

# MUHANDISLIK

## & IQTISODIYOT

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

2026-YIL  
IYUL/7-SON, II-QISM



Milliy nashrlar

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

05.00.00 – Texnika fanlari

08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google  
Scholar

ISSN  
INTERNATIONAL  
STANDARD  
SERIAL  
NUMBER  
INTERNATIONAL CENTRE

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ  
РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА  
ФИЛИАЛ В г. ТАШКЕНТЕ



# muhandislik & iqtisodiyot

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

Elektron nashr, 2026-yil, iyul.

## Bosh muharrir:

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

## Bosh muharrir o'rinbosari:

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

## Tahrir hay'ati:

**Abduraxmanov Kalendar 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 (DSc), 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)

**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.

**Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

**Kalonova Moxigul Baxritdinovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

**Mirzayev Kulmamat Djanzakovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

**Karimova Nilufar Sadirdin qizi**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Norboyev Odil Abrayevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Karimova Nilufar Sadirdin qizi**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Pardaev Umidjon Uralovich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

**Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich**, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

# 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
- 05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
- 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

|                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| OILAVIY KORXONALAR FAOLIYATINI BOSHQARISHNING TASHKILY MEXANIZMINI TIZIMLI TAHLILI                                                                                              | 10  |
| <b>Sultonov Bobirmirzo Mavlonjon o'g'li</b>                                                                                                                                     |     |
| NEW ZEALAND'S EXPERIENCE IN TRANSITIONING TO INFLATION TARGETING .....                                                                                                          | 21  |
| <b>Duskobilov Umidjon Sharofiddinovich</b>                                                                                                                                      |     |
| ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТЕКУЧЕСТИ НА СВОЙСТВА ГРАНУЛИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГОЛЬНЫХ ОТХОДОВ В РАМКАХ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ .....                                    | 28  |
| <b>Абдуганиев Азизбек, Кулдашева Азиза</b>                                                                                                                                      |     |
| BUDJET TUSHUMLARINI OSHIRISHDA BOJXONA TO'LOVLARIGA TA'SIR ETUVCHI OMILLARNI EKONOMETRIK BAHOLASH VA PROGNOZLASH .....                                                          | 33  |
| <b>Fayzullayev Farrux Sharofovich</b>                                                                                                                                           |     |
| O'ZBEKISTON KORXONALARIDA MOLYAVIY HISOBOTNING XALQARO STANDARTLARIGA (MHXS) O'TISHDA UCHRAYDIGAN ASOSIY MUAMMOLAR: SO'ROVNOMA NATIJALARI ASOSIDA TAHLIL .....                  | 41  |
| <b>Safarova Gulbahor Nusratovna</b>                                                                                                                                             |     |
| ТЕМИР YO'L TRANSPORTI INNOVATSION EKOTIZIMINI SHAKLLANTIRISH MODELI .....                                                                                                       | 45  |
| <b>Muradov Bahrom, Masharipov Ma'sud</b>                                                                                                                                        |     |
| TIJORAT BANKLARIDA QARZ OLUVCHILARNING TO'LOVGA LAYOQATLILIGINI BAHOLASHNING NAZARIY-USLUBIY ASOSLARI .....                                                                     | 49  |
| <b>Soibov Jamshid Raxmatqulovovich</b>                                                                                                                                          |     |
| O'ZBEKISTONDA CHEGARALARARO TURIZMNI RIVOJLANTIRISHDA BOJXONA XIZMATLARINI TAKOMILLASHTIRISH ISTIQBOLLARI .....                                                                 | 56  |
| <b>Ergashev Qobiljon Ernazarovich</b>                                                                                                                                           |     |
| TIJORAT BANKLARIDA ICHKI AUDITNING IQTISODIY MOHIYATI VA FUNKSIONAL EVOLYUTSIYASI: XALQARO STANDARTLARNING YANGI AVLADI ASOSIDAGI YONDASHUV .....                               | 62  |
| <b>Narziyev Xayotjon Azamatovich</b>                                                                                                                                            |     |
| MOLYAVIY INVESTITSİYALAR AUDITINI O'TKAZISH METODIKASINI VA AUDIT RISKLARINI BAHOLASHNI TAKOMILLASHTIRISH .....                                                                 | 69  |
| <b>Jumamurodov To'libay Yeldashbayevich</b>                                                                                                                                     |     |
| MOLYAVIY HISOBOT IZOHLARIDA UZOQ MUDDATLI AKTIVLAR QADRSIZLANISHI YUZASIDAN OCHIB BERILADIGAN AXBOROTLAR TARKIBINI KENGAYTIRISH ORQALI HISOBOT SHAFFOFLIGINI OSHIRISH. ....     | 75  |
| <b>Fayzullayev Begzod Baxtiyor o'g'li</b>                                                                                                                                       |     |
| XORIJIY MAMLAKATLAR TAJRIBASINI O'ZBEKISTON DAVLAT SEKTORI ICHKI AUDITIGA MOSLASHTIRISHNING KONSEPTUAL MODEL VA MUHIMLIK DARAJALARINI ME'YORIY-HUQUQIY BAZAGA JORIY ETISH ..... | 82  |
| <b>Ismatillayev Baypo'lat Xushvaqtovich</b>                                                                                                                                     |     |
| O'ZBEKISTONDA TOVAR YETKAZIB BERISH ZANJIRI ISHTIROKCHILARI FAOLIYATI VA BOJXONA NAZORATI TIZIMINING ZAMONAVIY HOLATI TAHLILI .....                                             | 90  |
| <b>Ergashev Qobiljon, Kilichov Nazar</b>                                                                                                                                        |     |
| DAVLAT XARIDLARI BO'YICHA ICHKI AUDITNING XATARGA YO'NALTIRILGAN METODOLOGIYASI .....                                                                                           | 96  |
| <b>Rajabov Shuxrat Ismayilovich</b>                                                                                                                                             |     |
| TIJORAT BANKLARIDA ICHKI AUDIT XIZMATI TUSHUNCHASINING IQTISODIY MAZMUNI VA UNI TAKOMILLASHTIRISH MASALALARI .....                                                              | 101 |
| <b>Ismailov Azizbek Madaminovich</b>                                                                                                                                            |     |
| YENGIL SANOAT KORXONALARIDA XATARGA YO'NALTIRILGAN ICHKI AUDIT METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH .....                                                                             | 109 |
| <b>Tojiyeva Shahlo Mahmatmurodovna</b>                                                                                                                                          |     |



