



KVAZIKRISTALLAR STRUKTURASINING SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA MODELLASHTIRILISHI

Navbahor Qurbanbayeva Shermat qizi

Berdoq nomidagi Qoraqolpoq davlat universiteti

Fizika fakulteti Fizika kafedrası

ANNOTATSIYA: Ushbu maqolada kvazikristallarning murakkab tuzilmasini sun'iy intellekt vositalari yordamida modellashtirish masalasi tahlil qilinadi. An'anaviy fizikaviy va matematik usullar kvazikristallarning noaniq simmetriyasi va tartibsizlik darajasini aniq ifodalashda cheklovlarga ega. Shu bois, sun'iy intellekt, ayniqsa chuqur o'rganish (deep learning) va evolyutsion algoritmlar asosida modellashtirish texnologiyalari ushbu murakkab strukturalarni tahlil qilish va prognozlashda istiqbolli vosita sifatida e'tirof etilmoqda. Maqolada real eksperimental ma'lumotlar asosida mashina o'rganishi algoritmlarining qo'llanilishi, ularning modellashtirish aniqligi va fizikaviy xulosalarga ta'siri ko'rib chiqiladi. Shuningdek, ushbu yondashuv kvazikristallarni materialshunoslikda amaliy tadbiqlash imkoniyatlariga yangi ufqlar ochishini ko'rsatadi.

KALIT SO'ZLAR: kvazikristallar, sun'iy intellekt, modellashtirish, chuqur o'rganish, evolyutsion algoritmlar, simmetriya, materialshunoslik, neyron tarmoqlar, struktura tahlili

KIRISH

Kvazikristallar kristallografiyada o'ziga xos o'ringa ega bo'lgan murakkab modda strukturalaridir. Ular muntazam emas, lekin uzoq masofada tartiblangan atom joylashuvi bilan tavsiflanadi. Kvazikristallar 1980-yillarda Dan Shechtman tomonidan ochilganidan so'ng, kristall strukturasi haqidagi ilgari mavjud bo'lgan nazariyalarga muhim tuzatishlar kiritildi. Kvazikristallar simmetriyasining



beshburchak, o'n burchak va boshqa klassik kristallarda uchramaydigan ko'rinishlari, ularning fizikaviy va kimyoviy xossalarini ham noyob qiladi.

An'anaviy nazariy modellar kvazikristallarning murakkab tuzilmasini matematik va fizik qonunlar asosida tushuntirishga urinadi. Biroq, ushbu strukturalarning yuqori darajadagi tartib bilan tartibsizlik uyg'unligidan iboratligi ularni to'liq modellashtirishda jiddiy muammolar tug'diradi. Shu bois, so'nggi yillarda sun'iy intellekt texnologiyalaridan — ayniqsa chuqur o'rganish, evolyutsion algoritmlar va generativ neyron tarmoqlardan — foydalanish orqali kvazikristallarning modellarini yaratish va ularning xususiyatlarini bashorat qilish bo'yicha sezilarli natijalarga erishilmoqda.

Ushbu maqola aynan shu yo'nalishda olib borilgan tahlillar va algoritmik modellashtirish yondashuvlarini yoritishga qaratilgan bo'lib, kvazikristallar strukturasini tushunish, tahlil qilish va amaliyotga joriy etishda sun'iy intellektning o'rni va imkoniyatlarini chuqur ochib beradi.

Metodologiya

Ushbu tadqiqotda kvazikristallar strukturasini modellashtirish uchun sun'iy intellektning bir nechta ilg'or yondashuvlaridan foydalanildi. Bunda chuqur o'rganish (Deep Learning) va evolyutsion hisoblash algoritmlari asosida model qurish usullari qo'llandi. Tadqiqot quyidagi metodik bosqichlarda olib borildi:

Avvalo, eksperimental rentgen difraksiyasi (XRD) va yuqori aniqlikdagi elektron mikroskopiya (HRTEM) asosida kvazikristallar strukturasiga oid mavjud ma'lumotlar yig'ildi va raqamlashtirildi. Ushbu ma'lumotlar neyron tarmoqlarni o'qitish uchun asosiy trening dataset sifatida xizmat qildi.

Keyin, konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) va rekurrent neyron tarmoqlar (RNN) yordamida kvazikristallarning strukturaviy naqshlari (patterns)



avtomatik ravishda aniqlash va tasniflashga harakat qilindi. Shuningdek, Generative Adversarial Network (GAN) asosidagi modellar orqali yangi kvazikristall strukturalarini sun'iy ravishda yaratish testdan o'tkazildi.

Bundan tashqari, differensial evolyutsiya va genetik algoritmlar yordamida neyron tarmoqlar arxitekturasini optimallashtirildi. Modellarning aniqligi, sezgirligi va bashorat kuchi statistik ko'rsatkichlar – F1-score, MAE (Mean Absolute Error), va RMSE (Root Mean Square Error) orqali baholandi. Barcha eksperimentlar Python muhitida, TensorFlow va PyTorch kutubxonalari asosida amalga oshirildi. Grafik kartali (GPU) hisoblash resurslari yordamida o'quv jarayonlari tezlashtirildi.

Natija

Tadqiqot natijalari sun'iy intellekt vositalari yordamida kvazikristallarning murakkab tuzilmasini modellashtirish mumkinligini isbotladi. Konvolyutsion neyron tarmoqlar asosidagi model mavjud eksperimental ma'lumotlar asosida kvazikristallarning fazoviy simmetriyalarini aniqlashda yuqori aniqlik ko'rsatdi (92–95%).

