

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 Abdualil Abdualioyevich,**

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 Abdukaxarovich, 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 Otobek o‘g‘li, Tibbiy tasvirlarda reprezentativ psevdoobyektlarni 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 REKTIFIKATSIYA 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, Мамазаров 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 Abdukaxarovich, 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 REKTIFIKATSIYALASH 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 |
| Абдукадиров 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 |

## Эволюционные алгоритмы в задачах оптимизации режимов работы региональных энергосистем

**Порубай Оксана Витальевна**,  
PhD, доцент кафедры Информационная  
безопасность, Ферганский филиал  
Ташкентского университета  
информационных технологий им.  
Мухаммада Ал-Хоразмий,  
Узбекистан, г. Фергана  
oksanaporubay@gmail.com

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются вопросы применения эволюционных алгоритмов для оптимизации режимов работы объектов электроэнергетики, с учетом ограничения в форме равенств и неравенств. Особое внимание уделяется ограничениям, связанным с распределением и потреблением электроэнергии, так как данные ограничения имеют характер изменчивости, чем усложняют задачу применения традиционных методов оптимизации из-за их нелинейности и высокой степени сложности. Предложенный эволюционный алгоритм позволяет преодолеть эти трудности благодаря способности адаптироваться к сложным условиям задачи. Алгоритм обеспечивает высокую скорость расчетов за счет использования современных вычислительных методов, возможность эффективного поиска оптимальных значений переменных в условиях сложных ограничений, сокращение времени на достижение решения благодаря устранению необходимости значительных упрощений модели. Таким образом, представленный подход открывает перспективы для более точной и быстрой оптимизации режимов работы электроэнергетических объектов, что особенно актуально в современных энергосистемах.

**Ключевые слова:** электроэнергетический объект, оптимизация, эволюционный алгоритм, активная мощность, целевая функция, MATLAB

**Введение.** Современные энергетические системы являются высококомплексными и динамично развивающимися объектами, параметры которых зависят от множества различных факторов, такие как нагрузка, изменения в распределении энергии, условия работы оборудования и воздействия внешней среды. В условиях растущего потребления электроэнергии и необходимости повышения эффективности энергоснабжения важным направлением является разработка методов оптимизации режимов работы региональных энергосистем (РЭС), которые обеспечивают устойчивую и экономичную работу этих объектов. Традиционные методы оптимизации, такие как математическое программирование и градиентные методы, применяющиеся для решения задач, связанных с управлением режимами работы

электроэнергетических систем, имеют ряд ограничений. Среди них можно выделить требования к дифференцируемости функций, зависимость от начальных условий и высокие вычислительные затраты. Это делает их применение не всегда универсальным, особенно в условиях неопределенности и высокой нелинейности параметров.

В последние годы наметилась тенденция к применению эволюционных алгоритмов, которые позволяют эффективно решать задачи комплексной оптимизации. Эти методы, в отличие от традиционных, способны учитывать сложные ограничения и неопределенности, что делает их особенно перспективными для применения в задачах оптимизации режимов работы энергосистем. Эволюционные алгоритмы показывают хорошие результаты в задачах с



многократными нелинейными ограничениями и могут быть использованы для управления процессами в реальном времени.

Современные электроэнергетические системы (ЭЭС) представляют собой сложные объекты с распределённой и иерархической структурой, что подтверждается исследованиями отечественных и зарубежных ученых, среди которых можно отметить следующих А.Р.Марахимов, Х.З.Игамбердиев, А.Н.Юсупбеков, И.Х.Сиддиков [1]-[3], Омар Шукур, И.В.Швыров, А.Л.Руцков [8], [17]. В Узбекистане вопросы оптимизации режимов работы ЭЭС активно исследуются такими учеными, как И.Х. Сиддиков, О.В.Порубай [4], Т.Ш.Гаибов [5]. Подобные системы функционируют в условиях постоянных изменений и подвержены как детерминированным, так и случайным возмущениям, что делает задачи управления их режимами крайне сложными. Решение задач оптимизации в таких системах является актуальным научным направлением для исследования, так как они имеют большое практическое значение для повышения эффективности энергоснабжения и уменьшения потерь в процессе передачи и потребления электроэнергии. Как отмечают многие авторы существующие методы оптимизации имеют ряд ограничений, которые требуют дифференцируемость функций, зависимость от начальных условий и высокие затраты машинного времени. Такие требования делают применение этих методов не всегда универсальным, особенно учитывая высокую степень неопределённости и нелинейности. В последнее время, все чаще ученые прибегают к применению современных эволюционных методов, таких как генетические алгоритмы, рой частиц и методы симуляции отжига [6]-[8], которые позволяют учитывать недифференцируемость и неопределённость параметров ЭЭС, обеспечивая при этом высокую точность и эффективность полученных решений. В частности, ученые из Узбекистана – это Гаибов Т., Узаков Б., Шаназаров А., Порубай О., Абдуллаев Т.

