

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 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 TEKNOLOGIYASINI 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 OLIISH TEKNOLOGIYASIDA "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

5G TARMOQLARIDA MASSIVE MIMO TEXNOLOGIYASINI JORIY ETISHNING TAHLILI

Dalibekov Lochinbek Rustambekovich,

Katta o'qituvchi

Telekommunikatsiya injiniringi kafedrası,
Telekommunikatsiya injiniringi va kasb ta'limi fakulteti,
Muxammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot
texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali, Farg'ona,
O'zbekiston
dalibekov86@gmail.com

Annotatsiya. Massive MIMO texnologiyasining 5-avlod mobil tarmoqlarida joriy etish xususiyatlari tahlil qilingan hamda uning miqdoriy va sifat ko'rsatkichlari aniqlangan. Shuningdek maqolada Massive MIMO tizimlarini amalga oshirishning afzalliklari va qiyinchiliklari, shuningdek ularning xususiyatlari muhokama qilinadi.

Kalit so'zlar: 5g, adaptiv diagrammalar, massiv mimo, spektral samaradorlik, beforming, spektral samaradorlik, IEEE, CSI

KIRISH

Mobil yuqori tezlikdagi ma'lumotlar uzatish xizmatlariga talabning ortib borishi, bir tomondan, mobil aloqa texnologiyalarining rivojlanish darajasi, boshqa tomondan, 5G uyali aloqa tarmoqlariga qo'yiladigan asosiy talablarni belgilab beradi va ularning shakllanishiga ta'sir ko'rsatadi. 5G mobil tarmoqlariga qo'yiladigan talablarning o'ziga xos jihati quyidagi ko'rsatkichlarni amalga oshirish zaruriyatini ko'rsatdi[1, 2]:

- ma'lumotlarni uzatishning eng yuqori tezligiga erishish: 20 Gbit/soniyagacha pastga ulanish orqali (DL) – baza stansiyasidan (BS) dan abonent stansiyasiga (AS), va AS dan BS ga yuqoriga ulanish orqali (UL) 10 Gbit/soniyagacha:

- metropolitenlarda ko'plab foydalanuvchilar uchun bir vaqtning o'zida 100 Mbit/soniya ma'lumot uzatish tezligini ta'minlash;

- DL uchun 30 bit/s/Hz va UL uchun 15 bit/s/Hz gacha spektral samaradorlik oshirildi

- bir necha yuz ming simsiz sensorni bir vaqtning o'zida ulash;

- Tarmoqning juda yuqori ishonchligiga erishish;

- Uyali aloqa tizimida boshqaruv darajasidagi kechikishlarni 5 ms, sun'iy yo'ldosh aloqasida yuqori yer orbitasida tarqalish uchun 600 ms, o'rta yer orbitasi

uchun 180 ms va past yer orbitasi uchun 50 msgacha kamaytirish;

- QoS ni mobil terminal tezligida soatiga 500 kmgacha bo'lgan tezlikda saqlash;

- 1 km² ga tarmoq sig'imini 1 000 000 terminalga etkazish.

5G mobil tarmoqlarida yangi xizmatlarni joriy etish uchun asosiy talablaridan biri – oldingi avlod tarmoqlariga nisbatan o'tkazish qobiliyatini sezilarli darajada oshirishdir. 3G va 4G texnologiyalarida bu maqsadga yangi signal-kod tuzilishlarni joriy qilish, chastota resurslarini optimal taqsimlash hamda chastota spektrini kengaytirish orqali erishilgan edi. Biroq, bugungi kunda chastota resurslarining keskin tanqisligi kuzatilmoqda va ularni kengaytirish imkoniyatlari juda cheklangan.

Shu sharoitda, 5G texnologiyalari tarmoq kengligini oshirish talablarini qondirish uchun yangi usullarni izlash va murakkab texnik muammolarni hal qilishni talab qiladi. 3G va 4G avlodlarida MIMO texnologiyasi 2x2 va 4x4 konfiguratsiyadagi antenna tizimlaridan foydalanish bilan boshlangan va o'z samaradorligini isbotlagan edi. Ammo bu konfiguratsiyalar bugungi talablarni qondirish uchun endi yetarli emas. Shu sababli, 3GPP va IEEE tomonidan ko'p antennali tizimlarning yangi avlodi –



Massive MIMO ishlab chiqishga qaror qilindi. Massive MIMO ulanish ishonchliligi, spektral samaradorlik va energiya samaradorligi kabi ko'rsatkichlarni sezilarli darajada yaxshilash salohiyatiga ega.