|                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| IQTISODIY O'SISH OMILLARINI RIVOJLANISHIDA MOLIVAVIY XAVFLARNING TA'SIRI VA ULARNI KAMAYTIRISH IMKONIYATLARI .....                                       | 115 |
| <b>Turopova Nigora Xolmurod qizi</b>                                                                                                                     |     |
| QASHQADARYO VILOYATIDA YALPI HUDUDII MAHSULOT VA BANDLIK KO'RSATKICHLARI O'RTASIDAGI KORRELYATSION BOG'LIQLIK.....                                       | 118 |
| <b>Karimov Olimjon Akramovich</b>                                                                                                                        |     |
| ИННОВАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛИЩНЫМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ В Г. ТЕРМЕЗЕ В УСЛОВИЯХ РОСТА ИНВЕСТИЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ .....                                 | 124 |
| <b>Токсонов Хуршид Эгамбердиевич</b>                                                                                                                     |     |
| VINOCHILIK SANOATI KORXONALARIDA BUXGALTERIYA HISOBINI TAKOMILLASHTIRISH .....                                                                           | 129 |
| <b>Botirov Lazizbek Botirovich</b>                                                                                                                       |     |
| MEHNATGA HAQ TO'LASHNING IQTISODIY MAZMUNI, TASNIFI VA HISOB OBYEKT LARI SIFATIDAGI XUSUSIYATLARI .....                                                  | 134 |
| <b>Anvar Raximov Maxmarasulovich</b>                                                                                                                     |     |
| IQTISODIY ISLOHOTLAR JARAYONIDA TIJORAT BANKLARI RESURS BAZASI SAMARADORLIGINI OSHIRISH MASALALARI .....                                                 | 139 |
| <b>Marpatov Shavkat Mavlonxonovich</b>                                                                                                                   |     |
| TO'QIMACHILIK SANOATIDA INVESTITSION LOYIHALAR UCHUN MOLIVALASHTIRISH MANBALARINI DIVERSIFIKATSİYALASHNING USTUVOR YO'NALISHLARI .....                   | 145 |
| <b>Qurbonov Jasurbek Pozilovich</b>                                                                                                                      |     |
| МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.....                                   | 150 |
| <b>Ташмухамедова Карима Саматовна</b>                                                                                                                    |     |
| МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.....                                   | 156 |
| <b>Sultonmurod Qurbonov, Ahmadjon Ibadullaev, Elmira Teshabayeva, Umar Chorshanbiev</b>                                                                  |     |
| ECONOMIC STRUCTURE AND DEVELOPMENT PRIORITIES FOR STRENGTHENING INTERREGIONAL ECONOMIC COOPERATION: EVIDENCE FROM NAMANGAN REGION .....                  | 161 |
| <b>Sattarov R. A.</b>                                                                                                                                    |     |
| MATERIALLARNING TARKIBI VA TUZILISHINING ULARNING XOSSALARIGA TA'SIRINI TAHLIL QILISH... ..                                                              | 167 |
| <b>Tuxliyev Muslimbek Sherzod o'g'li</b>                                                                                                                 |     |
| REMOTE WORK AND EMPLOYEE ENGAGEMENT: INSIGHTS FROM TASHKENT IT FIRMS.....                                                                                | 171 |
| <b>Narmurodova Sitara Aktamovna</b>                                                                                                                      |     |
| OPTIMIZING CONVERGENT-DIVERGENT ROCKET NOZZLE GEOMETRY (30°/10°) TO ENHANCE THE ALTITUDE PERFORMANCE OF MODEL ROCKETS USING SOLID SUGAR PROPELLANTS..... | 176 |
| <b>Berdiyev Usmon Tolib o'g'li</b>                                                                                                                       |     |
| TIRBAND HUDUDLARDA SODIR BO'LAYOTGAN YO'L-TRANSPORT HODISALARINING TAHLILI.....                                                                          | 181 |
| <b>Xolmatov Umid Sadirdinovich</b>                                                                                                                       |     |
| TRANSPORT TIZIMIDA HARAKAT XAVFSIZLIGIGA KOMPLEKS TA'SIR ETUVCHI OMILLARNI GIS-TSI ASOSIDA BAHOLASH VA KAMAYTIRISH (JIZZAX SHAHRI MISOLIDA) .....        | 186 |
| <b>Kamolov Otabek Quدراتovich</b>                                                                                                                        |     |
| DEVELOPMENT OF ELASTOMER COMPOSITIONS BASED ON LOCAL RAW MATERIALS FOR RAILWAY RAIL PADS AND EVALUATION OF THEIR DYNAMIC PROPERTIES.....                 | 192 |
| <b>Ibadullaev Akhmadjan, Lesov Kuvandik, Samandarov Xushnodbek, Chorshanbiev Umar</b>                                                                    |     |
| SHUDGORLANGAN YERLARNI EKISHGA TAYYORLASHDA QO'LLANILADIGAN MASHINA PLANKALI G'ALTAKMOLASINING PARAMETRLARINI ASOSLASH .....                             | 198 |
| <b>Muqimova Davlatxon, Giyasidinov Abdumannob, Haydarov Murodjon</b>                                                                                     |     |
| HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT AND ITS IMPACT ON THE BUSINESS ENVIRONMENT IN UZBEKISTAN: A LITERATURE REVIEW .....                                            | 203 |
| <b>Dilafroz Kuchkorova</b>                                                                                                                               |     |



|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| KLASTERLARDA ASOSIY FAOLIYAT DAROMADLARI HISOBINI TAKOMILLASHTIRISH .....               | 209 |
| <b>Shirov Javlonbek Akbarovich</b>                                                      |     |
| СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ                        |     |
| ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В АКЦИОНЕРНЫХ ОБЩЕСТВАХ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ ESG..               | 215 |
| <b>Айтмуратова Улбике Жалгасовна</b>                                                    |     |
| KICHIK VA O'RTA BIZNES SUBYEKTLARI HAYOTIY AYLANISH BOSQICHLARINI ANIQLASH USULLARINI   |     |
| AUDITGA TASIRI: YOSHGA OID USUL .....                                                   | 222 |
| <b>Muydinov Erkin Djamaldinovich</b>                                                    |     |
| HUDUDNING IJTIMOIIY-IQTISODIY RIVOJLANISHINI BOSHQARISHNING MINTAQAVIY XUSUSIYATLARI... |     |
| .....                                                                                   | 229 |
| <b>Raximov Jo'rabek Raximovich</b>                                                      |     |
| XALQARO MARKETING STRATEGIYALARINING NAZARIY ASOSLARI VA EKSPORT FAOLIYATIDAGI ROLI     |     |
| .....                                                                                   | 236 |
| <b>Shoxida Ibadullayeva</b>                                                             |     |
| EKSPORT SAMARADORLIGINI OSHIRISH ORQALI MINTAQ RAQOBATBARDOSHLIGINI TA'MINLASH          |     |
| YO'LLARI.....                                                                           | 240 |
| <b>Matyoqubov Arslonbek G'ayrat o'g'li</b>                                              |     |
| CHORRAHA SVETOFORLARINING AQLLI AVTOMATLASHTIRILGAN BOSHQARUV PARAMETRLARINI            |     |
| SUMO MODELI ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH.....                                              | 244 |
| <b>Bayozov Ravshan Rajabovich</b>                                                       |     |
| M-39 YO'LINING 989-1013 KMLARIDAGI TOG'LI HUDUDLARDA SODIR ETILGAN YTHLARNING           |     |
| TAHLILI ASOSIDA CHORA-TADBIRLAR ISHLAB CHIQISH SAMARADORLIGI.....                       | 251 |
| <b>Shokirov Ozod G'aybullay o'g'li</b>                                                  |     |
| SHAHAR MAGISTRAL YO'LLARINING TUZILISHI VA TRANSPORT OQIMI .....                        | 258 |
| <b>Xayrullo Raximovich Baynazarov</b>                                                   |     |
| ELEKTROMOBILLAR BATAREYALARINI TURLI IQLIM SHAROITLARIDA QIZDIRISH UCHUN                |     |
| SARFLANADIGAN ENERGIYA VA VAQT KO'RSATKICHLARINI OPTIMALLASHTIRISH .....                | 266 |
| <b>Qosimov Baxtiyor Axmatjonovich</b>                                                   |     |
| ELEKTROMOBILLARGA TEXNIK XIZMAT KO'RSATISH STANSIYALARI FAOLIYATINING BOSHQARUV         |     |
| MODEL.....                                                                              | 272 |
| <b>Xasanov Bunyodjon Ibragim o'g'li</b>                                                 |     |
| KICHIK BIZNES SUBYEKTLARINING INVESTITSION SALOHIYATINI BAHOLASHNING HUDUDIY            |     |
| XUSUSIYATLARI.....                                                                      | 279 |
| <b>Vaisov Dilshod, Madraximov Qahramon</b>                                              |     |
| EKSPORT-LOGISTIKA INFRATUZILMASI SAMARADORLIGINI OSHIRISHNING XORIJ DAVLATLARI          |     |
| TARJIBASI .....                                                                         | 285 |
| <b>Raimboyeva Mashhura Davronbek qizi</b>                                               |     |
| TA'LIM JARAYONIDA SUN'IY INTELLEKT ASOSIDAGI ADAPTIV BAHOLASH TIZIMINI ISHLAB CHIQISH   |     |
| VA UNING SAMARADORLIGINI BAHOLASH.....                                                  | 291 |
| <b>Madaminov Shoxruxbek Ma'rufjon o'g'li</b>                                            |     |
| FERMENTLANGAN NO'XAT UNI VA BUG'DOY UNI ARALASHMASIDAN TAYYORLANGAN NONNING             |     |
| SIFATI VA OZIQAVIY QIYMATINI ASOSLASH.....                                              | 295 |
| <b>Kamolova Muxlisa, Barakayev Nusratilla</b>                                           |     |
| QURILISH KORXONALARI UCHUN YASHIL STRATEGIK BOSHQARUV MODEL.....                        | 302 |
| <b>G'ulomova Shaxlo Baxtiyor qizi</b>                                                   |     |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СОЛЕВОГО ПЛАСТА И КАРСТА                        |     |
| ТЮБЕГАТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ .....                                                      | 310 |
| <b>Холбаев Бахром, Курбанов Диярбек</b>                                                 |     |
| VALIKLI JINNING IKKI PICHQOLI TIZIMIDA TOLA AJRATISH JARAYONINING NAZARIY TAHLILI.....  | 314 |
| <b>Abdugapparova Sh.N., Yuldashev A.X.</b>                                              |     |



