

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.89:675

DOI 10.55421/1998-7072_2025_28_2_54

Л. Н. Бодрякова, Е. А. Кирсанова

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ И ЦИФРОВИЗАЦИИ

Ключевые слова: информационные потоки, искусственный интеллект, нечеткая логика, экспертные системы, Индустрия 4.0, оптимизация бизнес-процессов, процессы изготовления изделий из натурального меха, нейронные сети, VR- и AR-технологии, сортировка пушно-мехового полуфабриката.

Цифровизация и интеллектуализация производственных и технологических процессов швейной промышленности – основной тренд их совершенствования и развития. Несмотря на государственную поддержку данного направления темпы цифровизации производственных процессов на отечественных предприятиях не соответствуют темпам внедрения разработок на зарубежных предприятиях стран лидеров процесса, значительным также является отставание швейных предприятий от отечественных предприятий, относящихся к отраслям-лидерам. Современная цифровая трансформация основана на таких технологиях, как аналитика больших данных, машинное обучение, искусственный интеллект, роботизация производства и соответствует концепции Индустрии 4.0. Внедрение вышеперечисленных технологий обеспечивает оптимизацию показателей функционирования предприятия, увеличение эффективности производственных и бизнес-процессов, динамичное увеличение качества продукции, основанное на минимизации влияния человеческого фактора. Путем цифровизации процессов решаются разнообразные задачи на различных стадиях швейного производства. Их систематизация и анализ позволяет изучить возможности применения цифровых технологий для дальнейшей оптимизации и повышения эффективности процессов. Рассмотрены основные направления цифровизации на различных стадиях производственных процессов: проектирования изделий, моделирования и производственного процесса, технологии 3-D печати, маркетинговых процессов. Изучены технологии искусственного интеллекта, которые позволяют решить широкий круг трудноформализуемых задач и являются наиболее перспективными для цифровизации производственных процессов. Приведена их классификация, решаемые задачи, возможность применения в процессах швейного производства. Проведены исследования цифровизации процессов изготовления изделий из пушно-мехового полуфабриката путем применения технологий искусственного интеллекта (нейронных сетей, нечеткого вывода, экспертных систем). Рассмотрены возможности и перспективы их дальнейшего совершенствования.

L. N. Bodryakova, E. A. Kirsanova

PROMISING TECHNICAL SOLUTIONS FOR AUTOMATION AND DIGITALIZATION

Keywords: information flows, artificial intelligence, fuzzy logic, expert systems, Industry 4.0, optimization of business processes, manufacturing processes of natural fur products, neural networks, VR and AR technologies, sorting of fur semi-finished products.

Digitalization and intellectualization of production and technological processes in the garment industry is the main trend of their improvement and development. Despite the state support of this direction, the pace of digitalization of production processes at domestic enterprises does not match the pace of implementation of developments at foreign enterprises in the countries of the leaders of the process, a significant lag between sewing enterprises and domestic enterprises belonging to the leading industries. Modern digital transformation is based on technologies such as big data analytics, machine learning, artificial intelligence, and production robotics and corresponds to the concept of Industry 4.0, which provides for improving product quality, reducing design costs, optimizing production processes and supply chains, minimizing the influence of the human factor and effective demand forecasting. By digitalizing processes, various tasks are solved at various stages of garment production. Their systematization and analysis allow us to explore the possibilities of using digital technologies to further optimize and improve the efficiency of processes. The main directions of digitalization at various stages of production processes are considered: product design, modeling and production process, 3-D printing technology, marketing processes. Artificial intelligence technologies have been studied, which allow solving a wide range of difficult-to-formalize tasks and are the most promising for digitalization of production processes. Their classification, solved tasks, and the possibility of application in the processes of sewing production are given. Studies have been conducted on the digitalization of the manufacturing processes of semi-finished fur products through the use of artificial intelligence technologies (neural networks, fuzzy inference, expert systems). The possibilities and prospects for their further improvement are considered.

