

LATENT O'QUV JARAYONLARINI GEOMETRIK MODELLASHTIRISH ASOSIDA TAHLIL QILISH

Muazzam ARTIKOVA

Dotsent

Texnika fanlari nomzodi Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti Toshkent, O'zbekiston

muazzamxon@mail.ru

Fozil JO'RABOYEV

katta o'qituvchi, Toshkent amaliy fanlar universiteti Toshkent, O'zbekiston

fozil93fja@gmail.com

Annotatsiya

Mazkur tadqiqotda latent jarayonlarni aniqlash hamda ularni geometrik modellashirish asosida tahlil qilish masalalari yoritilgan. Ish doirasida tadqiqot obyekti sifatida elektrofor mashinada yuzaga keladigan elektrostatik hodisalar tanlab olindi. Ushbu jarayonlar davomida zaryadlarning fazoviy taqsimlanishi, elektr potensial hamda maydon kuchlanganligi kabi fizik kattaliklar to'g'ridan-to'g'ri kuzatilmaydigan, ya'ni yashirin (latent) parametrlar sifatida qaraladi.

Mazkur parametrlarni aniqlash maqsadida ko'p o'lchovli fazoga asoslangan geometrik model va mos akslantirish funksiyalaridan foydalanishga asoslangan yondashuv ishlab chiqildi. Taklif etilgan model yordamida tizimning ichki holatini bilvosita aniqlash va uni matematik jihatdan ifodalash imkoniyati yaratildi. Bundan tashqari, model Virtual reallik texnologiyasi bilan integratsiya qilinib, elektrostatik jarayonlarni fazoviy hamda vaqt bo'yicha o'zgarishlarda vizual va interaktiv tarzda tahlil qilish imkoniyati ta'minlandi [1].

Kalit so'zlar: latent jarayonlar, geometrik modellashirish, virtual reallik, elektrofor mashina, elektrostatika, 3D vizualizatsiya.

Kirish

Murakkab texnik va fizik tizimlarda kechadigan jarayonlarning sezilarli qismi bevosita kuzatuv orqali aniqlanmaydi va ular yashirin (latent) xarakterga ega bo'ladi. Shu bois bunday jarayonlarni aniqlash hamda ularni chuqur tahlil qilish zamonaviy ilmiy izlanishlarning muhim yo'nalishlaridan biri sifatida qaraladi. Xususan, elektrostatik qurilmalarda zaryadlarning fazoda taqsimlanishi hamda elektr maydonning ichki tuzilishini aniqlash masalasi alohida ilmiy ahamiyatga ega [2].



1-rasm. Elektrofor mashina qurilmasini visual ko'rinish

An'anaviy yondashuvlarda fizik jarayonlar asosan differensial tenglamalar yordamida ifodalanadi. Biroq amaliy sharoitlarda tizimga oid barcha parametrlarni to'liq va aniq o'lchash har doim ham imkon qadar amalga oshirilmaydi. Shu sababli yashirin parametrlarni aniqlashga yo'naltirilgan modellashirish usullarini ishlab chiqish zaruriy vazifa hisoblanadi [3].

Mavzuga oid ilmiy tadqiqotlar tahlili

Latent jarayonlarni modellashtirish va yashirin parametrlarni aniqlash muammosi turli ilmiy yo'nalishlarda keng ko'lamda o'rganilgan. Ushbu sohada shakllangan yondashuvlarni bir necha asosiy guruhlarga ajratish mumkin.

Statistik modellashtirish doirasida asosiy komponentlar tahlili (PCA) usuli muhim o'rin egallaydi. Ushbu usul dastlab Karl Pearson tomonidan taklif etilgan bo'lib, keyinchalik Harold Hotelling tomonidan rivojlantirilgan. Mazkur yondashuv yuqori o'lchovli ma'lumotlarni qisqartirish va ulardagi yashirin tuzilmani aniqlash imkonini beradi. Shunga qaramay, u asosan chiziqli bog'lanishlarga asoslanganligi sababli murakkab fizik jarayonlarni to'liq aks ettira olmaydi [5].

