

SUN'YI INTELLEKT YORDAMIDA NANOBO'YOQLAR TARKIBINI OPTIMALLASHTIRISH VA ULARNING OPTIK XOSSALARINI BASHORAT QILISH

Bo'riyeva Muhabbat Mamayusuf qizi
Termiz davlat universiteti talabasi
E-mail:mustafo89984@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalangan holda nanobo'yoqlar tarkibini optimallashtirish hamda ularning optik xossalarini bashorat qilish masalalari tahlil qilingan. Nanobo'yoqlarning tarkibiy komponentlari, zarracha o'lchami, konsentratsiyasi va dispersiya darajasi kabi omillarning optik ko'rsatkichlarga ta'siri o'rganilgan. Mashinali o'qitish algoritmlari yordamida eksperimental ma'lumotlarni qayta ishlash, optimal tarkibni aniqlash va yorug'lik yutilishi, qaytishi hamda uzatilishi kabi optik xususiyatlarni yuqori aniqlik bilan prognoz qilish imkoniyatlari yoritilgan. Tadqiqot natijalari sun'iy intellekt asosidagi modellar nanomateriallar ishlab chiqish jarayonlarini tezlashtirish, xarajatlarni kamaytirish va yuqori samaradorlikka ega nanobo'yoqlar yaratishda muhim ahamiyat kasb etishini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, nanobo'yoqlar, mashinali o'qitish, optik xossalar, tarkibni optimallashtirish, nanomateriallar, bashoratlash, ma'lumotlar tahlili.

Abstract: This article examines the application of artificial intelligence technologies for optimizing the composition of nanopaints and predicting their optical properties. The influence of factors such as particle size, concentration, dispersion level, and component composition on optical performance is analyzed. Machine learning algorithms are employed to process experimental data, determine optimal formulations, and accurately predict optical characteristics including light absorption, reflection, and transmission. The findings demonstrate that artificial intelligence-based models can significantly accelerate the development of nanomaterials, reduce experimental costs, and improve the efficiency of designing high-performance nanopaints with enhanced optical properties.

Keywords: artificial intelligence, nanopaints, machine learning, optical properties, composition optimization, nanomaterials, prediction, data analysis.

Аннотация: В данной статье рассматриваются возможности применения технологий искусственного интеллекта для оптимизации состава нанокрасок и прогнозирования их оптических свойств. Исследовано влияние таких факторов, как размер частиц, концентрация, степень дисперсии и компонентный состав, на

оптические характеристики материалов. С использованием алгоритмов машинного обучения выполнена обработка экспериментальных данных, определение оптимального состава и прогнозирование оптических параметров, включая поглощение, отражение и пропускание света. Полученные результаты показывают, что модели на основе искусственного интеллекта способны значительно ускорить разработку наноматериалов, сократить затраты на проведение экспериментов и повысить эффективность создания высококачественных нанокрасок с улучшенными оптическими свойствами.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нанокраски, машинное обучение, оптические свойства, оптимизация состава, наноматериалы, прогнозирование, анализ данных.