Введение

Переход общества в стадию постиндустриального развития, одним из признаков которого является значительно возросшая роль информации и резкий рост информационных потоков, определил значимость цифровой трансформации в различных областях деятельности человека, в том числе производственной. Цифровизация технологий

позволяет оптимизировать процессы производства и повысить конкурентоспособность предприятий. Для динамичного развития цифровой контекст является основным, наиболее эффективным и напрямую связанным с реализацией концепции Индустрии 4.0.

Однако несмотря на острую необходимость развития данного направления, темпы внедрения современных информационных и цифровых технологий не соответствуют потребностям. По

данным исследований, проведенных Минпромторгом и компании «Цифра», затраты 55% промышленных российских предприятий на развитие информационной инфраструктуры составляют не более 1% от их бюджета [1]. Отставание отечественных предприятий по уровню внедрения цифровых технологий от развитых странах характерно не только для швейных предприятий. Отечественные предприятия отраслей экономики, которые являются лидерами процесса цифровизации на уровне страны, например, горнодобывающей и нефтегазовой промышленности, металлургии, и имеющие интересные, передовые проекты, внедренные в производственные процессы, тем не менее проигрывают зарубежным предприятиям стран, являющихся пионерами и лидерами цифровизации. К таким странам относятся Япония, США, Германия, Китай [2]. По мнению экспертов, отставание предприятий швейной промышленности составляет 5-10 лет [3].

Государственная поддержка предприятий, внедряющих цифровые технологии, позволяет ускорить процесс и мотивировать работу в данном направлении, в том числе на предприятиях швейной промышленности. В настоящий момент в России реализуется ряд программ, направленных на решение данной задачи [4, 5].

Первые разработки в области автоматизации процессов швейной промышленности в основном были направлены на автоматизацию процессов конструкторско-технологической подготовки производства, поскольку данные процессы достаточно просто алгоритмизировать и формализовать. В настоящее время перечень решаемых задач значительно расширился и усложнился. Наиболее востребованными является автоматизация производства, бизнес процессов и внедрение систем поддержки принятия решений. В целом системы автоматизированного проектирования эволюционировали: применение технологий искусственного интеллекта является основным трендом их развития и, по мнению экспертов, именно технологии искусственного интеллекта способны изменить вектор и скорость развития различных отраслей промышленности [3], в том числе швейной.

Технологии искусственного интеллекта определяются как «новое электричество» [6], открытие и промышленное внедрение которого определило появление большого количества «прорывных» технологий. Правительство Российской Федерации предусматривает поддержку и содействие в вопросах привлечения инвестиций для разработки проектов в области искусственного интеллекта российскими компаниями [7]. В дорожной карте по развитию искусственного интеллекта основным эффектом от развития и внедрения технологий искусственного интеллекта в различных областях экономики является повышение качества жизни, улучшение благосостояния общества во всех экономических и социальных сферах [6].

Внедрение технологий искусственного интеллекта в производственные процессы швейной промышленности относится к направлению «Обрабатывающие производства», которое предусматривает повышение качества и снижение затрат на проектирование продукции за счет комплексного моделирования параметров будущего продукта, автоматизации и оптимизации производственных процессов и сети поставок за счет снижения производственных ошибок, минимизации влияния человеческого фактора и эффективного прогнозирования спроса [6].

Таким образом, автоматизация производственных и технологических процессов швейной промышленности путем внедрения систем управления, формирования единых баз данных, применения технологий больших данных и искусственного интеллекта является решающим фактором развития отрасли, позволяет уменьшить издержки, повысить качество продукции, оптимизировать бизнес процессы предприятия и соответственно создает значительные преимущества в конкурентной борьбе. Значительный рост технологий концепции Индустрии 4.0 основан на заинтересованности государства в процессе промышленной автоматизации, выражающейся в поддержке правительства данного направления, усложнении логистики поставок, высоком спросе на информационные системы, позволяющие оптимизировать бизнес и производственные процессы [2].

