

MUHAMMAD AL-XORAZMIY  
NOMIDAGI TATU FARG'ONA FILIALI  
FERGANA BRANCH OF TUIT  
NAMED AFTER MUHAMMAD AL-KHORAZMI

# “AL-FARG‘ONIIY AVLODLARI”

ELEKTRON ILMIY JURNALI | ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

## TA'LIMDAGI ILMIY, OMMABOP VA ILMIY TADQIQOT ISHLARI



4-SON 1(8)  
2024-YIL

TATU, FARG'ONA  
O'ZBEKISTON



## O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VAZIRLIGI

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI  
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI  
FARG'ONA FILIALI

**Muassis:** Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali.

**Chop etish tili:** O'zbek, ingliz, rus. Jurnal texnika fanlariga ixtisoslashgan bo'lib, barcha shu sohadagi matematika, fizika, axborot texnologiyalari yo'nalishida maqolalar chop etib boradi.

**Учредитель:** Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми.

**Язык издания:** узбекский, английский, русский. Журнал специализируется на технических науках и публикует статьи в области математики, физики и информационных технологий.

**Founder:** Fergana branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorazmi.

**Language of publication:** Uzbek, English, Russian. The magazine specializes in technical sciences and publishes articles in the field of mathematics, physics, and information technology.

2024 yil, Tom 1, №4  
Vol.1, Iss.4, 2024 y

ELEKTRON ILMIY JURNALI

ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

«Al-Farg'oniyl avlodlari» («The descendants of al-Fargani», «Potomki al-Fargani») O'zbekiston Respublikasi Prezidenti administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligida 2022-yil 21 dekabrda 054493-son bilan ro'yxatdan o'tgan.

Jurnal OAK Rayosatining 2023-yil 30 sentabrdagi 343-sonli qarori bilan Texnika fanlari yo'nalishida milliy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Tahririyat manzili:  
151100, Farg'ona sh.,  
Aeroport ko'chasi 17-uy,  
202A-xona  
Tel: (+99899) 998-01-42  
e-mail: info@al-fargoniy.uz

Qo'lyozmalar taqrizlanmaydi va qaytarilmaydi.

FARG'ONA - 2024 YIL

## TAHRIR HAY'ATI

**Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti rektori, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Muxtarov Farrux Muhammadovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali direktori, texnika fanlari doktori

**Arjannikov Andrey Vasilevich,**

Rossiya Federatsiyasi Sibir davlat universiteti professori, fizika-matematika fanlari doktori

**Satibayev Abdugani Djunosovich,**

Qirg'iziston Respublikasi, Osh texnologiyalari universiteti, fizika-matematika fanlari doktori, professor

**Rasulov Akbarali Maxamatovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Axborot texnologiyalari kafedrasida professori, fizika-matematika fanlari doktori

**Yakubov Maksadxon Sultaniyazovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU «Axborot texnologiyalari» kafedrasida professori, t.f.d., professor, xalqaro axborotlashtirish fanlari Akademiyasi akademigi

**G'ulomov Sherzod Rajaboyevich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti dekani, Ph.D., dotsent

**G'aniyev Abduxalil Abdjalioviich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti, Axborot xavfsizligi kafedrasida t.f.n., dotsent

**Zayniddinov Hakimjon Nasritdinovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kompyuter injiniringi fakulteti, Sun'iy intellekt kafedrasida texnika fanlari doktori, professor

**Abdullayev Abdujabbor,**

Andijon mashinosozlik instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

**Qo'ldashev Obbozjon Hakimovich,**

O'zbekiston milliy universiteti huzuridagi Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti, texnika fanlari doktori, professor

**Ergashev Sirojiddin Fayazovich,**

Farg'ona politexnika instituti, elektronika va asbobsozlik kafedrasida professori, texnika fanlari doktori, professor

**Polvonov Baxtiyor Zaylobiddinovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha direktor o'rinbosari

**Zulunov Ravshanbek Mamatovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Dasturiy injiniring kafedrasida dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi

**Abdullaev Temurbek Marufovich,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Axborot texnologiyalari kafedra mudiri, texnika fanlar bo'yicha falsafa doktori

**Zokirov Sanjar Ikromjon o'g'li,**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo'limi boshlig'i, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori

Jurnal quyidagi bazalarda indekslanadi:



*Eslatma! Jurnal materiallari to'plamiga kiritilgan ilmiy maqolalardagi raqamlar, ma'lumotlar haqqoniyligiga va keltirilgan iqtiboslar to'g'riligiga mualliflar shaxsan javobgardirlar.*

## MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Rasulov Akbarali Maxamatovich, Ibroximov Nodirbek Ikromjonovich, To‘xtasinov Azamat G‘ofurovich, NOYOB MIS METALL KLASTERLARINING GEOMETRIK TUZILISHINI KOMPYUTER EKSPERIMENTI ORQALI TADQIQ ETISH	7-11
Далиев Бахтиёр Сирожидинович, Решение уравнения Абеля методом оптимальных квадратурных формул	12-15
Saidov Mansurjon Inomjonovich, Tartiblangan statistikalarda baholarni topish usullari	16-21
Kayumov Ahror Muminjonovich, TRIKOTAJ TO‘QIMASI TARKIBIDAGI IP XUSUSIYATLARI VA DEFORMATSIYAGA TA’SIRI	22-27
Muradov Farrux Abdulkaxarovich, Kucharov Olimjon Ruzimurotovich, Narzullayeva Nigora Ulugbekovna, Eshboyeva Nodira Faxriddinovna, GAZLI ARALASHMALAR VA ZARARLI MODDALARNING ATMOSFERADA TARQALISHI MASALASINI YUQORI TARTIBLI APPROKSIMATSIYANI QO‘LLAGAN HOLDA UNI SONLI YECHISH ALGORITMI	28-37
Maniyozov Oybek Azatboyevich, NAVIER-STOKES TENGLAMASINI KLASSIK HAMDA KLASSIK BO‘LMAGAN YECHIMLARINI VA UNING O‘ZIGA XOSLIGI	38-44
Tillavoldiyev Azizbek Otabelik o‘g‘li, Tibbiy tasvirlarda reprezentativ psevdooobyektlarni segmentatsiyalash algoritmi	45-51
Fayziev Shavkat Ismatovich, Karimov Sherzod Sobirjonovich, Muxtarov Alisher Muxtorovich, DDoS hujumlarni aniqlashda neyron tarmoqlarga asoslangan gibrid modellarni ishlab chiqish	52-58
Rasulmuxamedov Maxamadaziz Maxamadaminovich, Shukurova Shohsanam Bahridin qizi, Mirzaeva Zamira Maxamadazizovna, MURAKKAB SHAKLLI, HAJMLI JISMLARNING ELASTOPLASTIK DEFORMATSIYASINING MATEMATIK MODELLARINI QURISH	59-63
Uzakov B.M., Melikuziyev M.R., TARELKALI TURDAGI REKTIKATSIYA KOLONNANING HARORAT KO‘RSATKICHLARINI MOSLASHUVCHAN BOSHQARISH	64-72
Порубай Оксана Витальевна, Эволюционные алгоритмы в задачах оптимизации режимов работы региональных энергосистем	73-77
Musayev Xurshid Sharifjonovich, TRIKOTAJ TO‘QIMA TASVIRLARINI ANIQLASH VA RAQAMLI ISHLOV BERISH USULLARI	78-81
Нурдинова Разияхон Абдихаликовна, ПОЛУПРОВОДНИКИ КАК МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕРМОГЕНЕРАТОРОВ В МЕДИЦИНЕ	82-85
Мовлонов Пахловон Ибрагимович, ДЕГРАДАЦИЯ СЭ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА И ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ	86-90
Севинов Жасур Усманович, Темербекова Барнохон Маратовна, Маманазаров Улугбек Бахтиёр угли, Бекимбетов Баходир Маратович, Синтез методов цифровой регистрации в системах сбора и обработки измерительной информации для обеспечения достоверности в информационно-управляющих системах	91-96
O.S.Rayimdjonova, ISSIQLIK VA OPTOELEKTRON O‘ZGARTIRGICHLARNING ASOSIY TAVSIFLARI VA UMUMIY MASALALARI	97-100
Muradov Farrux Abdulkaxarovich, Narzullayeva Nigora Ulugbekovna, Kucharov Olimjon Ruzimurotovich, Eshboyeva Nodira Faxriddinovna, ATMOSFERANING CHEGARAVIY QATLAMIDA GAZLI ARALASHMALAR VA ZARARLI MODDALARNING TARQALISHI MASALASINI O‘ZGARUVCHILARNI ALMASHTIRISH USULI YORDAMIDA IFODALASH VA UNING SONLI YECHISH ALGORITMI	101-107
Акбаров Давлатали Егиталиевич, Акбаров Умматали Йигиталиевич, Кучкоров Мавзуржон Хурсанбоевич, Умаров Шухратжон Азизжонович, РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СИММЕТРИЧНОГО БЛОЧНОГО ШИФРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СЕТИ ФЕЙСТЕЛЯ ПО КРИПТОСТОЙКИМИ БАЗОВЫМИ ТАБЛИЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМИ	108-113
Xolmatov Abrorjon Alisher o‘g‘li, Xoshimov Baxodirjon Muminjonovich, MAZUTNI REKTIKATSIYALASH QURILMALARINING VAKUUM YARATISH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH	114-125
Goipova Xumora Qobiljon qizi, Dasturiy ta‘minotdagi xatolarni avtomatik topish va tuzatish uchun o‘qitiladigan algoritmlar	126-129
Xudoykulov Z.T., Xudoynazarov U.U., YETARLI GOMOMORFIK SHIFRLASH ALGORITMLARI YORDAMIDA AXBOROTNI KRIPTOGRAFIK HIMOYALASH	130-135
Калашников Виталий Алексеевич, ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН ПШЕНИЦЫ В МЕЖДУРЯДЬЯ ХЛОПЧАТНИКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШАРНИРНО-ПОЛОЗОВИДНОГО СОШНИКА	136-143
Ermatova Zarina Qaxramonovna, To‘qimachilik sanoatida Linter qurilmalarining ahamiyatini o‘rganish va kuzatish	144-146
Tolipov Nodirjon Isaqovich, Madibragimova Iroda Mukhamedovna, ON A NON-CORRECT PROBLEM FOR A BIHARMONIC EQUATION IN A SEMICIRCLE	147-151
Xudoykulov Zarif Turakulovich, Qozoqova To‘xtajon Qaxramon qizi, PRESENT YENGIL VAZNLI KRIPTOGRAFIK ALGORITMINING TAHLILI	152-157
D.S.Yaxshibayev, A.H.Usmonov, Yer osti sizot suvlari sathi o‘zgarishini matematik modellashtirish va sonli tadbiq qilish	158-162

## MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Tojimatov Dostonbek Xomidjon o'g'li, KIBERRAZVEDKA AMALIYOTIDA IOC, LOG VA DARK WEB MONITORING MA'LUMOTLARINING INTELLEKTUAL INTEGRATSIYASIGA ASOSLANGAN KIBERTAHDIDLARNI ERTA ANIQLASH MODELI	163-167
Mirzayev Jamshid Boymurodovich, MATNLI MA'LUMOTLARNI YASHIRIN UZATISHDA STEGANOGRAFIK USULLARDAN FOYDALANISH	168-172
Kabildjanov Aleksandr Sabitovich, Pulatov G'iyos Gofurjonovich, Pulatova Gulxayo Azamjon qizi, LSTM MODELI ASOSIDA OB-HAVO SHAROITLARINING YURAK-QON BOSIMI KASALLIKLARIGA TA'SIRINI BASHORATLASH	173-177
Erejevov Keulimjay Kaymatdinovich, SHAXSNI OVOZI ORQALI IDENTIFIKATSIYALASH ALGORITMLARI	178-183
Muxtarov Ya., Obilov H., OPERATOR USULI YORDAMIDA O'ZGARMAS KOEFFITSIENTLI CHIZIQLI DIFFERENSIAL TENGLAMALAR SISTEMASINI INTEGRALLASH	184-188
Tillaboev Muxiddinjon, PILLANI NAMLIGINI O'LCHISHNING OPTOELEKTRON QURILMASI	189-192
Atajonova Saidakhon Boratalievna, Khasanova Makhinur Yuldashbayevna, INTEGRATION OF HYBRID SYSTEM ANALYSIS METHODS TO IMPROVE DECISION-MAKING EFFICIENCY	193-196
Зулунув Равшанбек Мамагович, ТЕХНОЛОГИИ ROBOTIC PROCESS AUTOMATION В МЕДИЦИНЕ	197-200
Aliyev Ibratjon Xatamovich, Bilolov Inomjon Uktamovich, CREATING A MODEL OF THE FALL OF SOLAR ENERGY IN CERTAIN COORDINATES	201-204
Akbarov Xatam Ulmasaliyevich, Ergashev Dilshodbek Mamasidiqovich, RDB TOKARLIK DASTGOHIDA ISHLOV BERISH JARAYONINING MATEMATIK MODELINI YARATISH	205-209
Абдуллаев Темурбек Маруфжонович, Козлов Александр Павлович, Разработка интеллектуальной системы управления освещением на основе IoT - технологий	210-219
O'rinboevyev Johongir Kalbay o'g'li, Nugmanova Mavluda Avaz qizi, KLASSTERLASH USULLARI YORDAMIDA NUTQNI AVTOMATIK SEGMENTATSIYALASH	220-225
Dalibekov Lochinbek Rustambekovich, 5G TARMOQLARIDA MASSIVE MIMO TEXNOLOGIYASINI JORIY ETISHNING TAHLILI	226-232
Bozarov Baxromjon Ilxomovich, Fure almashtirishlarini taqribiy hisoblash uchun optimal kvadratur formulalar	233-235
Xusanova Moxira Qurbonaliyevna, TARMOQ QURILMALARIDA DEMILITARIZATSIYALANGAN ZONA (DMZ) NI SOZLASH ORQALI XAVFSIZLIKNI TA'MINLASH	236-239
Ravshan Indiaminov, Sulton Khakberdiyev, INTERACTION BETWEEN MAGNETIC FIELDS AND THIN SHELLS	240-244
Muradov Muhammad Murod o'g'li, Mobil aloqa tayanch stansiyalarini qayta tiklanuvchan energiya ta'minot manbalaridan foydalangan holda energiya bilan ta'minlash xususiyatlari	245-250
Kabildjanov Aleksandr Sabitovich, Pulatov G'iyos Gofurjonovich, Pulatova Gulxayo Azamjon qizi, OB-HAVO SHAROITLARINING YURAK QON BOSIMI KASALLIKLARIGA TA'SIRINI MLP MODELIDA OPTIMALLASHTIRISH	251-255
Okhunov Dilshod Mamatjonovich, Okhunov Mamatjon Xamidovich, Azizov IskandarAbdusalim ugli, Ismoilzhonov Abdullokh Farrukhbk ugli, THE USE OF BIG DATA IN THE DIGITAL ECONOMY	256-260
Abduraimov Dostonbek Egamnazar o'g'li, ELASTIKLIK NAZARIYASI MASALASIGA LIBMAN TIPIDAGI ITERATSION USULNI QO'LLASHNING MATEMATIK MODELI	261-266
Мамадалиев Фозилжон Абдуллаевич, Новый подход составления математической модели для определения параметров торможения автомобиля в экстремальных условиях эксплуатации	267-269
Nasriddinov Otadavlat Usubjonovich, FIZIK MASALALARNI MATEMATIK PAKETLAR YORDAMIDA MODELLASHTIRISH	270-272
Jo'rayev Mansurbek Mirkomilovich, Ro'zaliyev Abdumalikjon Vahobjon o'g'li, AVTOMATLASHTIRILGAN MONITORING TIZIMI SIMSIZ SENSOR TARMOG'IDA MA'LUMOTLARNI UZATISH	273-278
Shamsiyeva Xabiba Gafurovna, VIDEO MA'LUMOTLARGA ISHLOV BERISH VA KOMPYUTERLI KO'RISH ALGORITMLARINING APPARAT DASTURIY MAJMUI	279-284
Atajonov Muhiddin Odiljonovich, AVTONOM FOTOELEKTRIK MODULNI MODELLASHTIRISH	285-288
J.M. Kurbanov, S.S.Sabirov, J.J.Kurbonov, NANOKATALIZATOR OLIH TEXNOLOGIYASIDA "NAVBAHOR" BENTONITINI QURITISH VA KUYDIRISH JARAYONLARINING TERMOGRAVIMETRIK TAHLILI	289-293
Umarov Shukhratjon, Rakhmonov Ozodbek, ASSESSMENT OF THE LEVEL OF SECURITY AVAILABLE IN 4G AND 5G MOBILE COMMUNICATION NETWORKS	294-297
Soliyev Bahromjon Nabijonovich, Elektron tijorat savdolarini dasturiy yondashuvi tahlilida metodlar, matematik model va amaliy ko'rsatkichlar	298-302
Asrayev Muhammadmullo Abdullajon o'g'li, SINFLAR ORASIDAGI MASOFA, QAROR QABUL QILISH QOIDASI VA AJRATISH FUNKSIYASI	303-305

## MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Polvonov Baxtiyor Zaylobidinovich, Khudoyberdieva Muxayyoxon Zoirjon qizi, Abdubannabov Mo'yudinjon Iqboljon o'g'li, Ergasheva Gulruksor Qobiljon qizi, Tohirjonova Zahro Shovkatjon qizi, Mamasodiqov Shohjahon, CHARACTERIZATION OF PHOTOLUMINESCENCE SPECTRUM OF CHALCOGENIDE CADMIUM-BASED SEMICONDUCTOR POLYCRYSTALLINE FILMS	306-315
Sharibayev Nosirjon Yusupjanovich, Musayev Xurshid Sharifjonovich, TRIKOTAJ TO'QIMALARINI REAL VAQT REJIMIDA ANIQLANGAN NUQSONLARNI TAHLIL QILISH	316-320
Эргашев Отабек Мирзапулатович, Асомиддинов Бекзод, СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	321-326
Djurayev Sherzod Sobirjonovich, Ermatova Zarina Qaxramonovna, YANGI KONSTRUKSIYADAGI MULTISIKLON QURILMASINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH	327-331
J.M. Kurbanov, S.S.Sabirov, J.J.Kurbonov, "NAVBAHOR" BENTONITINING MODIFIKATSIYALANGAN NAMUNASINI O'YUCH EMMda QIZDIRISH HARORATIGA QARAB TEKSTURA XUSUSIYATLARINING O'ZGARISHI	332-337
Sharibayev Nosirjon Yusubjanovich, Kayumov Ahror Muminjonovich, SINOV YORDAMIDA TRIKOTAJ MAXSULOTLARINI SHAKL SAQLASH VA DEFORMATSIYALANISH JARAYONLARINI MONITORINGI	338-343
Muminov Kamolkhon Ziyodjon o'g'li, Artificial Intelligence in Cybersecurity, Revolutionizing Threat Detection and Response Systems	344-347
Тажибаев Илхом Бахтиёрович, ОБРАБОТКА МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ В РАДИОЧАСТОТНЫХ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	348-351
Karimov Sardor Ilhom ugli, Sotvoldiyeva Dildora Botirjon qizi, Karimova Barnokhon Ibrahimjon qizi, COMPARISON OF MULTISERVICE REMOTE SENSING DATA FOR VEGETATION INDEX ANALYSIS	352-354
Abdurasulova Dilnoza Botirali kizi, PNEUMATIC AND HYDRAULIC TECHNICAL TOOLS OF AUTOMATION	355-359
Абдукадилов Бахтиёр Абдувахитович, СПОСОБЫ НАСТРОЙКИ ВЕСОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ПРИ ОБУЧЕНИИ ДАННЫХ В НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ	360-365
Turakulov Otabek Xolmirzayevich, Mamaraufov Odil Abdixamitovich, IJTIMOYI TARMOQLARDA ELEKTRON MATNLI MA'LUMOTLARNI TASNIFLASHNING NEYRON-NORAVSHAN ALGORITMI	366-370
Asrayev Muhammadmullo Abdullajon og'li, Muxtoriddinov Muhammadyusuf Temirxon o'g'li, REGIONS APPLICATIONS SYSTEMS RECOGNITION	371-373
Raximov Baxtiyor Nematovich, Yo'ldosheva Dilfuza Shokir qizi, Majmuaviy markazlashtirilgan tizimlarning arxitekturasi va funksiyalari	374-378
Нурилло Мамадалиев Азизиллоевич, Моделирование конфликтных ситуаций телевизионных изображений в процессе обработки видеoinформации	379-381
A.A. Otaxonov, ОБНАРУЖЕНИЕ И ОЦЕНКА ФИШИНГОВЫХ URL-АДРЕСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	382-390
Akbarov Xatam Ulmasaliyevich, Ergashev Dilshodbek Mamasodiqovich, X12M MARKALI PO'LAT UCHUN TERMOSIKLLI ISHLOV BERISHNI AMALGA OSHIRISH PARAMETRLARI	391-396
Abdukodirov Abduvaxit Gapirovich, Abdukadirov Baxtiyor Abduvaxitovich, YUZ TASVIRLARINI GEOMETRIK NORMALLASHTIRISH ALGORITMINI ISHLAB CHIQISH	397-401
D.B.Abdurasulova, T.U.Abduhafizov, RAQAMLI IQTISODIYOTNING O'SISHI VA UNING TADBIRKORLIK FAOLIYATIGA TA'SIRI	402-405
Ibragimov Navro'zbek Kimsanbayevich, Hududiy oliy ta'lim muassasalarida raqobat ustunligini ta'minlashning diagnostik tahlil qilish uchun dasturiy ta'minot	406-413
Melikuziyev Azimjon Latifjon ugli, USING COMPUTER-SIMULATOR PROGRAMS IN TEACHING PARALINGUISTIC UNITS	414-417
Soliev B.N., Ismoilova M.R., ELEKTRON TIJORATDA QAYTARILISHLARNI OPTIMALLASHTIRISH VA ULARNING NATIJALARI	418-421
Ergashev Otabek Mirzapulatovich, FUZZY RULE BASE DESIGN FOR NUMERICAL DATA ANALYSIS	422-428
Abdukadirova Gulbahor Xomidjon qizi, Abduqodirova Mohizoda Ilxomidin qizi, YUZ TASVIRLARIGA DASTLABKI ISHLOV BERISHDA NEYRON TARMOQ ALGORITMLARINI QO'LLASH SAMARADORLIGI	429-436
Садикова Мунира Алишеровна, ТРАНСФОРМАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ	437-444
Pulatov Sherzod Utkurovich, Djumaniyazov Otabek Baxtiyarovich, THE ROLE OF IoT TECHNOLOGIES IN MONITORING THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE KHOREZM REGION	445-448
Mukhammadyunus Norinov, RESEARCH ON INCREASING THE BRIGHTNESS OF TELEVISION IMAGES	449-455
Arabboyev Alisher Avazbek o'g'li, DIFFIE-HELLMAN ALGORITMI VA XAVFSIZ KALIT ALMASHISH PROTOKOLLARI	456-458
Raximov Baxtiyor Nematovich, G'oiyova Xumora Qobiljon qizi, Ovoz tovushlari intellektual taxlili asosida videokuzatuz tizimini boshqarish	459-462

