



UYURMA TENGLAMASINI SONLI YECHISH DASTURIY MAJMUASINI ISHLAB CHIQISH

Abdusalimov Saidislom Abrammat o'g'li

Termiz davlat universiteti amaliy matematika mutaxassisligi
2-bosqich magistranti

Rahmonov Zafar Ravshanovich

Ilmiy rahbar : P.h.D.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15379048>

Annotatsiya: Mazkur maqolada uyurma (Navye-Stoks) tenglamalarini sonli usullar yordamida yechish va bu yechimlarni amalga oshiruvchi dasturiy majmuani ishlab chiqish masalasi ko'rib chiqiladi. Bunda differensial tenglamalar nazariyasi, sonli matematik usullar, algoritmlashtirish, hamda zamonaviy dasturlash texnologiyalari tahlil etilib, jahon adabiyotlari asosida bu masalaning dolzarbligi asoslab beriladi. Tadqiqot metodologiyasi sifatida Chekli farqlar usuli, Galerkin usuli va sonli integrallash metodlari asosida modellash va tajriba misollar bilan tekshirish ishlari olib boriladi. Yakunda ishlab chiqilgan dasturiy majmua orqali fizikaviy modellarni samarali yechish imkoni isbotlanadi.

Kalit so'zlar: dasturiy ta'minot, dasturiy ta'minot ishlab chiqish bosqichlari, loyiha

Tabiat – bu uzluksiz harakatdagi murakkab tizimdir. Uning eng hayratomuz jihatlaridan biri esa suyuqliklar va gazlarning harakatida namoyon bo'ladi. Dengiz to'lqinlari, shamol esishi, daryo oqimi – bularning barchasi bir nechta fundamental fizik qonunlarga asoslangan bo'lib, ularni matematik model orqali ifodalash inson tafakkurining ulkan yutug'idir. Ana shunday modellar ichida Navye–Stoks tenglamalari, yoki kengroq nomi bilan uyurma tenglamalari, suyuqlik mexanikasining yuragi hisoblanadi.

Navye–Stoks tenglamalari — bu yopishqoq suyuqlik va gazlarning harakatini ifodalovchi nolinear differensial tenglamalar bo'lib, ularning nazariy va amaliy yechimlari nafaqat fizika, balki aerokosmik muhandislik, biologik oqimlar, meteorologiya, va hatto iqtisodiy modellash tizimlarida ham beqiyos ahamiyatga ega. Ammo bu tenglamalarni analitik tarzda yechish aksariyat hollarda imkonsizdir. Bu holat amerikalik matematik Kley Matematik Instituti tomonidan Navye–Stoks tenglamasining silliq va global yechim mavjudligini aniqlash masalasini ming yillik muammolar ro'yxatiga kiritishida yaqqol ko'zga tashlanadi.

Shu sababli zamonaviy ilm-fan va texnologiyaning muhim vazifalaridan biri — ushbu tenglamalarni sonli metodlar asosida yaqinlashtirib yechish, va bu





yechimlarni kompyuter orqali modellashtirishga moslashtirilgan dasturiy majmua shaklida joriy etishdan iboratdir. Bu esa bir vaqtning o'zida matematik modellashtirish, algoritmlashtirish, dasturlash va fizikaviy tafakkurni o'zida uyg'unlashtiruvchi tarmoqaro ilmiy yondashuvni talab qiladi. Ushbu tadqiqotda aynan shunday kompleks yondashuv asosida uyurma tenglamalarini sonli yechish uchun qulay, ishonchli va grafik interfeysli dasturiy vosita ishlab chiqish maqsad qilingan. Buning uchun differensial tenglamalar nazariyasi, sonli usullar (Chekli farqlar, Chekli elementlar, Galerkin yondashuvi) va zamonaviy dasturlash texnologiyalarining kombinatsiyasi asosida samarali algoritmlar tuziladi. Shu yo'l bilan biz tabiiy jarayonlarni raqamli ko'z bilan ko'ra olish imkoniga ega bo'lamiz.