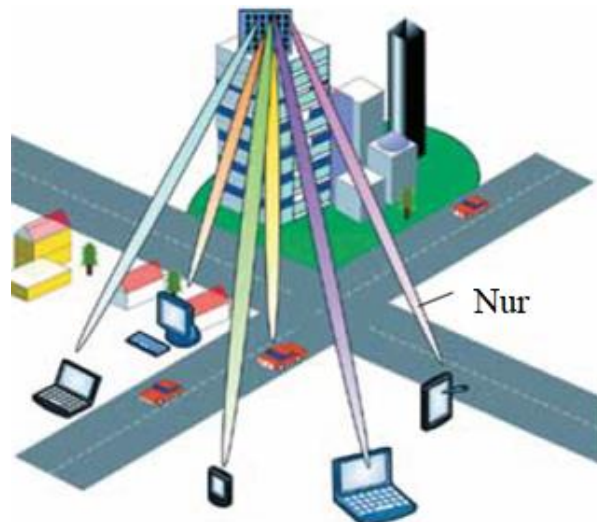
Tadqiqotlar [9] shuni ko'rsatadiki, Massive MIMO texnologiyasining sifat ko'rsatkichlari real kanal sharoitlarida nazariy afzalliklarning amaliy maqsadga muvofiqligini tasdiqlaydi.

Ushbu maqolada Massive MIMO tizimlarini amalga oshirishning afzalliklari va qiyinchiliklari, shuningdek ularning xususiyatlari muhokama qilinadi.

MATERIALLAR VA USULLAR

Massive MIMO tizimlarining an'anaviy MIMO tizimlariga nisbatan asosiy ustunligi — ko'p foydalanuvchi rejimida adaptiv nur shakllantirish (beamforming) imkoniyatidir [11]. Ushbu texnologiya ma'lumotlar oqimlarini oldindan tayinlangan foydalanuvchilarga uzatishga imkon beradi (1-rasm) [12]. Bunda bitta foydalanuvchiga boshqa foydalanuvchilar bilan bir xil resurs bloklari ajratiladi, bu esa fazoviy ajratish orqali chastota-vaqt resurslarini tejaydi va spektral samaradorlikni oshiradi.

Bundan tashqari, ma'lum bir mobil terminalga yo'naltirilgan nur shakllantirish aniqligi yuqori bo'lgani uchun, nurlar orasidagi shovqin sezilarli darajada kamayadi. Shovqin darajasining pasayishi tufayli murakkab signalni ortogonalizatsiya qilish mexanizmlari endi talab qilinmaydi yoki minimal darajada talab qilinadi. Bu signalni oldindan qayta ishlashni yengillashtiradi va energiya samaradorligini oshiradi [13].



1-rasm. Ko'p foydalanuvchi rejimida aniq AS uchun Massive MIMO tizimida nurning shakllanishi

Energiyaning samaradorligi: Massive MIMO tizimlari an'anaviy MIMO tizimlariga nisbatan energiya samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Energiyaning samaradorligi shovqinning spektral zichligi bilan bog'liq bo'lib, $1/V_t$ signal kuchiga soniyadagi bitlar soni bilan tavsiflanadi [15]. Energiya samaradorligi yuqori bo'lganda, bir bit ma'lumotni uzatish uchun zarur bo'lgan signal-shovqin nisbati pasayadi.

Massive MIMO texnologiyalari yordamida yuqori energiya samaradorligiga ega mobil aloqa tizimlari uskunalarning energiya sarfini kamaytirishga, radiatsiya quvvatini pasaytirish orqali elektromagnit moslashuvni yaxshilashga, shuningdek, radiouzatish qurilmalari, xususan, AS larning ekologik xavfsizligini oshirishga yordam beradi [16].

Massive MIMO tizimida antennalar soni M ga oshganda, har bir ASning uzatish quvvatini mutanosib ravishda $1/M$ ga kamaytirish mumkin. Bu holat BS (baza stansiya) tomonidan kanal holati ma'lumotlari (CSI-channel state information) mukammal o'lganganida amalga oshadi. Agar CSI ideal bo'lmasa, uzatish quvvati mutanosib ravishda kamayadi, biroq bu sharoitda ham sezilarli daromadga erishish mumkin.