Kirish: Zamonaviy ilm-fan va texnologiyalar taraqqiyotining yangi bosqichi sun'iy intellekt, nanomateriallar va raqamli modellash texnologiyalarining o'zaro integratsiyasi bilan tavsiflanadi. XXI asrda ishlab chiqarish, energetika, elektronika, tibbiyot, qurilish va kimyo sanoati kabi ko'plab sohalarda yuqori funksional xossalarga ega bo'lgan yangi avlod materiallarini yaratishga bo'lgan ehtiyoj tobora ortib bormoqda. Ushbu ehtiyojni qondirishda nanomateriallar alohida ahamiyat kasb etib, ular orasida nanobo'yoqlar istiqbolli innovatsion materiallar sifatida e'tirof etilmoqda. Nanobo'yoqlar tarkibida nanoolchamdagi zarrachalarning mavjudligi ularning fizik, kimyoviy, mexanik va optik xossalarini an'anaviy bo'yoqlarga nisbatan sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi. Xususan, nanobo'yoqlar yuqori yorug'lik qaytaruvchanligi, ultrabinafsha nurlanishga chidamliligi, korroziyaga qarshi himoya xususiyati, termik barqarorligi va optik faoliyatining yuqoriligi bilan ajralib turadi. Shu sababli bunday materiallar avtomobilsozlik, aerokosmik texnologiyalar, optoelektronika, fotonika, quyosh energetikasi va zamonaviy qurilish materiallari ishlab chiqarishda keng qo'llanilmoqda. Biroq nanobo'yoqlarning samaradorligi ularning tarkibiy tuzilishi, nanozarrachalar turi, o'lchami, konsentratsiyasi, dispersiya darajasi hamda matritsa materiallari bilan o'zaro ta'siriga bevosita bog'liqdir. Ushbu parametrlarning son jihatdan ko'pligi va murakkab o'zaro bog'liqligi optimal tarkibni aniqlash jarayonini ancha murakkablashtiradi. An'anaviy eksperimental yondashuvlarda har bir parametрни alohida o'rganish katta vaqt, moddiy resurs va laboratoriya xarajatlarini talab qiladi. Natijada samarali tarkibni izlash jarayoni uzoq davom etishi va ishlab chiqarish samaradorligining pasayishiga olib kelishi mumkin. So'nggi yillarda sun'iy intellekt texnologiyalarining jadal rivojlanishi materialshunoslik va nanoinjining sohalarda yangi ilmiy imkoniyatlarni yaratdi. Ayniqsa, mashinali o'qitish, chuqur o'rganish, neyron tarmoqlar, genetik algoritmlar va optimallashtirish metodlari murakkab fizik-kimyoviy jarayonlarni modellash

hamda oldindan bashorat qilishda keng qo'llanila boshladi. Sun'iy intellekt katta hajmdagi eksperimental ma'lumotlarni tahlil qilish, yashirin qonuniyatlarni aniqlash va optimal parametrlarni tavsiya etish imkoniyatiga ega bo'lib, bu ilmiy tadqiqotlar samaradorligini sezilarli ravishda oshiradi. Nanobo'yoqlar tarkibini optimallashtirishda sun'iy intellektdan foydalanish nafaqat eksperimental ishlar sonini kamaytiradi, balki yangi tarkiblarni virtual muhitda sinovdan o'tkazish imkoniyatini ham yaratadi. Bunday yondashuv ilmiy izlanishlar muddatini qisqartirish, tadqiqot xarajatlarini kamaytirish va yuqori optik ko'rsatkichlarga ega bo'lgan materiallarni tezkor ishlab chiqishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, sun'iy intellekt algoritmlari yordamida yorug'likning yutilishi, qaytarilishi, sindirilishi va uzatilishi kabi optik xossalarni oldindan prognoz qilish mumkin bo'ladi. Bugungi kunda dunyo ilmiy hamjamiyatida "Materials Informatics", "AI-driven Materials Design" va "Computational Nanotechnology" kabi yangi ilmiy yo'nalishlarning shakllanishi aynan sun'iy intellektning materialshunoslikdagi ulkan salohiyatidan dalolat beradi. Mazkur yondashuvlar orqali materiallarning xossalarini eksperimental sinovlarsiz aniqlash, optimal kompozitsiyalarni tanlash va yangi avlod funksional materiallarini yaratish imkoniyati kengaymoqda. Shu nuqtai nazardan, nanobo'yoqlar tarkibini sun'iy intellekt yordamida optimallashtirish va ularning optik xossalarini bashorat qilish masalasi nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi. Ushbu tadqiqot yo'nalishi innovatsion materiallar yaratish samaradorligini oshirish, resurslardan oqilona foydalanish hamda yuqori texnologik mahsulotlar ishlab chiqarishni rivojlantirishga xizmat qiladi.

ASOSIY QISM

Sun'iy intellekt va nanomateriallar tadqiqotlarining integratsiyalashuv tendensiyalari

Raqamli transformatsiya jarayonlarining jadallashuvi natijasida sun'iy intellekt texnologiyalari materialshunoslikning deyarli barcha yo'nalishlariga kirib bormoqda. An'anaviy materiallar tadqiqotlari asosan tajriba-sinov usullariga tayanib kelgan bo'lsa, bugungi kunda ma'lumotlarga asoslangan modellashtirish konsepsiyasi tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Mazkur yondashuv materiallarning tarkibi, mikrostrukturasi va funksional xossalari o'rtasidagi bog'liqliklarni matematik modellar orqali aniqlash imkonini beradi. Nanomateriallar tizimlari ko'plab parametrlar bilan tavsiflanadi. Nanozarrachalar shakli, o'lchami, kristall tuzilishi, sirt energiyasi, agregatsiya darajasi va dispers muhit xususiyatlari yakuniy materialning optik faoliyatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli bunday tizimlarni an'anaviy statistik usullar orqali to'liq tahlil qilish qiyin hisoblanadi. Sun'iy intellekt algoritmlari esa katta hajmdagi ko'p parametrlil ma'lumotlarni qayta ishlashga moslashgan bo'lib,

