EKOLOGIK MONITORING TIZIMLARIDA HAVO SIFATI INDEKSINI BASHORATLASH MODELLARI

Mamatov Narzullo Solijanovich[1], Asqarov Qudrat Azatbayevich[2]

[1]Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti milliy tadqiqot universiteti, t.f.d. professor,
[2]Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti milliy tadqiqot universiteti tayanch doktoranti,
E-mail: k.askarov@tiiame.uz, m_narzullo@mail.ru

K E Y W O R D S

Havo sifati indeksi, ekologik monitoring, mashinali o'qitish, regressiya, ko'p qatlamli perseptron, neyron tarmoqlar, atmosfera ifloslanishi, bashoratlash modellari

A B S T R A C T

Mazkur tadqiqot ishida ekologik monitoring tizimlarida havo sifati indeksini (HSI) bashoratlashning mashinali o'qitish algoritmlari tadqiq etilgan bo'lib, unda mahalliy hududlarda o'rnatilgan 12 turdagi sensorlardan bir yil davomida yig'ilgan 17,520 ta kuzatuv stansiyalari ma'lumotlari to'plamidan foydalanilgan. Regressiya va ko'p qatlamli perseptron (MLP) neyron tarmoq modellari HSI qiymatlarini bashoratlashda foydalanilgan va natijalar tahlil etilgan hamda taqqoslangan. Korrelyatsion tahlil natijalari oltingugurt dioksidi (SO_2) konsentratsiyasi HSI bilan eng yuqori bog'liqlikka ega ($r = 0.78$) ekanligini ko'rsatgan. Ikkala model ham yuqori aniqlikni ta'minlagan, ya'ni regressiya $R^2 = 0.96$, MLP esa $R^2 = 0.98$ ko'rsatkichini qayd etgan. MLP modeli yuqori aniqlikka erishishi bilan birga, o'rtacha kvadratik xatolik ko'rsatkichi bo'yicha ham sezilarli ustunlikka ega bo'lgan. Tadqiqot natijalari asosida ekologik monitoring tizimlarida havo sifatini aniq bashoratlash uchun ikki bosqichli yondashuv taklif etilgan bo'lib, bunda kundalik monitoring uchun tezkor regressiya modeli va murakkab holatlar uchun aniqligi nisbatan yuqori bo'lgan MLP modelini qo'llash zarurligi ta'kidlab o'tilgan.

1. Kirish

Atmosferani ifloslanishi XXI asr global ekologik muammolaridan biri sifatida tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda [1]. Sanoat korxonalari sonini ortishi va kengayishi, avtotransport vositalari sonini ko'payishi hamda shaharlashuv jarayonini jadallashuvi natijasida aholi punktlarida havo sifati yomonlashishi kuzatilmoqda [2]. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, havo ifloslanishi dunyo bo'yicha har yili 7 milliondan ortiq insonni vafotiga sabab bo'lmoqda, bu esa o'z navbatida ushbu muammoni mintaqaviy va global miqyosda jiddiy e'tibor talab qilinadigan masalaga aylantirmoqda.

Havo sifati indeksi (HSI) atmosfera havosidagi ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasiga asoslangan murakkab ko'rsatkich bo'lib, u havo sifatini inson salomatligiga ta'sirini baholashda qo'llaniladi [3]. HSI nafaqat havo sifatini baholashda, balki ekologik vaziyatni rivojlanish tendensiyalarini aniqlashda ham muhim rol o'ynaydi. Zamonaviy ekologik monitoring tizimlari samaradorligi ko'p jihatdan HSI qiymatlari o'zgarishini qanchalik aniq bashoratlashiga bog'liq. Chunki, aynan bashoratlash qobiliyati davlat organlari va jamoat tashkilotlarini xavfli ekologik o'zgarishlar to'g'risida o'z vaqtida xabar berish va ularga mos chora-tadbirlarni amalga oshirish imkonini beradi. Bundan tashqari, O'zbekiston sharoitida ekologik monitoring tizimlar samaradorligini oshirish masalasi ham alohida dolzarblik kasb etib, Markaziy Osiyoning geografik va iqlim xususiyatlari, shuningdek, sanoat rivojlanishini o'ziga xos jihatlari havo ifloslanish jarayonlariga

