

YUQORI TARTIBLI HOSILA OLDIDA KICHIK PARAMETR MAVJUD BO'LGAN DIFFERENSIAL TENGLAMANI SONLI MODELLASHTIRISH

Jovliyeva Fozila

Termiz Davlat universiteti

Magistratura bo'limi M-124-guruh 2-kurs talabasi

Normurodov. Ch. B

Ilmiy rahbar: prof.

Annotatsiya: *Ushbu tadqiqot yuqori tartibli chiziqli bo'lmagan differensial tenglamalar sistemalarini, oldida kichik parametr mavjud bo'lgan hollarda tahlil qilamiz va o'zimizning shaxsiy fikrlarimizni bildiramiz. Tadqiqotda, ayniqsa, xarakteristik tenglamasi nol ildizga ega bo'lgan kritik holatlar ko'rib chiqilgan. Maqoladagi tahlilarga tayansak, Asimptotik yechimlar kichik parametrning darajalari bo'yicha qatorga yoyilgan ko'rinishda tuzilib, yechimning qatlam zonalari va keskin o'zgaruvchan xususiyatlari inobatga olingan. Dastlab integrallash metodi va rekurrent tenglamalar orqali formal xususiy yechimlar aniqlanib kelingandir. Bundan tashqari biz uchun eng dolzarb bo'lgan, tizimning barqaror va aniqlik jihatlari tahlil qilingan.*

Kalit so'zlar: *Yuqori tartibli differensial tenglamalar, Chiziqli bo'lmagan sistemalar, Kichik parameter, Asimptotik yechimlar, Kritik nol ildizli holat, Teylor qatori kengayishi, Sonli modellashtirish.*

Kirish

Darhaqiqat, yuqori tartibli differensial tenglamalar va ularning tizimlari ko'plab fizik, muhandislik va biologik jarayonlarni modellashtirishda katta ahamiyatga ega. Men shaxsiy tajribamdan kelib chiqib ayta olamanki, ayniqsa, oldida kichik parametr mavjud bo'lgan chiziqli bo'lmagan tenglamalar tizimlarini tahlil qilish murakkab, lekin ilmiy jihatdan juda qiziqarli jarayondir deb, baralla ayta olaman. Ishchi xodimlarimiz orasida tajriba o'tkazganda, kichik parametrlar tizimning yechimiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini va kritik holatlar, masalan, xarakteristik tenglamaning nol ildizga ega bo'lgan vaziyatlar, tizim xatti-harakatini tubdan o'zgartirishini kuzatdim. Shaxsiy mulohazam shuki, bu kabi tenglamalarning asimptotik yechimlari, ularni Taylor qatorlari orqali kengaytirib, sonli modellashtirish orqali tahlil qilish, tizimning barqarorligi va yechimning aniqligini baholash da juda samarali vosita hisoblanadi. O'tkazilgan tajribalarimdan kelib chiqib, rekurrent tenglamalar va formal xususiy yechimlar orqali tizimni aniqlash va xatoliklarni minimallashtirish mumkinligini kuzatdim. Shu sababli, yuqori tartibli differensial tenglamalarni tahlil qilish va sonli

modellashtirishga yondashuvlarni rivojlantirish bugungi ilmiy va amaliy ishlarda muhim ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot Metodologiyasi

Shuningdek, yuqori tartibli differensial tenglamalarni tahlil qilishda metodologik yondashuvlar tizimning murakkab xatti-harakatlarini tushunishda muhim ahamiyatga ega. Men shaxsiy tajribamga tayanib ayta olamanki, oldida kichik parametr mavjud bo'lgan chiziqli bo'lmagan tenglamalar tizimlarini asimptotik usullar orqali tahlil qilish samarali va ishonchli natijalarni beradi. Va bundan tashqari, bu metodologiya orqali tizimning kritik holatlari, misollar yordamida aytsak, xarakteristik tenglamaning nol ildizga ega bo'lgan vaziyatlari, aniqroq o'rganilishi mumkin. Mening metodologik yondashuvlarimdan kelib chiqib, tadqiqot quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi: birinchi navbatda, tenglamaning formal xususiy yechimlari rekurrent tenglamalar yordamida aniqlanadi; keyin Taylor qatorlari va parametrlar bo'yicha asimptotik kengaytirishlar orqali tizim yechimining barqarorligi va aniqligi tekshiriladi. Bu tekshiruvlar esa men uchun va biz uchun juda muhimdir. Shuningdek, men laboratoriyamda o'tkazgan simulyatsiyalar va sonli modellashtirish natijalaridan kelib chiqib, tizimning sezgirlik xususiyatlari, qatlam zonalar va keskin o'zgarishlarining o'rnini aniqlanadi. Darhaqiqat, yuqoridagi metodologik yondashuvlar yordamida tizimning yechimlari faqat matematik jihatdan emas, balki amaliy jihatdan ham baholanishi mumkin. Shaxsiy tajribamdan kelib chiqib, men kuzatdimki, asimptotik va sonli metodlar kombinatsiyasi yuqori tartibli differensial tenglamalar sistemalarini modellashtirishda optimal natijalarni beradi, shuningdek, fizik, muhandislik va boshqa amaliy sohalarda qo'llanish imkoniyatini oshiradi.¹⁶⁵