Spektral samaradorlik — bu ma'lumotlarning chastota spektrining birlik kengligida uzatilish tezligini tavsiflovchi ko'rsatkich bo'lib, u ishlatiladigan



chastota diapazonining har bir gigagerts (bps/Hz) bo'yicha nisbati bilan o'lchanadi. Massive MIMO tizimlarida tarmoqli kengligi antenna portlari soniga mutanosib ravishda oshadi.

Massive MIMO tizimlari spektral samaradorlik borasida sezilarli ustunliklarga ega. Masalan, 20 MHz chastota diapazonidan foydalanganda quyidagi natijalar qayd etilgan: har bir abonent terminali 17 Mbit/s gacha ma'lumot qabul qila oladi, hujayra tarmoqli kengligi esa 730 Mbit/s ni tashkil etadi, bu esa 36,5 bps/Hz spektral samaradorlikka teng.

Spektral samaradorlikning amaliy o'lchovlari [17] hozirgi kunga qadar yuqori natijalarni ko'rsatmoqda. Masalan, baza stansiyasida 128 ta antenna va 20 MHz chastota diapazonidan foydalanilganda, 79,4 bps/Hz spektral samaradorlikka, ya'ni 1,59 Gbit/s ma'lumotlar tezligiga erishilgan. Bu LTE-Advanced texnologiyasidagi 4x4 MIMO konfiguratsiyasi uchun o'rtacha 18 bps/Hz natija bilan taqqoslaganda, Massive MIMO tizimlarining aniq ustunligini namoyon etadi.

Fazoviy xilma-xillikka asoslangan yaxshilangan kanallarni qattiqlashtirish — Massive MIMO tizimlarining yana bir muhim xususiyatidir [13]. "Kanal qattiqlashuvi" atamasi ilgari klassik MIMO tizimlarida aloqa kanallarining ishonchligini oshirish uchun qo'llangan bo'lsa [19], bugungi kunda u Massive MIMO tizimlari uchun ham dolzarbdir. Fazoviy xilma-xillik uzatish kanalidagi tez pasayishning salbiy ta'sirini kamaytirishga yordam beradi. Kanallarning mustaqilligi va statistik bir xilligi sharoitida barcha fazoviy masofadagi kanallar uchun tez pasayish ta'siri ehtimoli quyidagi formula orqali tavsiflanadi [20]:

$$P_{all} = P_1^M,$$

bu yerda P_1 — bitta kanalli aloqa tizimida tez pasayish ehtimoli, M — tizimdagi antennalar soni.

Masalan, agar bitta antennali tizimda bir kanalning tez pasayish ehtimoli $P_1=0.1$ bo'lsa, antennalar sonini $M=128$ ga yetkazish orqali ushbu ta'sir ehtimolini ahamiyatsiz darajaga kamaytirish mumkin: $P_{all}=0.1^{128}$.

Shu tariqa, Massive MIMO tizimlari kanallarni qattiqlashtirish va spektral samaradorlikni oshirish borasida sezilarli afzalliklarga ega.

Amalga oshirishda qiyinchiliklar

Afzalliklarga qo'shimcha ravishda, Massive MIMO tizimlari texnik amalga oshirishning murakkabligi bilan ham ajralib turadi.

CSI sarlavhalarini uchun kanal resurslarining ahamiyati. 5G radiokirish tarmog'ini qurishda LTE tarmog'ida ishlatiladigan resurs bloklari va xizmat ko'rsatish ko'rsatkichlarining mavjud tuzilmasiga asoslanish rejalashtirilmoqda. Shu sababli, ushbu yondashuv qo'yadigan cheklovlarni hisobga olish zarur. Bunga, xususan, abonent terminali tomonidan yuqoriga teskari aloqa kanali orqali uzatiladigan oldindan kodlash matritsasi ko'rsatkichi kiradi [21].

