

# MUHANDISLIK

## & IQTISODIYOT

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

# №11

2025  
noyabr



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 – Texnika fanlari  
08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google Scholar

OPEN ACCESS

ULRICHSWEB™  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

Academic  
Resource  
Index  
ResearchBib

ISSN  
INTERNATIONAL  
STANDARD  
SERIAL  
NUMBER  
INTERNATIONAL CENTRE

CYBERLENINKA

OpenAIRE

ROAD

INDEX COPERNICUS  
INTERNATIONAL

BASE

Crossref

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
LIBRARY.RU



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ  
РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА  
ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ



# muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 378 sahifa.  
2025-yil, noyabr

## **Bosh muharrir:**

**Zokirova Nodira Kalandarovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

## **Bosh muharrir o'rinbosari:**

**Shakarov Zafar G'afarovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

## **Tahrir hay'ati:**

**Abduraxmanov Kalandar Xodjayevich**, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Sharipov Kongratbay Avezimbetovich**, texnika fanlari doktori, professor

**Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Shaumarov Said Sanatovich**, texnika fanlari doktori, professor

**Turayev Bahodir Xatamovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Nasimov Dilmurod Abdulloyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Allayeva Gulchexra Jalgasovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Arabov Nurali Uralovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Xamrayeva Sayyora Nasimovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Bobonazarova Jamila Xolmurodovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Irmatova Aziza Baxromovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

**Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Amanov Otabek Amankulovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li**, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Qurbonov Samandar Pulatovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Tabayev Azamat Zaripbayevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sxay Lana Aleksandrovna**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Ismoilova Gulnora Fayzullayevna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Kasimova Nargiza Sabitdjanovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Kalanova Moxigul Baxritdinovna**, dotsent

**Ashurzoda Luiza Muxtarovna**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sharipov Botirali Roxataliyevich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor

**Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

**Bauyetdinov Majit Janizaqovich**, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

**Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li**, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sultonov Shavkatjon Abdullayevich**, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

**Jo'raeva Malohat Muhammadovna**, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

# muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
- 05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
- 05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
- 05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
- 05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
- 05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
- 05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
- 05.01.07 – Matematik modellash
- 05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
- 05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
- 05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
- 05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
- 05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
- 05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
- 05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
- 05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
- 05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
- 05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
- 05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
- 05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
- 10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
- 10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
- 08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
- 08.00.02 – Makroiqtisodiyot
- 08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
- 08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
- 08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
- 08.00.06 – Ekonometrika va statistika
- 08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
- 08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
- 08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
- 08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
- 08.00.11 – Marketing
- 08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
- 08.00.13 – Menejment
- 08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
- 08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
- 08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
- 08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK

Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

**Muassis:** "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

**Hamkorlarimiz:**

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



# MUNDARIJA

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| JAHONDA KREATIV IQTISODIYOTNING RIVOJLANISHINING UMUMIY GLOBAL<br>TENDENSIYALARI.....                                                            | 12  |
| <b>Ismailov Azizbek Ruzimaxmatovich</b>                                                                                                          |     |
| CHORVACHILIK MAHSULOTLARI ISHLAB CHIQUV VA EKSPORT SALOHİYATINI OSHIRISHDA<br>BOZOR INFRATUZILMASINI RIVOJLANTIRISHNING IQTISODIY OMILLARI ..... | 22  |
| <b>Soxadaliyev Abdurashid Mamadaliyevich</b>                                                                                                     |     |
| XORIJIY INVESTITSİYALAR VA IQTISODIY O'SISH O'RTASIDAGI O'ZARO TA'SIR .....                                                                      | 30  |
| <b>Madraximova Irodaxon Sherzodbek qizi</b>                                                                                                      |     |
| O'ZBEKISTON SHAROITIDA XIZMATLAR EKSPORTINING IQTISODIY O'SISHGA TA'SIRI .....                                                                   | 35  |
| <b>Sultonov Shodiyor Abduxalilovich, Karshiyeva Charos Mamasoliyevna</b>                                                                         |     |
| QASHQADARYO VILOYATIDA OLIY TA'LIM VA MEHNAT BOZORI INTEGRATSIYASI ASOSIDA<br>YUQORI MALAKALI KADRLAR TAYYORLASHNING HOZIRGI HOLATI.....         | 41  |
| <b>Haqqulov Fazliddin Faxriddinovich</b>                                                                                                         |     |
| SOLIQ MA'MURCHILIGIDA XALQARO TAJRIBA ASOSIDA SAMARADORLIKNI OSHIRISH.....                                                                       | 48  |
| <b>Xodjimatom Xamidullo Mamirjonovich</b>                                                                                                        |     |
| TIJORAT BANKLARI KREDIT PORTFELNI SAMARALI BOSHQARISH: MUAMMO VA TAKLIFLAR.....                                                                  | 53  |
| <b>Yusupov Shaxzod Maxmatmurodovich</b>                                                                                                          |     |
| KICHIK BIZNES VA TADBIRKORLIKNING RIVOJLANISHIGA TA'SIR ETUVCHI ASOSIY OMILLAR<br>VA IQTISODI SAMARADORLIGI TAHLILI.....                         | 59  |
| <b>Axatova Shahnoza</b>                                                                                                                          |     |
| SANOATNING "DRAYVER" SOHALARINI RIVOJLANTIRISH .....                                                                                             | 63  |
| <b>Mamurjonova Ruxshonabegim Farxodovna</b>                                                                                                      |     |
| РОЛЬ КРЕАТИВНОЙ ИНДУСТРИИ В РЕГИОНАЛЬНОМ РАЗВИТИИ КАРАКАЛПАКСТАНА.....                                                                           | 69  |
| <b>Хошимова Камилла Навфал қизи</b>                                                                                                              |     |
| РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В ПОВЫШЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ<br>ОРГАНИЗАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ .....                                       | 79  |
| <b>Тожиева Шахноза Бобомуратовна, Расулова Дилфуза Валиевна</b>                                                                                  |     |
| АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ.....                                                                                                    | 86  |
| <b>Файзиёв Умуркул Шухратович</b>                                                                                                                |     |
| TIKUV-TRIKOTAJ KORXONALARDA MARKETING FAOLIYATIDA ISTEMOLCHILARNI<br>MOTIVATSIYALASH MASALALARI .....                                            | 97  |
| <b>Jalilov Jamshid G'anijonovich</b>                                                                                                             |     |
| СТАНДАРТЫ КАЧЕСТВА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ<br>ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....                                                     | 103 |
| <b>Ўролова Севара Бехзод қизи</b>                                                                                                                |     |
| BANKLARDA KAPITAL YETARLILIGI VA LIKVIDLIKNI AUDITORLIK BAHOLASH<br>USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH.....                                            | 109 |
| <b>Narziyev Hayotjon Azamatovich</b>                                                                                                             |     |
| NATIJAVIYLIKKA YO'NALTIRILGAN BudgetLASHTIRISH ORQALI FISKAL SAMARADORLIKNI<br>OSHIRISH MASALALARI.....                                          | 115 |
| <b>Allakuliyev Akmal Baltayevich</b>                                                                                                             |     |
| AUDITORLIK XULOSALARIDA AUDITORLARNING PROFESSIONAL MULOHAZALARNING<br>ASOSLILIGINI ANIQLASH AHAMIYATI .....                                     | 120 |
| <b>Parpiyev Jaxongir Ilxomjonovich</b>                                                                                                           |     |
| YASHIL IQTISODIYOTDA YASHIL MOLIYALASHTIRISH: NAZARIY VA AMALIYOT UYG'UNLIGI.....                                                                | 126 |
| <b>Xalikov S. X.</b>                                                                                                                             |     |