Цифровая трансформация основана на внедрении современных технологий, ставших трендами: аналитика больших данных, машинное обучение, искусственный интеллект и роботизация производства и определила изменение систем автоматизированного проектирования и тенденцию их интеллектуализации. Данное направление связано с созданием высокотехнологичного производства, что полностью соответствует концепции Индустрии 4.0.

Изучение основных направлений цифровизации

Анализ существующих разработок и изучение мнений экспертов позволили выделить следующие наиболее востребованные направления цифровизации и интеллектуализации производственных процессов швейной промышленности:

1. Цифровизация процессов проектирования изделий;
2. Цифровизация процессов производства;
3. Технологии цифровой и 3-D печати;
4. Цифровизация процесса продаж;
5. Комплексная цифровизация бизнес-процессов и процессов управления.

Разработки, относящиеся к первому направлению чрезвычайно разнообразны: прогнозирование модных тенденций, автоматизация формирования конструкторско-технологической документации, моделирование изделий на основе комплексного

учета свойств материалов, разработка виртуальных цифровых 3D прототипов моделей и другие.

Примерами разработок данного направления является система токийской Neural Pocket Inc., выполняющая на основе автоматически собираемых данных на различных сайтах, посвященных моде, анализ изменений в тенденциях моделей и цветов одежды и определение на основе данного анализа будущих модных тенденций [8].

Для улучшения качества посадки на конкретного потребителя применяют технологии 3D-сканирования, а комбинирование их с САПР конструирования обеспечивает возможности внесения изменений в конструкцию [9].

Технологии цифровой 3-D печати имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными технологиями: снижение трудоёмкости процессов проектирования и производства изделий, оптимизация товарных запасов, возможность производства небольших партий под конкретные требования. Цифровая печать позволяет реализовать концепцию быстрой моды «fast fashion», т.к. позволяет нанести любой рисунок на ткань. Кроме того, данная технология характеризуется высокой экологичностью: снизить выбросы углекислого газа, расход электроэнергии и воды по сравнению с аналоговым оборудованием. Все это определяет динамичное развитие сегмента несмотря на короткий срок существования (около 2 – 3 лет в России) [1].

Также к данным технологиям относят создание на 3D-принтере сложных деталей одежды, отдельных элементов дизайна, индивидуальный трикотаж. В результате внедрения данных технологий потери ткани сокращаются до 35%.

Следующее направление – цифровизация процесса продаж открывает широкие возможности в области маркетинга, кастомизации производства, применения VR (виртуальная реальность)- и AR (дополненная реальность)-технологий, является одной из ключевых составляющих концепции «Индустрия 4.0». Данное направление характеризует, по мнению экспертов, в течение ближайшего времени динамичный рост количества решаемых задач, реализованных проектов и привлекаемых инвестиций.

Область применения AR и VR чрезвычайно широка: продвижение товаров, маркетинг, медицина и технологии образования. Наиболее значимой и востребованной сферой применения с позиции экономики является промышленность и производственные процессы [10]. Пионерами данной технологии в швейной промышленности являлась японская фирма «Uniqlo», начавшая в 2012 г. устанавливать вместо зеркал в примерочных ЖК-экраны с дополненной реальностью, что позволило примерять выбранную модель без ее непосредственного надевания. До настоящего времени это основная задача, решаемая при реализации данных технологий: возможность проведения виртуальных примерок [11].

Для получения планируемого эффекта от цифровизации производства недостаточно «точечного» внедрения информационных систем

необходима комплексная перестройка бизнес-модели и бизнес-процессов [12]. Реализация данного направления возможна путем внедрения корпоративных информационных систем, технологий «цифровых двойников».

Последняя позволяет устранить недостатки локальной автоматизации подразделений, неизбежной при традиционном подходе. Применение данной технологии подразумевает моделирование и визуализацию производственного процесса, включая цепочки поставок и реализации, путем реализации полнофункциональных 3D-моделей на основе собранных данных, дальнейшего моделирования и оптимизации процессов производства с помощью технологии «Интернет вещей» (IoT). В результате значительно сокращается срок проектирования. Сложности внедрения: ограниченные возможности приобретения разработок данного направления и недостаточное их количество с ориентацией на процессы швейной промышленности [13].