Bazaviy stansiya (BS) oldindan kodlash operatsiyalarini amalga oshirish uchun zarur bo'lgan CSI-RS (channel state information – refernce signal) signallarini uzatishda qo'shimcha pastga ulanish (DL) resurslarini talab qiladi. Bundan tashqari, ko'p foydalanuvchi rejimlarida BS rejalashtiruvchisining to'g'ri ishlashi uchun abonent terminali tomonidan yuqoriga uzatiladigan DM-RS (demodulation refernce signal) signallari uchun yuqori darajada radioresurslar sarfi talab etiladi. Natijada, radioresurslarning katta qismi texnik axborotni uzatishga yo'naltiriladi. Masalan, 64 ta antenna portidan foydalangan holda, bitta resurs birligidagi elementlarning yarmidan ko'pi faqat CSI-RS signallarini uzatish uchun ishlatiladi [13].

TDD dupleks rejimida sinov - signal sifatining buzilishi

Time Division Duplex (TDD) rejimida Massive MIMO texnologiyasini qo'llash o'ziga xos afzalliklarga ega bo'lsa-da, signal signallar sifati pasayishi kabi muammolar yuzaga keladi. Bu holat texnik adabiyotlarda "signal ifloslanishi" (pilot contamination) deb nomlanadi.

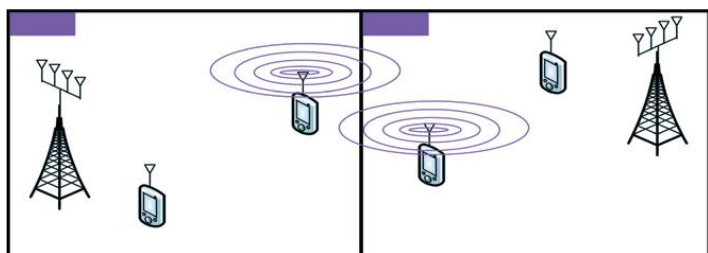
Massive MIMO texnologiyasida TDD rejimidan foydalanganda quyidagi ikki omilni hisobga olish zarur:



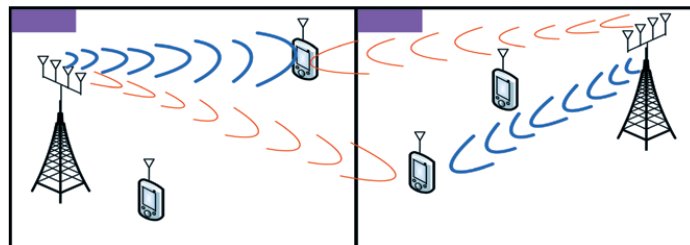
1. *Sinov signal uzatish yo'nalishi*: TDD rejimida signal signal AS dan yuqoriga ulanish (uplink) orqali uzatiladi.
2. *Kanal holatini o'lchash aniqligi*: Kanal holati ma'lumotlari signal signalda mujassam bo'lib, adaptiv diagrammalarni tuzish uchun muhim ahamiyatga ega.

Ushbu omillar "sinov signali ifloslanishi" muammosini darjasini aniqlab beradi. BS (Base Station) ASdan sinov signalni qabul qilib, so'rovchi AS yo'nalishida nur hosil qiladi. Biroq, agar boshqa ASdan ham xuddi shu sinov signal qabul qilinsa, pastga qarab (downlink) nurlar orasida shovqin paydo bo'lish xavfi tug'iladi. 2 va 3-rasmlarda ikki qo'shni sotalar misolida ushbu jarayon ketma-ket bosqichlarda tasvirlangan.

Birinchi bosqichda ikkala foydalanuvchi terminali ham bir xil chastota resursidan foydalangan holda sinov signallarini yuboradi (2-rasm). AS1 dan sinov signalni olgandan so'ng, BS 1 kanal holatini aniqlaydi. Shu bilan birga, AS 2 dan sinov signal BS 1 ga keladi, bu esa AS 1 sinov signalining shovqini va sifatining yomonlashishiga olib keladi. BS 1 ikkita sinov signalni olganligi sababli, u ikkita nurni bir vaqtning o'zida ikkita ASga yo'naltiradi: birinchi nurni unga mo'ljallangan, AS 1 (ko'k) va ikkinchi nur - qo'shni sotada (qizil) joylashgan AS 2 da noto'g'ri. Ammo hozirgi vaqtda AS 2 ga o'zining "o'z" nurini AS 2 ga yo'naltiradigan BS 2 xizmat qilganligi sababli (3-rasm), BS 1 dan AS 2 terminaliga nurning noto'g'ri yo'naltirilgani sinov-signal parametrlarning yomonlashuvi va shovqinlarni keltirib chiqaradi. Shubhasiz, Massive MIMO-ni TDD rejimida amalga oshirish ushbu salbiy hodisaga qarshi kurashishning samarali usullarini ishlab chiqishni talab qiladi.