Nolinear latent fazoni aniqlash yo'nalishida chuqur o'rganish metodlari keng qo'llaniladi. Xususan, Geoffrey Hinton va Yoshua Bengio tomonidan ilgari surilgan autoencoder modellari ma'lumotlarni siqilgan latent fazoga o'tkazish imkonini beradi. Ushbu yondashuv nolinear bog'lanishlarni aniqlashda samarali bo'lsa-da, ularning fizik mazmunini izohlash ma'lum darajada murakkab hisoblanadi [6,7].

Geometrik va manifold o'rganish usullari ham latent tuzilmani aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Bu yo'nalishda Joshua Tenenbaum tomonidan Isomap, Laurens van der Maaten tomonidan t-SNE hamda Leland McInnes tomonidan UMAP algoritmlari ishlab chiqilgan. Mazkur metodlar yuqori o'lchovli ma'lumotlarning ichki geometrik tuzilmasini aniqlash imkonini beradi [8,9,10].

Fizik jarayonlarni modellashtirishda esa elektrostatik tizimlarni tavsiflash uchun klassik differensial tenglamalar keng qo'llaniladi. Jumladan, Siméon Denis Poisson va Pierre-Simon Laplace tomonidan ishlab chiqilgan tenglamalar elektr potensial va zaryad taqsimotini aniqlashda asosiy nazariy asos bo'lib xizmat qiladi [11,12].

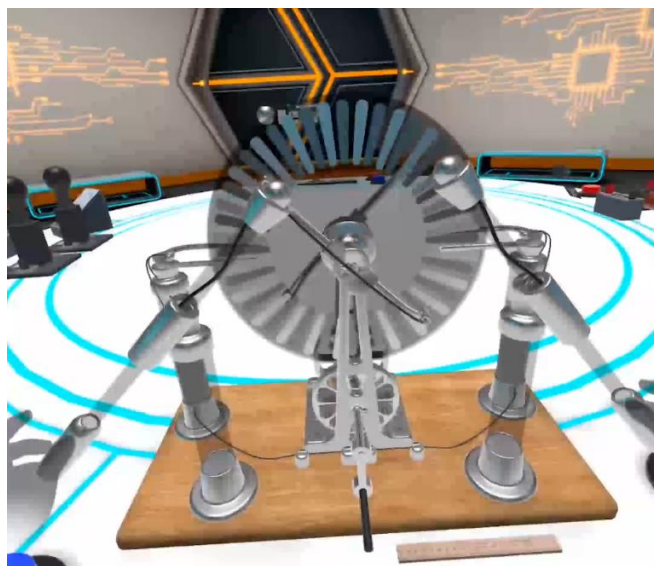
Zamonaviy tadqiqotlarda fizik va ma'lumotlarga asoslangan yondashuvlarni birlashtirish tendensiyasi kuzatilmoqda. Xususan, George Karniadakis tomonidan taklif etilgan fizik qonunlarga asoslangan neyron tarmoqlar (PINN) fizik tenglamalar va eksperimental ma'lumotlarni integratsiya qilish imkonini beradi [13].

Virtual reallik texnologiyalari asosida ilmiy vizualizatsiya yo'nalishida Mel Slater va Jeremy Bailenson tomonidan olib borilgan tadqiqotlar murakkab tizimlarni immersiv muhitda tahlil qilishning yangi imkoniyatlarini ochib bergan [14,15].

O'zbekiston olimlari tomonidan elektrotexnika va modellashtirish sohasida olib borilgan ilmiy izlanishlarda asosan elektr maydonlarni hisoblash, yuqori kuchlanishli qurilmalarni tahlil qilish hamda matematik modellarni ishlab chiqish masalalariga e'tibor qaratilgan. Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarda latent parametrlarni geometrik modellashtirish asosida aniqlash va ularni virtual muhitda vizuallashtirish masalasi yetarli darajada yoritilmagan.

Tadqiqotning maqsadi

Mazkur tadqiqotning maqsadi latent fizik jarayonlarni geometrik modellashtirish asosida aniqlash, ularni Virtual reallik muhitida vizuallashtirish va tizimning ichki holatini interaktiv tahlil qilish imkonini beruvchi uslubni takomillashtirishdan iborat [16].