|                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| YO'L-TRANSPORT HODISALARI SODIR BO'LISHIDA HAYDOVCHINING PSIXOFIZIOLOGIK HOLATINING TA'SIRI.....                                                                    | 319 |
| <b>Ulkanov Sardorjon Sodiqjon o'g'li</b>                                                                                                                            |     |
| QISHLOQ MAHALLALARIDA MARKAZIY ISSIQLIK TIZIMLARINI VODOROD ENERGIYA GENERATORLARI ASOSIDA TASHKIL ETISHNING TEXNOLOGIK VA IQTISODIY ASOSLARI.....                  | 323 |
| <b>Askarov Xasanjon, Jumaqulova Zulayho</b>                                                                                                                         |     |
| MUHIM AXBOROT INFRATUZILMASI OBYEKTLARINING RAQAMLI TRANSFORMATSIYASI SHAROITIDA KIBERXAVFSIZLIK BO'YICHA MUTAXASSISLARNI AMALIYOTGA YO'NALTIRILGAN TAYYORLASH..... | 329 |
| <b>G'ulomov Sherzod Rajaboyevich</b>                                                                                                                                |     |
| BARBOTAJLI ABSORBER QURILMASINING GIDRAVLIK QARSHILIGINI TADQIQ ETISH.....                                                                                          | 338 |
| <b>Xalilov Ismoiljon, Askarov Xasanjon</b>                                                                                                                          |     |
| MAXSUS IQTISODIY VA SANOAT ZONALARIDA KO'P TARMOQLI KORXONALAR FAOLIYATINI BOSHQARISHNING INSTITUTSIONAL VA TASHKILIY-IQTISODIY XUSUSIYATLARI.....                  | 345 |
| <b>Xusanova Malohat Mingnorovna</b>                                                                                                                                 |     |
| AGROTADBIRKORLIK SUBYEKTLARINI IQTISODIY ZONALAR BO'YICHA RIVOJLANTIRISH YO'NALISHLARI.....                                                                         | 349 |
| <b>A. B. Qurbonov</b>                                                                                                                                               |     |
| QURILISH MATERIALLARI SANOATI KORXONALARIDA ISHLAB CHIQRISH HAJMINI CHEKLAYOTGAN MUAMMOLAR.....                                                                     | 357 |
| <b>Toshpulatov Asronbek Mutalibovich</b>                                                                                                                            |     |
| РЕАЛИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ «ЗЕЛЁНОЙ» ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН.....                                                            | 364 |
| <b>Матчанов Умирзак Сейтжанович</b>                                                                                                                                 |     |
| MEHNAT BOZORI TRANSFORMATSIYASINING ZAMONAVIY SHAKLLARI: NAZARIY ASOSLAR VA GENDER JIHATLARI TAHLILI.....                                                           | 371 |
| <b>Xasanova Shaxzoda Sarvar qizi</b>                                                                                                                                |     |
| GLOBALIZATSIYA SHAROITIDA YANGI O'ZBEKISTONDA IQTISODIY TA'LIM RIVOJLANISHINING TENDENSIYALARI VA ISTIQBOLLARI.....                                                 | 375 |
| <b>Masharipova Maksuda Becnazarovna</b>                                                                                                                             |     |
| MEHNAT MUHOFAZASIDA INSON OMILINING O'RNI VA AHAMIYATI.....                                                                                                         | 380 |
| <b>Ashirqulova Qurbonoy, Nurbek Mamatov</b>                                                                                                                         |     |
| BILIMGA ASOSLANGAN AVTONOM AGENTLAR VA RAG TEXNOLOGIYALARI.....                                                                                                     | 387 |
| <b>Ibragimov Sanjarbek Salijanovich</b>                                                                                                                             |     |
| EKSPORT SALOHİYATINI BAHOLASHDA QIYOSIY USTUNLIK (BALASSA) INDEKSIDAN FOYDALANISH.....                                                                              | 395 |
| <b>Olchinboyev Otabek Abdusamad o'g'li</b>                                                                                                                          |     |
| TIJORAT BANKLARI TOMONIDAN KORPORATIV MOLIYALASHTIRISHNI TAKOMILLASHTIRISH ISTIQBOLLARI.....                                                                        | 399 |
| <b>Abduraxmonov Farrux Talipjanovich</b>                                                                                                                            |     |
| HUJURLARNI ANIQLASH TIZIMLARIDA TAHDID MODELINI ISHLAB CHIQUISH.....                                                                                                | 404 |
| <b>Barotova Zahro Akmaljon qizi</b>                                                                                                                                 |     |
| G'ISHTNI QURITISH VA PISHIRISH JARAYONLARI.....                                                                                                                     | 413 |
| <b>Askarov Xasanjon</b>                                                                                                                                             |     |
| BUG' TURBINALI GENERATORLARNING SAMARADORLIGINI OSHIRISHNING ZAMONAVIY TEXNIK YECHIMLARI.....                                                                       | 417 |
| <b>Xudoyqulov Zoki, Eshbekov Muxriddin</b>                                                                                                                          |     |
| EFFECTIVE WAYS TO USE DEVICES OPERATING IN A MECHATRONICS SYSTEM.....                                                                                               | 421 |
| <b>Makhammaillo Aliboyev</b>                                                                                                                                        |     |
| KREATIV IQTISODIYOT VA GENDER INKLYUZIV RIVOJLANISH O'RTASIDAGI O'ZARO BOG'LIQLIK: XALQARO TENDENSIYALAR VA O'ZBEKISTON TAJRIBASI.....                              | 427 |
| <b>Sharipova Aziza Faxriddin qizi</b>                                                                                                                               |     |