2-shakl. Sinov signalning UL yo'nalishi bo'yicha "ifloslanishi" birinchi bosqichi



3-rasm. Sinov signalning DL yo'nalishiga "ifloslanishin" ikkinchi bosqichi

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Massive MIMO texnologiyasini joriy etishda asosiy savollardan biri – dupleks rejimlaridan qaysi biri, ya'ni TDD (vaqt bo'linishi dupleks) yoki FDD (chastota bo'linishi dupleks), eng mos kelishi haqidadir. Bu savolni tahlil qilish uchun quyidagi mezonlarni ko'rib chiqamiz:

1. Nurni ASga yo'naltirganda diagrammaning aniqligi.
2. Sinov signal uchun kanal resurslari sarfi.
3. ASning yuqori tezlikda harakatlanishidagi ishlash ko'rsatkichi [13].

Diagrammaning aniqligi. TDD rejimida signal pastga va yuqoriga bir xil chastotada, lekin vaqt bo'ylab turli nuqtalarda uzatiladi. Shu sababli, yuqoriga (UL) va pastga (DL) yo'nalishlar uchun kanalning fizik holati bir xil bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, kanal holati haqida o'lchangani CSI (Channel State Information) qiymatlari ikki yo'nalishda ham bir xil bo'lishi mumkin.

FDD rejimida esa bunday ekvivalentlikka erishib bo'lmaydi, chunki yuqoriga va pastga yo'nalishlar turli chastotalarda ishlaydi. Natijada, pastga yo'nalish uchun CSI faqat ASda o'lchanishi va so'ngra baza stansiyasiga (BS) uzatilishi kerak bo'ladi. Bu esa, olingan CSI ma'lumotlarining kechikishi va noaniqligiga olib keladi. Bu noaniqlik diagrammaning aniqligini pasaytiradi va Massive MIMO texnologiyasining ko'p foydalanuvchili imkoniyatlarini cheklaydi. Shu sababli, diagramma aniqligi mezoniga ko'ra, TDD rejimi afzalroqdir.

Signal signal uchun kanal resurslari sarfi. FDD rejimida, har bir baza stansiyasi antenna porti pastga yo'nalishda signal signal uzatishi kerak. Shuning uchun baza stansiyasidagi antenna portlari soni ortishi



bilan signal signallar soni ham oshadi. Massive MIMO texnologiyasida antenna portlari odatda yuzlab bo'lishi mumkin, bu esa resurs sarfining sezilarli oshishiga olib keladi.

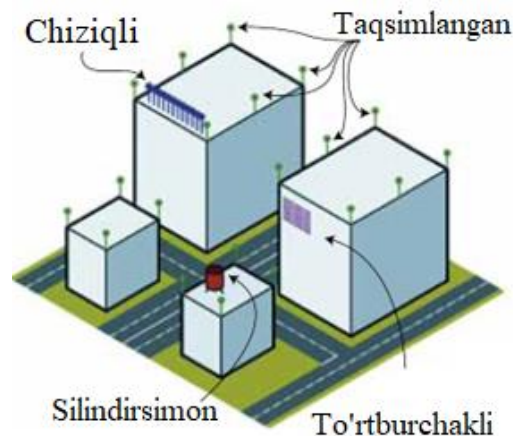
TDD rejimida esa kanal holati ASdan uzatilgan signal signal asosida baza stansiyasida aniqlanadi. ASlarda odatda bitta antenna porti mavjud bo'lgani sababli, har bir yuqoriga yo'nalishdagi signal signal barcha baza stansiyasi antenna portlari tomonidan qabul qilinadi. Shu orqali, barcha kanallar holatini aniqlash uchun faqat bitta signal signal yetarli bo'ladi. Natijada, TDD rejimi kanal resurslari sarfi bo'yicha FDD rejimidan sezilarli darajada samaraliroqdir.