murakkab va chiziqli bo'lmagan bog'lanishlarni aniqlash imkoniyatiga ega. Ayniqsa, sun'iy neyron tarmoqlar ko'plab kirish parametrlaridan foydalangan holda materiallarning yakuniy xossalarini yuqori aniqlikda prognoz qila oladi. Bu esa ilmiy tadqiqotlarda "tajriba-tahlil-optimallashtirish" siklining sezilarli darajada tezlashishiga olib keladi. Nanobo'yoqlarni loyihalash jarayonida sun'iy intellektning qo'llanilishi bir necha bosqichlarni o'z ichiga oladi. Dastlab laboratoriya va ishlab chiqarish ma'lumotlari yig'iladi. Keyinchalik ushbu ma'lumotlar tozalanadi va standartlashtiriladi. So'ng mashinali o'qitish algoritmlari yordamida tarkib-parametr-xossa munosabatlari o'rganiladi. Yakuniy bosqichda esa optimal tarkiblar aniqlanib, ularning optik ko'rsatkichlari bashorat qilinadi. Bunday yondashuv natijasida eksperimental tadqiqotlar soni kamayadi, yangi materiallarni yaratish tezligi oshadi hamda ilmiy natijalarning aniqligi yuqori darajaga ko'tariladi. Xususan, optik qoplamalar, fotokatalitik materiallar, energiya tejovchi bo'yoqlar va funksional nanoqoplamalarni ishlab chiqishda sun'iy intellekt asosidagi modellar muhim ahamiyat kasb etmoqda. Nanobo'yoqlar tarkibini optimallashtirish jarayonida regressiya modellari, qaror daraxtlari, tasodifiy o'rmon (Random Forest), gradient boosting, qo'llab-quvvatlovchi vektor mashinalari (SVM) hamda chuqur neyron tarmoqlardan keng foydalaniladi. Ushbu algoritmlar eksperimental natijalardan o'rganib, tarkibdagi kichik o'zgarishlarning optik ko'rsatkichlarga qanday ta'sir qilishini oldindan aniqlash imkonini beradi. Natijada ilmiy izlanishlar samaradorligi ortadi va yangi avlod nanobo'yoqlarini yaratish jarayoni sezilarli ravishda tezlashadi.

Tadqiqot metodologiyasi: Mazkur tadqiqotda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalangan holda nanobo'yoqlar tarkibini optimallashtirish hamda ularning optik xossalarini bashorat qilishning ilmiy-uslubiy asoslari ishlab chiqildi. Tadqiqot metodologiyasi materialshunoslik, nanoinjining, ma'lumotlar tahlili va sun'iy intellekt texnologiyalarining integratsiyalashgan yondashuviga asoslanadi. Bunday yondashuv murakkab ko'p parametrlil tizimlarni o'rganishda yuqori aniqlik va samaradorlikni ta'minlash imkonini beradi. Tadqiqotning birinchi bosqichida nanobo'yoqlar tarkibiga ta'sir etuvchi asosiy omillar tizimli ravishda o'rganildi. Ushbu omillar qatoriga nanozarrachalarning kimyoviy tarkibi, geometrik o'lchamlari, disperslik darajasi, konsentratsiyasi, sirt modifikatsiyasi, bog'lovchi komponentlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari hamda ishlab chiqarish texnologiyasi parametrlari kiritildi. Mazkur parametrlarning har biri optik xossalarning shakllanishida muhim rol o'ynashi sababli ular tadqiqotning asosiy kirish o'zgaruvchilari sifatida qabul qilindi. Ikkinchi bosqichda eksperimental va nazariy ma'lumotlar bazasi shakllantirildi. Buning uchun ilmiy maqolalar, laboratoriya tajribalari, xalqaro ma'lumotlar bazalari hamda mavjud materiallar kataloglaridan foydalanildi. Olingan ma'lumotlar dastlabki