|                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| DAVLAT TASHKIOTLARIDA MENTORLIK TIZIMINI JORIY ETISH HOLATI VA INNOVATSION MODELLAR TAHLILI .....                                        | 431 |
| <b>Xurshida Maxmadaminova</b>                                                                                                            |     |
| O'ZBEKISTONDA KREATIV IQTISODIYOTNING RIVOJLANISH HOLATI VA ISTIQBOLLARI.....                                                            | 440 |
| <b>Dusmuxamedov Oybek Suratbekovich</b>                                                                                                  |     |
| RAQAMLI IQTISODIYOTNING TRANSFORMATSION MODEL OMILLARI VA DRAYVERLARI.....                                                               | 446 |
| <b>Abruyeva Xilola Sherbekovna</b>                                                                                                       |     |
| УПРОЩЕННЫЙ СПОСОБ ВЫЧЕРЧИВАНИЯ ПРОФИЛЯ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВЫХ РАБОТ ПО «ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН».....                | 455 |
| <b>Файзуллаев Асамитдин, Файзуллаев Салохитдин</b>                                                                                       |     |
| МОДЕЛИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....                                                                                | 459 |
| <b>Джидибаева Гульзат, Абдуллаев Ильгор, Далиев Ахтам</b>                                                                                |     |
| MAXSUS KIYIMBOR TO'QIMALAR UCHUN BAZALT XOMASHYOSINI TAYYORLASH TEXNOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH.....                                   | 467 |
| <b>Mustanova Zilola Abdusamat qizi</b>                                                                                                   |     |
| РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ С УЧЁТОМ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИГУРЫ ЧЕЛОВЕКА ..... | 473 |
| <b>Каримбердиева Мохинур Шерзод кизи</b>                                                                                                 |     |



# РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ С УЧЁТОМ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИГУРЫ ЧЕЛОВЕКА

Каримбердиева Мохинур Шерзод кизи

Исследователь

Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности

ORCID: 0009-0005-5431-6283

e-mail: [mokhinurr6@gmail.com](mailto:mokhinurr6@gmail.com)

**Abstract.** The aim of the study is to develop an interpretable method for parametric 3D garment modeling that ensures the consistent transformation of anthropometric measurements of the human body into the parameters of a digital mannequin, a two-dimensional garment pattern, and the three-dimensional shape of the garment. A multilevel model is proposed that includes measurement normalization, anthropometric avatar morphing, calculation of control parameters for pattern pieces, projection of technological constraints on corresponding edges, and subsequent physically based draping. For preliminary validation, a synthetic sample of 120 anthropometric profiles containing ten principal body measurements was generated. Proportional scaling, multivariate linear parameterization, and the proposed quadratic parametric algorithm with strict seam constraints were compared using five-fold cross-validation. The mean absolute errors for 24 geometric parameters were 3.65, 1.37, and 0.97 mm, respectively, while the coefficient of determination of the proposed model reached 0.995. Constraint projection eliminated mismatches between corresponding pattern edges without additional manual editing. The scientific novelty of the study lies in integrating anthropometric mapping, procedural pattern generation, and explicit control of technological compatibility within a unified algorithm. The results can be applied to the development of CAD modules for customized garment design, digital twins of garments, and virtual fitting systems.

**Keywords:** parametric 3D modeling, digital clothing, anthropometry, virtual mannequin, garment pattern, algorithm, virtual fitting, CAD.

**Annotatsiya.** Tadqiqotning maqsadi inson qomatining antropometrik o'lchamlarini raqamli maneken, kiyimning tekis konstruksiyasi va buyumning fazoviy shakli parametrlariga o'zaro muvofiqlashtirilgan holda o'zgartirishni ta'minlovchi kiyimni parametrik 3D-modellashtirishning izohlanadigan usulini ishlab chiqishdan iborat. Antropometrik o'lchamlarni me'yorlashtirish, antropometrik avatar morfingi, detallarni boshqaruvchi parametrlarni hisoblash, birikuvchi qirqimlarga qo'yiladigan texnologik cheklovlarni proyeksiyalash hamda keyingi fizik jihatdan asoslangan drapirovkalashni o'z ichiga oluvchi ko'p bosqichli model taklif etildi. Dastlabki tekshiruv uchun o'nta asosiy o'lcham belgisini o'z ichiga olgan 120 ta antropometrik profildan iborat sintetik tanlanma shakllantirildi. Besh blokli kross-validatsiya jarayonida proporsional masshtablash, ko'p o'lchovli chiziqli parametrlashtirish hamda qat'iy chok cheklovlariga ega bo'lgan taklif etilgan kvadratik-parametrik algoritim o'zaro taqqoslandi. 24 ta geometrik parametr bo'yicha o'rtacha mutlaq xatolik tegishli ravishda 3,65; 1,37 va 0,97 mm ni tashkil etdi, taklif etilgan modelning determinatsiya koeffitsiyenti esa 0,995 ga yetdi. Cheklovlarni proyeksiyalash birikuvchi qirqimlar o'rtasidagi nomuvofiqlikni qo'shimcha qo'lda tahrirlashsiz bartaraf etish imkonini berdi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi antropometrik akslantirish, konstruksiyani protseduraviy generatsiya qilish va texnologik muvofiqlikni aniq nazorat etishni yagona algoritim doirasida birlashtirishdan iborat. Tadqiqot natijalaridan kiyimni individual loyihalashga mo'ljallangan CAD-modullar, kiyimlarning raqamli egizaklari va virtual kiyib ko'rish tizimlarini yaratishda foydalanish mumkin.

**Kalit so'zlar:** parametrik 3D-modellashtirish, raqamli kiyim, antropometriya, virtual maneken, kiyim konstruksiyasi, algoritim, virtual kiyib ko'rish, CAD.

**Аннотация.** Цель исследования заключается в разработке интерпретируемого метода параметрического 3D-моделирования одежды, обеспечивающего согласованное преобразование антропометрических измерений фигуры человека в параметры цифрового манекена, плоской конструкции и пространственной формы изделия. Предложена многоуровневая модель, включающая нормирование измерений, морфинг антропометрического

аватара, вычисление управляющих параметров деталей, проецирование технологических ограничений сопрягаемых срезов и последующую физически обоснованную драпировку. Для первичной проверки сформирована синтетическая выборка из 120 антропометрических профилей, включающих десять основных размерных признаков. В рамках пятикратной перекрёстной проверки сопоставлены пропорциональное масштабирование, многомерная линейная параметризация и предложенный квадратично-параметрический алгоритм с жёсткими шовными ограничениями. Средняя абсолютная погрешность по 24 геометрическим параметрам составила соответственно 3,65; 1,37 и 0,97 мм, а коэффициент детерминации предложенной модели достиг 0,995. Проецирование ограничений позволило устранить рассогласование сопрягаемых срезов без дополнительного ручного редактирования. Научная новизна исследования заключается в объединении антропометрического отображения, процедурной генерации конструкции и явного контроля технологической совместимости в рамках единого алгоритма. Результаты исследования могут быть использованы при создании CAD-модулей индивидуального проектирования одежды, цифровых двойников изделий и систем виртуальной примерки.