[9]-[10], делают акцент на развитие методов, ориентированных на применение эволюционных алгоритмов в области электроэнергетики.

**Метод исследования.** Для того чтобы сформулировать задачу оптимизации в ЭЭС требуется, в типичной оптимизационной задаче учесть граничные условия [11]. Учитывая условия границ  $g(u, x) = 0$ ,  $h(u, x) \geq 0$ , ставится задача – минимизировать целевую функцию (ЦФ)  $f(u, x)$ , в которой параметры  $u$  и  $x$  – являются количеством независимых и зависимых переменных параметров соответственно.

Использование классических алгоритмов, а также градиентных методов – требует непрерывность производных ЦФ, что недопустимо при оптимизации режимов работы ЭЭС, так как при оптимизации возникают разрывы непрерывности [12]. Исходя из этого, задача выбора параметров усложняется, потому что требуется учитывать дискретные значения переменных, относящимся не только к узлам, но и к параметрам, которые требуется регулировать.

Большинство методов оптимизации режимов работы ЭЭС ссылаются на общие принципы, которые адаптированы под конкретные задачи [13]-[15]. Как известно, традиционные методы нелинейного программирования ориентируются на последовательные ограничения, имеющие пределы постоянства. Исходя из этого применение традиционных методов затрудняется, в связи с тем, что границы, накладываемые на указанные выше переменные, часто имеют нелинейный характер [16]. Для преодоления этих сложностей предлагается эволюционный алгоритм (ЭА). На основе ЭА разработан новый метод расчета оптимальных режимов работы ЭЭС, представляющий итерационный процесс с пересчетом режимов на каждой итерации [17]:

Этап 1. Создается исходная совокупность решений, которая создается случайно, в пределах допустимых значений задачи.

Этап 2. Вычисляется устойчивое состояние системы с использованием классического





алгоритма и проверка соответствия переменных ограничениям с применением метода штрафных функций.

Этап 3. Рассчитываются общие потери в энергосистеме:

$$\pi_P = G_{km} (V_k^2 + V_m^2 - 2V_k V_m \cos(\delta_k - \delta_m)),$$

$$\pi_Q = B_{km} (V_k^2 + V_m^2 - 2V_k V_m \cos(\delta_k - \delta_m)). \quad (1)$$

Этап 4. Рассчитывается мощность компенсирующего узла:

$$P_0 = P_H + \pi_P - \sum_{i=1}^5 P_{Gi}, \quad Q_0 = Q_H + \pi_Q - \sum_{i=1}^5 Q_{Gi} - Q_{ку} \quad (2)$$

Этап 5. Вычисляется результат ЦФ для каждого варианта решения.

Этап 6. Проверяется показатель остановки алгоритма. Если достигнуто заданное число итераций, алгоритм завершается, выбирая наилучшее решение. Если нет, процесс продолжается.

Этап 7. Создается новая совокупность допустимых решений, далее возврат к Этапу 2, повторяя действия до тех пор, пока не выполнится условие остановки алгоритма.

**Результаты и обсуждения.** Сопоставление результатов расчетов оптимизационных моделей по активной мощности, учитывая упрощенные параметры расходных характеристик и характеристик с разрывами представлено в Таблицах 1 и 2, соответственно.