Yuqori tezlikdagi harakatni qo'llab-quvvatlash.
QoS (xizmat sifatini) saqlab qolgan holda, ASning soatiga 500 km tezlikkacha harakatlanishi kabi holatlarda kanal holatini doimiy ravishda yangilab borish talab etiladi. FDD rejimida signal signal uchun talab qilinadigan qo'shimcha kanal resurslari ASning yuqori tezlikda harakatlanishi bilan yanada oshadi. TDD rejimi esa bunday holatlarda yuqori tarmoqli kengligi xarajatlarini talab qilmaydi, bu esa uni yuqori tezlikdagi harakatlar uchun yanada mos variantga aylantiradi.

Yuqorida keltirilgan uchta mezon asosida shuni aytish mumkinki, Massive MIMO texnologiyasi uchun TDD rejimi FDD rejimiga nisbatan yanada mos keladi. TDD rejimi diagramma aniqligini yaxshiroq ta'minlaydi, kanal resurslaridan samarali foydalanadi va yuqori tezlikda harakatlanishni qo'llab-quvvatlashda ustunlikka ega.

Massive MIMO tizimlarida antenna qatorini loyihalash imkoniyatlari

Odatda, Massive MIMO tizimlari chiziqli (ko'k), silindrsimon (qizil), to'rtburchaklar (binafsha) yoki taqsimlangan (yashil) topologiyaga asoslangan ko'p elementli antenna qatorlariga tayanadi (4-rasm).



4-rasm. Massive MIMO antenna tizimlari uchun turli xil dizayn variantlari

O'tkazilgan o'lchovlar natijalari shuni ko'rsatdiki, silindrsimon dizayndan foydalanganda kiruvchi signallarni ikki o'lchamda ajratib olish mumkin. Biroq, chiziqli dizayn bir xil antenna elementlari bilan azimut piksellarining yuqori aniqligini ta'minlashi mumkin, lekin bu faqat bitta o'lchamda amalga oshiriladi. Ikkala tajribada ham 2,6 gigagertsli diapazon tanlandi va antenna portlari orasidagi masofa yarim to'lqin uzunligiga teng qilib belgilandi. Har bir tajribada jami 128 ta antenna portidan foydalanildi.

Adaptiv diagrammalar ishlashining o'ziga xos xususiyatlari radioelektron vositalarning elektromagnit moslashuvchanligini (EMC) ta'minlash va elektromagnit omil nuqtai nazaridan atrof-muhit xavfsizligini nazorat qiluvchi organlar uchun murakkabliklarni yuzaga keltirishi mumkin. Ushbu tizimlardan foydalanish uchun ariza topshirishda bir qator dilemmalar paydo bo'ladi.

Birinchi holatda, agar arizada bitta tor nurning maksimal samarali nurlanish quvvati ko'rsatilsa, quyidagi muammolar yuzaga keladi: birinchidan, ushbu qiymat EMC va ekologik xavfsizlik bo'yicha belgilangan standartlardan oshib ketishi mumkin, natijada ruxsatnoma rad etiladi. Ikkinchidan, ushbu qiymat ishonchsiz bo'ladi, chunki maksimal qiymat faqat hujayraning ma'lum bir nuqtasida erishiladi, hujayraning aksariyat qismida esa bu qiymat sezilarli darajada past bo'ladi.



Ikkinchi holatda, agar arizada o'rtacha qiymat ko'rsatilsa, nazorat jarayonida qonunbuzarlik aniqlanishi ehtimoli mavjud. Chunki amalda nurning samarali nurlanish quvvati e'lon qilingan o'rtacha qiymatdan yuqori bo'lishi mumkin.

Mazkur noaniqliklarni bartaraf etish uchun Massive MIMO texnologiyasidan foydalanish tartibini belgilovchi yangi qoidalarni joriy etish zarur. Bu qoidalar ushbu texnologiyadan foydalanishda huquqiy va texnik talablarni yanada aniqroq belgilashga xizmat qiladi.

XULOSA

Maqolada keltirilgan tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, Massive MIMO texnologiyasidan foydalanish yangi imkoniyatlarni ochib, 5G mobil tarmoqlari talablariga erishishda muhim hissa qo'shadi. Ushbu texnologiya ma'lumotlar uzatish tezligini oshirish va beshinchi avlod tarmoqlarini samarali joriy etish uchun zarur bo'lgan talablarga mos keladi.

Shuningdek, Massive MIMO texnologiyasi tarmoq resurslaridan samarali foydalanish, signallar barqarorligini oshirish va yuqori zichlikdagi hududlarda xizmat ko'rsatish sifatini yaxshilashga yordam beradi. Ushbu texnologiyaning joriy etilishi mobil aloqa tizimlarining kelajakdagi rivojlanishi uchun mustahkam asos yaratadi.