**Ключевые слова:** параметрическое 3D-моделирование, цифровая одежда, антропометрия, виртуальный манекен, конструкция одежды, алгоритм, виртуальная примерка, CAD.

## ВВЕДЕНИЕ

Цифровизация швейной промышленности изменяет последовательность разработки изделий: антропометрические данные, конструкция, визуальная форма и оценка посадки всё чаще объединяются в единый сквозной вычислительный процесс. Однако практическая ценность 3D-среды определяется не только качеством визуализации, но и точностью учёта индивидуальных пропорций фигуры в цифровой модели. Международный стандарт ISO 8559-1 устанавливает единый понятийный аппарат и правила определения размерных признаков, используемых при проектировании одежды [1], а стандарт ISO 20685-1 регламентирует оценку измерений, получаемых на основе трёхмерного сканирования [2]. Следовательно, параметрическая система должна сохранять семантику измерений и обеспечивать воспроизводимое преобразование исходных данных в геометрию изделия.

Современные исследования развиваются по нескольким взаимосвязанным направлениям. Алгоритмы извлечения антропометрических признаков из результатов сканирования позволяют связывать облака точек с размерной информацией, необходимой конструктору [3, 4]. Статистические модели тела, включая SMPL, обеспечивают компактное описание формы и позы человека [5], а процедурные методы позволяют формировать усреднённые или индивидуализированные цифровые манекены на основе заданного набора параметров [6]. В области проектирования одежды программируемые представления лекал обеспечивают возможность изменения конструкции посредством семантически понятных параметров [7]. Вместе с тем моделирование физического поведения материала требует устойчивого решения задач растяжения, изгиба, контакта и трения [8–10]. Нейросетевые методы ускоряют прогнозирование деформации одежды и поддерживают моделирование сложных форм [11, 12], однако их качество зависит от состава обучающей выборки и не всегда сопровождается явным соблюдением технологических ограничений.

Основная инженерная проблема заключается в разрыве между тремя уровнями: антропометрическим описанием фигуры, параметрами плоских деталей конструкции и итоговой пространственной посадкой изделия. При масштабировании типовой конструкции только по росту и обхвату груди локальные особенности фигуры — соотношение обхватов груди, талии и бёдер, длина спины, ширина плеч и длина руки — учитываются недостаточно. В то же время независимое редактирование всех контрольных точек повышает риск нарушения равенства сопрягаемых срезов и технологической целостности изделия.

Цель работы заключается в разработке метода и алгоритма параметрического 3D-моделирования одежды с учётом антропометрических характеристик фигуры человека. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: формализация входного антропометрического вектора; построение отображения «измерения — параметры конструкции»; введение ограничений для технологически связанных срезов; интеграция параметрической конструкции с 3D-аватаром и модулем драпировки; проведение вычислительной апробации и сравнительной оценки точности.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ

Исследования параметрического 3D-моделирования одежды развиваются в направлениях антропометрического измерения фигуры, построения цифровых манекенов, автоматизированного формирования лекал и физической симуляции ткани. Стандарты ISO 8559-1 и ISO 20685-1 определяют требования к антропометрическим признакам и измерениям, полученным с помощью 3D-сканирования



[1, 2]. Методы автоматического извлечения размеров позволяют преобразовывать данные сканирования в параметры, необходимые для проектирования одежды [3, 4].

Статистические модели тела, включая SMPL, обеспечивают изменение формы цифрового аватара с сохранением топологии сетки [5]. Процедурные методы позволяют создавать индивидуализированные манекены на основе заданных антропометрических параметров [6]. В свою очередь, программируемые конструкции, такие как GarmentCode, обеспечивают автоматическое изменение лекал через семантически понятные параметры [7].

Физическое моделирование ткани учитывает растяжение, изгиб, силу тяжести, контакт и трение [8–10]. Нейросетевые методы, включая TailorNet и ISP, ускоряют прогнозирование деформации и драпировки одежды [11, 12]. Однако существующие подходы не всегда обеспечивают прямую связь между антропометрическими измерениями, параметрами лекал и технологической согласованностью сопрягаемых срезов.

Таким образом, актуальной задачей является разработка единого параметрического метода, объединяющего антропометрический аватар, автоматическое построение конструкции, контроль шовных ограничений и физически обоснованную 3D-драпировку одежды.

## МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании применены методы системного анализа, параметрического моделирования, математической формализации и сравнительного вычислительного эксперимента. Для апробации алгоритма сформирована синтетическая выборка из 120 антропометрических профилей, включающих десять основных размерных признаков. Выполнено преобразование антропометрических данных в 24 управляющих параметра конструкции с последующей проекцией технологических ограничений сопрягаемых срезов. Предложенный квадратично-параметрический алгоритм сопоставлен с пропорциональным масштабированием и многомерной линейной моделью посредством пятикратной перекрёстной проверки. Для оценки результатов использованы показатели MAE, RMSE, 95-й процентиль абсолютной ошибки, коэффициент детерминации  $R^2$  и рассогласование сопрягаемых срезов. При подготовке текста статьи, систематизации материалов и уточнении отдельных формулировок использованы средства искусственного интеллекта в объёме до 10 %.

## АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

**Исходные данные и область апробации.** Входные данные представлены антропометрическим вектором

$(a = (H, C, W, G, L_b, S, L_a, N, L_t, B))$ ,

где (H) — рост; (C), (W) и (G) — обхваты груди, талии и бёдер соответственно; ( $L_b$ ) — длина спины; (S) — ширина плеч; ( $L_a$ ) — длина руки; (N) — обхват шеи; ( $L_t$ ) — длина туловища; (B) — обхват плеча.

Измерения задаются в сантиметрах и после проверки допустимых диапазонов преобразуются в безразмерные нормированные координаты. Принятая структура данных соответствует принципу семантической однозначности размерных признаков [1, 2].