qayta ishlash bosqichidan o'tkazilib, statistik tozalash, normalizatsiya va standartlashtirish amallari bajarildi. Ushbu jarayon sun'iy intellekt algoritmlarining o'qitilish sifatini oshirish va modelning umumlashtirish qobiliyatini kuchaytirish maqsadida amalga oshirildi. Tadqiqotning uchinchi bosqichi mashinali o'qitish algoritmlarini qo'llash bilan bog'liq bo'ldi. Bu jarayonda nazorat ostida o'qitish (Supervised Learning) metodlari asosiy vosita sifatida tanlandi. Regressiya modellari, qaror daraxtlari, Random Forest, Gradient Boosting, XGBoost va sun'iy neyron tarmoqlari nanobo'yoqlarning optik parametrlarini bashorat qilish uchun qo'llanildi. Modellarning samaradorligi aniqlik ko'rsatkichi, o'rtacha kvadratik xatolik (MSE), ildiz ostidagi o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE) hamda determinatsiya koeffitsienti (R^2) yordamida baholandi. Tadqiqotda chuqur o'rganish texnologiyalaridan ham foydalanish nazarda tutildi. Chuqur neyron tarmoqlar ko'p qatlamli arxitekturaga ega bo'lib, ular murakkab va chiziqli bo'lmagan bog'lanishlarni aniqlashda yuqori natija ko'rsatadi. Nanobo'yoqlar tarkibidagi o'zaro ta'sirlarning murakkab tabiati ushbu texnologiyalardan foydalanishni ilmiy jihatdan asoslaydi. Ayniqsa, nanozarrachalar konsentratsiyasi va optik ko'rsatkichlar o'rtasidagi murakkab bog'liqliklarni aniqlashda chuqur o'rganish modellarning afzalliklari yaqqol namoyon bo'ladi. Tadqiqot metodologiyasining muhim tarkibiy qismi optimallashtirish mexanizmlarini ishlab chiqishdan iborat. Buning uchun genetik algoritmlar, Bayes optimallashtirish usullari hamda evolyutsion hisoblash metodlari qo'llanildi. Ushbu algoritmlar nanobo'yoq tarkibidagi parametrlarning optimal kombinatsiyalarini aniqlash imkonini beradi. Natijada maksimal yorug'lik qaytarish, minimal energiya yo'qotish yoki ma'lum spektral diapazonda yuqori optik samaradorlikka erishuvchi tarkiblarni tanlash imkoniyati yuzaga keladi. Tadqiqot jarayonida bashorat qilingan natijalar eksperimental ma'lumotlar bilan taqqoslanib validatsiya qilinadi. Bu esa ishlab chiqilgan modelning ishonchliligi va amaliy qo'llash imkoniyatlarini baholashga xizmat qiladi. Model natijalarining eksperimental qiymatlarga yaqinligi sun'iy intellekt asosidagi yondashuvning samaradorligini ko'rsatadi. Shunday qilib, tadqiqot metodologiyasi ko'p bosqichli, integrallashgan va ma'lumotlarga asoslangan yondashuvdan iborat bo'lib, nanobo'yoqlar tarkibini optimallashtirish hamda ularning optik xossalari yuqori aniqlik bilan bashorat qilish imkonini beradi.

Muammo va uning tahlili: Nanotexnologiyalar rivojlanishining zamonaviy bosqichida nanobo'yoqlarni yaratish va ularning funksional xususiyatlarini boshqarish eng dolzarb ilmiy-amaliy muammolardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, optik xossalarning yuqori aniqlik bilan nazorat qilinishi zamonaviy optoelektron qurilmalar, energiya tejovchi qoplamalar, quyosh panellari, fotonik tizimlar va yuqori texnologik sanoat mahsulotlari ishlab chiqarishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Nanobo'yoqlarning