## NAVIER-STOKES TENGLAMASINI KLASSSIK HAMDA KLASSIK BO'LMAGAN YECHIMLARINI VA UNING O'ZIGA XOSLIGI

Maniyozov Oybek Azatboyevich,  
TATU Farg'ona filiali assistenti  
maniyozovo@gmail.com

**Annotatsiya:** XX asrda Navier-Stokes 1930-yillarda Lerayning dastlabki tadqiqotlaridan so'ng, matematiklarning e'tibori tenglamalarga ortib bordi, unda bu tenglamalarning yechimlari yagona bo'lishi mumkinligi va bu turbulentslik bilan bog'liq bo'lishi mumkinligi taklif qilindi. Lerayning ishi XX asr funksional tahlilining sezilarli rivojlanishiga turtki bo'ldi va ko'pincha Navier-Stokes tenglamalar zamonaviy XX asr matematik tahlilining ikkita asosiy ajdodlaridan biri bo'lib, ikkinchisi Shrodingerning kvant mexanikasi tenglamasidir.

**Kalit so'zlar:** Navie-Stokes tenglamasi, operator, Green funksiya, Direxli chegara.

**Kirish.** Navier-Stokes tenglamalari suyuqliklar va gazlar kabi suyuq muhitlarning harakati va oqimini ifodalovchi asosiy matematik modellar hisoblanadi. Ular mexanikaning asosiy qonunlari, ya'ni massa saqlanishi (kontinuitet tenglamasi), impuls saqlanishi (Ikkinchi Nyuton qonuni) va energiya saqlanishiga asoslanadi.

Navier-Stokes tenglamalarining umumiy ko'rinishi quyidagicha:

Kontinuitet tenglamasi (massa saqlanishi):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho u) = 0$$

Bu yerda:

( $\rho$ ): zichlik, ( $u$ ): tezlik vektori, ( $t$ ): vaqt.

Impuls saqlanishi (Navier-Stokes tenglamasi):

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + (u \cdot \nabla) \cdot u \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 u + f$$

Bu yerda:

( $p$ ): bosim, ( $\mu$ ): dinamik qovushqoqlik, ( $f$ ): tashqi kuchlar vektori.

Energiyaning saqlanishi (ixtiyoriy). Bu tenglama ichki energiya va issiqlik o'tkazuvchanlikni o'z ichiga oladi, lekin barcha holatlarda qo'llanilmaydi.

### Klassik yechimlar.

Klassik yechim Navier-Stokes tenglamalari uchun:

- Uzluksiz va differensial bo'lishi kerak.

- To'liq suyuqlik harakatini ifodalashi lozim.

Oddiy misollar:

1. Quvurlarda laminar oqim (Poiseuille oqimi):

To'g'ri quvurdagi doimiy, qovushqoqlik ta'siridagi laminar oqim. Bu holat analitik yechimga ega va tezlik profili parabolik bo'ladi.

2. Yassi plastinka ustida chegaraviy qatlam:

Oqimning silliq plastinka ustida shakllanishi chegaraviy qatlam teoriyasida ko'rib chiqiladi.

### Klassik bo'lmagan yechimlar.

Klassik bo'lmagan yechimlar Navier-Stokes tenglamalari uchun quyidagi sabablar tufayli yuzaga keladi:

1. Tenglamalarning noaniqligi yoki cheksizlik:

Ba'zi holatlarda yechim uzluksiz emas, singularlik yoki portlash nuqtalari mavjud. Masalan, turbulent oqimlarda bunday hodisalar kuzatiladi.

2. Numerik yondashuvlar:

Analitik yechim olish qiyin bo'lgan holatlarda Navier-Stokes tenglamalari sonli usullar (masalan, sonli differensiallash yoki cheklangan elementlar usuli) yordamida yechiladi.

3. Turbulent oqimlar:

Turbulent oqimlar Navier-Stokes tenglamalarining eng murakkab shakllaridan biri bo'lib, ko'pincha statistik yondashuv va model yordami bilan tahlil qilinadi (masalan, RANS yoki LES modellaridan foydalaniladi).



#### 4. Chegara shartlari va simmetriya buzilishi:

Ba'zi murakkab geometrik va chegaraviy shartlarda yechimlar noaniq bo'lishi mumkin.

#### Qiyinchilik va ochiq masalalar

Navier-Stokes tenglamalari uchun 3D holatda umumiy va silliq yechim mavjudligi yoki mavjud emasligi matematik nuqtai nazardan hali ham ochiq masala hisoblanadi (Navier-Stokes muammosi, Clay Institute Millenium Prize problemi).

Bu masala nazariy fizika va matematikada muhim o'rin tutadi, chunki bu tenglamalar tabiatning ko'p jihatlarini tushunishda asosiy rol o'ynaydi.