|                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TURISTIK KORXONALARDA BREND CAPITALINI BAHOLASH .....                                                                                                                 | 131 |
| <b>Zufarov Akmal Gulamiddinovich</b>                                                                                                                                  |     |
| AYOLLAR ISH BILAN BANDLIGINI OSHIRISHDA KASANACHILIKNING AHAMIYATI .....                                                                                              | 141 |
| <b>Eshqobulova Charos O'roq qizi</b>                                                                                                                                  |     |
| ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ<br>УЗБЕКИСТАН .....                                                                                   | 148 |
| <b>Алимова Дилафруз</b>                                                                                                                                               |     |
| O'ZBEKISTON UZUMCHILIK KORXONALARINING EKSPORT MARKETING STRATEGIYALARINI<br>TAKOMILLASHTIRISHDA YASHIL INNOVATSIYALAR VA TEXNOLOGIYALARNING O'RNI .....              | 153 |
| <b>Usmonova Diyora Mahmud qizi</b>                                                                                                                                    |     |
| RAQAMLI MOLIVAVIY XIZMATLAR TRANSFORMATSIYASI SHAROITIDA SOLIQ BOSHQARUVI<br>SAMARADORLIGINI OSHIRISH ISTIQBOLLARI .....                                              | 161 |
| <b>Radjabov Umurzoq Ablakulovich</b>                                                                                                                                  |     |
| ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН:<br>РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОВЫШЕНИИ<br>ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ ..... | 165 |
| <b>Аллаева Г.Ж.</b>                                                                                                                                                   |     |
| THE IMPORTANCE OF STRESS TESTING AND ITS IMPLEMENTATION IN COMMERCIAL BANKS<br>OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN .....                                                    | 169 |
| <b>Mamatova Sevara</b>                                                                                                                                                |     |
| MINTAQADA SANOAT KORXONALARI SALOHİYATI VA RAQOBATBARDOSHLIGINI<br>OSHIRISHNING INNOVATSION KO'RSATKICHLARI .....                                                     | 175 |
| <b>Nabiyev G'ulom Abdisalomovich</b>                                                                                                                                  |     |
| IJTIMOİY SOHA INVESTISIYA LOYIHALARINI DAVLAT–XUSUSIY SHERIKLIK ASOSIDA<br>MOLIYALASHTIRISHDA RISKLARNI BOSHQARISHNING XORIY TAJRIBALARI .....                        | 185 |
| <b>Ergashev Axmadjon Maxmudjon o'g'li</b>                                                                                                                             |     |
| YASHIL BANK MAHSULOTLARIDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNI QO'LLASH ISTIQBOLLARI .....                                                                                       | 189 |
| <b>Mahmudov Ulug'bek Davronovich</b>                                                                                                                                  |     |
| KICHIK BIZNESDA XUSUSIY VA UMUMIY AXBOROT TIZIMLARI INTEGRATSIYASI .....                                                                                              | 193 |
| <b>Navruz-zoda Layli Baxtiyorovna</b>                                                                                                                                 |     |
| O'ZBEKISTON IQTISODIYOTIGA TO'G'RIDAN-TO'G'RI XORIJIY INVESTITSİYALARNI<br>JALB QILISH MEXANIZMINI TAKOMILLASHTIRISH YO'LLARI .....                                   | 197 |
| <b>Mamatkulova Nadira Maxkamovna</b>                                                                                                                                  |     |
| JAHON AMALIYOTIDA TASHABBUSLI BUDJETLASHTIRISHNING KONSEPTUAL<br>YO'NALISHLARI .....                                                                                  | 203 |
| <b>Xamidov Xabibullo Xikmatulla o'g'li</b>                                                                                                                            |     |
| РАЗВИТИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЁТА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ МАЛОГО БИЗНЕСА<br>КАК ФАКТОР ПЕРЕХОДА К “ЗЕЛЁНОЙ” ЭКОНОМИКЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН .....                        | 210 |
| <b>Бозорова Озода Рахимовна</b>                                                                                                                                       |     |
| ТЕМИРБЕТОН КО'РРИКЛАРДАГИ BURDALANGIN BETONDAN OLINGAN CHAQIQ TOSHNI<br>KOMPLEKS TADQIQOT QILISH .....                                                                | 222 |
| <b>Salixanov Saidxon Salixanovich, Kenjayev Temurbek Olimjonovich</b>                                                                                                 |     |
| KICHIK BIZNES VA XUSUSIY TADBIRKORLIKDA YASHIRIN IQTISODIYOTNI ANIQLASH<br>USULLARI VA SOF FOYDA KO'RSATKICHIDA AKS ETISH YO'LLARI .....                              | 226 |
| <b>Mavlyanov Muzaffar Yusupovich</b>                                                                                                                                  |     |
| MAMLAKATIMIZ BANKLARIDA FOIZ RISKILARI MUAMMOLARI VA ILMIY-TAHLILI .....                                                                                              | 230 |
| <b>Isakov.J.Ya</b>                                                                                                                                                    |     |
| QISHLOQ XO'JALIGI MAHSULOTLARINI EKSPORTGA YO'NALTIRISHDA IQTISODIY<br>BARQARORLIK TUSHUNCHASINING NAZARIY ASOSLARI VA BAHOLASH MEZONLARI .....                       | 238 |
| <b>Faxriddinov Bahriddin</b>                                                                                                                                          |     |



