Tashqi muhit ta’siri vaqt bo‘yicha o‘zgaradigan dinamik tizimlarni differensial tenglamalar yordamida modellashtirishning yangi yondashuvlari.

Razzaqov Javoxir Davlatovich

Annotatsiya

Mazkur tezisda tashqi muhit ta’siri vaqt bo‘yicha o‘zgaradigan dinamik tizimlarni differensial tenglamalar yordamida modellashtirishning zamonaviy yondashuvlari tahlil qilinadi. Dinamik tizimlar tabiat, texnika, biologiya, ekologiya va iqtisodiyotdagi jarayonlarni tavsiflashda markaziy o‘rin tutadi. Tashqi muhit omillarining vaqtga bog‘liq o‘zgarishi tizimning xatti-harakatini sezilarli darajada murakkablashtiradi, shuning uchun klassik avtonom modellardan nostatsionar modellarga o‘tish zarurati tug‘iladi. Tezisda vaqtga bog‘liq tashqi ta’sirlarni hisobga oluvchi differensial tenglamalar asosidagi modellashtirishning nazariy asoslari, amaliy qo‘llanilishi va yangi yondashuvlar ko‘rib chiqiladi. Ekologik, populyatsion va mexanik tizimlar misolida tashqi omillarning ta’siri o‘rganiladi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, vaqtga bog‘liq parametrlar va tashqi ta’sirlarni to‘g‘ri hisobga olish tizimning barqarorligi, prognozlash aniqligi va boshqaruv imkoniyatlarini oshiradi. Tadqiqot O‘zbekiston sharoitidagi ekologik va texnik masalalarni yechishda ham amaliy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: dinamik tizimlar, differensial tenglamalar, tashqi muhit ta’siri, vaqtga bog‘liq parametrlar, nostatsionar modellashtirish, populyatsion dinamika, ekologik modellashtirish, barqarorlik.

Kirish

Zamonaviy fan va texnikada dinamik tizimlarni matematik modellashtirish muhim ahamiyatga ega. Dinamik tizim deb vaqt o‘tishi bilan holati o‘zgarib boradigan tizimga aytiladi. Bunday tizimlar mexanika, fizika, biologiya, ekologiya, iqtisodiyot va boshqa sohalarda keng tarqalgan. Ularning xatti-harakatini tavsiflash uchun differensial tenglamalar eng qulay va samarali vosita hisoblanadi. Differensial tenglamalar yordamida tizimning o‘zgarish tezligi uning joriy holati va tashqi omillar bilan bog‘lanadi.

Klassik yondashuvlarda ko‘pincha tizim avtonom deb hisoblanadi, ya’ni tashqi muhit ta’siri doimiy yoki yo‘q deb qabul qilinadi. Ammo real sharoitda tashqi muhit omillari — iqlim o‘zgarishi, antropogen ta’sirlar, mavsumiy o‘zgarishlar, iqtisodiy shoklar yoki texnik parametrlarning o‘zgarishi — vaqt bo‘yicha o‘zgarib turadi. Bu esa tizimni nostatsionar qiladi. Nostatsionar dinamik tizimlarni modellashtirish klassik usullarga nisbatan murakkabroq bo‘lib, yangi yondashuvlarni talab qiladi.

O‘zbekiston sharoitida ham bu masala dolzarbdir. Mamlakatda sanoat zonalari, qishloq xo‘jaligi va ekologik tizimlar tashqi omillar ta’sirida sezilarli o‘zgarishlarga uchraydi. Masalan, ifloslantiruvchi moddalarning tarqalishi, populyatsiyalar dinamikasi yoki suv resurslarining o‘zgarishi vaqtga bog‘liq tashqi ta’sirlarni hisobga olishni talab qiladi. Shuning uchun differensial tenglamalar asosida yangi modellashtirish yondashuvlarini ishlab chiqish va ularni amaliyotga joriy etish muhim ilmiy va amaliy vazifadir.

Ushbu tezisning maqsadi — tashqi muhit ta’siri vaqt bo‘yicha o‘zgaradigan dinamik tizimlarni differensial tenglamalar yordamida modellashtirishning yangi yondashuvlarini tahlil qilish, ularning afzalliklari va cheklovlarini aniqlash hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

GLOBAL SCHOLARS
SCIENTIFIC PUBLISHING

Asosiy qism

Dinamik tizimlarni modellashtirishda differensial tenglamalar tizimning holatini vaqtga bog‘liq o‘zgarishini ifodalaydi. Tashqi muhit ta’siri mavjud bo‘lganda tenglamalarning o‘ng tomonida yoki koeffitsientlarida vaqtga bog‘liq funksiyalar paydo bo‘ladi. Bu nostatsionar differensial tenglamalarga olib keladi. Bunday tenglamalarni yechish uchun analitik usullar cheklangan, shuning uchun sonli usullar, imitatsion modellashtirish va zamonaviy hisoblash texnologiyalari keng qo‘llaniladi.