Yopishqoq, siqilmaydigan suyuqlik oqimining tenglamalarini XIX- asr boshlari va o'rtalarida taklif qilgan fransuz olimi (Klod Lui Mari Anri Navier) va ingliz olimi (Jorj Gabriel Stokes) sharafiga Navier-Stokes tenglamalari deb nomlanadi.

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + (u \cdot \nabla) \cdot u \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 u + f \quad (1)$$

$$\Delta u = 0 \quad (2)$$

bu yerda  $\rho$  - suyuqlikning zichligi (ma'lum konstanta sifatida qabul qilinadi);

$u = (u_1, u_2, u_3)^T$  tezlik vektori,  $p$  suyuqlik bosimi;  $\mu$  qovushqoqlik, va  $f$  tana kuchi.  $d/dt$  Eyler mos yozuvlar tizimi nuqtai nazaridan suyuqlikning Lagranj yoki umumiy tezlanishini ifodalovchi muhim hosila;  $\nabla$  - gradient operatori;  $\Delta$  - Laplas, va  $\nabla \cdot$  ajralish operatori. Ushbu tenglamalarning birinchisi ( $u$  uch komponentli vektor tenglamasi) faqat Nyutonning suyuqliklarda qo'llaniladigan ikkinchi harakat qonuni - chap tomoni massa (hajm birligiga) tezlanishga, o'ng tomoni esa unga ta'sir qiluvchi kuchlarning yig'indisiga teng suyuqlik elementi. Tenglama (2) doimiy zichlikdagi oqim kontekstida oddiygina massa saqlanishidir.

Navier-Stokes tenglamalari bo'yicha qilingan tadqiqotlar keng qamrovli va turli sohalarni o'z ichiga oladi. Ushbu tadqiqotlar asosan matematik nazariya, fizik modellashtirish, numerik yechimlar va amaliy dasturlash yo'nalishlarida rivojlangan. Quyida ushbu sohada olib borilgan asosiy tadqiqot yo'nalishlari va ularga oid muhim ishlar bayon qilinadi:

#### Adabiyotlar tahlili va metodlar.

#### Tenglamalarning rivojlanishi va dastlabki tadqiqotlar

##### Tarixiy tadqiqotlar:

##### C.L. Navier (1822) va G.G. Stokes (1845):

Tenglamalarning asoslari ilk bor Navier va Stokes tomonidan rivojlantirildi. Ular suyuqliklarning mikroskopik (molekulyar) xususiyatlarini o'rganib, klassik qovushqoqlik modelini taklif qilishdi. **Oylardagi turg'un va laminar oqimlar** (Poiseuille va Couette oqimlari): XIX asrda yassi va quvurli oqimlarda analitik yechimlar taklif qilindi.

##### Matematik nazariya va mavjudlik masalalari

##### Mavjudlik va silliqlik tadqiqotlari:

**Leray (1934):** Navier-Stokes tenglamalari uchun zaif yechimlar kontsepsiyasini kiritdi va ularning mavjudligini ko'rsatdi. Bu turbulent oqimlarni tahlil qilish uchun muhim qadam bo'ldi.

**Ladyzhenskaya (1960):** Tenglamalarning nazariy xossalari tahlil qildi va zaif yechimlarni takomillashtirish usullarini taklif etdi.

**Fefferman (2000):** 3D Navier-Stokes tenglamalari uchun global silliq yechimning mavjudligi yoki yo'qligi muammosini aniqlab, uni Millenium Prize muammolaridan biri sifatida ko'rsatdi.

##### Cheklangan holatlarda yechimlar:

2D holatlarda Navier-Stokes tenglamalari uchun global va silliq yechimlar mavjudligi isbotlangan. 3D holatda esa yuqori turbulentlik va singularliklar yechimlar mavjudligini matematik nuqtai nazardan murakkablashtiradi.

Ochiq masalalar va hozirgi tadqiqotlar yo'nalishi

##### Fundamental masalalar:

3D Navier-Stokes tenglamalari uchun global yechim mavjudligi.

Turbulent oqimlarni to'liq matematik modellashtirish.

##### Zamonaviy yo'nalishlar:

##### Sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish:

Oqimlarni simulyatsiya qilish uchun sun'iy neyron tarmoqlar va algoritmlar qo'llanilmoqda.





**Quantum Computing:** Navier-Stokes tenglamalarini yechishda kvant kompyuterlardan foydalanish imkoniyatlari o'rganilmoqda.

### Navier-Stokes tenglamalarining matematik tahlili

Shunisi qiziqki, Navier tenglamalari (1) 1822 yilda qo'shni molekulalarning tortishish va itarish ta'sirini o'z ichiga olgan juda fundamental jismoniy asosda, lekin oxir-oqibat yopishqoqlik sifatida qabul qilingan koeffitsientda fizikani aniqlamadi. Darhaqiqat, molekulyar o'zaro ta'sirlarning ta'siri qandaydir tarzda yopishqoqlikka ekvivalent sifatida ko'rib chiqilishi mumkin, lekin doimiy gipoteza ekanligini unutmash kerak. Boltsman tenglamasidan aslida (xususan, Navier-Stokes tenglamalari) kamroq fundamental tenglamalar kontekstida suyuqlik oqimining tahlilini oqilona qilish uchun talab qilinadi. 1845 yilda Stokes tomonidan ishlab chiqarilgan narsa yopishqoqlikka birinchi bo'lib aniqlik kiritdi.

XX asrda Navier-Stokes 1930-yillarda Lerayning [2, 3] dastlabki tadqiqotlaridan so'ng, matematiklarning e'tibori tenglamalarga ortib bordi, unda bu tenglamalarning yechimlari yagona bo'lishi mumkinligi va bu turbulentlik bilan bog'liq bo'lishi mumkinligi taklif qilindi. Lerayning ishi XX asr funksional tahlilining sezilarli rivojlanishiga turtki bo'ldi va ko'pincha Navier-Stokes tenglamalar zamonaviy XX asr matematik tahlilining ikkita asosiy ajdodlaridan biri bo'lib, ikkinchisi Shrodingerning kvant mexanikasi tenglamasidir. Lerayning ishidan keyin Ladijenskaya [4] (birinchi marta ingliz tilida 1963 yilda nashr etilgan) ning asosiy hissasi bo'lib, u Navier-Stokes tenglamalarini tahlil qilish uchun asosiy yo'nalish va natijalarni taqdim etdi. 1970-yillarning boshidan boshlab suyuqlik harakati tenglamalarini, ya'ni dinamik tizimlar sifatida ancha boshqacha va zamonaviy ko'rinishga olib kelgan ko'plab ishlar paydo bo'la boshladi. Ulardan eng mashhuri, ehtimol Ruelle va Takens [5] bo'lib, unda Navier-Stokes tenglamalari suyuqlikning turbulent harakatini tasvirlashga qodir, bunday harakat tasodifiy emas, aksincha tartibsiz va dinamik tizim oqimining antiqa jalb qiluvchisi (Navier-Stokes tenglamalar) bilan bog'liq.