|                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TO'QIMACHILIK SANOATIDA SUN'IY VA KIMYOVIY TOLALARNING IQTISODIY AFZALLIKLARI .....                                                                | 243 |
| <b>Raximov Furqat Jalolovich</b>                                                                                                                   |     |
| BUXORO VILOYATIDA CHARM-POYABZAL TARMOG'I RAQOBATBARDOSHLIGINI OSHIRISH STRATEGIYASI.....                                                          | 249 |
| <b>Rahmonov Xurshid Xayriddinovich, Atoeva Mehriyo Ilhom qizi</b>                                                                                  |     |
| KORXONALARDA BUXGALTERIYA HISOBI VA UNI YURITISH TARTIBINI TAKOMILLASHTIRISH.....                                                                  | 254 |
| <b>M.I.Murodova</b>                                                                                                                                |     |
| SOLIQ SIYOSATI ORQALI AHOLI DAROMADLARINI RAG'BATLANTIRISH MEXANIZMLARI.....                                                                       | 258 |
| <b>Uzoqov Suhrobjon Do'smat o'g'li</b>                                                                                                             |     |
| INNOVATSION VA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA LOGISTIK XIZMATLAR KORXONALARINING IQTISODIY SAMARADORLIGI TAHLILI.....                              | 264 |
| <b>Xalimov Javlonbek Shaxriyovich</b>                                                                                                              |     |
| O'ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA SOLIQ TIZIMIDA RAQAMLASHTIRISHNI TAKOMILLASHTIRISH ORQALI SOLIQLARNI UNDIRISHNING METODOLOGIK MUAMMOLARI .....          | 271 |
| <b>Muxammadov Nodir Karimovich</b>                                                                                                                 |     |
| KICHIK BIZNES SUBYEKTLARI FAOLIYATIDA EKSPORTBOP MAHSULOTLAR ISHLAB CHIQARISH JARAYONLARINI TAKOMILLASHTIRISH ORQALI SAMARADORLIKNI OSHIRISH ..... | 277 |
| <b>Boymirzayev Zokirjon Mashrabboyevich</b>                                                                                                        |     |
| IQTISODIYOT VA TA'LIM BOSHQARUVI: O'ZBEKISTONDA TA'LIM BRENDINGI UCHUN IQTISODIY JIHATLAR.....                                                     | 282 |
| <b>Dilfuza Shokirova</b>                                                                                                                           |     |
| OLIY TA'LIM SOHASIDA DAVLAT-XUSUSIY SHERIKLIK TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH.....                                                                      | 291 |
| <b>Raximjonova Shohsanam Baxodirovna</b>                                                                                                           |     |
| O'ZBEKISTON BANKLARIDA RAQAMLI TRANSFORMATSIYANI INSON KAPITALI RIVOJI BILAN UYG'UNLASHTIRISH: INSTITUTSIONAL YONDASHUV.....                       | 295 |
| <b>Xushvaqto'v Nodirbek Nomoz o'g'li</b>                                                                                                           |     |
| SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA MOLIYAVIY STRESS-TEST TIZIMINI YARATISH METODOLOGIYASI .....                                                              | 299 |
| <b>Zaynutdinov Ismoil Samariddin o'g'li</b>                                                                                                        |     |
| HOZIRGI SHAROITDA BANK FAOLIYATIDA RISKLARNI BOSHQARISH TIZIMINING INSTITUTSIONAL MEXANIZMLARI .....                                               | 303 |
| <b>Malikova Dilrabo Muminovna, Shakarova Kumush Faxriddin qizi</b>                                                                                 |     |
| ENSURING SECURITY IN THE DIGITAL WORLD: HOW THE INSURANCE INDUSTRY CAN COUNTER CYBERATTACKS .....                                                  | 308 |
| <b>D.D. Omonova</b>                                                                                                                                |     |
| JAHON SAVDO TASHKILOTIGA A'ZO BO'LISH JARAYONIDA BYUDJET-SOLIQ SIYOSATINI ISLOH QILISH MASALALARI .....                                            | 314 |
| <b>Hojiakbar Zaynabidinov</b>                                                                                                                      |     |
| SILINDRSIMON KAMERADA QATLAMLI CHIGITLAR AYLANMA HARAKATINING TAHLILI.....                                                                         | 319 |
| <b>No'monov Mirjalol Abdumalik o'g'li</b>                                                                                                          |     |
| IPAKCHILIK KLASSTERLARI ASOSIDA TARMOQNI O'RTA MUDDATLI RIVOJLAN TIRISH STRATEGIYASI.....                                                          | 325 |
| <b>Xudoykulov Mamarasul Radjabovich</b>                                                                                                            |     |
| INNOVATSION IQTISODIYOT SHAROITIDA UZOQ MUDDATLI AKTIVLAR HISOBINI TAKOMILLASHTIRISH.....                                                          | 332 |
| <b>Shermatov Sirojiddan Xaydarovich</b>                                                                                                            |     |
| O'ZBEKISTONDA TURIZM IQTISODIYOTINING RAQAMLI MARKETING ORQALI RIVOJLANISH YO'LLARI.....                                                           | 335 |
| <b>Egamberdiyev Muzaffar</b>                                                                                                                       |     |
| РОЛЬ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД» .....                                                                                | 339 |
| <b>Иминов Акбаржон Одилжонович</b>                                                                                                                 |     |



|                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| IQTISODIY TIZIM VA INSON QADRIYATI: KAPITALIZM VA GUMANIZM O'RTASIDA .....                                                       | 345 |
| <b>Raxmatullayev Sarvar Nazar o'g'li, Abdukarimova Muborak Sharaf qizi, Madrakhimova R. G.</b>                                   |     |
| O'ZBEKISTONDA QULAY INVESTITSiya MUHITINI SHAKLLANTIRISH VA INVESTITSiyALAR<br>JALB ETISH MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH ..... | 350 |
| <b>Yusupov Muxiddin Soatovich</b>                                                                                                |     |
| KONSOLIDATSIYALASHGAN MOLiyaviy HISOBOT MA'LUMOTLARINI TAHLIL QILISH<br>MASALALARI .....                                         | 358 |
| <b>Avazov Ilhom Ravshanovich</b>                                                                                                 |     |
| YANGI TUZILISHLI IKKI QATLAMLI TRIKOTAJ TO'QIMALARINI OLIsh USULLARI .....                                                       | 363 |
| <b>S. Saparova, M. Musaeva, M.Mirsadikov, M.Mukimov</b>                                                                          |     |
| KVANT MUHITIDA AXBOROTNI HIMOYALASHGA XIZMAT QILUVCHI MULTIPLEKSER<br>TUZILMASI .....                                            | 370 |
| <b>Safoyev Nuriddin Najmiddin o'g'li</b>                                                                                         |     |

# KVANT MUHITIDA AXBOROTNI HIMOYALASHGA XIZMAT QILUVCHI MULTIPLEKSER TUZILMASI

**Safoyev Nuriddin Najmiddin o'g'li**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU,  
Kiberxavfsizlik va kriminalistika kafedrası katta o'qtuvchisi.

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada quantum-dot cellular automata (QCA) texnologiyasi asosida hujayralarning o'zaro ta'sir tamoyiliga tayangan ixcham 2:1 multiplexer (MUX) tuzilmasi taklif etiladi. Taklif etilgan MUX arxitekturası kam murakkablikka ega kombinatsion sxemalarni yaratish imkonini berib, mavjud dizaynlarga nisbatan kamroq hujayra talab qiladi hamda chip maydonini sezilarli darajada qisqartiradi. QCADesigner muhitida o'tkazilgan simulyatsiya natijalari loyihaning amaliy qo'llashga yaroqliligini tasdiqlaydi. Shuningdek, mazkur MUX arifmetik-mantiqiy qurilmalarga, xususan QCA mikroprotssessorlaridagi ALU modullariga samarali integratsiya qilish uchun mos ekanligi ko'rsatiladi.