2-rasm. Elektrofor mashinani virtual reallik texnologiyasida ishlash jarayoni

Asosiy qism

Elektrofor mashinada yuzaga keluvchi jarayonlar elektrostatik induksiya hodisasiga asoslanadi. Ushbu jarayonlar quyidagi fizik kattaliklar orqali tavsiflanadi:

- elektr potensial (φ)
- elektr maydon kuchlanganligi (E)
- zaryad zichligi (ρ)

Ular orasidagi bog‘liqlik quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$E = -\nabla \varphi \quad (1)$$

$$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\varepsilon} \quad (2)$$

Mazkur kattaliklar to‘liq o‘lchanmasligi sababli ular latent parametrlar sifatida qaraladi. Shu asosda tizim quyidagi ko‘p o‘lchovli fazoda ifodalanadi:

$$X = (x, y, z, U, I, t) \quad (3)$$

Latent holatlarni aniqlash uchun:

$$Z = F(X) \quad (4)$$

aks ettirish operatori qo‘llaniladi.

Taklif etilgan model Virtual reallik muhitiga integratsiya qilinadi. Mazkur muhitda elektr maydon fazoviy vektorlar orqali ifodalanadi, potensial sirtlar uch o‘lchovli geometrik obyektlar ko‘rinishida tasvirlanadi, zaryad taqsimoti esa rang gradientlari yordamida vizuallashtiriladi. Foydalanuvchi VR muhitida erkin navigatsiya qilish orqali tizimning ichki holatini real vaqt rejimida kuzatish hamda interaktiv tahlil qilish imkoniyatiga ega bo‘ladi [16].

Ilmiy yangilik

Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilarda namoyon bo‘ladi:

- latent jarayonlarni modellashtirish aniq fizik tizim — elektrofor mashina asosida amalga oshirildi;
- geometrik modellashtirish fizik tenglamalar bilan integratsiyalangan holda takomillashtirildi;

— yashirin parametrlarni bilvosita kuzatuvlar asosida rekonstruksiya qilishning yangi yondashuvi ishlab chiqildi;

— model Virtual reallik texnologiyalari yordamida amalga oshirilib, tizimning ichki holatini interaktiv tahlil qilish imkoniyati yaratildi.

Natijalar

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi natijalarga erishildi:

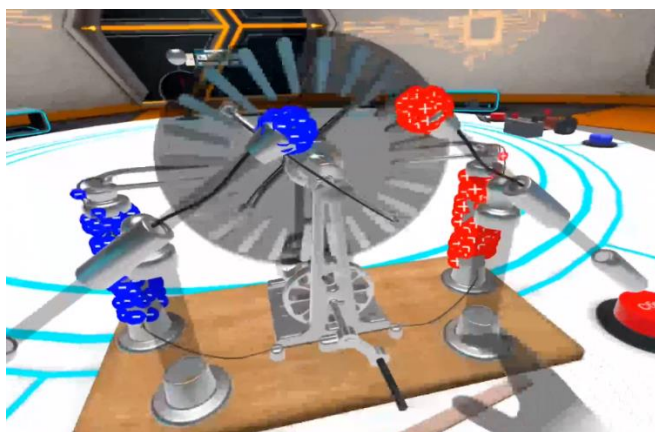
— elektrofor mashinadagi yashirin (latent) parametrlarni aniqlashga qaratilgan matematik-geometrik model ishlab chiqildi;

— elektrostatik jarayonlarning fazoviy strukturasi geometrik modellashirish asosida ifodalandi;

— Virtual reallik muhitida interaktiv tahlilni amalga oshiruvchi tizim shakllantirildi;

— Virtual reallik muhitida interaktiv elektrofor mashinasi yordamida natijalarni taqdim qilish jarayoni shakllantirildi;

— takomillashtirilgan usul modellashirish hamda vizuallashtirish jarayonining aniqligi va samaradorligini oshirish imkonini berdi.