В настоящий момент одной из функционирующих разработок является цифровая фабрика Xunxi Digital Factory, разработанная компанией Alibaba [12]. Ее реализация укладывается в концепцию «новое производство», одну из четырех выделенных Джеком Ма, основателем компании, в качестве основных направлений деятельности. Работу оборудования фабрики можно удаленно контролировать с помощью облачных вычислений и технологии IoT. Производственные площади предлагают в аренду малым и средним предприятиям. Помимо этого, производители получают возможность использования цифровой инфраструктуры, что обеспечивает возможности повышения эффективности технологических процессов (в среднем на 55%) и кастомизации изделий.

Однако более распространенным решением комплексной цифровизации бизнес-процессов является внедрение корпоративных информационных систем (КИС). К их числу, применяемых на предприятиях отрасли, относятся: 1C, SAP, Axapta, Lawson M3 [13]. В целом, в настоящий момент круг ERP-решений, представленных на российском рынке и «заточенных» под потребности предприятий швейной отрасли ограничен. Комплексное решение автоматизации процессов предлагает, по мнению специалистов, две последние КИС. Сложившаяся в настоящий момент геополитическая ситуация исключает внедрение SAP. Таким образом, количество корпоративных информационных систем, представленных на рынке и предназначенных для решения задач швейной промышленности, небольшое. Поэтому закономерно, что большая часть предприятий, внедривших КИС, испытывает неудовлетворенность и лишь 3% из них полностью довольны результатом [13]. Все вышесказанное подтверждает необходимость разработок, соответствующих требованиям предприятий отрасли.

Последним направлением цифровизации производственных процессов швейной

промышленности является непосредственно цифровизация процессов производства. Данное направление включает широкий перечень задач, позволяющих повысить эффективность производственных и технологических процессов. Как отмечалось выше, цифровизация технологических процессов на основе внедрения технологий искусственного интеллекта позволяет значительно расширить круг решаемых задач. Авторами изучены возможности цифровизации технологических процессов изготовления изделий из натурального меха путем применения технологий искусственного интеллекта.

Характеристика технологий искусственного интеллекта

К основным преимуществам интеллектуальных систем автоматизации процессов относится: возможность использования в качестве исходной информации качественных характеристик, для формализации которых применяют технологии нечеткой логики, многокритериальность выходных данных и многовариантность целевой функции [8,14]. Технологии искусственного интеллекта позволяют решить трудноформализуемые задачи в условиях частичной неопределенности с помощью моделирования мыслительного процесса.

Первыми исследованиями, которые можно отнести к области искусственного интеллекта, были работы У. Мак-Каллоком, В. Питтсом и Ф. Розенблаттом в области нейрокибернетики, которые были направлены на решение отдельных задач путем моделирования мыслительного процесса человеческого мозга [15]. Исследования проводились в конце 1950-х гг. Несмотря на успешные результаты, отсутствие возможности автоматической обработки и накопления больших объемов информации препятствовали дальнейшему развитию исследований. Поэтому после технического прорыва с 1990-х годов данные технологии нашли широкое применение в различных областях. Это связано, во-первых, с колоссальным ростом информационных потоков, во-вторых, со значительным прогрессом в производительности и эффективности алгоритмов обработки информации, с помощью которых возможно за ограниченное время на основе обработанной информации выявить связи и построить решения, которые не под силу человеку.

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) классифицируют по различным признакам. К наиболее распространенным относятся нейронные сети, генетические алгоритмы, нечеткая логика, экспертные системы.

Технологии искусственного интеллекта в процессах изготовления швейных изделий

Авторами рассматриваются возможности решения задачи цифровизации процессов производства изделий из натурального меха, поскольку для них характерна низкая техническая

оснащенность, путем применения следующих технологий искусственного интеллекта: нечеткая логика, нейронные сети и экспертные системы.