(cc) BY

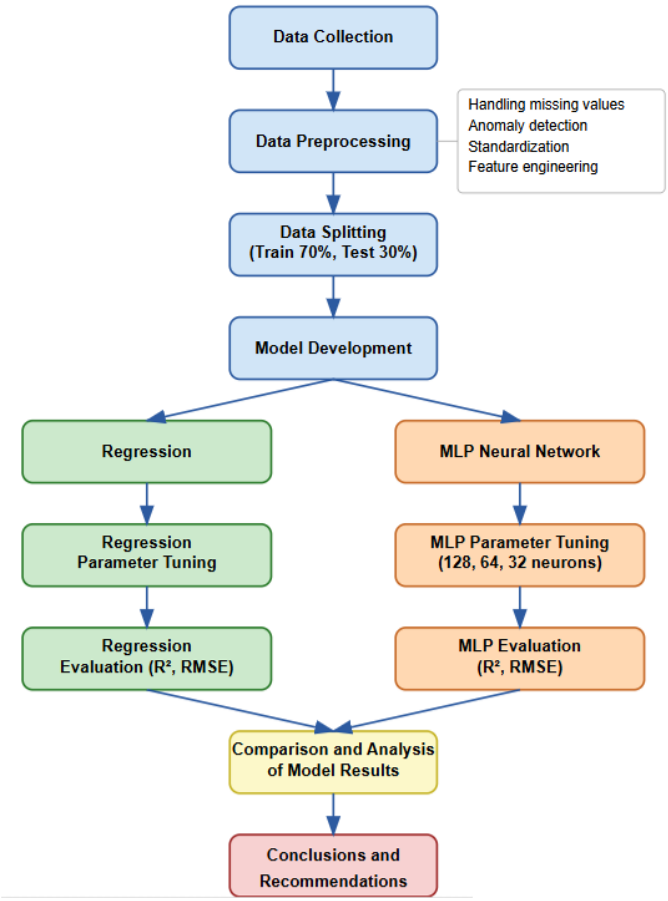
ta’sir ko‘rsatmoqda. Bu omillar havo sifati indeksini bashoratlash modellarini mahalliy sharoitlarga moslashtirish va ularni samaradorligini oshirishni taqozo etadi [4]. Shuningdek, mintaqa uchun xos bo‘lgan chang-to‘zon bo‘ronlari, sahrolarni yaqinligi, keskin kontinental iqlim sharoitlari kabi geografik omillar HSI qiymatlarini bashoratlashda murakkabliklarni keltirib chiqaradi [5].

So‘nggi yillarda havo sifatini bashoratlash sohasida mashinali va chuqur o‘qitish usullaridan foydalanishga bo‘lgan qiziqish sezilarli darajada oshdi [6]. Bu usullar orqali olingan natijalar statistik modellarga nisbatan yuqori aniqlikka erishish imkonini bermoqda. Biroq, mavjud tadqiqotlarni aksariyatida aynan bir xil ma’lumotlar to‘plamida turli modellarni taqqosiy tahlili yetarli darajada o‘rganilmagan, bu esa muayyan sharoitlarda qaysi model eng samarali ekanligini aniqlashda murakkabliklarni keltirib chiqaradi.

Yuqoridagi omillarni inobatga olgan holda, mazkur tadqiqot regional ekologik monitoring tizimlarida HSIni aniq bashoratlash maqsadida mashinali o‘qitishni regressiya modelini hamda ko‘p qatlamli perseptron (MLP) model natijalarini taqqoslashga qaratilgan. Mahalliy monitoring stansiyalaridan to‘plangan yillik ma’lumotlar to‘plami orqali olingan modellarni bashoratlash aniqligi tahlil qilingan va natijalar matematik statistika usullari yordamida baholangan.

2. Usullar

Mazkur tadqiqotda havo sifati indeksini bashoratlash uchun ma’lumotlarni yig‘ishdan tortib, xulosalar chiqarishgacha bo‘lgan izchil metodologiya qo‘llanilgan. Tadqiqot metodologiyasini umumiy tszilmasi quyidagi rasmda keltirilgan.



1-rasm. *Tadqiqot metodologiyasini umumiy tuzilmasi*

Tadqiqot metodologiyasi ma’lumotlarni yig‘ish, ma’lumotlarga ishlov berish, ma’lumotlarni ajratish, model yaratish, baholash va natijalarni taqqoslash kabi bir necha asosiy bosqichlardan iborat bo‘lib, ularni har biri quyida batafsil yoritilgan.