Таблица 1. Результаты применением упрощенных параметров расхода.

|             | Метод                 |                       |                       |                     |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
|             | Классический алгоритм | Генетический алгоритм | Эволюционный алгоритм | Муравьиный алгоритм |
| Потери, МВт | 7,28                  | 7,4                   | 7,42                  | 7,42                |
| Время, с    | >17                   | 10,45                 | 9,17                  | 11,11               |

Таблица 2. Результаты с использованием параметров расхода, содержащих разрывы.

|             | Метод                 |                       |                     |
|-------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
|             | Генетический алгоритм | Эволюционный алгоритм | Муравьиный алгоритм |
| Потери, МВт | 6,47                  | 6,36                  | 6,37                |
| Время, с    | 10,91                 | 10,21                 | 11,04               |

Оптимизация режимов работы ЭЭС с учетом параметров с разрывами позволила снизить стоимость расход на 1,8%. Этот эффект усиливается если усложняется сеть и увеличивается число генераторов. Для различных ЭА результаты оказались сопоставимы, как по цене, так и по расчетному времени. На рисунке 1 показана динамика зависимости значений ЦФ от числа итераций при оптимизации активной мощности с разными ЭА.

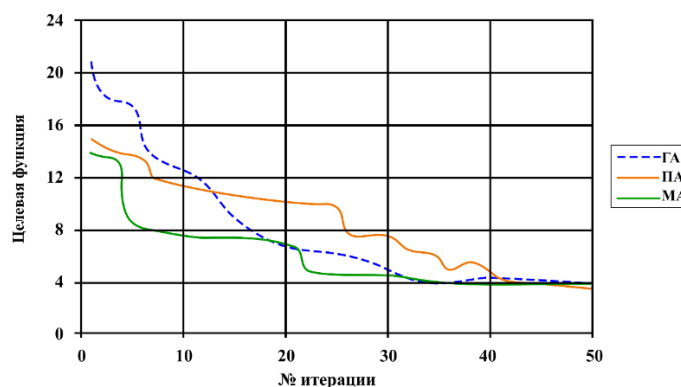


Рис. 1. Динамика значений целевой функции в зависимости от числа итераций

Используя ЭА, оптимизация режима работы по реактивной мощности дает понижение общих потерь активной мощности на 1%, а с учетом комплексной оптимизации, сравнивая значения с двухэтапной оптимизацией, время расчета уменьшилось почти в 2 раза [18].

Современные ЭЭС внедряют интеллектуальные системы распределения ЭЭ, которые обеспечивают управление в режиме реального времени. Их функции включают контроль напряжения в сети, распределение потоков мощности, расширение пропускной



способности линий электропередач (ЛЭП) и улучшение устойчивости системы.

Метод оптимизации параметров мощности и фазовых углов включает следующие действия:

1. Формирование начальной популяции: генерация случайных решений в допустимом диапазоне с учетом особенностей задачи.

2. Расчет стабильного режима: решение системы нелинейных уравнений классическим алгоритмом и проверка ограничений с применением метода штрафных коэффициентов.

3. Вычисление ЦФ: расчет обще-суммарных потерь активной мощности:

$$\pi_p = \sum G_{km} (V_k^2 + V_m^2 - 2V_k V_m \cos(\delta_k - \delta_m)). \quad (3)$$

4. Проверка условий завершения процесса: если достигнуто определенное число повторов, выбирается оптимальное решение. В противном случае процесс продолжается.

5. Формирование новой популяции: ЭА генерирует новые решения, и действия повторяются до выполнения условия завершения процесса.

Алгоритм реализован в программном комплексе с интеграцией в MATLAB. Это позволяет использовать комплекс в режиме онлайн, повышая его эффективность для управления режимами работы региональных ЭЭС.

**Заключение.** Внедрение эволюционных алгоритмов для оптимизации процессов работы электроэнергетических систем (ЭЭС) является значительным шагом вперед по сравнению с традиционными методами. Эти алгоритмы позволяют учесть параметры реальных расходных характеристик электростанций, включая особенности с разрывами в их работе, что является важным в условиях изменяющихся факторов работы энергосистемы. В отличие от классических методов оптимизации, которые имеют ограниченную способность учитывать такие нюансы, ЭА позволяют более гибко подходить к решению задач, что привело к тому, что было снижена суммарная стоимость топлива на 1,8%.

Это свидетельствует о том, что использование ЭА не только повышает точность оптимизации, но и способствует значительному сокращению затрат на топливо.

Разработанная методика для применения эволюционных алгоритмов в оптимизации режимов ЭЭС включает систематизацию рекомендованных параметров для этих алгоритмов. Это позволяет стандартизировать процесс применения данных методов, что особенно важно для широкого внедрения ЭА в различных энергосистемах. Кроме того, был разработан программный комплекс для оптимизации режимов работы ЭЭС, который включает в себя не только эффективные вычислительные модули, но и удобные пользовательские интерфейсы. Данный программный комплекс может быть использован для управления ЭЭС в режиме реального времени, что открывает новые возможности для повышения эффективности управления энергоснабжением и его адаптации к изменениям в реальных условиях. Таким образом, предложенный подход и методика обладают высоким потенциалом для того, чтобы внедрять данный метод на практике в области управления ЭЭС, что может значительно улучшить процесс оптимизации работы таких объектов, а также способствует устойчивости и экономичности энергетических сетей.