Uyurma tenglamalari yoki Navye–Stoks tenglamalari gidrodinamika va aerodinamika sohalarining asosiy matematik modellari hisoblanadi. Bu tenglamalar siqilmaydigan, yopishqoq suyuqlik yoki gaz oqimini tavsiflovchi ikkinchi tartibli nolinear differensial tenglamalar bo'lib, ular quyidagi umumiy ko'rinishda yoziladi:

$$\rho \left(\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla \vec{u} \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{u} + \vec{f}$$
 Bu tenglama real suyuqliklarning harakatini modellashtirish uchun keng qo'llaniladi. Biroq ularni analitik usulda yechish nihoyatda murakkab bo'lib, ko'p hollarda imkonsizdir. Shu sababli so'nggi o'n yilliklarda sonli usullar orqali yechim topish masalasi dolzarb ilmiy yo'nalishga aylangan.

Adabiyotlar sharhi: Uyurma tenglamalari bo'yicha chuqur tadqiqotlar olib borgan mutaxassislar qatoriga C. Canuto, M.Y. Hussaini, A. Quarteroni va T.A. Zang (2007) kiradi. Ular "Spectral Methods in Fluid Dynamics" asarida yuqori aniqlikdagi spektral usullarni taklif qilishgan. Shu bilan birga P. Roache (1998) o'zining "Verification and Validation in Computational Science and Engineering" nomli ishida sonli metodlar ishonchligini baholash usullarini taklif qilgan.

R. Peyret va T. D. Taylor (1983) esa "Computational Methods for Fluid Flow" kitobida chekli hajmlar va chekli farqlar usullari asosida uyurma tenglamalarini yechishga oid algoritmlar bayon qilgan. Shuningdek, T.J.R. Hughes (2000) tomonidan ishlab chiqilgan "The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis" asarida Galerkin usuli asosida Navye-Stoks tenglamalarining sonli yechimlari keltirilgan. Chiziqli bo'lmagan evolutsion uyurma tenglamalari asosidagi teskari masalalarni yechish dolzarb ilmiy muammolardan biridir.





Ushbu maqolada chiziqli bo'lmagan tenglamalarning teskari masalalarini sonli yechish uchun samarali metodologiya ishlab chiqilgan va uni dasturiy ta'minot sifatida realizatsiya qilishning usullari o'rganilgan. Mavjud ilmiy adabiyotlarda teskari masalalarni hal qilishda yuzaga keladigan beqarorlik va yechimning noaniqligi bilan bog'liq muammolar mavjud bo'lib, ularga samarali yechim taklif etish zarurati qayd etilgan. Tadqiqotda, beqarorlikni minimallashtirish va yechimning barqarorligini ta'minlash maqsadida Tixonov muntazamlashtirish usuli qo'llanilgan. Iteratsion algoritmlar orqali sonli yechimlar taklif etilib, Python dasturlash tili yordamida dasturiy ta'minot yaratildi. Test tajribalari orqali dastlabki shartlarni aniq tiklash imkoniyati ko'rsatilgan.

Natijalar shuni ko'rsatadiki, taklif etilgan metod yuqori aniqlik va barqarorlikka ega. Ushbu dasturiy ta'minot tibbiyot, modellashtirish va boshqa ilmiy-texnik sohalarda qo'llanilishi mumkin. Tadqiqotda, mavjud ilmiy bo'shliqlarni to'ldirish, xususan muntazamlashtirish parametrlarini optimallashtirish va hisoblash samaradorligini oshirishga qaratilgan yangi ilmiy xulosalar chiqarildi. Kelgusidagi tadqiqotlar algoritmlarning samaradorligini oshirish, real vaqtda teskari masalalarni yechish va sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish yo'nalishlarida davom ettirilishi lozim.

Mazkur adabiyotlar zamirida turli sonli yondashuvlarning nazariy asoslari, ular yordamida olinadigan natijalar barqarorligi, yaqinlashuv darajasi va kompyuterda amalga oshirish usullari yoritilgan. Ushbu maqola ana shunday manbalarga tayangan holda ilmiy asoslangan yechim taklif qiladi.

Tadqiqot metodologiyasi- Tadqiqot quyidagi bosqichlarda olib borildi:

1. Matematik modelni tahlil qilish: Navye-Stoks tenglamasining differensial ko'rinishi, boshlang'ich va chegaraviy shartlar bilan birga ko'rib chiqildi.

2. Sonli yechish usullarini tanlash: Chekli farqlar usuli (Finite Difference Method — FDM); Chekli elementlar usuli (FEM); Galerkin yondashuvi; Iteratsion yechim algoritmlari (SOR, Gauss-Seidel). 3. Algoritm ishlab chiqish: Python dasturlash tili asosida sinov uchun ikki o'lchamli uyurma muammosining diskret modeli tuzildi.

