

INNOVATION SCIENCE AND TECHNOLOGY

ISSUE 7, PART 1 / JULY 2026

 Acceptance of papers



**Acceptance of
papers**

Published monthly



Topics

economics,
technology, social
sciences



EDITOR-IN-CHIEF:

Mirzaliyev Sanjar Makhmatjon ugli

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Makhmudov Nosir Makhmudovich
DSc., Prof., Academician

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Ochilov Bobur Bakhtiyor ugli – Senior
lecturer at TSUI

THE SCIENTIFIC-POPULAR ELECTRONIC
JOURNAL **"INNOVATION SCIENCE AND
TECHNOLOGY"** HAS BEEN REGISTERED
UNDER THE NUMBER **C-5669633** BY THE
AGENCY FOR INFORMATION AND MASS
COMMUNICATIONS (AOKA) OF THE
REPUBLIC OF UZBEKISTAN, EFFECTIVE
FROM OCTOBER 9, 2024.

CONTACTS

Phone: **+998 50 737 87 88**

Website: <https://ist-journal.uz>

Email: innovationist2025@gmail.com

The scientific electronic journal "Innovation Science and Technology" has been included in the list of scientific publications recommended for the publication of main scientific results of dissertations for the award of PhD and DSc degrees in economics and technical sciences, in accordance with the Resolution No. 370 of the Presidium of the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan, dated May 8, 2025.

Editorial board:



Sharipov Kongiratbay Avezimbetovich,
Doctor of Technical Sciences (DSc), Professor



Abdurakhmanova Gulnora Kalandarovna, Doctor of
Economic Sciences (DSc), Professor



Cham Tat Huei,
Doctor of Philosophy (PhD), Professor (Malaysia)



Muhammad Imran Sadiq
Doctor of Philosophy in Economics (PhD), Professor,
Malaysia



Ahmed Aziz Ismail
Doctor of Technical Sciences (DSc),
Professor (Egypt)



Lee Chin
Doctor of Philosophy in Economics (PhD), (Malaysia)



Asongu Simplice
Doctor of Philosophy in Economics (PhD), Cameroon



Rui Dang
Doctor of Chemistry (DSc), Professor, China



Zahoor Ahmed
Doctor of Philosophy in Economics (PhD), Turkey



Shujaat Abbas
Doctor of Philosophy in Economics (PhD), Russia



Tina A Coffelt
Doctor of Philosophy in Educational Sciences (PhD),
USA



Abdikarimova Dinara Rustamxanovna
Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor

Kurbonbekova Mohichehra Turobjonovna
Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor

Alimardonov Ilkhom Muzrabshokovich
Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor



Razakova Barno Sayfieva
Doctor of Philosophy in Economics (PhD)



Khasanov Sarvar Ulugbek ugli
Doctor of Philosophy in Economics (PhD)



Kholikova Rukhsora Sanjarovna
Associate Professor (PhD)