Таблица 1 — Диапазоны параметров синтетической антропометрической выборки

| Обозначение | Размерный признак | Диапазон, см | Среднее $\pm \sigma$ , см |
|-------------|-------------------|--------------|---------------------------|
| H           | Рост              | 152,0–182,0  | 165,86 $\pm$ 5,73         |
| C           | Обхват груди      | 76,0–111,4   | 91,36 $\pm$ 7,03          |
| W           | Обхват талии      | 58,0–89,6    | 73,52 $\pm$ 6,54          |
| G           | Обхват бёдер      | 82,3–117,8   | 97,38 $\pm$ 7,21          |
| Lb          | Длина спины       | 36,0–45,5    | 40,91 $\pm$ 1,69          |
| S           | Ширина плеч       | 33,0–43,5    | 37,99 $\pm$ 1,56          |
| La          | Длина руки        | 54,3–64,1    | 58,98 $\pm$ 1,98          |
| N           | Обхват шеи        | 30,9–39,1    | 34,83 $\pm$ 1,46          |
| Lt          | Длина туловища    | 53,5–65,7    | 59,87 $\pm$ 1,91          |
| B           | Обхват плеча      | 22,9–35,6    | 28,70 $\pm$ 2,26          |

Выборка из 120 профилей создана вычислительным способом на основе коррелированных латентных факторов общего размера, роста и типа телосложения. Она предназначена исключительно для проверки устойчивости алгоритма и не интерпретируется как репрезентативная характеристика населения какой-либо страны. В качестве тестового изделия принята женская плечевая одежда прилегающего силуэта с

рукавом; стилевые прибавки фиксированы, чтобы отделить влияние антропометрии от художественного варьирования. Параметрическая модель. Геометрия цифрового тела описывается базовой сеткой  $B_0$  и набором морфологических базисов  $S_j$ . Коэффициенты формы  $\beta_j$  являются функциями нормированного антропометрического вектора  $z$ :

$$B(a) = B_0 + \sum_j \beta_j(z) S_j. \quad (1)$$

Такое представление совместимо со статистическими моделями тела [5] и позволяет сохранять топологию сетки при изменении размерных признаков. На поверхности аватара фиксируются семантические ориентиры и поперечные сечения, используемые для исходного размещения деталей. Плоская конструкция задаётся графом  $G = (V, E, R)$ : множество  $V$  содержит контрольные точки,  $E$  — криволинейные границы деталей,  $R$  — отношения стачивания и совмещения. Вектор  $p$  из 24 управляющих параметров включает ширины деталей на уровнях груди, талии и бёдер, глубину проймы, длины спинки и полочки, параметры горловины, плеча и рукава, а также длины сопрягаемых срезов. Отображение антропометрии в конструкцию записывается в виде:

$$\hat{p} = p_0 + M_1 z + M_2 q(z) + M_s s, \quad (2)$$

где  $p_0$  — базовая конструкция;  $M_1$  — матрица линейного влияния измерений;  $q(z)$  — вектор квадратов и выбранных парных взаимодействий;  $M_2$  — матрица нелинейных коэффициентов;  $s$  — стилевой вектор прибавок и конструктивных признаков;  $M_s$  — матрица стилового преобразования. Коэффициенты оцениваются регуляризованным методом наименьших квадратов. Квадратичные члены используются только для морфологически обоснованных взаимодействий, например «обхват груди — обхват талии» и «рост — длина руки», что ограничивает сложность модели и сохраняет её интерпретируемость. Технологические ограничения. Независимое прогнозирование параметров может вызвать рассогласование сопрягаемых срезов. Поэтому после вычисления  $\hat{p}$  выполняется ортогональная проекция на множество линейных ограничений  $A p = b$ :

$$p^* = \hat{p} - A^T(AA^T)^{-1}(A\hat{p} - b). \quad (3)$$

Матрица  $A$  задаёт равенство боковых швов и нормативную разность между длиной оката рукава и соответствующими участками проймы. Проекция минимально изменяет исходный прогноз и одновременно гарантирует технологическую совместимость. Подобная процедурная логика согласуется с принципом программируемых лекал, при котором изменение высокоуровневого параметра не должно разрушать корректность конструкции [7].

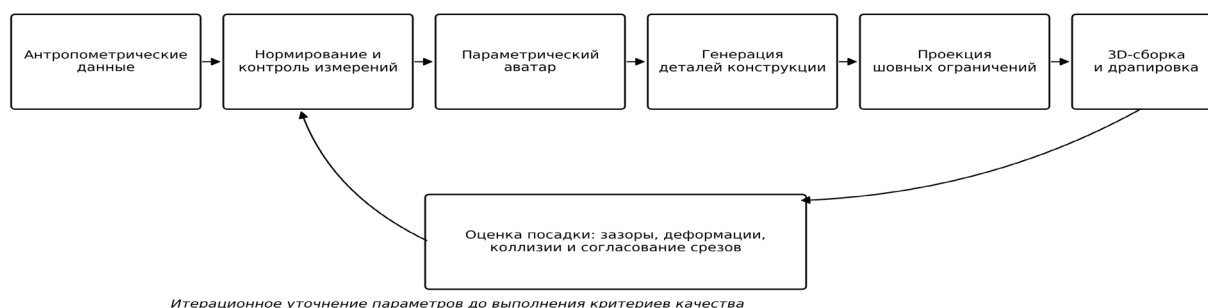


Рисунок 1. Структурная схема предлагаемого алгоритма

Формирование 3D-изделия. Детали размещаются около соответствующих участков тела в локальных ортонормированных системах координат. Начальное расстояние до поверхности определяется конструктивной прибавкой. После виртуального стачивания решается задача минимизации энергии деформации:

$$E(x) = w_s E_s + w_b E_b + w_c E_c + w_r E_r + w_g E_g, \quad (4)$$

где  $E_s$  и  $E_b$  описывают растяжение и изгиб материала;  $E_c$  — коллизии с телом и самоколлизии;  $E_r$  — шовные связи;  $E_g$  — действие силы тяжести. Устойчивые неявные схемы интегрирования и ограничения деформации являются классической основой симуляции ткани [8, 9], а корректная обработка контакта и трения необходима для исключения проникновений [10]. В разработанном методе физическая драпировка является завершающим уровнем, тогда как антропометрическая адаптация и технологическая корректность обеспечиваются до запуска ресурсоёмкой симуляции.

Алгоритм включает семь этапов: 1) ввод и валидацию измерений; 2) нормирование и восстановление недостающих признаков; 3) морфинг аватара; 4) вычисление параметров деталей по формуле (2); 5) проекцию ограничений по формуле (3); 6) построение сеток деталей, виртуальное стачивание и



драпировку; 7) оценку посадки по полю зазоров, деформациям и коллизиям с итерационным уточнением прибавок.

Вычислительный эксперимент. Для каждого профиля формировался эталонный вектор из 24 параметров с учётом нелинейного влияния пропорций и малой случайной погрешности 1 мм, имитирующей вариативность конструкторского задания. Сравнивались три метода: М1 — пропорциональное масштабирование только по росту и обхвату груди; М2 — многомерная линейная модель по десяти признакам; М3 — предложенная квадратично-параметрическая модель с проекцией ограничений. Применена пятикратная перекрёстная проверка. Основные метрики: средняя абсолютная ошибка MAE, среднеквадратическая ошибка RMSE, 95-й процентиль абсолютной ошибки, коэффициент детерминации  $R^2$  и среднее рассогласование сопрягаемых срезов. Все ошибки выражались в миллиметрах.

Результаты перекрёстной проверки представлены в таблице 2. Предлагаемый алгоритм обеспечил наименьшую ошибку по всем обобщённым показателям. Средняя абсолютная погрешность уменьшилась на 73,5 % относительно пропорционального масштабирования и на 29,2 % относительно многомерной линейной модели. Для каждого из пяти блоков MAE модели М3 находилась в диапазоне 0,90–1,05 мм, что указывает на устойчивость результата к составу обучающей и контрольной частей.