С помощью технологии нейронных сетей часто реализуются задачи компьютерного зрения. В ходе исследований проведен предварительный эксперимент по решению задачи идентификации цвета пушно-мехового полуфабриката и наличия дефектов шкурки с помощью данной технологии.

Объект исследования – партии различных видов шкурок каракуля однородной окраски. С помощью библиотеки компьютерного зрения OpenCV с открытым исходным кодом определены составляющие цвета (HEX код) (рисунок 1) [16].

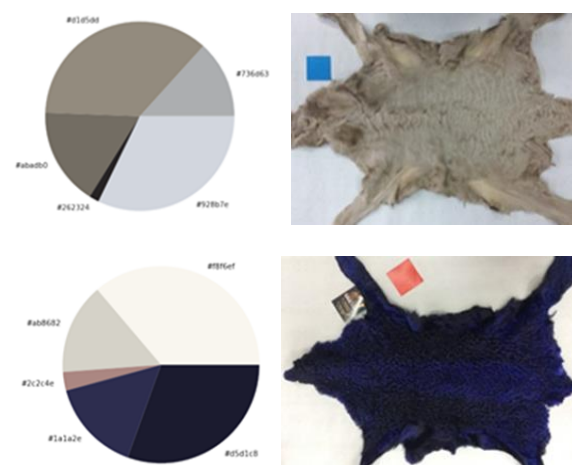


Рис. 1 – Определение составляющих цвета
Fig. 1 – Determining the components of a color

Однако для шкурок неоднородной окраски, особенно длинноволосой пушнины или шкурок соболя, данной информации для выполнения операций сортировки и сборки шкурок на изделие недостаточно. Необходимо идентифицировать цвета и соотношения топографических участков шкурки, решение задачи возможно путем применения «тепловых карт», объединяющих однородные по характеристикам участки, в нашей задаче однородные по цвету. В настоящее время авторами проводятся исследования в данном направлении.

Технологии нечеткого вывода применяют в трудно формализуемых задачах посредством применения лингвистических переменных, описывающих качественные показатели.

Системы нечеткого вывода применяются авторами для определения величины изменения линейных размеров (длины и ширины) шкурки в процессе выполнения операции правка. Цель операции – выравнивание поверхности кожной ткани и придание шкурки необходимой для раскройки конфигурации. После увлажнения кожной ткани ее растягивают, фиксируют, в результате изменяются размеры и конфигурация шкурки.

Лингвистические переменные характеризуют состояние кожной ткани, такие ее свойства, как толщина, плотность, мягкость. Определение величины потяжки позволит повысить

рациональность использования пушно-мехового полуфабриката, т.к. данный показатель планируется учитывать при расчете размеров шаблона изделия. В настоящее время аналогичных работ нет.

Проведены предварительные исследования по применению технологий искусственного интеллекта с целью выполнения сортировки пушно-мехового полуфабриката. Авторами изучены возможности применения сортировки с помощью экспертных систем и нейронных сетей.

Разработка экспертной системы осуществлялась в пакете расширения Matlab – Fuzzy Logic Toolbox, которая имеет встроенный графический модуль, что значительно упрощает задачу [17]. В качестве лингвистических переменных рассматривают: геометрические показатели шкурки (длина, ширина), свойства волосяного покрова: густота, длина, высота, цвет, блеск, наличие дефектов. Для характеристики используют три термы: максимальное, среднее и минимальное.

Решено применять иерархическую систему нечеткого вывода, что позволяет сократить количество «правил». Выделены подсистемы, характеризующие геометрию шкурок и ее эстетические свойства (рисунок 2).