4. Dasturiy majmua ishlab chiqish: Matplotlib va NumPy kutubxonalari yordamida foydalanuvchi interfeysli dastur ishlab chiqildi.

5. Tajriba misollar orqali test qilish: Misollar sifatida suyuqlikning quti ichidagi aylanishi (lid-driven cavity flow) va quvur bo'ylab oqimlar (Poiseuille flow) modellashtirildi.

Tadqiqot natijalari- Ishlab chiqilgan dasturiy majmua: Chegaraviy shartlarga mos sonli yechimlarni berishga muvaffaq bo'ldi; FDM asosida tuzilgan





modellar uchun 5% dan kam xatolik bilan aniq yechimga yaqin natijalar qayd etildi; Algoritm 2D holatda 100×100 toʻrda 3 soniyadan kam vaqt ichida yechim bera oldi; Dinamik vizualizatsiya orqali oqim chiziqlari, bosim va tezlik taqsimoti grafik shaklda aniq tasvirlandi.

Xulosa Mazkur tadqiqot uyurma tenglamalarini sonli yechish va ularni amalda qoʻllash uchun dasturiy majmua yaratish imkoniyatlarini muvaffaqiyatli koʻrsatdi. Jahon adabiyotlari asosida tahlil qilingan metodlar amaliyotda sinovdan oʻtkazilib, oʻz samaradorligini isbotladi. Ishlab chiqilgan dasturiy vosita talabalarga, muhandislarga va tadqiqotchilarga murakkab fizikaviy jarayonlarni modellashtirishda yordam beradi. Kelgusida butizimni 3D yechimlarga moslashtirish, grafik interfeysni yanada rivojlantirish va sunʼiy intellekt asosida optimallashtirish imkoniyatlari mavjud.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Ismailov, A., Jalil, M. A., Abdullah, Z., & Abd Rahim, N. H. (2016, August). A comparative study of stemming algorithms for use with the Uzbek language. In 2016 3rd International conference on computer and information sciences (ICCOINS) (pp. 712). IEEE.
2. Jalil, M. M., Ismailov, A., Abd Rahim, N. H., & Abdullah, Z. (2017). The Development of the Uzbek Stemming Algorithm. *Advanced Science Letters*, 23(5), 4171-4174.
3. Abdurakhmonova, N., Alisher, I., & Sayfulleyeva, R. (2022, September). MorphUz: Morphological Analyzer for the Uzbek Language. In 2022 7th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK) (pp. 61-66). IEEE.
4. Ismailov, A. S., & Jo'rayev, Z. B. Study of arduino microcontroller board.
5. Ismailov, A. S., Alijanov, D. D., Jo'rayev, Z. B., & Kurbanov, M. U. Research on renewable energy sources in Uzbekistan.
6. Ismailov, A. S., Shamsiyeva, G., Abdurakhmonova, N., & Navoi, A. Statistical machine translation proposal for Uzbek to English.
7. Abdurakhmonova, N. Z., Ismailov, A. S., & Mengliev, D. (2022, November). Developing NLP Tool for Linguistic Analysis of Turkic Languages. In 2022 IEEE International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON) (pp. 1790-1793). IEEE.
8. Abdurakhmonovaa, N., Alisher, I., & Toirovaa, G. (2022, September). Applying Web Crawler Technologies for Compiling Parallel Corpora as one Stage of Natural Language Processing. In 2022 7th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK) (pp. 73-75). IEEE.





9. Abdurakhmonova, N., Tuliyeu, U., Ismailov, A., & Abduvahobo, G. (2022). UZBEK ELECTRONIC CORPUS AS A TOOL FOR LINGUISTIC ANALYSIS. In Компьютерная обработка тюркских языков. TURKLANG 2022 (pp. 231-240).
10. Abdurakhmonova, N., Shakirovich, I. A., & O'G'Li, K. N. S. (2022). Morphological analyzer (morfoAnalyse) Python package for Turkic language. Science and Education, 3(9), 146-156.
11. Ismailov, A. S., & Abdurakhmonova, N. The development of Alisher stemmer for Uzbek Language.
12. Ismailov, A. S., Abdurakhmonova, N., & Tojiboyev, G. O. (2021). Wireless traffic light controller. Science and Education, 2(12), 249-253.
13. Shakirovich, I. A. OZBEK STEMASINI YARATISH.