Shunisi qiziqki, Navier-Stokes tenglamalarining bu ko'rinishi ma'lum ma'noda Lorenzning 1963 yildagi raqamli ishida va 1960-yillarning oxiri va 70-yillarning boshlarida Orszag va Pattersonning turbulentlikni to'g'ridan-to'g'ri raqamli simulyatsiyasi (DNS) bo'yicha dastlabki urinishlarida nazarda tutilgan edi. So'nggi yillarda u Ladyzenskaya [8, 9], Temam [10] - [12], Konstantin va Foyas [13] va boshqa ko'plab narsalardan boshlangan Navier-Stokes tenglamalari bo'yicha ko'plab ishlar uchun kontekstni taqdim etdi. So'nggi paytlarda Navier-Stokes tenglamalari bo'yicha bir qator yangi monografiyalar nashr etildi. Bularga Doering va Gibbonning [14] ishi va Foias va boshqalarning eng dolzarb jildlari kiradi. [15]

### Natijalar:

**Klassik yechimlar.** Kuchli yechimlarni yaxshiroq tushunish uchun qisman differensial tenglamalar va ularning (klassik) yechimlariga oid ba'zi umumiy ma'lum faktlarni eslash foydali bo'lishi mumkin.  $P(\bullet)$  umumiy qisman differensial operatorni belgilaymiz, ularning umumiy misollari issiqlik, to'liq va Laplas operatorlaridir;  $P$  bularning har biri uchun mavhum belgi bo'lishi mumkin, balki Navier-Stokes operatori kabi umumiy operatorlar uchun ham. Dastlabki ishlov berishni aniqroq qilish uchun  $P$  ni issiqlik operatori sifatida qabul qilamiz:

$$P(\bullet) \equiv \left[ \frac{\partial}{\partial t} - k \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right](\bullet) \quad (3)$$

bu yerda  $k > 0$  - issiqlik tarqalishi, bu erda doimiy deb hisoblanadi.

Agar biz endi fazoviy domenni, boshlang'ich va chegara ma'lumotlarini, aniqlasak biz ushbu operator bilan bog'langan yaxshi qo'yilgan muammoni yaratishimiz mumkin. Masalan, fazoviy soha  $\Omega = \mathbb{R}^1$  bo'lsa, keyin chegara shartlari yo'q berilishi kerak va to'liq issiqlik tenglamasi masalasini quyidagicha ifodalash mumkin

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, x \in \Omega \equiv (-\infty; \infty) \quad (4)$$

$$u(x, 0) = u_0(x), x \in \Omega \quad (5)$$



Bu yerda  $u_0(x)$  ga dastlabki ma'lumotlar berilgan.

Bu muammoning klassik yechimi tenglamani qanoatlantiradi. (4)  $\forall t > 0$  va  $u_0(x)$  at  $t = 0 \cdot \forall x \in \Omega$ . bilan mos keladi. Buning to'g'ri bo'lishi uchun (bunday yechim mavjud bo'lsa) vaqtga nisbatan  $u \in C^1$  va  $u \in C^2$  bo'lishi kerak. fazoviy koordinataga nisbatan; ya'ni,  $C^1(0, \infty) \times C^2(\Omega)$  Yuqorida ta'kidlaganimizdek, Navier-Stokes tenglamalarning zamonaviy ko'rinishi, dinamik tizim bo'lib, bu nuqtai nazarni issiqlik tenglamasining yaxshi tushunilgan kontekstida joriy etish maqsadga muvofiqdir. Qattiq bo'lmagan dinamik tizim vaqt o'tishi bilan evolyutsiyaga uchragan har qanday narsadir va tenglamalar aniq. (4), (5) ushbu tavsifga mos keladi. Vaqtinchalik xatti-harakatlarga urg'u berilganligi sababli, dinamik tizimlarni mavhum shaklda ifodalash odatiy holdir.[16]

$$\frac{du}{dt} = F(u), \quad u(0) = u_0 \quad (6)$$

F (fazoviy) qisman differensial operator bo'lishi mumkin bo'lsa ham, u ham fazoviy koordinataga bog'liq.

Bu yechimning biroz boshqacha, ammo ekvivalent ko'rinishiga va u a'zosi bo'lgan funksiya bo'shliqlari bilan bog'liq mos yozuvlarga olib keladi. Ya'ni, biz tenglama haqida o'ylashimiz mumkin. (6) kabi mavhum ravishda o'ng tomonga mos keladigan funktsiyalar maydonidan xaritalashni ta'minlash, ya'ni  $C^2(\Omega)$  hozirgi holatda, chap tomondagilarga  $C^1(0, \infty)$ , va buni quyidagicha belgilaymiz

$$u(t) \in C^1(0, \infty; C^2(\Omega)) \quad (7)$$

Ushbu belgi davomiy qismda keng qo'llaniladi, shuning uchun u nimani anglatishini tushunishga arziydi. So'z bilan aytganda, u (t) musbat real chiziqda vaqt bo'yicha bir marta uzluksiz differensiallanuvchi funktsiyadir va (fazoviy)  $\Omega$  sohasida ikki marta doimiy differensiallanuvchi funktsiyalardan xaritalash sifatida olinadi. Klassik yechimlar kontekstida osongina namoyish etiladigan so'nggi terminologiya qismi bu yechim operatori. PDE elementar nazariyasidan eslasak (4) aniq yechimga ega[17]

$$u(x; t) = \frac{1}{\sqrt{4\pi kt}} \int_{-\infty}^{\infty} u_0(\xi) e^{-\frac{(x-\xi)^2}{4kt}} d\xi$$

$$\forall (x, t) \in (-\infty; \infty) \times (0, \infty) \quad (8)$$

ko'rinib turibdiki, bu chiziqli transformatsiya bo'lib,  $u_0$  boshlang'ich ma'lumotlarini har qanday belgilangan keyin PDE ning yechimiga va  $\Omega$  muammo sohasining barcha fazoviy joylariga moslashtiradi. Bunday xaritalash yechim operatori deyiladi.

$$u(t) = S(t)u_0 \quad (9)$$

(9) hozirgi paytda juda keng qo'llaniladi. Bu t vaqtini tanlashga, uni yechim operatorining yadrosiga

$e^{-\frac{(x-\xi)^2}{4kt}}$  ga almashtirish va barcha kerakli fazoviy joylar x uchun integralni baholashga mos keladi. (9) tenglamadagi kabi x belgisini bostirish ma'lum darajada yuqorida tavsiflangan dinamik tizim nuqtai nazari bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Biz ta'kidlaymizki, (8) ni chiqarish elementardir, lekin bu muhimdir, chunki uning shakli muammoni hal qilishning muntazamligini (ya'ni, silliqligini) aniq tahlil qilish va xususan hal etishning haqiqatan ham yetarli darajada silliq ekanligini aniqlash imkonini beradi. Bu esa yuqorida ko'rsatilgan ma'noda yechimni klassikligini ifodalaydi.