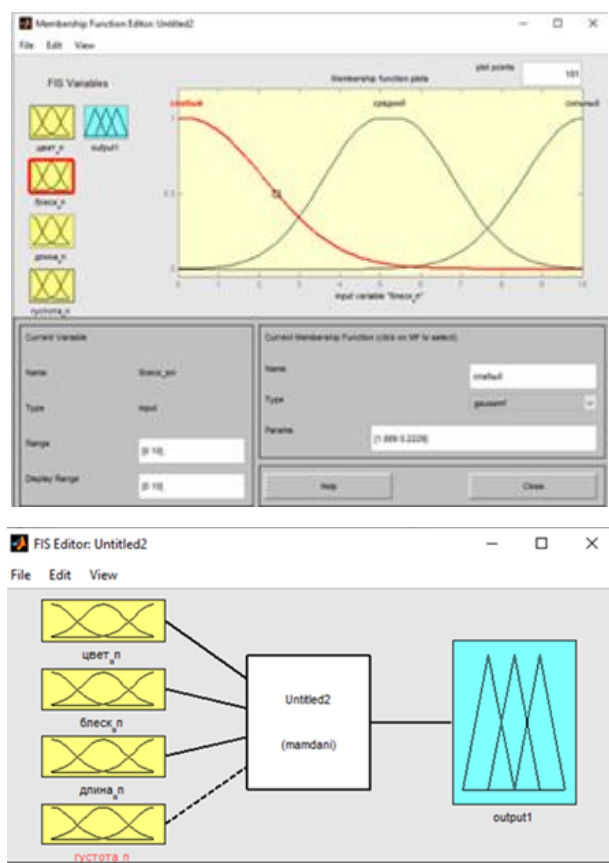


Рис. 2 – Подсистемы нечеткого вывода

Fig. 2 – Fuzzy inference subsystems

Определено множество терм переменной и функции принадлежности. Далее формируется «базы правил» нечеткого вывода для построения которой выполняется опрос экспертов.

После чего на основе ее выполняется построение поверхности отклика (рисунок 3).

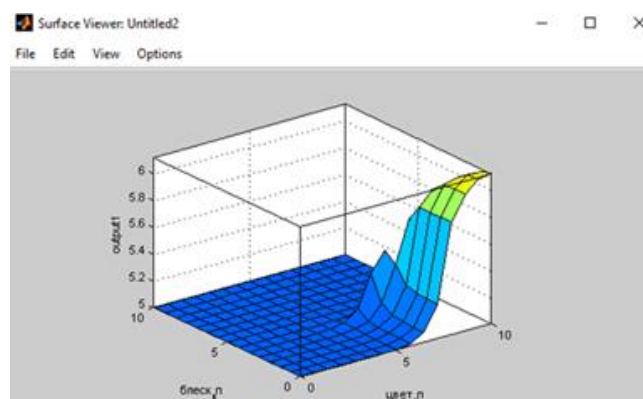


Рис. 3 – Поверхность отклика

Fig. 3 – Response surface

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о перспективности применения экспертных систем на основе нечеткого вывода для размещения шкурок подобранного комплекта в изделии.

Также исследованы возможности сортировки шкурок с применением нейронных сетей. Был проведен анализ и кластеризация шкурок методом карт Кохонена, позволяющих спроецировать многомерное пространство в пространство с более низкой размерностью. Исходная информация – вектор свойств 6 партий шкурок норки. Результат коррелирует с сортировкой, выполненной экспертами. Характеристика кластеров представлена на рисунке 4.

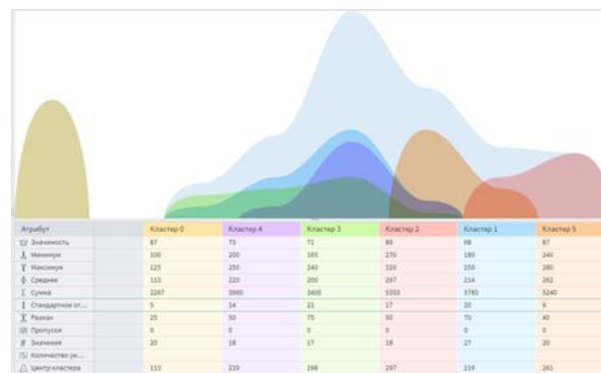


Рис. 4 – Полученные кластеры

Fig. 4 – The resulting clusters

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о перспективности применения технологий ИИ для решения поставленной задачи. Необходимо отметить, что корректность работы экспертной системы на основе нечеткой логики зависит от точности сформированной на основе опроса экспертов «базы правил» нечеткого вывода.