Таблица 2. Точность методов параметрической адаптации

| Метод                | MAE, мм       | RMSE, мм      | P95, мм        | $R^2$         | Шовное рассогласование, мм |
|----------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------------------|
| М1: пропорциональный | 3,651 ± 0,357 | 5,294 ± 0,648 | 11,599 ± 1,383 | 0,903 ± 0,022 | 0,178 ± 0,025              |
| М2: линейный         | 1,367 ± 0,133 | 2,220 ± 0,453 | 4,149 ± 0,694  | 0,983 ± 0,004 | 0,319 ± 0,039              |
| М3: предлагаемый     | 0,969 ± 0,053 | 1,237 ± 0,062 | 2,483 ± 0,165  | 0,995 ± 0,001 | 0,000                      |

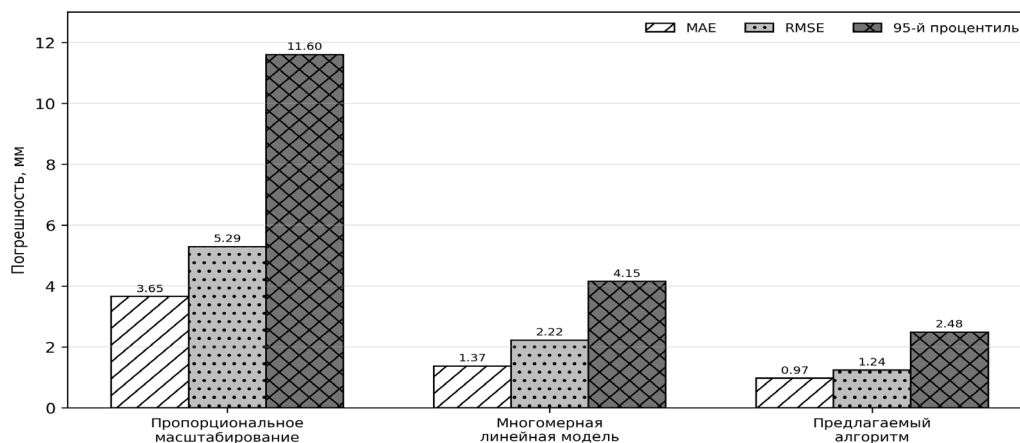


Рисунок 2. Сравнение ошибок параметрической адаптации

Распределение ошибок по функциональным группам подтвердило преимущество модели М3. Для поперечных размеров деталей MAE составила 0,98 мм против 4,69 мм у М1 и 1,47 мм у М2. Для вертикальных и конструктивных параметров получено соответственно 1,01; 3,25 и 1,45 мм. На сопрягаемых срезах ошибка относительно эталонной длины составила 0,83 мм, однако технологическое рассогласование пар после проекции было полностью устранено. Это различие принципиально: ошибка отдельного параметра характеризует близость к эталону, тогда как шовное рассогласование показывает возможность автоматической сборки изделия.

Коэффициент  $R^2 = 0,995$  означает, что предлагаемая модель воспроизводит основную вариативность параметров конструкции. Наиболее заметный выигрыш получен для фигур с нетипичным соотношением груди, талии и бёдер, где простое масштабирование систематически искажает раствор вытачек, баланс полочки и распределение ширины между передней и задней деталями. В многомерной линейной модели эти эффекты частично компенсируются, но квадратичные взаимодействия точнее описывают локальные изменения пропорций.

Парное сравнение индивидуальных ошибок показало преимущество М3 над М1 для всех 120 профилей. По сравнению с М2 меньшая ошибка наблюдалась у 78,3 % профилей; различие средних абсолютных ошибок статистически значимо (парный t-критерий,  $p < 0,001$ ). Полученный эффект обусловлен не ростом числа свободных контрольных точек, а введением морфологически содержательных взаимодействий и

технологической проекции.

Полученные результаты подтверждают целесообразность разделения цифрового проектирования на семантический и физический уровни. На семантическом уровне измерения преобразуются в параметры конструкции, понятные технологу; на физическом уровне уточняется пространственная форма с учётом свойств материала. Алгоритмы автоматического измерения по 3D-сканам демонстрируют, что точность отдельных антропометрических признаков неодинакова и зависит от локализации ориентиров [3, 4].

В отличие от универсального морфинга аватара [5, 6], предложенный метод явно связывает антропометрию с деталями изделия. В отличие от полностью свободного редактирования лекал, технологические отношения формализованы матрицей ограничений. Такой подход близок к концепции программируемых конструкций GarmentCode [7], однако дополняет её регуляризованным антропометрическим отображением и формальной проекцией сопрягаемых срезов. Подходы 3D-зонирования также подтверждают эффективность работы непосредственно с пространственной морфологией при построении прилегающей одежды [14].

Нейросетевые модели, например TailorNet, способны быстро прогнозировать детализированную деформацию одежды в зависимости от позы, формы и стиля [11]. Метод ISP расширяет возможности многослойной драпировки [12]. Их сильная сторона — аппроксимация сложных полей деформации; слабая — потребность в значительных наборах данных и сложность гарантированного выполнения технологических условий. Предлагаемый алгоритм не противопоставляется обучаемым моделям: он может использоваться как интерпретируемый генератор исходной конструкции, а нейросеть — как ускоритель драпировки или корректор высокочастотных складок. Доступность процедурных наборов, подобных GarmentCodeData [15], создаёт основу для такого гибридного решения.

Практическая ценность метода состоит в возможности интеграции с CAD-системами индивидуального и массового кастомизированного проектирования. Вектор параметров может храниться как часть цифрового двойника изделия, а изменение антропометрического профиля автоматически перестраивает конструкцию без разрушения шовных связей. Это соответствует направлению персонализированного устойчивого дизайна, где точное соответствие изделия пользователю снижает число итераций макетирования и потенциально уменьшает возвраты [13]. Оценку точности цифрового манекена целесообразно организовывать в соответствии с ISO 20947-1 [16].

Ограничения исследования связаны с характером апробации. Синтетическая выборка проверяет математическую устойчивость, но не заменяет национальную антропометрическую базу и реальные 3D-сканы. Эталонные параметры сформированы вычислительно; поэтому приведённые миллиметровые ошибки относятся к управляющей геометрии, а не к конечной поверхности ткани. В работе не варьировались анизотропия, изгибная жёсткость и трение материалов, а фигуры рассматривались в статической позе. Следующий этап должен включать сканирование реальных участников, измерение механических свойств тканей, изготовление контрольных образцов и сопоставление виртуальной и физической посадки в статике и движении.

Для внедрения метода в инженерную CAD-среду предлагается модульная архитектура. Подсистема ввода выполняет проверку единиц измерения, допустимых диапазонов и логической согласованности признаков; например, контролируется отношение обхватов и соответствие продольных размеров росту. Подсистема аватара хранит базовую топологию, морфологические базисы и семантические ориентиры. Генератор конструкции преобразует антропометрический и стилиевой векторы в контрольные точки и кривые деталей, после чего механизм ограничений корректирует только те параметры, которые участвуют в технологических связях. Такая декомпозиция позволяет заменять модель тела или симулятор ткани без изменения логики построения лекал. Для обмена данными целесообразно использовать явную схему параметров: идентификатор размерного признака, числовое значение, единицу измерения, источник и оценку достоверности. Геометрия плоских деталей может экспортироваться в отраслевые форматы DXF/AAMA, а пространственная модель — в OBJ, FBX или glTF. Вместе с сеткой следует сохранять метаданные: версию базовой конструкции, значения прибавок, материал, матрицу шовных отношений и показатели качества посадки.