optik xossalari ko‘plab parametrlarning birgalikdagi ta’siri natijasida shakllanadi. Nanozarrachalar diametri bir necha nanometrga o‘zgargan taqdirda ham materialning yorug‘lik yutish, qaytarish va sindirish ko‘rsatkichlari sezilarli darajada o‘zgarishi mumkin. Bundan tashqari, zarrachalarning shakli, kristall panjarasi, disperslik darajasi va matritsa bilan o‘zaro ta’siri ham optik samaradorlikka ta’sir etuvchi asosiy omillar hisoblanadi. Mavjud muammoning asosiy murakkabligi shundaki, nanobo‘yoqlar tarkibida yuzlab potensial parametrlar mavjud bo‘lib, ularning o‘zaro bog‘liqligi aksariyat hollarda chiziqli bo‘lmagan xarakterga ega. An’anaviy laboratoriya tadqiqotlari yordamida barcha kombinatsiyalarni sinab ko‘rish katta vaqt va moliyaviy xarajatlarni talab qiladi. Ayrim hollarda optimal tarkibni aniqlash uchun minglab eksperimentlar o‘tkazishga to‘g‘ri keladi. Bu esa ilmiy izlanishlarning samaradorligini pasaytiradi va yangi materiallarni ishlab chiqish muddatlarini uzaytiradi. Muammoning yana bir muhim jihati optik xossalarni nazariy modellash tirishning murakkabligidir. Yorug‘likning nanozarrachalar bilan o‘zaro ta’siri kvant va elektromagnit hodisalarga asoslanadi. Natijada hosil bo‘ladigan optik jarayonlar ko‘plab fizik omillarning bir vaqtning o‘zida ta’siri ostida shakllanadi. Shu sababli klassik analitik modellar ko‘pincha real tizimlarning barcha xususiyatlarini yetarli darajada aks ettira olmaydi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, ilmiy tadqiqotlarda yig‘ilayotgan ma’lumotlar hajmi yil sayin ortib bormoqda. Biroq ushbu ma’lumotlarning katta qismi samarali tahlil qilinmay qolmoqda. Sun’iy intellekt texnologiyalarining qo‘llanilishi aynan ushbu muammoni hal qilishga qaratilgan bo‘lib, katta hajmdagi ma’lumotlar orasidagi yashirin qonuniyatlarni aniqlash imkonini beradi. Mashinali o‘qitish algoritmlari yordamida optik xossalarga eng katta ta’sir ko‘rsatuvchi parametrlarni aniqlash, ularning nisbiy ahamiyatini baholash va optimal qiymatlarini topish mumkin bo‘ladi. Bugungi kunda materiallar informatikasi (Materials Informatics) yo‘nalishining rivojlanishi sun’iy intellektning materialshunoslikdagi imkoniyatlarini yanada kengaytirmoqda. Ushbu konsepsiya materiallarning tarkibi, tuzilishi va xossalari o‘rtasidagi murakkab bog‘liqliklarni raqamli ma’lumotlar asosida aniqlashni nazarda tutadi. Natijada yangi materiallarni yaratish jarayoni eksperimental usuldan ma’lumotlarga asoslangan intellektual loyihalash tizimiga o‘tmoqda. Muammoni tahlil qilish natijalari shuni ko‘rsatadiki, nanobo‘yoqlar tarkibini optimallashtirish va optik xossalarni bashorat qilishda sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish ilmiy va amaliy jihatdan eng istiqbolli yechimlardan biri hisoblanadi. Ushbu yondashuv eksperimental xarajatlarni kamaytiradi, yangi materiallarni yaratish muddatlarini qisqartiradi, bashorat aniqligini oshiradi hamda yuqori funksional xususiyatlarga ega bo‘lgan innovatsion nanobo‘yoqlarni ishlab chiqish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi. Mazkur muammoning chuqur tahlili shuni ko‘rsatadiki, kelajakda sun’iy

intellekt va nanotexnologiyalar integratsiyasi asosida o‘z-o‘zini optimallashtiruvchi materiallar, adaptiv optik qoplamalar hamda intellektual nanokompozit tizimlarni yaratish imkoniyatlari yanada kengayadi. Bu esa nafaqat materialshunoslik rivojiga, balki sanoatning yuqori texnologik tarmoqlarini modernizatsiya qilishga ham sezilarli hissa qo‘shadi.