2.1. Ma’lumotlar to‘plami. Tadqiqotda foydalanilgan ma’lumotlar to‘plamini O‘zbekiston shahar hududlarida o‘rnatilgan ekologik monitoring stansiyalaridan 2023-2024 yillar davomida olingan ma’lumotlar tashkil etadi. Monitoring stansiyalari atmosfera havosidagi asosiy ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasi, shuningdek, meteorologik parametrlarni o‘lchash imkonini beruvchi 12 ta turli sensorlar bilan jihozlangan. Sensorlardan malumotlar muntazam (har 30 daqiqada) olingan. Ma’lumotlar to‘plami quyidagi parametrlarni o‘z ichiga oladi:

gazlar konsentratsiyasi: CO (ppm), NO (ppb), O_3 (ppb), CO_2 (ppb);

(cc) BY

- zarrachalar konsentratsiyasi: PM10 (mkg/m³), PM2.5 (mkg/m³), umumiy qattiq zarrachalar - tsp (mkg/m³);
- uchuvchan organik birikmalar: tvoc (ppm);
- meteorologik parametrlar: harorat (°C), havo namligi (%), shamol tezligi (m/s);
- havo sifati indeksi (HSI): maqsad o‘zgaruvchi.

Ma’lumotlar to‘plami dastlab jami 17,520 ta kuzatuvni o‘z ichiga olgan (365 kun × 48 o‘lchov/kun). Olingan ma’lumotlar vaqt qatorlari sifatida tartiblangan va dastlabki tahlillar amalga oshirilgan. Ma’lumotlar to‘plami namunasi quyidagi jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Tadqiqotda foydalanilgan ma’lumotlar namunasi

Date	Time	CO /ppm	NO /ppb	O3 /ppb	PM10 /ug/m3	PM2.5 /ug/m3	SO2 /ppb	Temp	tsp /ug/m3	tvoc /ppm	w_s /m/s	Hum /%RH	AQI
26/02/2024	11:22:19	4,9	138,69	13,11	21	21	64	4,1	21	0	0,4	82	86,17948718
26/02/2024	11:52:19	3,92	0,75	1,73	12	12	65	4,7	12	0,01	0	79	87,43589744
26/02/2024	12:22:19	3,48	16,13	13,79	23	23	63	4,6	23	0	0,9	78	84,92307692
26/02/2024	12:52:19	3,27	32,75	15,59	23	23	61	5,2	23	0	0	77	82,41025641
26/02/2024	13:22:19	2,83	40,15	15,27	18	18	63	5,5	18	0	0	76	84,92307692
26/02/2024	13:52:19	2,63	50,31	18,9	18	18	65	6	18	0	0,2	75	87,43589744
26/02/2024	14:22:19	2,68	61,73	15,13	13	13	65	5,8	13	0	0,5	74	87,43589744
26/02/2024	14:52:19	2,3	64,21	23,9	8	8	65	6,5	8	0	0,2	73	87,43589744
26/02/2024	15:22:19	2,34	74,35	16,27	7	7	61	6,4	7	0	0	73	82,41025641
26/02/2024	15:52:19	2,56	85,28	7,8	8	8	34,99	6,3	8	0,01	0,3	74	49,98571429
.....													

2.2. Ma’lumotlarga ishlov berish. Ma’lumotlar to‘plamini tayyorlash quyidagi bosqichlarda amalga oshirilgan:

1-bosqich. Bo‘sh qiymatlarni aniqlash va to‘ldirish. Sensorlar nosozliklari va texnik xizmat ko‘rsatish davrida ayrim o‘lchovlar olinmagan. Bu qiymatlar (<3%) o‘rta arifmetik interpolyatsiya usuli orqali to‘ldirilgan. O‘lchovlar ketma-ketligi 1 soatdan ortiq uzilib qolgan holatlar (jami 124 ta holat) tahlildan chiqarilgan.

2-bosqich. Ma’lumotlarni normallashtirish. Mashinali o‘qitish algoritmlari, ayniqsa MLP uchun ma’lumotlar standartlashtirilgan. Har bir parametr quyidagi formula orqali [0, 1] oralig‘iga normallashtirilgan:

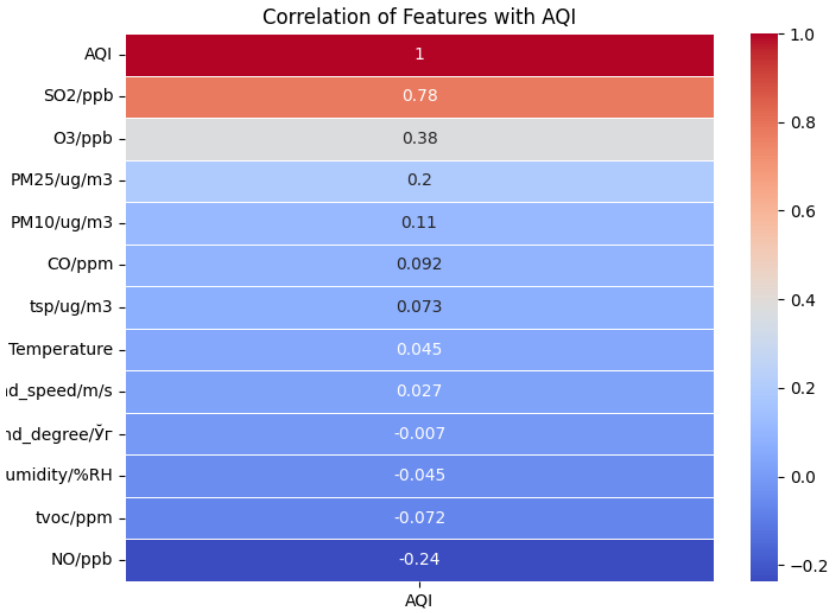
$$X_{norm} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

3-bosqich. Vaqt xususiyatlarini ajratish. Sana va vaqt ustunlaridan qo‘shimcha xususiyatlarni yaratish: yil, oy, kun, hafta kuni, soat - vaqt

(cc) BY

qatorlaridagi mavsumiy va davriy o‘zgarishlarni hisobga olish uchun qo‘llanilgan [7].

4-bosqich. Parametrlar orasidagi bog‘liqlikni tahlil qilish. Ma’lumotlar to‘plamidagi parametrlar orasidagi bog‘liqlikni aniqlash uchun Pirson korrelyatsiya koeffitsiyenti hisoblangan va korrelyatsiya matritsasi tuzilgan [8]. Quyidagi rasm HSI va boshqa parametrlar orasidagi korrelyatsiya keltirib o‘tilgan.



1-rasm. *Zarrachalar va gazlarni o‘zaro bog‘liqligi*

Korrelyatsiya tahlili natijalari turli atmosfera parametrlarini HSI bilan bog‘liqlik darajasini ko‘rsatadi. Bu ma’lumotlarga asoslanib, eng yuqori korrelyatsiya koeffitsiyentiga ega bo‘lgan asosiy ifloslantiruvchi moddalar (SO_2, O_3, PM2.5, PM10, CO, NO_2) aniqlangan. Bu zarracha va gazlar konsentratsiyasi HSI qiymatlarini aniqlashda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, ular sog‘liqqa ta’sir darajasini belgilaydi (2-rasm).

O_3 (ppm)	PM_{10} (ug/m^3)	$PM_{2.5}$ (ug/m^3)	CO (ppm)	SO_2 (ppm)	NO_2 (ppm)	AQI Values	Level of Health Concern
0.000 – 0.059	0 – 54	0.0 – 15.4	0.0 – 4.4	0.000 – 0.034	–	0 – 50	Good
0.060 – 0.075	55 – 154	15.5 – 40.4	4.5 – 9.4	0.035 – 0.144	–	51 – 100	Moderate
0.076 – 0.095	155 – 254	40.5 – 65.4	9.5 – 12.4	0.145 – 0.224	–	101 – 150	Unhealthy for Sensitive Groups
0.096 – 0.115	255 – 354	65.5 – 150.4	12.5 – 15.4	0.225 – 0.304	–	151 – 200	Unhealthy
0.116 – 0.374	355 – 424	150.5 – 250.4	15.5 – 30.4	0.305 – 0.604	0.65 – 1.24	201 – 300	Very Unhealthy
–	425 – 504	250.5 – 350.4	30.5 – 40.4	0.605 – 0.804	1.25 – 1.64	301 – 400	Hazardous
–	505 – 604	350.5 – 500.4	40.5 – 50.4	0.805 – 1.004	1.65 – 2.04	401 – 500	Hazardous

2-rasm. *Havo sifati indeksi va ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasini sog‘liqqa ta’sir darajasi*

(cc) BY

2.4. Modellashtirish. Ishda dastlab regressiya modeli bilan HSIni bashoratlash amalga oshirilgan. Bu usul HSI va unga ta’sir qiluvchi omillar orasidagi bog‘liqlikni modellashtiradi [9]. Regressiya modeli quyidagi matematik ifoda orqali ifodalanadi:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + ... + \beta_n x_n + \varepsilon$$

bu yerda y – maqsad funksiya (HSI), $x_1, x_2, ..., x_n$ – erkin o‘zgaruvchilar (sensor o‘lchovlari), $\beta_0, \beta_1, \beta_2, ..., \beta_n$ – regressiya koeffitsiyentlari, ε – tasodifiy xatolik komponenti.

