yordamida osongina tasvirlab bo'lmaydi. Buning o'rniga, sifat atamasini lingvistik tarzda ifodalash uchun matematik asosni ta'minlaydigan, suv sifati ma'lumotlarini noravshan to'plam deb hisoblash mantiqan to'g'ri keladi. Masalan, juda kambag'al, kambag'al, munosib, yaxshi va juda yaxshi. Aytishlaricha, murakkab tizimni soddalashtirish usullaridan biri uning tavsifida ma'lum darajada noaniqlikka yo'l qo'yishdir. Masalan, suv sifatini uning tarkibiy qismlarini raqamlar bilan ifodalashdan ko'ra, uning portativlik darajasi va potentsial foydalanish darajasiga qarab tavsiflash mumkin. Noaniq fikrlash texnikasi ma'lumotlar to'plamining aniqligiga tayanmaydi, natijani qayta ishlash uchun lingvistik terminologiyadan foydalaniladi. Shu maqsadda neyron tarmoq bilan noravshan mantiqni birlashtirgan ANFIS modeli WQIni bashorat qilish uchun taklif qilingan. Model suv sifatini o'rtacha aniqlik bilan bashorat qiladi. Olingan suv sifati ko'rsatkichlari 9 dan 47 gacha bo'lgan. Bundan xulosa qilish mumkinki,

quduqlardan oqib chiqayotgan suv odatda, inson iste'moli uchun foydalidir. O'quv ma'lumotlari va test ma'lumotlari uchun ANFIS modeli orqali haqiqiy WQI va bashorat qilingan WQI o'rtasidagi regressiya chizmalari yuqori darajadagi aniqlash koeffitsientini (R^2) o'qitish uchun 1,000 va test ma'lumotlari uchun 0,951 sifatida ko'rsatadi. O'quv ma'lumotlari uchun o'rtacha mutlaq foizli nisbiy xatolik 7,31, test ma'lumotlari uchun esa 9,33 deb topildi. Shuning uchun aytish mumkinki, ANFIS WQI ni yetarlicha aniqlik bilan bashorat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Adekunle AS (2009) Impact of industrial effluent on quality of well water within Asa dam industrial estate, Horin Nigeria. *Nat Sci* 7(1):39–42
2. Almasri ML, Kaluarachchi JJ (2004) Assessment and management of long-term nitrate pollution of groundwater in agriculture- dominated watersheds. *J Hydrol* 295(1–4):225–245
3. Ammann AA, Eduard H, Sabine K (2003) Groundwater pollution by roof infiltration evidenced with multi-tracer experiments. *Water Res* 37(5):1143–1153
4. Bengraine K, Marhaba TF (2003) Using principal component analysis to monitor spatial and temporal changes in water quality. *J Hazard Mater* 100:179–195
5. BIS (1991) Specification for drinking water. 18:10500
6. Brown RM, Mc Clelland NI, Deininger RA, Ronald GT (1970) A water quality index Do we dare? *Water Sew Works* 117(10):339–343
7. Chang NB, Chen HW, Ning SK (2001) Identification of river water quality using the fuzzy synthetic evaluation approach. *J Environ Manag* 63:293–305
8. Chau K (2006) A review on integration of artificial intelligence into water quality modeling. *Mar Pollut Bull* 52(7):726–733
9. Chaudhari GR, Sohani D, Shrivastava VS (2004) Groundwater Quality Index near industrial area. *Indian J Environ Prot* 24(1):29–32
10. Dahiya S, Singh B, Gaur S, Garg VK, Kushwaha HS (2007) Analysis of groundwater quality using fuzzy synthetic evaluation. *J Hazard Mater* 147(3):938–946
11. Deb D, Deshpande VN, Das KC (2008) Assessment of water quality around

surface coal mines using principal component analysis and fuzzy reasoning techniques. *Mine Water Environ* 27(3):183–193