### Klassik bo'lmagan yechimlar

Zaif yechim tushunchasi qisman differensial tenglamalarning zamonaviy nazariyasida eng muhimlaridan biri hisoblanadi - asosan, nazariya bu g'oyasiz mavjud bo'lolmaydi. Bu birinchi marta Leray tomonidan Navier-Stokes tenglamalari bo'yicha tadqiqotlarida kiritilgan, ammo biz uni bu yerda birinchi navbatda umumiy mavhum (oddiyroq) ko'rinishda taqdim etamiz va keyinroq uni Navier-Stokes tenglamalar uchun qo'llaymiz.

Kuchsiz yechim atamasi asosidagi asosiy g'oya bu yechimni tenglamaga almashtirish uchun zarur bo'lgan differentsiatsiyalarga imkon beradigan darajada muntazam bo'lmagan differensial tenglamaning yechimidir[18]. Ushbu silliqlikning yetishmasligi  $\Omega$  domenining faqat kichik-kichik to'plamlarida paydo bo'lishi mumkin yoki u deyarli barcha  $\Omega$  uchun mavjud bo'lishi mumkin. Har holda



yechim sohasining klassik ma'noda differensial tenglamani qanoatlantirish uchun yetarlicha vaqt ajrata olmaydigan qismlari bo'ladi. Biz Puasson tenglamasini birlik kvadrat  $\Omega$  ning ichki qismidagi Dirixle shartlari bilan ko'rib chiqamiz  $\Omega$  chegarasida,  $\partial\Omega$  bilan belgilangan:

$$\Delta u = f(x, y) \in (0,1) \times (0,1) \equiv \Omega \quad (10)$$

$$u(x, y) = g(x, y), (x, y) \in \partial\Omega \quad (11)$$

buni osongina tekshirishimiz mumkin

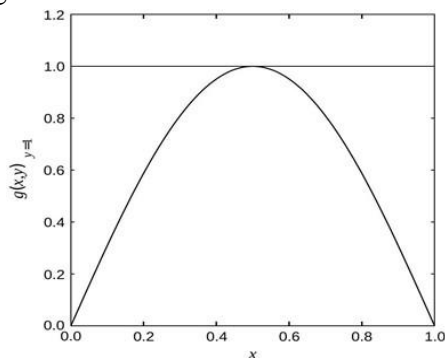
$$f(x, y) = \frac{13}{4} \pi^2 \sin \pi x \sin \frac{3}{2} \pi y, \forall (x, y) \in \Omega \quad (12)$$

Keying funksiya

$$u(x, y) = -\sin \pi x \sin \frac{3}{2} \pi y \quad (13)$$

ya'ni  $y \equiv 0, y = 1$  dan tashqari, bu erda  $g = \sin \pi x$  amal qiladi.

Lekin bunday chegaraviy shartni belgilash uchun sabab yo'q. Darhaqiqat, biz keyinchalik Navier-Stokes tenglamalar uchun muammo bilan ishlaymiz.  $y=1$  dan tashqari barcha  $\partial\Omega$  bo'yicha  $g \equiv 0$  bo'lgan, bu yerda  $g \equiv 1$



1.1-rasm. Puasson tenglamasi uchun ikkita chegaraviy shart topshiriqlarini solishtirish

Bu ikki xil chegara ma'lumotlari  $y=1$  da  $C^\infty$  bo'lishi mumkinligini ta'kidlash uchun ko'rsatilgan (chegara shartlarining bir to'plamiga ega klassik) yechim boshqa chegara ma'lumotlar to'plamidan foydalanilganda chegara yaqinida kamroq muntazam yechimga aylanadi[19]. Buning ma'nosi shundan iboratki, bu bilan Puasson tenglamasi uchun ikkita chegaraviy shart topshiriqlarini solishtirish. Tenglamada bir jinsli bo'lmagan  $f$  funksiya. (10) (12)

shaklida berilgan bo'lsa,  $\Omega$  ning ichki qismidagi yechim (13) da berilgan bo'lishi kerak. Ammo bu yechim yuqorida ko'rib chiqilgan ikkinchi chegara shartlariga to'g'ri kelmaydi[20].  $\Omega$  ning yuqori chegarasidagi  $g \equiv 1$  chegara qiymati va  $g \equiv 1$  chegara qiymati bilan hosil bo'lgan ichki yechim o'rtasidagi bu nomuvofiqlik mos kelmaslik shaklidir, lekin yuqorida aytib o'tilganidek buning oldini olish uchun (10, 11) muammoning  $f$  va  $g$  o'rtasida bog'liqlik mavjudligini kutish uchun hech qanday sabab yo'q. Umuman olganda, bu ikki funksiya butunlay mustaqil ravishda belgilanadi, shuning uchun yuzaga kelishi mumkin bo'lgan silliq bo'lmagan yechimlar ehtimolini topish uchun etarlicha umumiy bo'lgan nazariyaga ega bo'lish kerak.

(9) muammoning yechimlari silliq bo'lishi shart emasligini tan olishning qo'shimcha usuli mavjud

$$u(x, y) = \Delta^{-1} f(x, y) = \int_{\Omega} f(\xi, \eta) G(x, y | \xi, \eta) d\xi d\eta \quad (14)$$

Bu yerda  $G(\cdot|\cdot)$  - (bir hil) Direkli chegara shartlariga ega bo'lgan ikki o'lchovli Laplas uchun Grin funksiyasi (masalan, Grin funksiyalarini qurish uchun Stakgold va  $f$  - asl o'ng qo'l (11) tenglamada yon funksiya  $f$  (10) tenglamaning bir jinsli bo'lmagan chegara ma'lumotlarini differensial bir jinslilikiga aylantirilishini hisobga olish uchun o'zgartirildi)

Avval ushbu tenglamaga e'tibor bering. (14) yechim operatorining ikkinchi misolini taqdim etadi, endi faqat bir xillik va chegara ma'lumotlariga ta'sir qiladi. Ammo terminologiya ilgari muhokama qilingan vaqtga bog'liq muammolar kontekstida kengroq qo'llaniladi. Shu munosabat bilan biz tenglamadagi yechim operatorining yadrosini ham qayd etamiz. (8) ko'pincha vaqtga bog'liq bo'lgan xatti-harakatlar bilan bog'liqligini ta'kidlash uchun sabab Green funksiyasi deb ataladi.

(10,11) muammoning yechimining mavjudligi, hatto  $f \in L^2$  dagi bo'lishdan silliqroq bo'lmasa ham,  $L^2(\Omega)$  nazarda tutadi. Bu hech qanday silliqlikni, hatto odatiy ma'noda davomiylikni ham kafolatlamaydi. Masalan, funksiya tomonidan aniqlanganligi osongina tekshiriladi



Biz shuni ta'kidlaymizki,  $u \in H^2 \Delta u$  aniq yechimning mavjudligini nazarda tutadi, klassik yechim emas.

Navier-Stokes tenglamalarining klassik va klassik bo'lmagan yechimlari haqida umumiy xulosa

Navier-Stokes tenglamalari suyuqlik va gazlarning harakatini tavsiflovchi asosiy matematik modellar bo'lib, ularga nisbatan klassik va klassik bo'lmagan yechimlar nazariyasi shakllangan. Ushbu ikki yo'nalish tenglamalarni turli sharoitlarda yechish uchun zarur yondashuvlarni belgilaydi.