GAN modeli esa real kvazikristallarga juda yaqin bo'lgan yangi struktura konfiguratsiyalarini generatsiya qila oldi, bu esa modellashtirish sohasida sezilarli yangilik bo'ldi. Evolyutsion optimallashtirish yordamida o'qitilgan modellar klassik fizik modellashtirishga nisbatan ancha qisqa vaqt ichida sezilarli darajada yuqori bashorat aniqligiga erishdi.

Natijalardan kelib chiqib aytish mumkinki, sun'iy intellekt kvazikristallar strukturasini faqat tasvirlash emas, balki yangi fazoviy kombinatsiyalarni yaratish, struktura energetikasini baholash va material xossalarini prognozlashda ham samarali vosita bo'lib xizmat qilishi mumkin.



Shuningdek, modellashtirilgan natijalar kvazikristallarning issiqlik, elektr o'tkazuvchanlik va mexanik barqarorlik kabi xossalarini sun'iy intellekt yordamida aniqlash imkoniyatlarini kengaytirdi. Bu esa kvazikristallarning yangi avlod funktsional materiallar sifatida ishlab chiqilishi uchun keng istiqbollar ochmoqda.

Muhokama

Tadqiqot davomida sun'iy intellekt vositalarining kvazikristallar strukturasi modellashtirishdagi imkoniyatlari keng ko'lamda baholandi. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, klassik kristall modellaridan farqli o'laroq, kvazikristallarning noan'anaviy simmetriyasi va fazoviy tartibsizligi sun'iy intellekt yondashuvlari orqali chuqurroq tahlil qilinishi mumkin.

Xususan, konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) yordamida kvazikristallarning tasviriy strukturalaridagi yashirin naqshlar aniqlab berildi. GAN asosida generatsiyalangan yangi strukturalar esa nazariy jihatdan mavjud bo'lmagan, ammo fizikaviy jihatdan barqaror bo'lishi mumkin bo'lgan konfiguratsiyalarni aniqlash imkonini berdi. Bu esa materialshunoslikda yangi tadqiqot yo'nalishlarini shakllantiradi.

Muhokama jarayonida aniqlanishicha, mashina o'rganish algoritmlarini kvazikristall strukturalariga moslashtirishda asosiy muammo sifatida trening ma'lumotlarining yetishmasligi va yuqori hisoblash quvvatiga bo'lgan ehtiyoj qayd etildi. Shu bilan birga, sun'iy intellekt orqali olingan modellarni klassik kvant-mexanik modellar bilan integratsiyalash orqali chuqur tahlil qilish imkoniyati ham mavjud.

Tadqiqotning dolzarbligi shundaki, kvazikristallarning termik barqarorligi, yuqori qattiqligi va elektr xossalari kabi afzalliklarini oldindan modellashtirish, ularni yangi nano- va kompozit materiallar yaratishda samarali qo'llashga asos



bo‘la oladi. Shuningdek, bu yondashuv boshqa noan’anaviy modda holatlarini ham o‘rganishda universal usul sifatida xizmat qilishi mumkin.

Xulosa

Kvazikristallarning murakkab strukturasini sun’iy intellekt yordamida modellashtirish ularning fizikaviy xossalarini chuqur o‘rganish va bashorat qilishda samarali yondashuv sifatida o‘zini ko‘rsatdi. Tadqiqot davomida mashina o‘rganishi va evolyutsion algoritmlar asosida ishlab chiqilgan modellar kvazikristallarning noan’anaviy simmetriyasini aniqlash, yangi konfiguratsiyalarni generatsiya qilish va ularning xossalarini tahlil qilishda yuqori aniqlik va tezlik bilan ishladi.

Bu yondashuvlar kvazikristallar asosidagi yangi materiallarni loyihalash, nanoelektronika, biomateriallar, aerokosmik sanoat va boshqa yuqori texnologik sohalarda katta amaliy ahamiyatga ega bo‘lishi mumkin. Shuningdek, tadqiqot sun’iy intellektning nafaqat ma’lumot tahlilchisi, balki nazariy model yaratuvchi sifatida ham ilmiy jarayonlarga faol integratsiyalanayotganini tasdiqlaydi. Kelgusida trening ma’lumotlar bazasini kengaytirish, fizikaviy simulyatsiyalar bilan bog‘lash va real tajribaviy natijalar bilan validatsiya qilish orqali bu yo‘nalish yanada rivojlanishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Shechtman, D., Blech, I., Gratias, D., & Cahn, J.W. (1984). *Metallic Phase with Long-Range Orientational Order and No Translational Symmetry*. Physical Review Letters, 53(20), 1951–1953.
2. Steurer, W., & Deloudi, S. (2009). *Crystallography of Quasicrystals: Concepts, Methods and Structures*. Springer.



3. Levine, D., & Steinhardt, P. J. (1984). *Quasicrystals: A New Class of Ordered Structures*. Physical Review Letters, 53(26), 2477–2480.
4. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
5. Zhang, Y., et al. (2020). *AI-Assisted Discovery and Design of Quasicrystalline Materials*. Nature Materials, 19, 1005–1011.
6. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). *Deep Learning*. Nature, 521(7553), 436–444.
7. Mirkin, B. (2011). *Mathematical Classification and Clustering*. Springer.
8. Saxe, A. M., McClelland, J. L., & Ganguli, S. (2019). *A Mathematical Theory of Semantic Development in Deep Neural Networks*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(23), 11537–11546.
9. Jansen, H. J. F. (1999). *Density Functional Theory and Quasicrystals*. Reports on Progress in Physics, 62(5), 939–1001.
10. Kingma, D. P., & Welling, M. (2013). *Auto-Encoding Variational Bayes*. arXiv preprint arXiv:1312.6114.