Modelni optimal koeffitsiyentlari eng kichik kvadratlar usuli orqali aniqlangan:

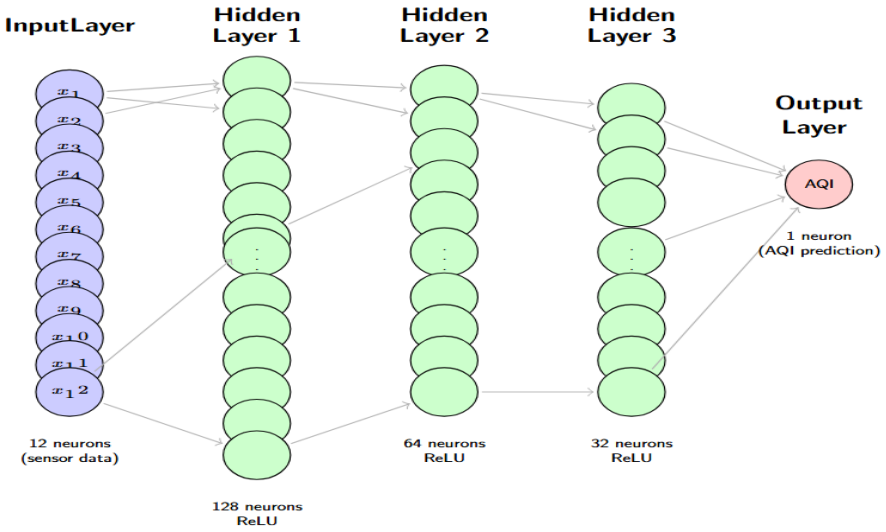
$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y$$

Regulyarizatsiya va multikollinearlikni kamaytirish maqsadida Ridge regressiya qo‘llanilgan bo‘lib, uni hisoblashda quyidagi formuladan foydalanilgan:

$$\hat{\beta}_{ridge} = (X^T X + \lambda I)^{-1} X^T y$$

bu yerda, λ – regulyarizatsiya parametri, kross-validatsiya orqali $\lambda = 0.1$ qiymati tanlangan.

Ko‘p qatlamli perseptron (MLP) neyron tarmog‘i chiziqli bo‘lmagan murakkab bog‘liqliklarni modellashtirishda keng qo‘llaniladi [10]. MLP modeli kirish qatlami, bir nechta yashirin qatlamlar va chiqish qatlamidan iborat bo‘lib, ishda foydalilgan arxitektura quyidagi rasmda keltirilgan.



3-rasm. Multi-Layer Perceptron Architecture for Air Quality Index Prediction

2.5. Modellarni o‘qitish va baholash. Ma’lumotlar to‘plami o‘qitish 70% (12,264 kuzatuv) va sinov to‘plamlariga 30% (5,256 kuzatuv) ajratilgan. Ma’lumotlarni ajratishda random sampling usuli qo‘llanilib, vaqt qatorlarini xronologik ketma-ketligi saqlanishi ta’minlangan. Shuningdek, ishda quyidagi metrikalar orqali modellar samaradorligi baholangan:

Men Squared Error (MSE) [11]:

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2$$

Root Mean Squared Error (RMSE) [12]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Determinatsiya koeffitsiyenti (R^2) [13]:

(cc) BY

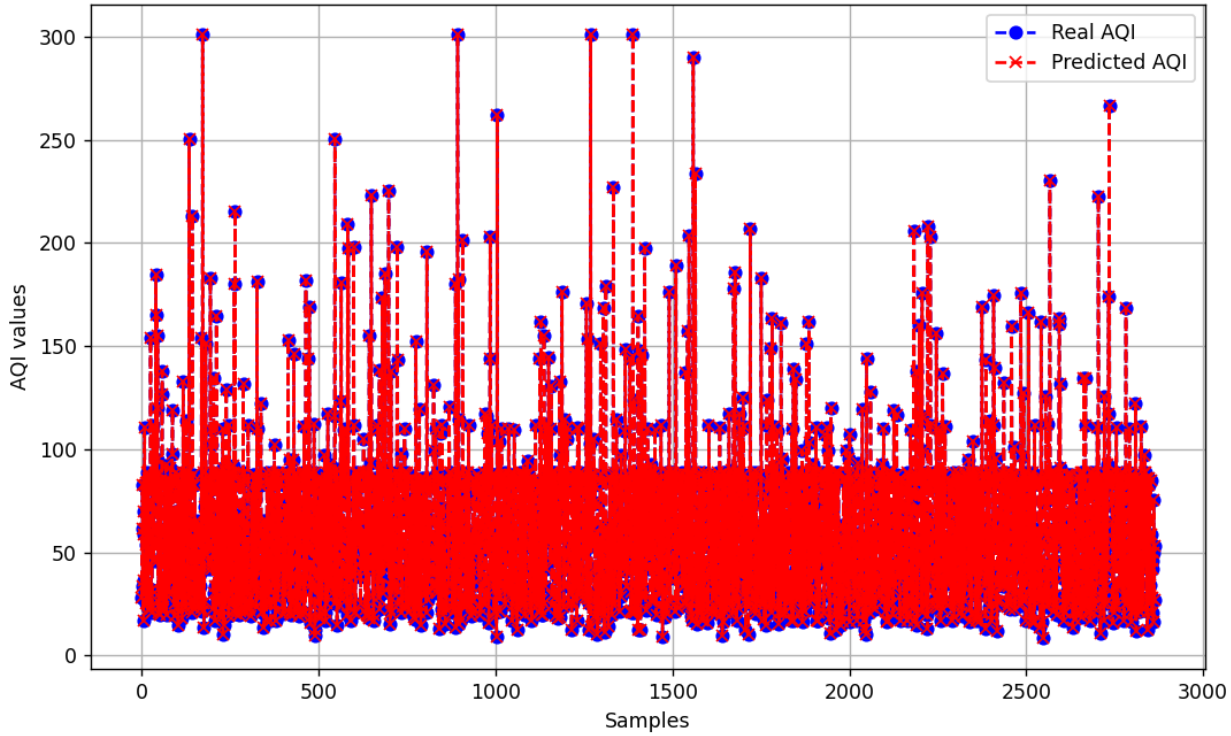
$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}$$

bu yerda y_i-haqiyqiy qiymat, $\hat{y}_i$-bashorat qilingan qiymat.

3. Natijalar va muhokama

Mazkur tadqiqot doirasida HSIni bashoratlash uchun ma’lumotlar to‘plamiga regressiya va MLP neyron tarmoq modellari alohida qo‘llanilgan bo‘lib, ular trening va test ma’lumotlarida sinovdan o‘tkazilgan hamda ularni samaradorligi R^2 va $RMSE$ kabi metrikalar asosida taqqoslangan. Quyida har bir model natijalari alohida ko‘rib chiqilgan.