**Kalit so'zlar:** MUX; quantum-dot cellular automata; QCA; mantiqiy elementlar.

**Abstract.** This article proposes a compact 2:1 multiplexer (MUX) design based on the cell-interaction principle in quantum-dot cellular automata (QCA) technology. The presented architecture enables the implementation of low-complexity combinational circuits, requires fewer cells than existing designs, and significantly reduces chip area. Simulation results obtained using the QCADesigner environment verify the practical applicability of the proposed structure. Furthermore, the MUX demonstrates suitability for integration into arithmetic-logic units (ALUs), particularly within QCA-based microprocessors.

**Keywords:** MUX; quantum-dot cellular automata; QCA; logic design.

**Аннотация.** В данной статье предлагается компактная структура мультиплексора 2:1, основанная на принципе взаимодействия клеток в технологии quantum-dot cellular automata (QCA). Представленный MUX отличается низкой аппаратной сложностью, требует меньшее количество клеток и значительно сокращает площадь микросхемы по сравнению с существующими решениями. Результаты моделирования в среде QCADesigner подтверждают практическую применимость разработанного устройства. Кроме того, показано, что предложенный MUX может эффективно интегрироваться в арифметико-логические устройства, включая ALU-модули QCA-микропроцессоров.

**Ключевые слова:** MUX; квантовые клеточные автоматы; QCA; логические схемы.

## KIRISH

Bugungi kunda nanoteknologiyalar keyingi avlod kompyuterlarini yaratish jarayonida alohida ahamiyat kasb etmoqda. Ilmiy tadqiqotlar CMOS texnologiyasida fizik cheklovlarning tobora yaqqol sezilayotgani, xususan elementlar o'lchamining yanada kichrayishi va energiya sarfining ortishi bilan bog'liq texnologik muammolar mavjudligini ko'rsatadi [1]. Bunday cheklovlarning istiqbolli yechimlaridan biri 1993-yilda taklif etilgan quantum-dot cellular automata (QCA) texnologiyasi hisoblanadi [2]. QCA hisoblashning mutlaqo yangi mexanizmini taqdim etib, mavjud chegaralarni bartaraf etishga xizmat qiluvchi innovatsion yondashuv sifatida qaraladi. Hozirgi kungacha QCA ning yarimo'tkazgichli, magnitli, molekulyar va metal-oroľchali kabi bir nechta jismoniy realizatsiyalari ishlab chiqilgan [3]. Ayniqsa molekulyar QCA yuqori kommutatsiya tezligi (THz diapazonida), katta zichlik va juda past quvvat sarfi bilan ajralib turadi. Ushbu texnologiyaning asosiy elementi bo'lgan kvant hujayrasining amaliy namunalari so'nggi yillarda muvaffaqiyatli yaratilgan [4].

## MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Quantum-dot cellular automata (QCA) texnologiyasi nanomasshtabdagi mantiqiy qurilmalarni yaratishda CMOS texnologiyasiga muqobil istiqbolli yo'nalish sifatida keng o'rganilmoqda. Lent va Tougaw tomonidan taklif etilgan QCA arxitekturası raqamli tizimlarda yuqori tezlik, yuqori zichlik va past quvvat sarfi imkoniyatlari bilan alohida ahamiyat kasb etadi. Keyingi tadqiqotlarda, xususan Farazkish hamda Khodaparast tomonidan amalga oshirilgan ishlarda, QCA asosidagi mantiqiy elementlarning ishonchliligi va xatolarga bardoshliligini oshirish masalalari chuqur o'rganilgan. Shuningdek, Ahmad, Chabi va boshqa olimlar majority elementi hamda invertorlarga asoslangan an'anaviy MUX tuzilmalari samaradorligini tahlil qilgan.



So'nggi yillarda hujayralararo o'zaro ta'sir tamoyiliga asoslangan ixcham MUX dizaynlari taklif etilib, maydon, hujayra soni va kechikish kabi parametrlarni optimallashtirishga qaratilgan izlanishlar kuchaygan. QCA texnologiyasida invertor va ko'pchilik (majority) elementlar mantiqiy amallarni qurish uchun asosiy bloklar hisoblanadi va ular qo'shni hujayralardagi elektronlarning o'zaro ta'siriga asoslanadi. Biroq faqat majority elementi hamda invertorga tayangan holda murakkab kombinatsion sxemalarning apparat murakkabligini sezilarli kamaytirish qiyin. Shu sababli so'nggi yillarda olimlar tomonidan hujayralararo o'zaro ta'sirga asoslangan yangi mantiqiy elementlar taklif etilmoqda [5–9]. Ushbu yondashuvlarning asosiy maqsadi — sxema parametrlarini kamaytirish va QCA texnologiyasidagi mavjud muammolar uchun samarali yechim yaratishdir.

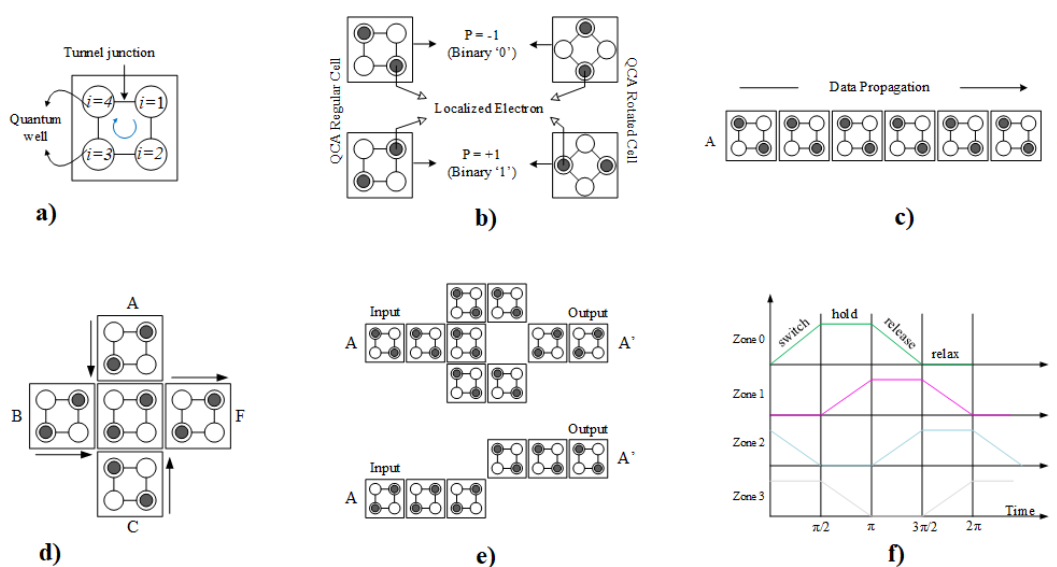
Multiplexer (MUX) raqamli mantiqiy tizimlarda eng ko'p qo'llaniladigan elementlardan biri bo'lib, samarali MUX arxitekturalarini yaratish bo'yicha ko'plab tadqiqotlar amalga oshirilgan [5,7,9]. Aksariyat ishlarda 2:1 MUX uchta majority elementi va bitta invertor asosida qurilgan bo'lib, bu yondashuv sxema hujayralari soni, chip maydoni va tarqalish kechikishining ortishiga olib keladi. So'nggi yillarda esa 2:1 MUX dizaynini soddalashtirishga qaratilgan yangi innovatsion yondashuvlar taklif etilmoqda [7].

## TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotda quantum-dot cellular automata (QCA) texnologiyasi asosida taklif etilgan 2:1 MUX tuzilmasining ishlash tamoyili hujayralararo o'zaro ta'sir modeli orqali baholandi. Dastlab kvant hujayralarining polarizatsiyasi, elektronlar o'rtasidagi Kulon kuchi hamda potensial energiya qiymatlari aniqlanib, ularning ta'sir mexanizmi hisoblab chiqildi. Shundan so'ng har bir hujayraning barqaror holatini aniqlash maqsadida ikki faraz asosida energiya ko'rsatkichlari solishtirildi. MUX tuzilmasining funksionalligi uchta kirishdan hosil bo'ladigan 8 ta kombinatsiya bo'yicha sinovdan o'tkazildi. Simulyatsiya jarayoni QCADesigner 2.0.3 muhiti hamda Bistable va Coherence Vector dvigatellari yordamida amalga oshirildi. Olingan natijalar taklif etilgan dizaynning ixchamligi, past kechikish ko'rsatkichlariga egaligi va mantiqiy elementlarga samarali integratsiya qilish imkoniyatini tasdiqladi.

## TAHLIL VA NATIJALAR

Ushbu maqolada biz QCA hujayralarining o'zaro ta'sir tamoyiliga asoslangan yangi va innovatsion 2:1 MUX dizaynini taklif etamiz. Mazkur element QCA texnologiyasida arifmetik hamda mantiqiy sxemalarni loyihalash jarayonida muhim funksional komponent sifatida alohida ahamiyatga ega. QCA asosidagi multiplexerlar ixcham joylashuvi orqali yuqori integratsiya zichligini ta'minlaydi, bu esa CMOS texnologiyasi bilan solishtirganda bir xil maydonda yanada murakkab sxemalarning joylashtirilishiga imkon beradi. Shuningdek, QCA ning yuqori takt chastotasida ishlashi ma'lumotlarni qayta ishlash tezligini oshiradi va tarqalish kechikishini kamaytiradi. CMOS texnologiyasida elementlar soni ortishi kechikishning ko'payishiga olib keladigan bo'lsa, QCA bu borada sezilarli ustunlikka ega. Shu omillar uyg'unligida QCA asosidagi multiplexerlar kelajak raqamli tizimlari uchun masshtablanuvchi, samarali va energiya tejankor yechim sifatida e'tirof etiladi hamda CMOS texnologiyasida mavjud cheklovlarni bartaraf etishga xizmat qiladi (1-rasm).



1-rasm. QCA asosiy tushunchalari: (a) hujayra tuzilmasi; (b) ikki mumkin bo'lgan polarizatsiyaga ega hujayra; (c) QCA simi; (d) ko'pchilik elementi (MG); (e) invertorlar; (f) QCA soatlash (clocking) mexanizmi.

Kvant muhitida QCA texnologiyasi

QCA texnologiyasida asosiy qurilma elementi kvant-nuqta (quantum-dot)larga ega bo'lgan va ikki ortiqcha elektron joylashgan hujayradir. Kvant-nuqtalar kvadrat shakldagi QCA hujayrasining to'rt burchagida joylashadi. Elektronlar o'rtasidagi kulon kuchi (Coulombic repulsion) tufayli elektron juftligi tunnel birikmasi orqali boshqa nuqtaga siljishi mumkin. Hujayraning polarizatsiyasini aniqlash jarayonida kvant-nuqtalar (i bilan belgilanadi) hujayraning o'ng yuqori burchagidan boshlab soat strelkasi yo'nalishida raqamlanadi (1-rasm, a qism). Shundan so'ng, manbalarda [2–7] keltirilgan formulalar asosida polarizatsiya  $P$  qiymati hisoblanadi. Hisob-kitob natijasiga ko'ra hujayra  $P = -1$  (mantiqiy 0) yoki  $P = +1$  (mantiqiy 1) holatida bo'ladi (1-rasm, b qism).

QCA simi esa ketma-ket joylashtirilgan QCA hujayralari qatoridan iborat bo'ladi (1-rasm, c qism). QCA texnologiyasida ikkita asosiy mantiqiy element — ko'pchilik elementi (majority gate, MG) (1-rasm, d qism) va inverter (1-rasm, e qism) keng qo'llaniladi. QCA mantiqiy sxemalarining aksariyati aynan shu ikki element asosida quriladi. Ko'pchilik elementining mantiqiy ifodasi quyidagicha beriladi:

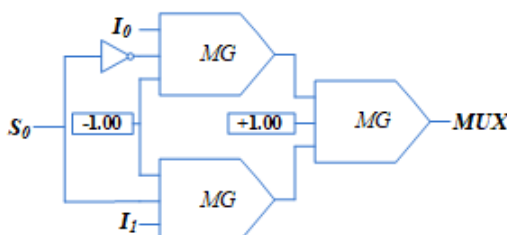
$$MG(A, B, C) = AB + BC + AC$$

Agar majority elementining uchinchi kirishiga  $P = +1$  qiymati berilsa, u holda ushbu element OR amalini,  $P = -1$  qiymati berilganda esa AND amalini bajaradi. QCA sxemalarida sinxronlash hamda quvvatni tiklash (power gain) jarayonlari QCA ning soatlash mexanizmi orqali boshqariladi. Butun sxema to'rtta soat zonasiga bo'linadi va ularning har biri Switch, Hold, Release hamda Relax fazalaridan iborat bo'ladi (1-rasm, f qism). Har bir fazaning davomiyligi  $\pi/2$  ga teng.

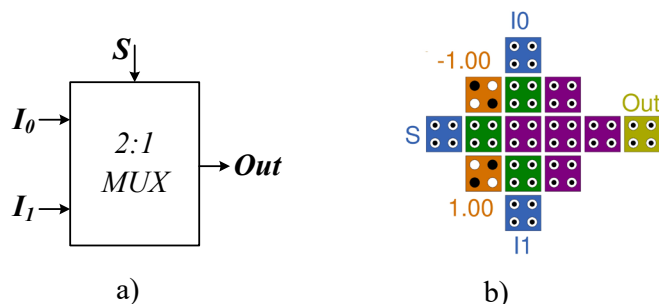
QCA asosida MUX qurishga oid an'anaviy yondashuvlar [5–16] manbalarda turli ko'rinishlarda taklif etilgan. Ushbu yondashuvlarda uch kirishli majority elementlaridan (MG) turli konfiguratsiyalarda foydalanilgan bo'lib, ular sxema parametrlarini yaxshilashga qaratilgan. Mazkur metodologiya bo'yicha 2:1 MUX ni qurish uchun uchta uch kirishli majority elementi va bitta inverter talab qilinadi (2-rasmda ko'rsatilgan). Mantiqiy ifoda quyidagicha beriladi:

$$Out = \bar{S}I_0 + SI_1 = MG(MG(I_0, \bar{S}, 0), MG(I_1, S, 0), 1) \quad (1)$$