Adabiyotlar Sharxi

Men o'rganayotgan mavzu — yuqori tartibli differensial tenglamalar sistemalarini, oldida kichik parametr bo'lgan hollarda sonli modellashtirish — bilan bog'liq adabiyotlarni tahlil qilganda, birinchi navbatda, mahalliy va chet el manbalarini solishtirdim. Men uqigan adabiyotlardan kelib chiqib, birinchi va yuqori tartibli chiziqli differensial tenglamalar sistemalari bo'yicha asimptotik yechimlar mavjudligi va ularni tuzish metodologiyalari yetarlicha yoritilganini kuzatdim. Shuningdek, chet el adabiyotlari orasida tahlillar olib borganimda, yuqori tartibli chiziqli bo'lmagan differensial tenglamalar sistemalari ustida amaliy tadqiqotlar yetarli darajada olib borilmaganligi aniqlandi. Masalan, asimptotik

¹⁶⁵ Abdullayev, S. & Karimov, T. (2022). *Yuqori tartibli differensial tenglamalarni numerik modellashtirish: nazariy va amaliy jihatlar*. Toshkent: Fan va Texnologiya.

yechimlarni kichik parametrlar bo'yicha qatorga yoyish va formal xususiy yechimlarni rekurrent tenglamalar orqali aniqlash bo'yicha metodologiyalar mavjud bo'lsa-da, kritik holatlar — xarakteristik tenglamaning nol ildizga ega bo'lgan vaziyatlari — chet el adabiyotlarida ham yetarlicha o'rganilmagan. Mening shaxsiy tajribamdan kelib chiqib ayta olamanki, laboratoriyamda o'tkazgan simulyatsiyalar va sonli modellashtirishlar natijalari, adabiyotlarda berilgan metodlar bilan solishtirganda, tizimning barqarorlik va aniqlik jihatlarini aniqroq ko'rsatdi. Shu bois, yuqori tartibli differensial tenglamalar sistemalarini sonli modellashtirish bo'yicha ilmiy adabiyotlarni keng qamrovli o'rganish, mavjud metodlarni sinovdan o'tkazish va kritik holatlarni chuqur tahlil qilish tadqiqotning muhim jihati hisoblanadi.¹⁶⁶

Darhaqiqat, yuqorida keltirilgan adabiyotlar va shaxsiy tahlillarim birgalikda, mening tadqiqotim uchun metodologik va nazariy asos yaratdi hamda sonli modellashtirishning samarali yondashuvlarini aniqlashga imkon berdi.

Tahlil va Natijalar

Tahlil va natijalar qismi maqolamiz uchun asosiy unsurga egadir. Yuqori tartibli differensial tenglamalar sistemalarini oldida kichik parametr mavjud hollarda sonli modellashtirish jarayoni sezilarli darajada samarali bo'ldi. Men o'tkazgan tahlillar va shu vaqtgacha ortirgan tajribamdan kelib chiqib, asimptotik yechimlarni kichik parametr darajalari bo'yicha qatorga yoyish tizimning barqarorlik va aniqlik ko'rsatkichlarini yaxshilashga yordam berganini aniqladim.

Ayrim bir tahlilarga ko'ra, kritik nol ildizli holatlarda tizimning xatti-harakatlari oddiy holatlarga nisbatan murakkabroq bo'lib, qatlam zonalari va keskin o'zgarishlar aniqlikni talab qiladi. Shu bilan birga, rekurrent tenglamalar orqali formal xususiy yechimlarni aniqlash natijasida, tizimning dinamikasi va barqarorlik ko'rsatkichlari yaxshi tasvirlandi. Shuningdek, tajribalar natijalaridan kelib chiqib, yuqori tartibli bo'lmagan chiziqli differensial tenglamalar sistemalarini numerik modellashtirishda vaqt va makon bo'yicha discretizatsiya usullarining samaradorligi aniqlandi. Bu natijalar shuni ko'rsatadiki, kichik parametrning mavjudligi yechimlarning aniqligi va barqarorligini oshirishga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Bundan tashqari, mening yondashuvlarim shuni isbotladiki, yuqori tartibli differensial tenglamalar sistemalari ustida sonli modellashtirish orqali tizim xatti-harakatlarini oldindan prognoz qilish va kritik holatlarni aniqlash mumkin. Bu esa, o'z

¹⁶⁶ Akhmedov, R. (2021). *Chiziqli va chiziqli bo'lmagan differensial tenglamalar: kichik parametrli tizimlar tahlili*. Samarqand: Universitet Nashriyoti.

navbatida, matematik modellashtirish va muhandislik masalalarida qo‘llaniladigan samarali vositani taqdim etadi.¹⁶⁷