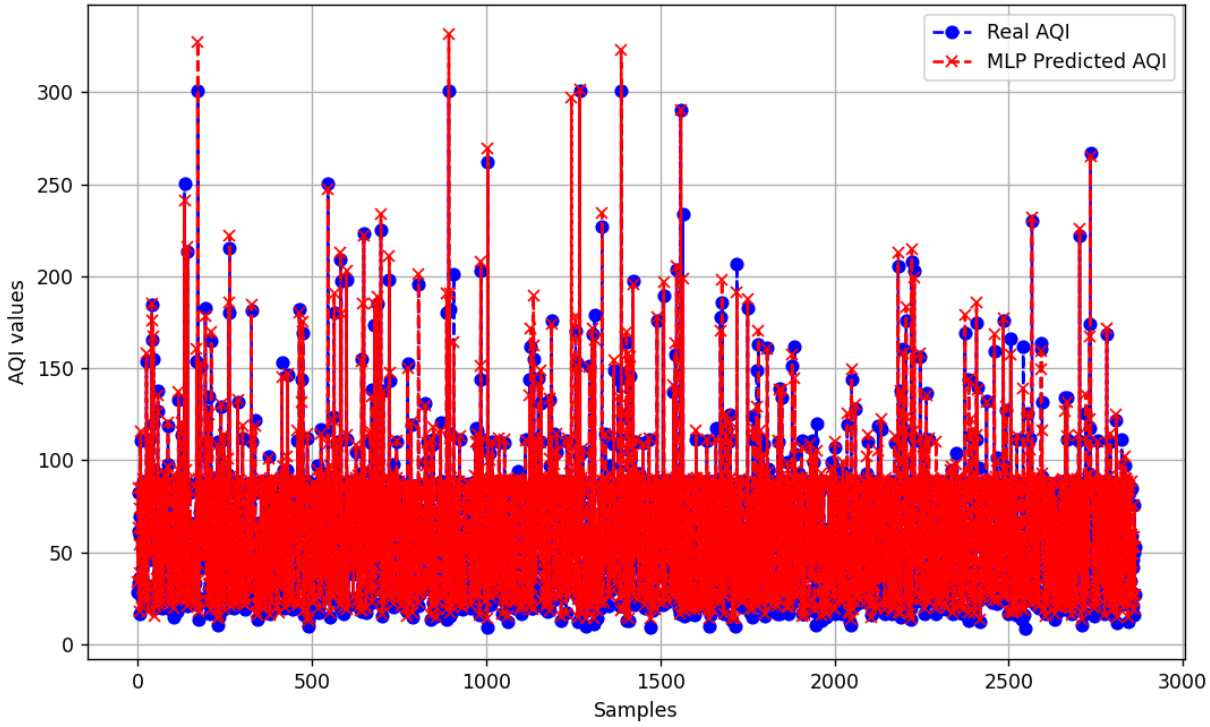
Regressiya modeli 70% o‘qitish ma’lumotlarida yuqori aniqlikni ko‘rsatgan. Quyidagi rasmda haqiqiy va bashoratlangan HSI qiymatlari orasidagi farqlar keltirilgan.



4-rasm. *Regressiya modeli asosida bashoratlash natijasi*

MLP neyron tarmog‘i modeli ham o‘qitish ma’lumotlarida yuqori natijalarni ko‘rsatgan. Uch qatlamli MLP arxitekturasi (128, 64, 32 neyron) va ReLU aktivatsiya funksiyasini qo‘llash natijalari quyidagi rasmda keltirilgan.

(cc) BY



5-rasm. *MLP modeli asosida bashoratlash natijasi*

Modellarni sinov ma'lumotlaridagi (30%) samaradorliklari natijalari quyidagi jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Regressiya va MLP modellari samaradorligi taqqoslanishi

Metrika	Regressiya modeli	MLP modeli	Yaxshilanish
R^2	0.96	0.98	+2.1%
RMSE	2.41	1.87	+22.4%

Tajribalarda har ikki model ham yuqori aniqlikni ta'minladi biroq, MLP modeli barcha metrikalar bo'yicha ustunlikka ega bo'ldi.

4. Xulosa

Mazkur tadqiqot ishida ekologik monitoring tizimlarida havo sifati indeksini aniq bashoratlashda mashinali o'qitish modellarini qo'llash imkoniyatlari tadqiq qilindi. Mahalliy sharoitlarda to'plangan ma'lumotlar asosida regressiya va MLP neyron tarmoq modellari ishlab chiqildi hamda ular o'zaro taqqoslandi. Olingan natijalar asosida quyidagi xulosalarga shakllandi:

1. Atmosfera parametrlari va HSI orasidagi korrelyatsion tahlil natijalari oltingugurt dioksidi (SO_2) konsentratsiyasi HSI bilan eng yuqori bog'liqlikka ega (r = 0.78), keyingi o'rinlarda O_3 (r = 0.38) va PM2.5 (r = 0.20) turnanligini ko'rsatdi. Bu natijalar mintaqadagi havo ifloslanishini asosiy manbalarini identifikatsiyalash va ularga mos profilaktik choralarni ko'rish imkonini beradi.

2. Olingan ikki model ham HSI ni bashoratlashda yuqori aniqlikni ta'minladi. Regressiya modeli sinov ma'lumotlarida $R^2 = 0.96$ ko'rsatkichiga, MLP modeli esa $R^2 = 0.98$ ko'rsatkichiga erishdi. Bu natijalar mashinali o'qitish usullarini ekologik monitoring tizimlarida muvaffaqiyatli qo'llash mumkinligini tasdiqlaydi.

3. MLP modeli barcha aniqlik metrikalari bo'yicha regressiya modelidan ustunlik ko'rsatdi. MLP modeli yordamida HSI bashoratida o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE) 22.4% ga kamaytirildi. Bu usul aniqligini yuqori ekanligini ko'rsatadi va uni ekologik monitoring tizimlarida qo'llash maqsadga muvofiqligini asoslaydi.