CONTENTS

PLATFORM MIDDLEWARE-MANAGEMENT: FROM RESOURCE CONTROL TO INTERACTION COORDINATION IN DIGITAL SERVICE ECOSYSTEMS.....	8
Ilgor Abdullayev	
APPROACHES TO IMPROVING KNOWLEDGE EXCHANGE PROCESSES IN INDUSTRIAL CLUSTERS.....	16
Mamadaliyev Anaxxon Ziyodillayevich	
IMPROVING EXPENDITURE ACCOUNTING IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS	21
Islom Ergash ugli Khonimqulov	
MANAGEMENT OF FOREIGN EXCHANGE AND CONCENTRATION RISKS IN THE OPERATIONS OF COMMERCIAL BANKS	26
Qurbonov Ilhom Jumaqulovich	
WAYS TO IMPROVE THE USE OF NATURAL RESOURCES IN THE DEVELOPMENT OF HEALTH SERVICES.	29
Sobirov Kayum Xamraevich	
REGIONAL BANKING MARKET TRENDS FOR RETAIL DEVELOPMENT	33
Salamov Islom Tashqazaqovich	
REFORMS UNDERTAKEN IN THE REPUBLIC TO INCREASE PRODUCTION CAPACITY AT FOOD INDUSTRY ENTERPRISES	37
Gulmatov Sunnatillo Nurillayevich	
PROSPECTS FOR USING ISLAMIC FINTECH TECHNOLOGIES IN SMALL BUSINESS FINANCING IN UZBEKISTAN	44
Toshxo'jayev Abduqodirxon Abdulmansurxon ugli	
ADAPTIVE CONCEPT OF HUMAN CAPITAL MANAGEMENT: A NEW PARADIGM FOR SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH	51
Dinora Qudrat qizi Yusubboyeva	
MECHANISMS FOR ENHANCING EDUCATION SERVICE QUALITY IN DEVELOPING YOUTH ENTREPRENEURSHIP IN THE ARAL SEA REGION.....	58
Raxmanov Raxmanbergan Abdullayevich	
CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF IMPLEMENTING AGILE MANAGEMENT IN PUBLIC ADMINISTRATION	62
Sayfiyev Jasur Ravshanovich	
SCIENTIFIC PERSPECTIVES OF WORLD, EUROPEAN, AND CIS SCHOLARS ON ENTREPRENEURSHIP DEVELOPMENT AND FINANCIAL SUPPORT: A COMPARATIVE ANALYSIS	70
Inobatov Abror Boshlarovich	
SUSTAINABILITY REPORTING AND ESG AUDITING: EMERGING TRENDS IN CORPORATE ACCOUNTABILITY.....	84
Turabekov Bekali, Eshpulatova Zaynab	
ИНДИКАТОРЫ ОЦЕНКИ И МОНИТОРИНГА РАЗВИТИЯ ЖЕНСКОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В УЗБЕКИСТАНЕ	91
Хусанова Зулфия Рахматуллаевна	
A METHODOLOGICAL APPROACH TO DIGITALIZING INTERNAL AUDIT IN COMMERCIAL BANKS BASED ON THE CONTINUOUS AUDITING CONCEPT	95
Narziyev Xayotjon Azamatovich	
AN AUTHOR'S APPROACH TO THE CLASSIFICATION OF FINANCIAL INVESTMENTS BY MEASUREMENT BASIS FOR ACCOUNTING AND AUDITING PURPOSES	102
Jumamurodov To'libay Yeldashbayevich	
ENHANCING THE CONTINUOUS MONITORING PROCEDURE FOR IDENTIFYING IMPAIRMENT INDICATORS OF NON-CURRENT ASSETS IN JOINT-STOCK COMPANIES.....	107
Fayzullayev Begzod Baxtiyor o'g'li	