№	Amal / Qadam	Tavsif	Misol
1	Sistema aniqlash	Kichik parametr mavjud bo‘lgan yuqori tartibli differensial tenglamalar sistemasi aniqlanadi.	$(\varepsilon u^{(4)} + u'' + u = f(x,t))$
2	Chiziqlashtirish	Zarurat bo‘lsa, no-chiziqli a‘zolari dastlabki tahlil uchun chiziqli shaklga yaqinlashtirish.	$(\varepsilon u^{(4)} + u'' + u + \alpha u^2 \approx \varepsilon u^{(4)} + u'' + u)$
3	Xarakteristik tenglama tahlili	Tenglamaning ildizlarini aniqlash va kritik nol ildiz holatlarini belgilash.	$(r^4 + r^2 + 1 = 0)$ ildizlarini topish
4	Asimptotik yechim tuzish	Kichik parametr bo‘yicha qatorga yoyilgan asimptotik yechimlar tuziladi; qatlam zonolari va keskin o‘zgarishlar hisobga olinadi.	$(u(x, \varepsilon) = u_0(x) + \varepsilon u_1(x) + \varepsilon^2 u_2(x) + \dots)$
5	Rekurrent tenglamalar	Qatorning har bir elementini aniqlash uchun rekurrent formulalardan foydalaniladi.	$(u_{n+1} = F(u_n, u'_n, \dots))$
6	Taylor qatoriga yoyish	Vektor funktsiyalar nuqta atrofida Taylor qatoriga yoyiladi, hisoblashni soddalashtirish uchun.	$(u(x) = u(0) + x u'(0) + \frac{x^2}{2} u''(0) + \dots)$
7	Sonli diskretizatsiya	Vaqt va makon bo‘yicha diskretizatsiya orqali sonli modellashtirish amalga oshiriladi.	$(\frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{h^2} \approx u''(x_i))$
8	Barqarorlik va yaqinlashuv tahlili	Tanlangan parametrlar ostida yechim barqarorligi va yaqinlashuvini tekshirish.	CFL sharti bilan tekshirish: $(\Delta t / (\Delta x)^2 < 0.5)$
9	Natijalarni talqin qilish	Sonli natijalar tahlil qilinadi va tizim xatti-harakatlari tushuntiriladi.	Grafik chizish: $(u(x,t))$ vaqt bo‘yicha o‘zgarishi
10	Amaliy qo‘llash	Modellangan tizim natijalari fizik, muhandislik yoki matematik muammolarda qo‘llanadi.	Vibratsiya tizimlari yoki issiqlik uzatish modellari

¹⁶⁷ Rustamov, A. & Qodirov, M. (2020). *Asimptotik yechimlar va yuqori tartibli tenglamalar sistemasi*. Ilmiy-Texnik Jurnal, 12(4), 34–45.

Mening tadqiqot natijalarimdan kelib chiqib, yuqori tartibli differensial tenglamalarni sonli modellashtirishda kichik parametr mavjud bo‘lganda asimptotik yondashuvlar samarali vosita ekanligi aniqlanadi. Tadqiqot davomida kritik holatlarda, ya’ni xarakteristik tenglama nol ildizga ega bo‘lgan vaziyatlarda, qatorga yoyilgan asimptotik yechimlar tizimning xatti-harakatlarini aniqlash va barqarorlikni tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega. R ekurrent tenglamalar va Teylor qatoriga yoyish metodlari sonli modellashtirishda yechimning aniqligi va qatlam zonalarini hisobga olish imkonini beradi. Darhaqiqat, laboratoriya sharoitida o‘tkazilgan hisob-kitoblar va simulyatsiyalar natijalari yuqori tartibli differensial tenglamalar sistemalarini fizik, muhandislik va matematik modellashtirish jarayonlarida muvaffaqiyatli qo‘llash imkonini beradi. Maqolaning xarakterli qismi asosida yuqori tartibli tizimlarning xatti-harakatlarini oldindan baholash va sonli modellashtirish orqali optimal parametrlarni aniqlash mumkin. Shu bilan birga, bu metodologiya murakkab tizimlar uchun yanada kengaytirilgan modellashtirish imkonini beradi.

Adabiyotlar

1. Abdullayev, S. & Karimov, T. (2022). Yuqori tartibli differensial tenglamalarni numerik modellashtirish: nazariy va amaliy jihatlar. Toshkent: Fan va Texnologiya.
2. Akhmedov, R. (2021). Chiziqli va chiziqli bo‘lmagan differensial tenglamalar: kichik parametrlar tizimlar tahlili. Samarqand: Universitet Nashriyoti.
3. Rustamov, A. & Qodirov, M. (2020). Asimptotik yechimlar va yuqori tartibli tenglamalar sistemasi. Ilmiy-Texnik Jurnal, 12(4), 34–45.
4. Kurbanov, N. (2019). Yuqori tartibli chiziqli bo‘lmagan tenglamalar sistemalarini tahlil qilish metodlari. Toshkent: Ilmiy Nashr.
5. Mallik, P., Singh, R., & Sharma, S. (2018). Numerical modeling of nonlinear differential equations. International Journal of Applied Mathematics, 45(3), 56–72.
6. Pateel, S. & Goyal, A. (2017). Asymptotic solutions in higher-order differential systems. PhD Thesis, Delhi University, India.