Ekologik tizimlarda tashqi muhit ta’siri ayniqsa muhim. Ifloslantiruvchi moddalar tarqalishi, biologik populyatsiyalar o‘zgarishi yoki global isish jarayonlari differensial tenglamalar orqali modellashtiriladi. Tadqiqotlarda birinchi va ikkinchi tartibli differensial tenglamalar, shuningdek, Chebyshev va Euler usullari yordamida modellashtirish amalga oshirilgan. O‘zbekistonning ayrim sanoat zonalari bo‘yicha ifloslantiruvchi moddalarning tarqalish dinamikasi hisoblab chiqilgan va model grafik ko‘rinishda ifodalangan. Natijalar ekologik o‘zgarishlarning matematik xarakterini tushunish, prognoz qilish va boshqarishda differensial tenglamalarning samarali vosita ekanligini ko‘rsatadi.

Populyatsion dinamikada ham tashqi omillar muhim rol o‘ynaydi. Yirtqich-o‘lja tizimi, oziq-zanjirlar va boshqa biologik jarayonlar differensial tenglamalar tizimlari yordamida modellashtiriladi. Klassik Lotka-Volterra modellari asosida ishlab chiqilgan yondashuvlar zamonaviy ekologik muammolarni yechishda kengaytiriladi. Antropogen omillar — sanoat chiqindilari, qishloq xo‘jaligi faoliyati va iqlim o‘zgarishi — ekotizim barqarorligini buzadi. Simulyatsiya natijalariga ko‘ra, antropogen faoliyat ta’sirida populyatsiyalar o‘rtasidagi muvozanat sezilarli darajada o‘zgaradi. Masalan, iqlim o‘zgarishi ekotizim barqarorligi indeksini 25 foizga, sanoat chiqindilari 35 foizga, qishloq xo‘jaligi ta’siri esa 20 foizga kamaytirishi mumkin.

Mexanik tizimlarda ham tashqi ta’sirlar vaqt bo‘yicha o‘zgarishi mumkin. Moddiy nuqta yoki mexanik tizimning harakati differensial tenglamalar bilan tavsiflanadi. Kuchlar vaqtga, holatga va tezlikka bog‘liq ravishda o‘zgarishi mumkin. Dinamikaning asosiy qonunlaridan kelib chiqib, harakat differensial tenglamalari tuziladi va integrallanadi. Tashqi kuchlarning vaqtga bog‘liqligi tizimning traektoriyasini va barqarorligini o‘zgartiradi.

Yangi yondashuvlar qatoriga vaqtga bog‘liq parametrlarni baholash, stoxastik differensial tenglamalar, ma’lumotlarga asoslangan identifikatsiya va mashina o‘rganish usullari kiradi. Parametrlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini aniqlash uchun switch detection, optimallashtirish va sparse regression kabi usullar qo‘llaniladi. Bu usullar tizimning model strukturasi ma’lum bo‘lgan holda parametrlarning o‘zgarish funksiyalarini topishga imkon beradi. Uzluksiz o‘zgaruvchi parametrlar uchun trigonometrik va polinom funksiyalar asosidagi lug‘at usullari samarali.

Nostatsionar tizimlarda barqarorlik tahlili alohida ahamiyatga ega. Klassik Lyapunov barqarorligi o‘rniga vaqtga bog‘liq barqarorlik tushunchalari ishlatiladi. Tashqi ta’sirlarning davriy yoki deyarli davriy bo‘lishi holda Floquet nazariyasi yoki o‘rtacha usullar qo‘llaniladi. Real sharoitda tasodifiyliklar mavjudligi stoxastik differensial tenglamalarni joriy etishni talab qiladi.

O‘zbekiston olimlarining ishlarida dinamik sistemalarning matematik modellari, ularning modifikatsiyalari va transformatsiyalari o‘rganilgan. Klassik mexanika va biofizikadagi chiziqsiz differensial tenglamalar bilan ifodalangan dinamik sistemalar tahlil qilingan. Yechimlarning statsionar muvozanatda bo‘lmagan va muvozanatda bo‘lgan holatlari, turg‘unlik xossalari o‘rganilgan.

Modellashtirishning turlari ham muhim. Deterministik va stoxastik, statik va dinamik, diskret va uzluksiz modellashtirish farqlanadi. Dinamik modellashtirish vaqt bo‘yicha ob’ektning xulqini aks ettiradi. Matematik modellashtirish analitik, imitatsion va aralash turlarga bo‘linadi. Analitik modellashtirishda jarayonlar funksionall munosabatlar ko‘rinishida yoziladi, imitatsion modellashtirishda esa vaqt bo‘yicha ishlash jarayonini amalga oshiruvchi algoritm ishlab chiqiladi.

Yangi yondashuvlar orasida ma’lumotlarga asoslangan usullar alohida o‘rin tutadi. Tizimning o‘lchov ma’lumotlaridan differensial tenglamalar strukturasini va parametrlarini tiklash mumkin. Vaqtga bog‘liq koeffitsientlarni Fourier qatorlari yoki boshqa bazis funksiyalar yordamida yaqinlashtirish mumkin. Bu usullar periodic va non-periodic parametrlar uchun ishlaydi.