ADABIYOTLAR

1. Dalibekov, L. R. (2023). Innovative applications of apv elements in optoelectronics. *International Journal of Advance Scientific Research*, 3(10), 286-292.
2. Далибеков, Л. (2023, November). Исследование аномальных фото напряжений как индикаторов сетевых проблем. In *Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions"*.
3. Далибеков, Л. (2023, November). Aloqa tarmoqlarida energobarqaror tizimlarni tadbiq etish. In *Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions"*.
4. Dalibekov, L. (2024). ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКА. *Потомки Аль-Фаргани*, 1(2), 176–180. извлечено от <https://al-fargoniy.uz/index.php/journal/article/view/355>
5. Dalibekov, L. (2024). METHODS OF SPEECH SIGNAL SEGMENTATION FOR MULTIMODAL SPEECH RECOGNITION. *Miasto Przyszłości*, 48, 1–4. Retrieved from <https://miastoprzyszlosci.com.pl/index.php/mp/article/view/3394>
6. Muxammadyunosovich, X. M., Rustamovich, D. L., & Qizi, M. R. A. (2024). OPTIK TOLALARDA SIGNALLARNI YO 'QOLISHINI OLDINI OLIISH VA AXBOROT XAVFSIZLIGI TA'MINLASH. *Al-Farg'oniy avlodlari*, (2), 129-131.
7. Turgunov, B., Iskandarov, U., Dalibekov, L., & Jurayeva, G. (2024, March). Prospects for using alternative energy sources to generate high power electrostatic fields in the primary processing of raw cotton. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
8. Ergashev, S., Dalibekov, L., Komilov, A., Jo'raeva, G., Xusanova, S., & Komilov, D. (2024, November). Optical electron photo converter. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 508, p. 01002). EDP Sciences.
9. Gao X. et al. Massive MIMO performance evaluation based on measured propagation data // *IEEE Transactions on Wireless Communications*. – 2015. V. 14. № 7. P. 3899-3911.
10. Одоевский С., Степанец В. Планировать беспроводную связь с комфортом: программный комплекс ONEPLAN RPLS (ONEGA) // *ПЕРВАЯ МИЛЯ*. 2013. № 2. С. 34-39.



11. Фокин Г.А. Управление самоорганизующимися пакетными радиосетями на основе радиостанций с направленными антеннами: автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.13 "Телекоммуникационные системы и компьютерные сети". – СПб, 2009.
12. Mitsubishi Electric's New Multibeam Multiplexing 5G Technology Achieves 20 Gbps Throughput // Mitsubishi Electric, <http://www.mitsubishielectric.com/news/2016/0121.html>. – 21 янв. 2016.
13. Views on Massive MIMO for New Radio // 3GPP Nanjing, Written Contributions R1-165063. – 2016.
14. Lu L. et al. An overview of massive MIMO: Benefits and challenges // IEEE journal of selected topics in signal processing. 2014. V. 8. № 5. P. 742-758.
15. Зюко А.Г. и др. Теория передачи сигналов. – М.: Радио и связь, 1980.
16. Одоевский С., Степанец В., Зибарев Е., Болкунов А., Зайченко А. Беспроводная связь и принцип "не навреди": ПК ONEPLAN Sazon // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2017. №4. С. 52-57.
17. Harris P., Malkowsky S. Setting a World Record in 5G Wireless Spectrum Efficiency With Massive MIMO // Virtuelle Instrumente in der Praxis. 2016. V. 21. P. 272-277.
18. Zhang X., Zhou X. LTE-advanced air interface technology. – Boca Raton: CRC Press, 2012.
19. Hochwald B.M., Marzetta T.L., Tarokh V. Multipleantenna channel hardening and its implications for rate feedback and scheduling // IEEE transactions on Information Theory. 2004. V. 50. № 9. P. 1893-1909.
20. Björnson E. Channel hardening makes fading channels behave as deterministic // <https://mimotech.se/2017/01/25/channel-hardening-makesfading-channels-behave-as-deterministic/>. – 25 янв. 2017.
21. Study on New Radio Access Technology Physical Layer Aspects // 3GPP TR 38.802 V.14.2.0–2017.