## Литература

1. Марахимов А.Р., Игамбердиев Х.З., Юсупбеков А.Н., Сиддииков И.Х. Нечетко-множественные модели и интеллектуальное управление технологическими процессами. – Т.: Изд. ТашГТУ, 2014. - 240 с.
2. Siddikov I., Porubay O., Rakhimov T. Synthesis of the neuro-fuzzy regulator with genetic algorithm // International Journal of Electrical and Computer Engineering. 2024. Vol. 14 (1). PP. 184-191.
3. Сиддииков И.Х., Порубай О.В., Лазарева М.В., Абдулхамидов А.А. Тенденции развития интеллектуальных систем при принятии управленческих решений в Узбекистане // Universum: технические науки. 2020. №. 2-1 (71). С. 10-13.



4. Porubay O., Siddikov I., Nashvandova G., Alimova G. Synthesis of a control system for a two-mass electromechanical object // AIP Conf. Proc. 2024. Vol. 3045 (1), P. 030080.
5. Гайибов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации краткосрочных режимов электроэнергетических систем. диссертация ... доктора Технические наук: 05.14.02 / Гайибов Т.Ш. [Место защиты: ТГТУ «Ташкентский государственный технический университет»], 2011.
6. Siddikov I., Porubay O. Neural network model of decision making in electric power facilities under conditions of uncertainty, E3S Web of Conferences (ICECAE 2021), EDP Sciences. 2021. Vol. 304. P. 01001.
7. Porubay O. Multiscale analysis of wavelet - transformation, as a solution to the problem of compression of information flows // 2016 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). 2016. Tashkent. PP. 1-4.
8. Руцков А.Л. Управление процессами перетоков мощности в системах регионального энергоснабжения на основе аппарата нечёткого регулирования и нейронных сетей: диссертация ... кандидата Технические наук: 05.13.06 / Руцков Алексей Леонидович [Место защиты: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»], 2018. - 200 с.
9. Gayibov T., Uzakov B., Shanazarov A. Algorithm of power system mode optimization taking into account losses in networks and functional constraints // AIP Conference Proceedings. AIP Publishing. 2023. Vol. 2612. № 1.
10. Lazareva M., Porubay O., Abdullayev T. et al. Optimization of operation modes of renewable energy facilities to provide energy for agriculture // In E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 538, P. 01028.
11. Крысанов В.Н. Применение нейро-нечётких сетей для распределённых объектов // Электротехнические комплексы и системы управления. 2013. № 2. С. 18-22.
12. Mamdani E. Advancer in the linguistic synthesis of fuzzy controllers // Int.J.Man-Machine Studies. 1976. № 8. PP. 669-678.
13. Siddikov I., Porubay O., Mirjalilov O. An algorithm for optimizing short-term modes of electric power systems, taking into account the conditions of the nature of the probability of the information flow of data // Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing. 2022. Vol. 2373 (8), P. 082014.
14. Siddikov I., Porubay O., Madina K. Algorithm for optimizing the mode of electric power systems by active power // 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). 2022. Tashkent. PP. 1-4.
15. Siddikov I.Kh., Porubay O.V. Neuro-fuzzy system for regulating the processes of power flows in electric power facilities // AIP Conf. Proc. 2022. Vol. 2432 (1). P. 020010.
16. Порубай О.В., & Хасанова М.У. (2022). Концепция безопасности в теории и практике принятия решений. Просвещение и познание, (7 (14)), 11-20.
17. Швыров И. В. Оптимизация режимов электроэнергетических систем на основе эволюционных алгоритмов: дис. – дис.... канд. техн. наук, 2013.
18. Порубай О.В. Интеллектуализация принятия управленческих решений в электроэнергетических объектах в условиях неопределённости: диссертация ... доктора философии (PhD) по техническим наукам: 05.01.08 / Порубай Оксана Витальевна [Место защиты: ТГТУ «Ташкентский государственный технический университет»], 2024. - 141 с.