Для повышения точности результата работы нейронных сетей необходим большой объем обучающей выборки.

Для повышения точности авторы предлагают применять системы нейро-нечеткого вывода, что позволит объединить достоинства обеих технологий.

Полученный эффект разработки: значительное сокращение трудоемкости операции «сортировка», исключение физического контакта с ПМП.

Заключение

1. Цифровизация и интеллектуализация процессов, напрямую связанная с реализацией концепции Индустрии 4.0. Однако, несмотря на поддержку государства, отечественные предприятия отстают от мировых лидеров процесса.

2. На основе систематизации основных технических решений в соответствии с применяемыми технологиями, задачами и этапами производства, проанализированы перспективы, сложности и возможности дальнейшего их совершенствования.

3. Применение технологий искусственного интеллекта создает широкие возможности для решения задач цифровизации производственных и технологических процессов швейной промышленности. Основными достоинствами интеллектуализации автоматизированных систем является возможность решения трудноформализуемых задач в условиях частичной неопределенности.

4. Особое внимание уделено цифровизации производственных процессов изготовления изделий из пушно-меховых полуфабрикатов, для которых характерна низкая техническая оснащенность, что определяет актуальность цифровизации процессов. Проведены предварительные исследования решения задач подготовительно-раскройного этапа путем интеллектуализации технологического процесса.

Литература

1. Максимов М. Цифровизация легпрома: как технологии меняют бизнес. URL: <https://www.it-world.ru/tech/practice/148837.html> (дата обращения 20.11.2024).
2. Цифровизация промышленности. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Цифровизация_п_ромышленности._TAdviser (дата обращения 03.06.2024).
3. Т.В. Мезенцева, С.А. Надеждина. *Дизайн и технологии*, 87 (129), С. 39 – 45, (2020).
4. Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их "цифровой зрелости" до 2024 года и на период до 2030 года от 29 июля 2021. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401415210/> (дата обращения 24.09.2024).
5. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «новые производственные технологии». URL: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019npt.pdf> (дата обращения 03.09.2024).
6. Дорожная карта развития «Нейротехнологии и искусственный интеллект». URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6658/> (дата обращения 14.11.2024).
7. Искусственный интеллект: технологии и применение. URL: <https://rdc.grfc.ru/2020/12/aitech/> (дата обращения 20.11.2024).

8. Искусственный интеллект спасает швейную промышленности Японии от кризиса [Электронный ресурс] // URL: <https://regnum.ru/news/economy/3019534.html> (дата обращения 08.10.2024).
9. В.В. Гетманцева. Дисс. докт. техн. наук. РГУ им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, 2020. 369 с.
10. AR и VR для прома. URL: <https://vc.ru/future/316700-ar-i-vr-dlya-proma-kakie-zadachi-immersivnye-tehnologii-pomogayut-reshat-v-tyazheloi-promyshlennosti> (дата обращения 20.11.2024).
11. Д.Р. Саиди, Ф.М. Махмудова, *Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности*, № 1(70). С. 58 (2020).
12. Н.Л. Корнилова, С.В. Салкуцае, М.В. Болсуновская, А.Е. Горелова, Д.А. Васильев, *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*, №4 (376). С. 103 – 106. (2018).
13. Компания Alibaba представила цифровую швейную фабрику, секретная концепция разрабатывалась три года. URL: <https://b-mag.ru/kompanija-alibaba-predstavila-cifrovuju-shvejnuju-fabriku-sekretnajakoncepcija-razrabatyvalas-tri-goda/>.
14. Информационные технологии в легкой промышленности. URL: <https://scienceforum.ru/2012/article/2012001949?> (дата обращения 14.11.2024).
15. С.Н. Павлов Системы искусственного интеллекта: учеб. Пособие, Эль Контент, Томск, 2011. 176 с.
16. Е.А. Кирсанова, Л.Н. Бодрякова, Е.А. Дыптан, Н.В. Шатура, *Дизайн и технологии*, № 78 (120). С. 22 – 27. (2020).
17. С.Д. Штовба, Проектирование нечетких систем средствами MATLAB, Горячая линия – Телеком, Москва, 2007. 288 с.