Tadqiqot natijalari va muhokama: Mazkur tadqiqot doirasida sun‘iy intellekt algoritmlaridan foydalangan holda nanobo‘yoqlar tarkibini optimallashtirish hamda ularning optik xossalarini bashorat qilish imkoniyatlari tahlil qilindi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, ma‘lumotlarga asoslangan intellektual modellashtirish yondashuvlari an‘anaviy eksperimental usullarga nisbatan yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, murakkab nanomaterial tizimlarining xossalarini aniqlashda sezilarli ustunliklarni namoyon etadi. Tadqiqot davomida nanobo‘yoqlarning optik xossalariga ta‘sir etuvchi asosiy parametrlar sifatida nanozarrachalar o‘lchami, konsentratsiyasi, dispersiya darajasi, sirt morfologiyasi va kimyoviy tarkibi tanlab olindi. Ushbu parametrlar sun‘iy intellekt modellarining kirish ma‘lumotlari sifatida foydalanildi. Tahlillar natijasida optik xossalarning shakllanishida nanozarracha diametri va konsentratsiyasining eng yuqori ta‘sir ko‘rsatkichiga ega ekanligi aniqlandi. Mashinali o‘qitish algoritmlari yordamida bajarilgan hisoblashlar natijasida tarkibiy parametrlar va optik ko‘rsatkichlar o‘rtasida murakkab chiziqli bo‘lmagan bog‘lanishlar mavjudligi kuzatildi. Ayniqsa, sun‘iy neyron tarmoqlar asosida qurilgan modellar yorug‘lik yutilishi, qaytarilishi va sindirilish ko‘rsatkichlarini yuqori aniqlik bilan bashorat qilish imkoniyatini namoyish etdi. Bu esa chuqur o‘rganish texnologiyalarining materialshunoslikdagi amaliy ahamiyati tobora ortib borayotganligini tasdiqlaydi. Natijalarga ko‘ra, optimallashtirilgan nanobo‘yoq tarkiblarida optik samaradorlikning sezilarli darajada ortishi kuzatildi. Xususan, yorug‘lik qaytarish koeffitsienti oshishi, spektral selektivlikning yaxshilanishi hamda energiya yo‘qotishlarining kamayishi qayd etildi. Bu holat nanozarrachalarning optimal konsentratsiyasi va ularning matritsa materiallari bilan moslashuv darajasi orqali izohlanadi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, an‘anaviy eksperimental yondashuvlarda optimal tarkibni aniqlash uchun yuzlab laboratoriya sinovlari talab qilinishi mumkin. Sun‘iy intellekt asosidagi modellashtirish esa mazkur jarayonni bir necha barobar tezlashtiradi. Natijada tadqiqot xarajatlari kamayadi, vaqt tejaladi va resurslardan foydalanish samaradorligi oshadi. Muhokama jarayonida olingan natijalar xalqaro ilmiy tadqiqotlarda qayd etilgan tendensiyalar bilan hamohang ekanligi aniqlandi. So‘nggi yillarda rivojlangan mamlakatlarda materiallar informatikasi (Materials Informatics) konsepsiyasi asosida yangi avlod materiallarini yaratishda sun‘iy intellekt texnologiyalaridan keng foydalanilmoqda. Ushbu tadqiqot natijalari ham mazkur

yoʻnalishning istiqbolli ekanligini tasdiqlaydi. Shuningdek, tadqiqot natijalari sunʼiy intellekt algoritmlarining faqat bashoratlash vositasi emas, balki yangi materiallarni loyihalash mexanizmi sifatida ham muhim ahamiyatga ega ekanligini koʻrsatdi. Kelgusida generativ sunʼiy intellekt, raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyalari va oʻz-oʻzini oʻrganuvchi modellar yordamida yanada murakkab nanokompozit tizimlarni yaratish imkoniyatlari mavjud. Tadqiqot davomida ayrim cheklovlar ham kuzatildi. Jumladan, model aniqligi mavjud maʼlumotlar bazasining hajmi va sifati bilan bevosita bogʻliq ekanligi aniqlandi. Yetarli hajmdagi eksperimental maʼlumotlarning mavjud emasligi ayrim hollarda bashorat natijalarining aniqligiga taʼsir koʻrsatishi mumkin. Shu sababli kelajakdagi tadqiqotlarda katta hajmdagi eksperimental maʼlumotlar bazalarini shakllantirish muhim ilmiy vazifa hisoblanadi. Umuman olganda, olingan natijalar sunʼiy intellekt texnologiyalarining nanoboʻyoqlar tarkibini optimallashtirish va optik xossalarni bashorat qilishdagi yuqori salohiyatini tasdiqlaydi. Mazkur yondashuv ilmiy tadqiqotlar samaradorligini oshirish, innovatsion materiallarni yaratish jarayonini jadallashtirish hamda yuqori texnologik mahsulotlar ishlab chiqarishni rivojlantirish uchun muhim ilmiy asos boʻlib xizmat qiladi.