Biroq murakkab QCA sxemalarini loyihalash jarayonida apparat murakkabligini minimal darajada saqlagan holda soddalashtirilgan va zich (compact) MUX tuzilmasini yaratish muhim ahamiyat kasb etadi. Shu sababli biz absolyut past murakkablikka ega bo'lgan yangi QCA MUX dizaynini taklif etamiz. Mazkur yondashuv hujayralararo o'zaro ta'sir tamoyiliga asoslanib, an'anaviy tenglamalarga tayanmaydi. Taklif etilgan tuzilma ikkita kirish —  $I_0$  va  $I_1$ , bitta selektor —  $S$  hamda bitta chiqish — Out elementlaridan tashkil topadi; 2:1 MUX ning mantiqiy funksiyasi selektor qiymati asosida belgilanadi, ya'ni  $S = 0$  bo'lgan holatda chiqishga  $I_0$  signali uzatiladi,  $S = 1$  bo'lganda esa  $I_1$  signaliga ulanadi. Ushbu 2:1 MUX to'liq cell-interaction tamoyili asosida qurilgani, uning tarkibida wire-crossing texnikasidan foydalanilmagani va bu jihat 3-rasmda aniq ko'rsatilgani bilan ajralib turadi. Taklif etilayotgan tuzilma atigi 11 ta hujayradan iborat bo'lib, umumiy  $0.01 \mu\text{m}^2$  maydonni egallaydi. QCA asosidagi MUXlar mantiqiy funksiyalarni amalga oshirishda dasturlanuvchi mantiqiy qurilmalar (PLD) sifatida samarali qo'llanilishi mumkin, chunki selektorlar soni  $n$  bo'lgan MUX istalgan  $n$  o'zgaruvchili Boolean funksiyasini bitta chiqish orqali realizatsiya qila oladi; masalan, 2 kirishli MUX istalgan 2 kirishli, 4 kirishli MUX istalgan 3 kirishli va 8 kirishli MUX istalgan 4 kirishli mantiqiy funksiyalarni amalga oshirish imkonini beradi (2-rasm).



2-rasm. QCA MG asosidagi 2:1 MUX tuzilma sxemasi.



3-rasm. QCA 2:1 MUX tuzilmasi: (a) blok diagrammasi, (b) kvant modeli.

Ushbu bo'limda taklif etilgan 2:1 MUX yordamida 2-kirishli AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR va XNOR mantiqiy elementlarni qanday amalga oshirish mumkinligi muhokama qilinadi. 4-rasmda misol sifatida asosiy mantiqiy elementlar AND, OR, NOT va XOR ning amalga oshirilishi ko'rsatib berilgan. Qolgan NAND, NOR va XNOR elementlari esa mos ravishda AND, OR va XOR elementlarining invertlangan ko'rinishlari hisoblanadi (4-rasm).

CASE 1: Taklif etilgan 2:1 MUX yordamida 2-kirishli AND elementi (4(a)-rasm)

**If**  $S = A$ ,  $I1 = B$  **and**  $I0 = P(-1)$  **then**  $Out = AND(A; B)$  CASE 2: Taklif etilgan

2:1 MUX yordamida 2-kirishli OR elementi (4(b)-rasm)

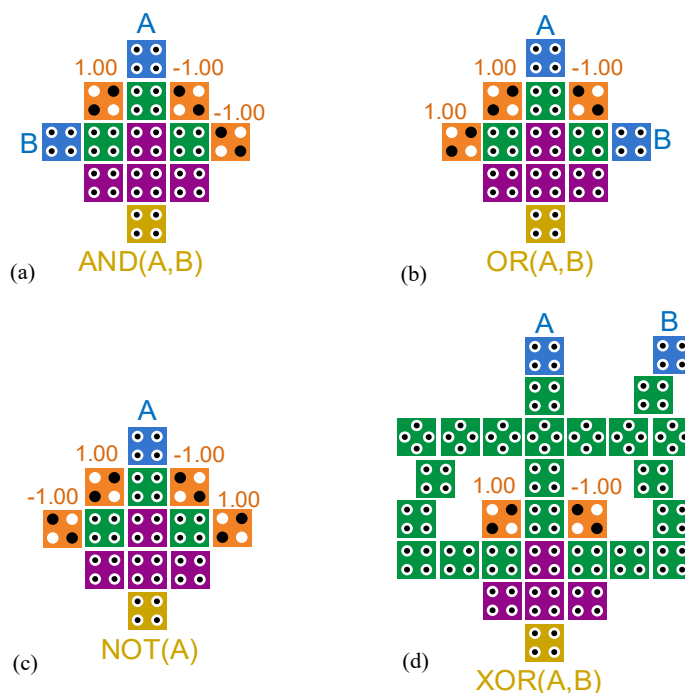
**If**  $S = A$ ,  $I0 = B$  **and**  $I1 = P(+1)$  **then**  $Out = OR(A; B)$

CASE 3: Taklif etilgan 2:1 MUX yordamida NOT elementi (4(c)-rasm)

**If**  $S = A$ ,  $I0 = P(+1)$  **and**  $I1 = P(-1)$  **then**  $Out = NOT(A)$  CASE 4: Taklif etilgan

2:1 MUX yordamida 2-kirishli XOR elementi (4(d)-rasm)

**If**  $S = A$ ,  $I0 = NOT(B)$  **and**  $I1 = B$  **then**  $Out = XOR(A; B)$



4-rasm. 2:1 MUX yordamida mantiqiy elementlarni amalga oshirish.

QCA simi (wire) tamoyiliga ko'ra, birinchi hujayrada (cell-1) hosil bo'lgan qiymat o'zining mantiqiy holatini saqlagan holda keyingi hujayraga (cell-2) uzatiladi. Masalan, agar kirishdan chiqishgacha bo'lgan sim bo'ylab mantiqiy "1" qiymati uzatilsa, kirish va chiqish orasidagi barcha oraliq hujayralar ham aynan shu mantiqiy "1" holatini qabul qiladi. Qayd etish joizki, barcha QCA hujayralari kvadrat shaklga ega bo'lib, ularning o'lchami 18 nm ni tashkil etadi; qo'shni hujayralar orasidagi masofa esa 2 nm ga teng. Hujayra ichidagi elektronlar o'zaro ta'siri orqali ma'lumotning kirishdan chiqishgacha to'g'ri uzatilishi ta'minlanadi. Agar QCA qurilmasida

hujayralarning joylashuvi noto'g'ri tashkil etilsa, signal buzilishi yoki noto'g'ri uzatilishi ehtimoli yuzaga keladi. Shu sababli elektronlar o'rtasidagi umumiy potentsial energiya  $U_T$  minimal bo'lishi zarur, chunki aynan shu shart signallarning barqaror va ishonchli uzatilishini ta'minlaydi. Ikki elektron o'rtasidagi potentsial energiya  $U$  quyidagi formula asosida hisoblanadi va barcha qiymatlar yig'indisi orqali umumiy energiya aniqlanadi:

$$U = k \frac{q_1 q_2}{r} \quad (2a)$$

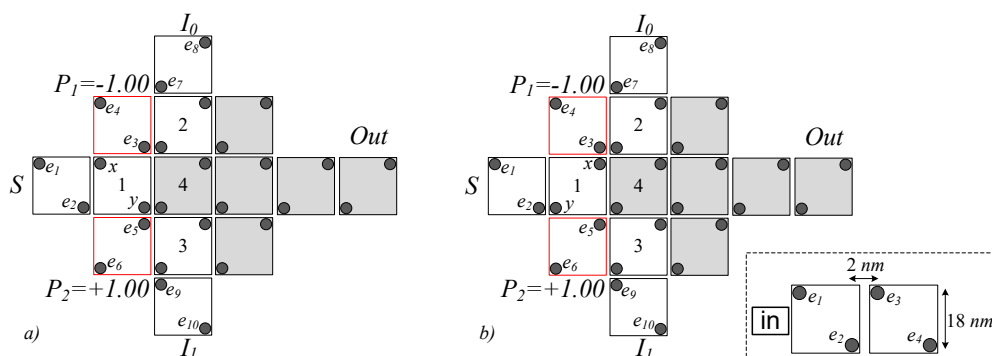
$$k q_1 q_2 = 9 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19})^2 = 23.04 \times 10^{-29} = A = cte$$

$$U_T = \sum_{i=1}^{(2b)} U_i \quad (3)$$

Bu yerda  $k$  — Kulon qonuni konstantasi ( $9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ ),  $q_1$  va  $q_2$  — elektronlarning zaryadlari,  $r$  esa ikki zaryad orasidagi masofa.

Taklif etilgan MUX qurilmasi 14 ta kvant hujayrasidan tashkil topgan bo'lib, 0.5 clock kechikishga ega. MUX bo'lgani sababli unda (ikki doimiy hujayralarni hisobga olmaganda) uchta kirish va bitta chiqish mavjud. Shu bois qurilmani to'liq tekshirish uchun jami 8 ta mumkin bo'lgan kombinatsiyani (kirish holatlarini) tekshirish zarur.

Bu yerda biz faqat bitta holat ( $S, P_1 = -1.00$  va  $P_2 = +1.00$ ) uchun hisoblash jarayonini misol tariqasida ko'rsatamiz. Qolgan holatlar ham xuddi shu tartibda hisoblangan (5-rasm).



5-rasm. Kvant tuzilmaning fizik isboti.

Avvalo, uchta mavjud hujayra — manba ( $S$ ),  $P_1$  (polarizatsiya  $-1.00$ ) va  $P_2$  (polarizatsiya  $+1.00$ ) — ta'siri ostida bo'lgan 1-hujayra (device cell) holatini aniqlaymiz. 1-hujayra 4(a)-rasm va 4(b)-rasmlarda ko'rsatilganidek, mantiqiy "0" yoki mantiqiy "1" holatiga ega bo'lishi mumkin. Shuning uchun 1-hujayra uchun potentsial energiyani hisoblash amalga oshiriladi.

Bu yerda olti faol elektron ( $e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6$ ) mavjud bo'lib, ular 1-hujayradagi elektronlar ( $x, y$ ) ga Kulon kuchi orqali ta'sir ko'rsatadi. 1-hujayra holatini baholash uchun ikkita faraz ko'rib chiqiladi va potentsial energiya ( $U_i$ ) formulalari asosida hisob-kitoblar bajariladi. Bu yerda  $U_i$  —  $e_i$  elektroni bilan  $x$  (yoki  $y$ ) elektronlari orasidagi potentsial energiya,  $r_i$  esa ularning orasidagi masofa hisoblanadi. 1-faraz (4(a)-rasmdagi kabi 1-hujayra mantiqiy "0" holatida) uchun hisoblash jarayoni 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Assumption-1: 1-hujayra mantiqiy "0" holatida

| Rasm 4(a) (elektron x)                                                                                | Rasm 4(a) (elektron y)                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $U_1 = \frac{A}{r_1} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{20 \times 10^{-9}} = 1.15 \times 10^{-20} (J)$    | $U_1 = \frac{A}{r_1} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{26.91 \times 10^{-9}} = 0.86 \times 10^{-20} (J)$ |
| $U_2 = \frac{A}{r_2} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{18.11 \times 10^{-9}} = 1.27 \times 10^{-20} (J)$ | $U_2 = \frac{A}{r_2} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{20 \times 10^{-9}} = 1.15 \times 10^{-20} (J)$    |



|                                                                                                             |                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $U_3 = \frac{A}{r_3} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{18.11 \times 10^{-9}} = 1.27 \times 10^{-20} (J)$       | $U_3 = \frac{A}{r_3} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{20 \times 10^{-9}} = 1.15 \times 10^{-20} (J)$          |
| $U_4 = \frac{A}{r_4} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{20 \times 10^{-9}} = 1.15 \times 10^{-20} (J)$          | $U_4 = \frac{A}{r_4} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{42.05 \times 10^{-9}} = 0.55 \times 10^{-20} (J)$       |
| $U_5 = \frac{A}{r_5} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{26.91 \times 10^{-9}} = 0.86 \times 10^{-20} (J)$       | $U_5 = \frac{A}{r_5} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{2 \times 10^{-9}} = 11.52 \times 10^{-20} (J)$          |
| $U_6 = \frac{A}{r_6} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{38 \times 10^{-9}} = 0.61 \times 10^{-20} (J)$          | $U_6 = \frac{A}{r_6} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{26.91 \times 10^{-9}} = 0.86 \times 10^{-20} (J)$       |
| $U_7 = \frac{A}{r_7} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{29.73 \times 10^{-9}} = 0.77 \times 10^{-20} (J)$       | $U_7 = \frac{A}{r_7} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{44.72 \times 10^{-9}} = 0.52 \times 10^{-20} (J)$       |
| $U_8 = \frac{A}{r_8} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{55.17 \times 10^{-9}} = 0.42 \times 10^{-20} (J)$       | $U_8 = \frac{A}{r_8} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{61.35 \times 10^{-9}} = 0.37 \times 10^{-20} (J)$       |
| $U_9 = \frac{A}{r_9} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{44.72 \times 10^{-9}} = 0.52 \times 10^{-20} (J)$       | $U_9 = \frac{A}{r_9} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{22.09 \times 10^{-9}} = 1.04 \times 10^{-20} (J)$       |
| $U_{10} = \frac{A}{r_{10}} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{69.34 \times 10^{-9}} = 0.33 \times 10^{-20} (J)$ | $U_{10} = \frac{A}{r_{10}} = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{44.72 \times 10^{-9}} = 0.52 \times 10^{-20} (J)$ |
| $U_{T_x} = \sum_{i=1}^6 U_i = 8.35 \times 10^{-20} (J)$                                                     | $U_{T_y} = \sum_{i=1}^6 U_i = 18.54 \times 10^{-20} (J)$                                                    |

Hisoblangan  $U_i$  qiymatlaridan foydalanib, x va y elektronlari uchun umumiy potensial energiyalar mos ravishda  $U_{T_x}$  va  $U_{T_y}$  orqali aniqlanadi. Ularning yig'indisi ( $U_{T_x} + U_{T_y}$ ) faraz qilingan holatning umumiy potensial energiyasi  $U_T$  ni tashkil etadi. Har ikki faraz bo'yicha olingan natijalar 2-jadvalda ko'rsatilgan.