References

1. Maximov M. Digitalization of the light industry: how technology is changing business. URL: <https://www.it-world.ru/tech/practice/148837.html> (accessed 11/20/2024).
2. Digitalization of industry. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Digitalization_in_industry._TAdviser (accessed 06/03/2024).
3. T.V. Mezentseva, S.A. Nadezhkina. *Design and Technology*, 87 (129), p. 39 – 45, (2020).
4. Strategy for the digital transformation of manufacturing industries in order to achieve their "digital maturity" by 2024 and for the period up to 2030 dated July 29, 2021. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401415210/> (accessed 09/24/2024).
5. Roadmap for the development of "end-to-end" digital technology "new production technologies". URL: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019npt.pdf> (accessed 03.09.2024).
6. Roadmap for the development of "Neurotechnology and artificial intelligence". URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6658/> (accessed 11/14/2024).
7. Artificial intelligence: technologies and applications. URL: <https://rdc.grfc.ru/2020/12/aitech/> (accessed 11/20/2024).
8. Artificial intelligence saves the Japanese garment industry from the crisis [Electronic resource] // URL: <https://regnum.ru/news/economy/3019534.html> (date of address 08.10.2024).
9. V.V. Getmantseva. Diss. doct. Technical sciences. Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art)", Moscow, 2020. 369 p.
10. AR and VR for prom. URL: <https://vc.ru/future/316700-ar-i-vr-dlya-proma-kakie-zadachi-immersivnye-tehnologii-pomogayut-reshat-v-tyazheloi-promyshlennosti>

- pomogayut-reshat-v-tyazheloi-promyshlennosti (accessed 11/20/2024).
11. D.R. Saidi, F.M. Makhmudova, Technology of materials and products of textile and light industry, No. 1(70). p. 58 (2020).
 12. N.L. Kornilova, S.V. Salkutsae, M.V. Bolsunovskaya, A.E. Gorelova, D.A. Vasiliev, Izvestiya vuzov. Technology of the textile industry, No. 4 (376). p. 103 – 106. (2018).
 13. Alibaba has introduced a digital sewing factory, a secret concept that has been under development for three years. URL: <https://b-mag.ru/kompanija-alibaba-predstavila-cifrovuju-shvejnuju-fabriku-sekretnajakoncepcija-razrabatyvalas-tri-goda/>.
 14. Information technology in light industry. URL: <https://scienceforum.ru/2012/article/2012001949?> (accessed 11/14/2024).
 15. S.N. Pavlov Artificial Intelligence systems: textbook. The manual, El Content, Tomsk, 2011. 176 p.
 16. E.A. Kirsanova, L.N. Bodryakova, E.A. Dyptan, N.V. Shatura, Design and Technology, No. 78 (120). p. 22 – 27. (2020).
 17. S.D. Shtovba, Design of fuzzy systems using MATLAB, Hotline – Telecom, Moscow, 2007. 288 p .

© **Л. Н. Бодрякова** – канд. техн. наук, доцент кафедры Информационных систем и технологий, Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского, Норильск, Россия, BodryakovaLN@norvuz.ru; **Е. А. Кирсанова** – доктор техн. наук, профессор кафедры Материаловедения и товарной экспертизы Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия, kirsanova-ea@rguk.ru.

© **L. N. Bodryakova** – PhD (Technical Sci.), Associate professor, Department of Information Systems and Technologies, N.M. Fedorovsky Polar State University, Norilsk, Russia, BodryakovaLN@norvuz.ru; **E. A. Kirsanova** – Doctor of Sciences (Technical Sci.), Professor of the Department of Materials Science and Commodity Expertise of the Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia, kirsanova-ea@rguk.ru.