Muhokama

Tashqi muhit ta’siri vaqt bo‘yicha o‘zgaradigan dinamik tizimlarni modellashtirish klassik yondashuvlarga nisbatan bir qancha afzalliklarga ega. Birinchidan, real jarayonlarning aniqroq tavsifi mumkin bo‘ladi. Ikkinchidan, prognozlash aniqligi oshadi. Uchinchidan, boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqish imkoniyati kengayadi. Biroq ba’zi qiyinchiliklar mavjud. Parametrlarning aniq emasligi, real sharoitdagi tasodifiyliklar va hisoblash murakkabligi asosiy cheklovlardir. Keyingi izlanishlarda stoxastik differensial modellarni qo‘llash zarurligi ta’kidlanadi.

O‘zbekiston sharoitida ekologik monitoring tizimlarini yaratish, davlat ekologiya siyosatini shakllantirish va sanoat zonalaridagi ifloslanishni boshqarishda ushbu yondashuvlar amaliy ahamiyatga ega. Populyatsion dinamika modellari qishloq xo‘jaligi zararkunandalari yoki tabiiy resurslarni boshqarishda foydali bo‘lishi mumkin. Mexanik tizimlar modellari esa texnik qurilmalar va transport vositalarining dinamikasini o‘rganishda qo‘llanilishi mumkin.

Muhokama qilingan yondashuvlar xalqaro tadqiqotlar bilan uyg‘un. Vaqtga bog‘liq parametrlarni baholash, deep generative modeling va reaction-diffusion tizimlaridagi vaqtga bog‘liq domenlar kabi zamonaviy usullar global ilmiy jamiyatda faol o‘rganilmoqda. O‘zbekiston olimlari ushbu yo‘nalishda o‘z hissalarini qo‘shishlari mumkin.

Xulosa va takliflar

Xulosa qilib aytganda, tashqi muhit ta’siri vaqt bo‘yicha o‘zgaradigan dinamik tizimlarni differensial tenglamalar yordamida modellashtirish zamonaviy fan va texnikaning dolzarb yo‘nalishidir. Klassik avtonom modellardan nostatsionar modellarga o‘tish real jarayonlarni aniqroq tavsiflash imkonini beradi. Ekologik, populyatsion va mexanik tizimlar misolida ko‘rsatilganidek, tashqi omillarni hisobga olish barqarorlik tahlili va prognozlash sifatini oshiradi.

Takliflar:

Birinchidan, O‘zbekiston oliy o‘quv yurtlarida nostatsionar dinamik tizimlar bo‘yicha maxsus kurslar joriy etish.

Ikkinchidan, ekologik monitoring va sanoat jarayonlarida differensial tenglamalar asosidagi modellarni amaliyotga keng joriy qilish.

Uchinchidan, stoxastik va ma’lumotlarga asoslangan yondashuvlarni rivojlantirish bo‘yicha tadqiqotlarni kuchaytirish.

To‘rtinchidan, xalqaro hamkorlikni kengaytirib, yangi usullarni mahalliy sharoitga moslashtirish.

GLOBAL SCHOLARS
SCIENTIFIC PUBLISHING

Beshinchidan, hisoblash texnologiyalari va dasturiy ta’minotni rivojlantirish orqali murakkab modellarni yechish imkoniyatlarini oshirish.

Ushbu yo‘nalishdagi izlanishlar O‘zbekistonning barqaror rivojlanishi, ekologik xavfsizligi va texnik taraqqiyotiga hissa qo‘shadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Differensial Tenglamalar Yordamida Ekologik O‘Zgarishlarni Matematik Modellashtirish Asoslari. Journal of Innovation in Education and Social Research, 2025, 1–12-betlar.
2. Abduqaxxorova M.A. Populyatsion dinamika va ekotizimlarni differensial tenglamalar tizimlari yordamida modellashtirish. CyberLeninka, 2024, 1–15-betlar.
3. Klassik mexanika va biofizikadagi chiziqsiz differensial tenglamalar bilan ifodalangan dinamik sistemalarning matematik modeli. Journal of Samarkand State University, 2023, 84–110-betlar.

4. Usmonova R. Tizimlarni modellashtirish turlarining klassifikasiyasi. Arxiv.uz, 2014, 1–10-betlar.
5. Karimov K.A., Habibullayeva H.N. Harakat differensial tenglamalarini integrallash. Toshkent davlat texnika universiteti, 2018, 1–50-betlar.
6. Nazariy mexanika asoslari. Ziyonet.uz darslik materiallari, 2018, 200–250-betlar.
7. Xolyigitova M.N. Differensial tenglamalar sistemasi nazariyasidan ba’zi ma’lumotlar. Ilm sarchashmalari, 2026, 3–20-betlar.
8. Estimating Varying Parameters in Dynamical Systems: A Modular Framework. arXiv:2412.16198, 2024, 1–25-betlar.
9. Fourier series-based approximation of time-varying parameters in ordinary differential equations. NSF Public Access Repository, 2024, 1–18-betlar.
10. Dynamic Regulation Responding to an External Stimulus: A Differential Equation Model. Multivariate Behavioral Research, 2018, 925–939-betlar.

GLOBAL SCHOLARS
SCIENTIFIC PUBLISHING