2-jadval. Umumiy potensial energiya

| 1-faraz uchun umumiy potensial energiya | 2-faraz uchun umumiy potensial energiya |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| $U_T = 26.89 \times 10^{-20} (J)$       | $U_T = 36.38 \times 10^{-20} (J)$       |

Olingan natijalar asosida 1-faraz va 2-faraz holatlaridagi umumiy potensial energiyalar taqqoslanib, qaysi holatning barqarorroq ekanini aniqlash mumkin bo'ladi. Potensial energiya qiymati past bo'lgan holat fizika nuqtai nazaridan ustun hisoblanadi va ushbu holat hujayraning barqaror mantiqiy qiymatini belgilaydi. 1-hujayraning qiymatini aniqlash jarayonida P1 va P2 hujayralaridan uzatilayotgan kirish signallari inobatga olinadi va yuqorida bayon etilgan hisoblash usuli qo'llanadi. Shu metodologiya asosida keyingi bosqichda 2- va 3-hujayralarning qiymatlari aniqlanadi. 1-, 2- va 3-hujayralarning holatlari belgilab olingach, P1 va P2 hujayralarining diagonal ta'siri hisobga olinadi va natijada 4-hujayraning barqaror holati hisoblab chiqiladi. Yakuniy bosqichda esa hosil bo'lgan qiymat chiqish hujayrasiga uzatiladi.

Tuzilmalar QCA sxemalarini loyihalash uchun yuqori aniqlikka ega bo'lgan QCADesigner 2.0.3 versiyasi [5] yordamida ishlab chiqildi va simulyatsiya natijalari olindi. Olingan natijalarni tekshirish hamda ularning ishonchlilikini baholash maqsadida Coherence Vector Simulation Engine va Bistable Simulation Engine modellari foydalanildi.

## XULOSA VA TAKLIFLAR

Ushbu tadqiqotda biz hujayralar o'zaro ta'siriga asoslangan QCA MUX tuzilmasini taqdim etdik hamda ushbu tuzilma asosida turli mantiqiy elementlarni yaratish imkoniyatini asoslab berdik. Taklif etilgan MUX kombinatsion va ketma-ket (sekvensial) sxema dizaynlari uchun istiqbolli yechim bo'lib, an'anaviy QCA MUX arxitekturalaridan farq qiladi, chunki uning qurilish jarayonida inverterlardan foydalanish talab etilmaydi. MUXlarning murakkab raqamli sxemalarni loyihalashda universal element sifatida keng qo'llanishi ushbu tadqiqotning amaliy ahamiyatini yanada oshiradi.

Yaratilgan QCA MUX tuzilmasi tranzistor darajasidagi klassik CMOS arxitekturalariga nisbatan maydon, energiya sarfi va kechikish ko'rsatkichlarini bir necha baravarga optimallashtirishi kutilmoqda. Kelgusida ushbu sxemaning ko'p bitli multiplexorlar, arifmetik-mantiqiy qurilmalar (ALU) va xavfsiz kriptografik protsessorlar tarkibida qo'llanilishi bo'yicha simulyatsiya va tajribaviy sinovlarni yanada kengaytirish maqsadga muvofiqdir. QCA platformasida qurilma darajasidagi optimallashtirish, signallarni muvofiqlashtirish va tizim darajasida integratsiya mexanizmlarini ishlab chiqish ushbu sohaning keyingi bosqichdagi fundamental va amaliy rivojlanish yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Moore, G. E. The Microprocessor. Commun. ACM, 1997, 40, 112–114. doi:10.1145/253671.253746.
2. Lent, C. S.; Tougaw, P. D. A Device Architecture for Computing with Quantum Dots. Proceedings of the IEEE, 1997, 85, 541–557. doi:10.1109/5.573740.
3. Farazkish, R.; Khodaparast, F. Design and Characterization of a New Fault-Tolerant Full-Adder for Quantum-Dot Cellular Automata. Microprocess. Microsyst., 2015, 39, 426–433. doi:10.1016/j.micpro.2015.04.004.
4. Dilabio, G. A.; Wolkow, R. A.; Pitters, J. L.; Piva, P. G. Atomistic Quantum Dot. US Patent No. 8,816,479 B2, 2014.
5. Safoev, N.; Jeon, J. C. Cell Interaction Based QCA MUX for Complex Circuit Design. Adv. Sci. Lett., 2017, 23. doi:10.1166/asl.2017.10396.
6. Safoev, N.; Jeon, J.-C. A Novel Controllable Inverter and Adder/Subtractor in Quantum-Dot Cellular Automata Using Cell Interaction Based XOR Gate. Microelectron. Eng., 2020. doi:10.1016/j.mee.2019.111197.
7. Naji Asfestani, M.; Rasouli Heikalabad, S. A Unique Structure for the MUX in Quantum-Dot Cellular Automata to Create a Revolution in Design of Nanostructures. Physica B Condens. Matter, 2017, 512, 91–99. doi:10.1016/j.physb.2017.02.028.
8. Ahmad, F.; Bhat, G. M.; Khademolhosseini, H.; Azimi, S.; Angizi, S.; Navi, K. Towards Single Layer Quantum-Dot Cellular Automata Adders Based on Explicit Interaction of Cells. J. Comput. Sci., 2016, 16, 8–15. doi:10.1016/j.jocs.2016.02.005.
9. Chabi, A. M.; Roohi, A.; Khademolhosseini, H.; Sheikhfaal, S.; Angizi, S.; Navi, K.; DeMara, R. F. Towards Ultra-Efficient QCA Reversible Circuits. Microprocess. Microsyst., 2017, 49, 127–138. doi:10.1016/j.micpro.2016.09.015.
10. Ahmad, F. An Optimal Design of QCA-Based  $2^n:1/1:2^n$  MUX/DeMUX and Its Efficient Digital Logic Realization. Microprocess. Microsyst., 2018, 56, 64–75. doi:10.1016/j.micpro.2017.10.010.

# **muhandislik** **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

**Ingliz tili muharriri:** Feruz Hakimov

**Musahhih:** Zokir Alibekov

**Sahifalovchi va dizayner:** Iskandar Islomov

---

**2025. № 11**

---

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan  
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi  
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan  
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.  
**Litsenziya raqami: №095310.**

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod  
tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



[t.me/yait\\_2100](https://t.me/yait_2100)