Численная устойчивость отображения (2) обеспечивается стандартизацией признаков и регуляризацией коэффициентов. При близкой линейной зависимости измерений решение рекомендуется получать через сингулярное разложение либо устойчивую QR-факторизацию. Матрица ограничений  $A$  является разреженной, поскольку каждое условие затрагивает небольшое число параметров; поэтому проекция (3) имеет малую вычислительную стоимость относительно физической симуляции. Ограничения можно разделить на жёсткие, обязательные для сборки, и мягкие, выражающие предпочтительные нормы посадки. Мягкие условия включаются в целевую функцию с весовыми коэффициентами, тогда как жёсткие выполняются проекцией.



Контроль результата должен выполняться на трёх уровнях. На уровне данных проверяется полнота и правдоподобие измерений. На уровне конструкции анализируются самопересечения контуров, направление долевой нити, длины сопрягаемых срезов и допустимость пропусков. На уровне 3D-модели рассчитываются минимальный зазор до тела, доля проникновений, поле растяжения и максимальная локальная деформация. Если хотя бы один критический показатель превышает установленный порог, алгоритм возвращается к корректировке прибавок или локальных коэффициентов, а не изменяет всю конструкцию пропорционально.

#### Алгоритм 1. Параметрическая адаптация цифровой модели одежды

Вход: антропометрический вектор  $a$ , стилевой вектор  $s$ , базовая конструкция  $p$ .

1. Проверить диапазоны и единицы измерения; сформировать маску пропусков.
  2. Восстановить допустимые пропуски и нормировать признаки:  $z = (a - \mu)/\sigma$ .
  3. Сформировать антропометрический аватар  $B(a)$  и семантические сечения.
  4. Вычислить предварительный вектор конструкции  $\hat{p}$  по формуле (2).
  5. Выполнить проекцию технологических ограничений  $A_p = b$  по формуле (3).
  6. Построить контуры деталей, сетки и отношения виртуального стачивания.
  7. Провести драпировку и вычислить показатели посадки.
  8. При нарушении критериев скорректировать локальные прибавки и повторить шаги 4–7.
- Выход: согласованные 2D-лекала, 3D-модель изделия и протокол качества.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Разработан метод параметрического 3D-моделирования одежды, объединяющий антропометрический аватар, процедурно формируемую конструкцию, технологические ограничения и физически обоснованную драпировку. Формализовано нелинейное отображение десяти размерных признаков в 24 управляющих параметра изделия и предложена ортогональная проекция, гарантирующая согласование сопрягаемых срезов. Вычислительная апробация на 120 синтетических профилях показала снижение МАЕ до 0,97 мм при  $R^2 = 0,995$ . По сравнению с пропорциональным масштабированием ошибка уменьшилась на 73,5 %, а по сравнению с многомерной линейной моделью — на 29,2 %. Полученные результаты обосновывают применение метода в модулях индивидуальной адаптации лекал, цифровых двойниках и системах виртуальной примерки. Для промышленной валидации требуется эксперимент на реальных 3D-сканах и физических образцах одежды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO 8559-1:2017. Size designation of clothes. Part 1: Anthropometric definitions for body measurement. — Geneva : International Organization for Standardization, 2017.
2. ISO 20685-1:2018. 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases. Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3-D body scans. — Geneva : International Organization for Standardization, 2018.
3. Yan S., Wirta J., Kämäräinen J.-K. Anthropometric clothing measurements from 3D body scans // Machine Vision and Applications. — 2020. — Vol. 31. — Art. 7. — DOI: 10.1007/s00138-019-01054-4.
4. Markiewicz Ł., Witkowski M., Sitnik R., Mielicka E. 3D anthropometric algorithms for the estimation of measurements required for specialized garment design // Expert Systems with Applications. — 2017. — Vol. 85. — P. 366–385. — DOI: 10.1016/j.eswa.2017.04.052.
5. Loper M., Mahmood N., Romero J., Pons-Moll G., Black M. J. SMPL: A Skinned Multi-Person Linear Model // ACM Transactions on Graphics. — 2015. — Vol. 34, No. 6. — Art. 248. — P. 1–16. — DOI: 10.1145/2816795.2818013.
6. Lee K. S., Song H. K. Automation of 3D average human body shape modeling using Rhino and Grasshopper Algorithm // Fashion and Textiles. — 2021. — Vol. 8. — Art. 23. — DOI: 10.1186/s40691-021-00249-6.
7. Korosteleva M., Sorkine-Hornung O. GarmentCode: Programming Parametric Sewing Patterns // ACM Transactions on Graphics. — 2023. — Vol. 42, No. 6. — Art. 197. — P. 1–15. — DOI: 10.1145/3618351.
8. Baraff D., Witkin A. Large Steps in Cloth Simulation // Proceedings of the 25th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH '98). — New York : ACM, 1998. — P. 43–54. — DOI: 10.1145/280814.280821.
9. Provot X. Deformation Constraints in a Mass-Spring Model to Describe Rigid Cloth Behaviour // Proceedings of Graphics Interface '95. — Québec : Canadian Information Processing Society, 1995. — P. 147–154. — DOI: 10.20380/GI1995.17.
10. Bridson R., Fedkiw R., Anderson J. Robust Treatment of Collisions, Contact and Friction for Cloth Animation // ACM Transactions on Graphics. — 2002. — Vol. 21, No. 3. — P. 594–603. — DOI: 10.1145/566654.566623.
11. Patel C., Liao Z., Pons-Moll G. TailorNet: Predicting Clothing in 3D as a Function of Human Pose, Shape and Garment Style // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. — 2020. — P. 7363–



7373. — DOI: 10.1109/CVPR42600.2020.00739.
12. Li R., Guillard B., Fua P. ISP: Multi-Layered Garment Draping with Implicit Sewing Patterns // *Advances in Neural Information Processing Systems*. — 2023. — Vol. 36. — P. 40294–40319.
  13. Wang Z., Tao X., Zeng X., Xing Y., Xu Z., Bruniaux P. Design of Customized Garments Towards Sustainable Fashion Using 3D Digital Simulation and Machine Learning-Supported Human–Product Interactions // *International Journal of Computational Intelligence Systems*. — 2023. — Vol. 16. — Art. 16. — DOI: 10.1007/s44196-023-00189-7.
  14. Kulińska M., Abtew M. A., Bruniaux P., Zeng X. Block Pattern Design System Using 3D Zoning Method on Digital Environment for Fitted Garment // *Textile Research Journal*. — 2022. — Vol. 92, No. 23–24. — P. 4978–4993. — DOI: 10.1177/00405175221114164.
  15. Korosteleva M., Kesdogan T. L., Kemper F., Wenninger S., Koller J., Zhang Y., Botsch M., Sorkine-Hornung O. GarmentCodeData: A Dataset of 3D Made-to-Measure Garments with Sewing Patterns // *Computer Vision — ECCV 2024. Lecture Notes in Computer Science*. — Cham : Springer, 2025. — Vol. 15118. — P. 110–127. — DOI: 10.1007/978-3-031-73027-6\_7.
  16. ISO 20947-1:2021. Performance evaluation protocol for digital fitting systems. Part 1: Accuracy of virtual human body representation. — Geneva : International Organization for Standardization, 2021.



**Ingliz tili muharriri:** Feruz Hakimov

**Musahhih:** Zokir Alibekov

**Sahifalovchi va dizayner:** Abdurahmon Qurbonov

---

**2026. № 7**

---

© 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)