Klassik yechimlar: Tavsifi va xususiyatlari

**Ta'rifi:** Klassik yechimlar uzluksiz, differensial bo'luvchi va barcha kerakli shartlarni qanoatlantiruvchi yechimlardir. Bu yechimlar, odatda, matematik jihatdan yaxshi aniqlangan va fizikaviy xulq-atvorni to'liq ifodalaydi.

**Xususiyatlari:**

**Silliqlik:** Yechim barcha nuqtalarda differensialga ega.

**Analitik yechim:** Oddiy geometrik holatlar va laminar oqimlar uchun analitik yechimlar mavjud (masalan, Poiseuille oqimi yoki Couette oqimi).

**Qo'llanish sohalari:** Past Reynolds soni va oddiy chegaraviy shartlarda ishlatiladi.

**Cheklovlari:** Yuqori turbulent oqimlar yoki murakkab geometriyalarda qo'llash qiyin. 3D holatda klassik yechimlarning global mavjudligi isbotlanmagan (Millenium Prize muammosi).

Klassik bo'lmagan yechimlar: Tavsifi va xususiyatlari

**Ta'rifi:** Klassik bo'lmagan yechimlar uzluksiz yoki differensial bo'lmasligi mumkin, lekin ular zaif yoki statistik ma'noda tenglamalarni qanoatlantiradi. Bu yondashuv turbulentlik kabi murakkab hodisalarni modellashtirish uchun qo'llaniladi.

**Xususiyatlari:**

**Zaif yechimlar:** Yechimlar integrallash yoki statistik yondashuv orqali aniqlanadi (masalan, Leray zaif yechimlari).

**Turbulent oqimlar:** Navier-Stokes tenglamalarining klassik bo'lmagan xususiyatlari turbulent oqimlar va energiya tarqalishini modellashtirishda asosiy rol o'ynaydi.

**Sonli yondashuvlar:** Murakkab geometrik va fizik holatlar uchun sonli usullar va statistik modellar ishlatiladi (RANS, LES va DNS kabi).

**Afzalliklari:** Murakkab va real dunyo sharoitlarini modellashtirish imkonini beradi. Yuqori Reynolds sonli oqimlar va turbulentlik holatlarini tadqiq etishga mos keladi.

**Cheklovlari:** Singularlik va noaniqliklar paydo bo'lishi mumkin. Fizik interpretatsiyasi ko'pincha qiyin bo'ladi, chunki ularning matematik jihatdan yaxshi aniqlanganligi kafolatlanmagan.

Klassik va klassik bo'lmagan yechimlarning solishtirishi

Xususiyatlar	Klassik yechimlar	Klassik bo'lmagan yechimlar
Matematik aniqlik	To'liq va differensial	Zaif yoki statistik
Fizik qo'llash	Oddiy laminar oqimlar	Turbulent oqimlar va murakkab hodisalar
Geometriya murakkabligi	Oddiy geometrik sharoitlar	Murakkab geometriya va chegaraviy shartlar
Analitik imkoniyat	Analitik yechimlar mavjud	Ko'pincha sonli usullar talab qilinadi
Cheklovlar	3D holatda global mavjudlik masalasi ochiq	Singularlik va statistik interpretatsiyaga ehtiyoj

Xulosa

**Klassik yechimlar** laminar va oddiy oqimlarni tushinishda muhim bo'lib, fizik va matematik aniqlikni ta'minlaydi. Ammo ular murakkab sharoitlarni modellashtirishda cheklangan.

**Klassik bo'lmagan yechimlar** turbulentlik va real dunyo hodisalarini tahlil qilishda muhimdir, ammo matematik va fizik noaniqliklarni keltirib chiqaradi.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:**

- Lectures in Computational Fluid Dynamics of Incompressible Flow: Mathematics,



- Algorithms and Implementations, James M. McDonough University of Kentucky 2007.
2. P. J. Roache. Computational Fluid Dynamics. Hermosa Publishers, Albuquerque, NM, 1972.
  3. J. Leray. Etude de diverses équations intégrales non linéaires et de quelques problèmes que pose l'hydrodynamique. J. Math. Pures Appl. 12, 1-82, 1933.
  4. J. Leray. Essai sur les mouvements d'un liquide visqueux que limitent des parois. J. Math. Pures Appl. 13, 331-418, 1934.
  5. O. Ladyzhenskaya. The Mathematical Theory of Viscous Incompressible Flow, revised English edition (translated from the Russian by Richard A. Silverman). Gordon & Breach, New York, 1963.
  6. D. Ruelle and F. Takens. On the nature of turbulence. Comm. Math. Phys. 20, 167-192, 1971.
  7. E. N. Lorenz. Deterministic nonperiodic flow. J. Atmos. Sci. 20, 130-141, 1963.
  8. S. A. Orszag and G. S. Patterson. Numerical simulation of turbulence: statistical models and turbulence, Lecture Notes in Physics 12, 127-147, Springer-Verlag, Berlin, 1972.
  9. O. Ladyzhenskaya. A dynamical system generated by the Navier-Stokes equations. J. Soviet Math. 3, 458-479, 1973.
  10. O. Ladyzhenskaya. Attractors for Semigroups and Evolution Equations, Cambridge University Press, Cambridge, 1991.
  11. R. Temam. Navier-Stokes Equations: Theory and Numerical Analysis, North-Holland Pub. Co., Amsterdam, 1979. (new edition published by Amer. Math. Soc., Providence, RI, 2001)
  12. R. Temam. Navier-Stokes Equations and Nonlinear Functional Analysis, Soc. Indust. Appl. Math., Philadelphia, 1983. (2<sup>nd</sup> edition published by SIAM, 1995)
  13. R. Temam. Infinite Dimensional Dynamical Systems in Mechanics and Physics, Springer-Verlag, New York, 1988.
  14. P. Constantin and C. Foias. Navier-Stokes Equations, University of Chicago Press, Chicago, 1988.
  15. C. R. Doering and J. D. Gibbon. Applied Analysis of the Navier-Stokes Equations, Cambridge University Press, Cambridge, 1995.
  16. C. Foias, O. Manley, R. Rosa and R. Temam. Navier-Stokes Equations and Turbulence, Cambridge University Press, Cambridge, 2001.
  17. Nasriddinov, O., Abdullayev, J., Jo'rayeva, D., Botirova, N., Maniyozov, O., & Isomiddinova, O. (2024, November). In biology, solving a problem coming to a differential equation in the maple program. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 508, p. 04006). EDP Sciences
  18. Маниёзов, О. А. (2023). Используйте алгоритм Фурье для решения линейной задачи для нелинейного уравнения гиперболического типа. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 2(14), 229-233.
  19. Маниёзов, О. (2023, October). Применение преобразования Фурье при решении краевой задачи для нелинейного уравнения гиперболического типа. In *Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions"*.
  20. Saidov, M., & Maniyozov, O. (2023, November). Oddiy differensial tenglama uchun bir umumlashgan chegaraviy masala haqida. In *Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions"*.