THE INTERRELATIONSHIP BETWEEN MATERIALITY AND AUDIT RISK IN PUBLIC-SECTOR INTERNAL AUDITING AND THEIR APPLICATION WITHIN A UNIFIED METHODOLOGICAL FRAMEWORK.....	114
Ismatillayev Baypo'lat Xushvaqtovich	
THE NATURE, DEFINITION AND CLASSIFICATION OF INTERNAL AUDIT OF PUBLIC PROCUREMENT	122
Rajabov Shukhrat Ismayilovich	
A METHODOLOGY FOR THE COMPOSITE ASSESSMENT OF THE MATURITY OF INTERNAL AUDIT FUNCTIONS IN COMMERCIAL BANKS.....	128
Ismailov Azizbek Madaminovich	
THE ECONOMIC SUBSTANCE OF THE CONCEPT OF "RISK-BASED INTERNAL AUDITING" AND THE THEORETICAL FOUNDATIONS OF ITS APPLICATION IN LIGHT INDUSTRY ENTERPRISES	136
Shahlo Mahmatmurodovna Tojiyeva	
THE INSTITUTIONAL MECHANISM FOR THE INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE RAILWAY NETWORK.....	143
Muradov Bakhrom Akramjanovich	
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ДИСКРЕТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ С ПОЛЫМИ И ВОЛОКОННЫМИ СВЕТОВОДАМИ.....	148
Умид Садирдинович Холматов	
ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ РАЗРЫВ В ЗАЩИТЕ ЗАЁМЩИКОВ: ЭМПИРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАЧИСЛЕНИЯ ПРОЦЕНТОВ И НЕУСТОЙКИ ПОСЛЕ СУДЕБНОГО ВЗЫСКАНИЯ В УЗБЕКИСТАНЕ..	155
Жаксымуратов Бахрам Раджович	
PROSPECTS FOR SMALL BUSINESS DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF THE GREEN ECONOMY.....	164
Abdurakhimov Iskandar Nodirjon o'g'li	
DIGITAL PAYMENT ADOPTION IN TOURISM: FACTORS INFLUENCING ACCEPTANCE IN SAMARKAND, UZBEKISTAN	169
Nazarova Kamola Sultonmurod qizi	
CHANGE MANAGEMENT IN THE ADOPTION OF BIM TECHNOLOGY IN UZBEKISTAN'S CONSTRUCTION PROJECTS: A CONCEPTUAL APPROACH BASED ON THE ADKAR MODEL.....	176
Shaxlo Baxtiyor qizi G'ulomova	
SMART DESTINATIONS, SMARTER JOURNEYS: SCIENCE, INNOVATION, AND THE DIGITAL TRANSFORMATION OF GLOBAL TOURISM.....	182
Sirojiddinova Shahrizoda, Nasimov Dilmurod Abdulloyevich	
SELECTION OF INPUT MAGNITUDE FOR INVESTIGATING KINEMATIC AND STRUCTURAL PARAMETERS OF VSH PTM ELLIPTICAL DRUM COTTON PICKING APPARATUS	186
Abdazimov Anvar, Ravutov Shavkat, Rajapbayev Umidjon	
BIOGAS GENERATION AND PRACTICAL IMPLEMENTATION IN UZBEKISTAN: TECHNOLOGICAL ASPECTS AND STATISTICAL ASSESSMENT	191
Eshbekov Mukhriddin, Khudoyqulov Zokir	
THE ROLE OF YOUTH ENTREPRENEURSHIP ENTITIES IN INDUSTRIAL DEVELOPMENT: AN EMPIRICAL ANALYSIS.....	198
Mirzatov Baxtiyor Toxirovich	
MODERN FORMWORK SYSTEMS FOR MONOLITHIC CONSTRUCTION: CHALLENGES AND APPLICATION POTENTIAL OF BASALT FIBER REINFORCED POLYMER COMPOSITES	202
Ali Narbabayevich Soatov, Husniddin Tolibovich Hasanov	
CREATING A PATIENT ELECTRONIC MEDICAL RECORD FROM MEDICAL CONVERSATIONS USING NATURAL LANGUAGE PROCESSING.....	209
Ibragimov Sanjarbek Salijanovich	
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ С УЧЁТОМ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИГУРЫ ЧЕЛОВЕКА	217
Каримбердиева Мохинур Шерзод кизи	

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

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 qirgimlarga 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 qirgimlar 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 перцентиль 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 β_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 $Ap = b$:

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

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].

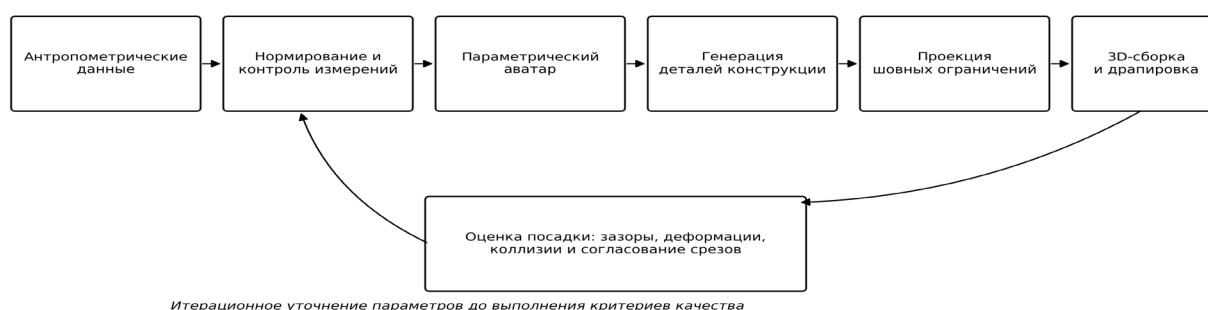


Рисунок 1. Структурная схема предлагаемого алгоритма

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: M1 — пропорциональное масштабирование только по росту и обхвату груди; M2 — многомерная линейная модель по десяти признакам; M3 — 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 M3 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
M1: пропорциональный	3,651 ± 0,357	5,294 ± 0,648	11,599 ± 1,383	0,903 ± 0,022	0,178 ± 0,025
M2: линейный	1,367 ± 0,133	2,220 ± 0,453	4,149 ± 0,694	0,983 ± 0,004	0,319 ± 0,039
M3: предлагаемый	0,969 ± 0,053	1,237 ± 0,062	2,483 ± 0,165	0,995 ± 0,001	0,000