4. MLP modelini yuqori aniqligi uni chiziqli bo'lmagan bog'liqliklarni va atmosfera parametrlari orasidagi murakkab o'zaro ta'sirlarni modellashtira olish qobiliyati bilan izohlanadi.

5. Amaliy qo'llanilish nuqtai nazaridan, regressiya modeli hisoblash resurslariga nisbatan kamroq talab qo'ysa-da, MLP modeli esa yuqori aniqlikni ta'minlaydi. Bu ikki yondashuvni birgalikda qo'llash eng optimal strategiya bo'lib,

(cc) BY

kundalik monitoring uchun chiziqli regressiya, xavfli ekologik vaziyatlarni bashoratlashda esa MLP modelidan foydalanish maqsadga muvofiq ekanligini bildiradi.

Tadqiqot natijalari mashinali o‘qitish usullarini ekologik monitoring tizimlarida havo sifati indeksini aniq bashoratlashdagi samaradorligini tasdiqlaydi. Modellar ekologik holatni nazorat qilish, aholi salomatligini muhofaza qilish va havo ifloslanish darajasini kamaytirish bo‘yicha samarali qarorlar qabul qilish jarayonida muhim vositalar sifatida xizmat qilishi mumkin..

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Tian, L., Sun, Y., & Chi, J. (2023). Climate Impact and Feasibility Analysis of Global Green GDP Based on Improved Weight Method and K-Means Method. Highlights in Science, Engineering and Technology. https://doi.org/10.54097/hset.v59i.10085.
2. X. Zhang *et al.*, “Linking urbanization and air quality together: A review and a perspective on the future sustainable urban development,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 346, p. 130988, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.130988.
3. Nigam, Shivangi & Rao, B & Kumar, Navneet & Mhaisalkar, V. (2016). Air Quality Index – A Comparative Study for Assessing the Status of Air Quality. 6. 267-274.
4. T. S. Anggraini, H. Irie, A. D. Sakti, and K. Wikantika, “Global Air Quality Index prediction using integrated spatial observation data and geographics machine learning,” *Science of Remote Sensing*, p. 100197, Feb. 2025, doi: 10.1016/j.srs.2025.100197.
5. D. Muhamediyeva, N. Mamatov, B. Jumayev, and A. Samijonov, “Model of Analysis of Ecological-Economic Processes,” *E3S Web of Conferences*, vol. 574, p. 05001, Jan. 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202457405001.
6. He, Y., Qi, D., & Bure, V. (2022). New application of multiple linear regression method - A case in China air quality. Vestnik of Saint Petersburg University. Applied Mathematics. Computer Science. Control Processes. https://doi.org/10.21638/11701/spbu10.2022.406.
7. Gupta, R., & Singla, P. (2023). Implementation of Feature Engineering in Prediction of AQI in India using Machine Learning. International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication. https://doi.org/10.17762/ijritcc.v11i11s.8070.
8. Jiang, W. (2021). The Data Analysis of Shanghai Air Quality Index Based on Linear Regression Analysis. Journal of Physics: Conference Series, 1813. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1813/1/012031.
9. Ganesh, S., Modali, S., Palreddy, S., & Arulmozhivarman, P. (2017). Forecasting air quality index using regression models: A case study on Delhi and Houston. 2017 International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI), 248-254. https://doi.org/10.1109/ICOEI.2017.8300926 .
10. M. Narzillo, A. Bakhtiyor, K. Shukrullo, O. Bakhodirjon, and A. Gulbahor, “Peculiarities of face detection and recognition,” *2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*, pp. 1–5, Nov. 2021, doi: 10.1109/icisct52966.2021.9670086.
11. N. S. Mamatov, N. A. Niyozmatova, M. M. Jalelova, A. N. Samijonov, and Sh. X. Tojiboyeva, “Methods for improving contrast of agricultural images,” *E3S Web of Conferences*, vol. 401, p. 04020, Jan. 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202340104020.
12. Chai, Tianfeng & Draxler, R.. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?. Geosci. Model Dev.. 7. 10.5194/gmdd-7-1525-2014.
13. Julfikar, S. & Ahamed, Shahajahan & Rehena, Zeenat. (2021). Air Quality Prediction Using Regression Models. 10.1007/978-981-16-3067-5_19.

(cc) BY *dtai.uz*