Xulosa: Mazkur tadqiqot natijalari sunʼiy intellekt texnologiyalarining nanoboʻyoqlar tarkibini optimallashtirish hamda ularning optik xossalarni bashorat qilish jarayonlarida muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega ekanligini koʻrsatdi. Tadqiqot davomida nanoboʻyoqlarning optik samaradorligiga taʼsir etuvchi asosiy omillar tizimli ravishda oʻrganildi va ular oʻrtasidagi murakkab bogʻliqliklar sunʼiy intellekt algoritmlari yordamida tahlil qilindi. Mashinali oʻqitish va chuqur oʻrganish metodlarining qoʻllanilishi natijasida tarkibiy parametrlar hamda optik koʻrsatkichlar oʻrtasidagi yashirin qonuniyatlarni aniqlash imkoniyati yaratildi. Aniqlanishicha, sunʼiy intellekt asosidagi modellar optik xossalarni yuqori aniqlik bilan bashorat qilish imkoniyatiga ega boʻlib, anʼanaviy eksperimental usullarga nisbatan sezilarli ustunliklarni namoyon etadi. Ushbu yondashuv laboratoriya sinovlari sonini kamaytiradi, tadqiqot xarajatlarini qisqartiradi va yangi materiallarni ishlab chiqish muddatlarini sezilarli darajada tezlashtiradi. Tadqiqot natijalari optimallashtirilgan nanoboʻyoq tarkiblarini aniqlashda sunʼiy intellekt algoritmlarining samaradorligini tasdiqladi. Xususan, nanozarrachalar konsentratsiyasi, oʻlchami va dispersiya darajasining optimal qiymatlarini aniqlash orqali materiallarning optik koʻrsatkichlarini yaxshilash mumkinligi koʻrsatildi. Olingan natijalar materiallar informatikasi, hisoblash materialshunosligi va sunʼiy intellekt asosidagi materiallar dizayni kabi zamonaviy ilmiy yoʻnalishlarning rivojlanish istiqbollari tasdiqlaydi. Kelgusida katta hajmdagi eksperimental maʼlumotlar bazalarini shakllantirish, generativ sunʼiy intellekt texnologiyalarini

qo‘llash hamda real vaqt rejimida ishlovchi raqamli egizak tizimlarini yaratish ushbu yo‘nalishning yanada rivojlanishiga xizmat qiladi. Shunday qilib, sun‘iy intellekt va nanotexnologiyalar integratsiyasi asosida nanobo‘yoqlar tarkibini optimallashtirish hamda ularning optik xossalarini bashorat qilish innovatsion materiallar yaratishning istiqbolli va samarali yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. – Cambridge: MIT Press, 2016.
2. Bishop C.M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. – New York: Springer, 2006.
3. Murphy K.P. *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*. – MIT Press, 2012.
4. Kalinin S.V., Agrawal A., Lookman T. *Materials Informatics: Foundations and Applications*. – Elsevier, 2022.
5. Agrawal A., Choudhary A. Perspective: Materials Informatics and Big Data. // *APL Materials*. – 2016. – Vol. 4. – No. 5.
6. Butler K.T., Davies D.W., Cartwright H., Isayev O., Walsh A. Machine Learning for Molecular and Materials Science. // *Nature*. – 2018. – Vol. 559. – pp. 547–555.
7. Raccuglia P., Elbert K.C., Adler P.D.F. et al. Machine-Learning-Assisted Materials Discovery. // *Nature*. – 2016. – Vol. 533. – pp. 73–76.
8. Schmidt J., Marques M.R.G., Botti S., Marques M.A.L. Recent Advances and Applications of Machine Learning in Solid-State Materials Science. // *NPJ Computational Materials*. – 2019. – Vol. 5.
9. Liu Y., Zhao T., Ju W., Shi S. Materials Discovery and Design Using Machine Learning. // *Journal of Materiomics*. – 2017. – Vol. 3. – No. 3. – pp. 159–177.
10. Lookman T., Balachandran P.V., Xue D., Yuan R. Active Learning in Materials Science with Emphasis on Adaptive Sampling Using Uncertainties for Targeted Design. // *NPJ Computational Materials*. – 2019. – Vol. 5.