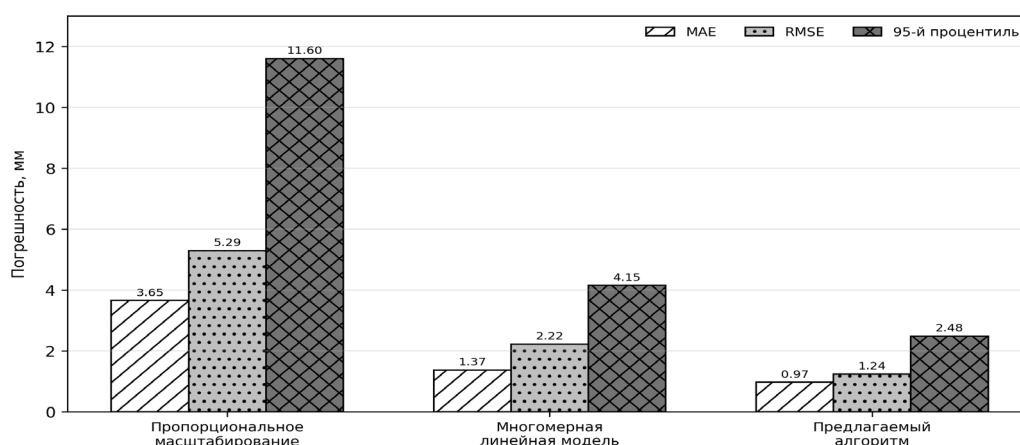


Рисунок 2. Сравнение ошибок параметрической адаптации

Распределение ошибок по функциональным группам подтвердило преимущество модели M3. Для поперечных размеров деталей MAE составила 0,98 мм против 4,69 мм у M1 и 1,47 мм у M2. 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 M3 над M1 для всех 120 профилей. По сравнению с M2 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 припусков. 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 MAE 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.

Proofreader: Zokir ALIBEKOV

Layout and Designer: Oloviddin Sobir ugli

2026. № 7

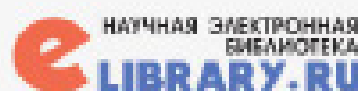
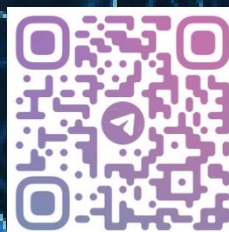
© When materials are reproduced, the INNOVATION SCIENCE AND TECHNOLOGY journal must be cited as the source. Authors are responsible for the accuracy of the information in materials and advertisements published in the journal. Editorial opinions may not always align with those of the authors. Submitted materials will not be returned to the editorial office.

To publish articles in this journal, you may submit articles, advertisements, stories, and other creative materials through the following links. Materials and advertisements are published on a paid basis.

You may subscribe to the journal at any time using the following details. Once subscribed, please send a screenshot or photo of your payment confirmation to our Telegram page @iqtisodiyot_77. Based on this, we will send the latest issue of the journal to your address each month.

“The journal “INNOVATION SCIENCE AND TECHNOLOGY” has been registered by the Agency for Information and Mass Communications under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan from 09.10.2024 under the registration number №390637. License number: C-5669633. PNFL: 30407832680027

Our address: Tashkent city, Yunusobod district, 19th block,
House 17.



Acceptance of articles

Published every
monthly



Directions

Social, economic, political,
technological, scientific



Scopus || Scientific electronic journal specializing in Scopus

CERTIFICATE NUMBER: №390637

**ORDER NUMBER ACCORDING TO
THE LICENSE REGISTER: C-5669633**

CONTACT:



Contact us
+998 50 737 87 88



Telegram channel
t.me/scopus_IST2100



Journal official website
<https://ist-journal.uz/index.php/IST>