3-rasm. Elektrofor mashina qurilmasini natijani ko'rsatishi

Xulosa

Latent jarayonlarni geometrik modellashirish hamda Virtual reallik texnologiyalari asosida tahlil qilish murakkab fizik tizimlarni o'rganishda samarali va zamonaviy yondashuv hisoblanadi. Ushbu tadqiqotda elektrofor mashina misolida latent parametrlarni aniqlash, ularni matematik-geometrik model asosida ifodalash va vizuallashtirish imkoniyatlari ko'rib chiqildi.

Taklif etilgan model matematik, fizik va kompyuter grafikasi yondashuvlarini integratsiya qilgan holda ishlab chiqilgan bo'lib, tizimning ichki holatini bilvosita aniqlash, fazoviy tuzilmasini ko'rsatish va vaqt bo'yicha o'zgarishlarini tahlil qilish imkonini beradi. Virtual reallik texnologiyalari esa jarayonlarni interaktiv va real vaqt rejimida kuzatish imkonini yaratadi.

Tadqiqot natijalari latent parametrlarni geometrik modellashirish asosida rekonstruksiya qilish yondashuvi samarali ekanligini ko'rsatdi. Ushbu yondashuvni elektrostatik tizimlar bilan bir qatorda boshqa texnik va muhandislik sohalarida ham qo'llash mumkin. Kelgusida modelni takomillashtirish va VR bilan integratsiyani chuqurlashtirish istiqbolli yo'nalish hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. 3D TEXNOLOGIYALARNI TALIMDAGI O'RNI Artikova M.A, Bahromov A.A., Jo'raboyev. F.A. <https://zenodo.org/records/14807836>

2. Azamatova N. Virtual reallik texnologiyalari asoslari va ularning ta'limda qo'llanilishi. – Toshkent: Innovatsiya markazi nashriyoti, 2022.

3. VIRTUAL REALLIK TEXNOLOGIYALARINING MATEMATIK MODELLARINI TAHLIL QILISH Jo‘raboyev F.A., Bahromov A.A. [https://doi.org/ 10.5281/zenodo.14857556](https://doi.org/10.5281/zenodo.14857556)
4. Artikova M.A., Sayfiyev E.E., Juraboev F.A. Virtual va to‘ldirilgan reallik texnologiyalari asosida “O‘zbekiston bo‘yicha adabiy qo‘llanma” qo‘llanmasining elektron platformasi va mobil ilovasini yaratish // Universum: texnika fanlari: elektron. ilmiy jurnal. 2022. 10(103). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14440>.
5. Pearson K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space // Philosophical Magazine. – 1901. – Vol. 2. – P. 559–572.
6. Hotelling H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components // Journal of Educational Psychology. – 1933. – Vol. 24. – P. 417–441.
7. Hinton G., Salakhutdinov R. Reducing the dimensionality of data with neural networks // Science. – 2006. – Vol. 313. – P. 504–507.
8. Tenenbaum J., de Silva V., Langford J. A global geometric framework for nonlinear dimensionality reduction // Science. – 2000. – Vol. 290. – P. 2319–2323.
9. Maaten L., Hinton G. Visualizing data using t-SNE // Journal of Machine Learning Research. – 2008. – Vol. 9. – P. 2579–2605.
10. McInnes L., Healy J., Melville J. UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction // arXiv preprint. – 2018.
11. Poisson S.D. Sur la distribution de l’électricité // Journal de l’École Polytechnique. – 1813.
12. Laplace P.S. Traité de mécanique céleste. – Paris, 1785.
13. Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G. Physics-informed neural networks // Journal of Computational Physics. – 2019. – Vol. 378. – P. 686–707.
14. Slater M. Immersion and the illusion of presence in virtual reality // British Journal of Psychology. – 2009.
15. Bailenson J. Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do. – New York: W.W. Norton, 2018.
16. Modeling and interactive visualization of the spatial structure of latent processes using virtual reality technologies. Artikova M.A., Jo‘raboyev F.A. <https://uzjurnal.uz/2/2026/1/index?issue=4>