



Электронный научный журнал  
Южного федерального  
университета

УПРАВЛЕНИЕ В  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
И СОЦИАЛЬНЫХ  
СИСТЕМАХ

2024

№1 (19)

ISSN 2686-9802

Online scientific journal  
Southern Federal University



MANAGEMENT IN  
ECONOMIC AND  
SOCIAL SYSTEMS

2024

No 1 (19)

ISSN: 2686-9802



Институт управления в экономических,  
экологических и социальных системах

# УПРАВЛЕНИЕ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Электронный научный журнал

№ 1 (19), 2024

<http://journal-mes.ru>

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации: Эл № ФС 77-74261 от 23.11.2018 г.

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования “Южный федеральный университет”

ISSN 2686-9802

## ● Главный редактор

Горелова Г.В. - д-р техн. наук, профессор,  
Южный федеральный университет  
(Таганрог, Россия)

## ● Заместитель главного редактора

Павлов П.В. - д-р экон. наук, д-р юрид. наук,  
профессор, Южный федеральный университет  
(Таганрог, Россия)

## ● Ответственный секретарь

Бабикова А.В. - канд экон. наук, доцент,  
Южный федеральный университет  
(Таганрог, Россия)

## ● Ответственный редактор

Кобец Е.А. - канд экон. наук, доцент,  
Южный федеральный университет  
(Таганрог, Россия)

## ● Редакционная коллегия

Андреесен Д.-Э. профессор, Остфолдский университет (Халден, Норвегия).

Бакаларчик С. PhD, профессор, Лодзинский технологический университет, Глава Комитета по инновациям и развитию при ЕС (Лодзь, Польша).

Гомес Дж. Ф.С. PhD, профессор, Университет Лиссабона, Лиссабонская школа экономики и менеджмента (Лиссабон, Португалия).

Гушев В.А. PhD, профессор, Софийский университет Святого Клименда Орхидского (София, Болгария).

Лутовац М. д-р техн. наук профессор, Объединенный университет Никола Теслы (Белград, Сербия).

Станиславский Р. PhD, профессор, Лодзинский технологический университет (Лодзь, Польша).

Вертакова Ю.В. д-р экон. наук, профессор Курский филиал Финансового университета при Правительстве РФ (Курск, Россия).

Кочергина Т.Е. д-р экон. наук, профессор, Российская таможенная академия (Ростов-на-Дону, Россия).

Малько А.В. д-р юрид. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Институт государства и права Российской академии наук (г. Саратов, Россия).

Макареня Т.А. д-р экон. наук, доцент, Южный федеральный университет (Таганрог, Россия).

Рыльская М.А. д-р юрид. наук, профессор, Финансовый университет при Правительстве РФ (г. Москва, Россия).

Саак А.Э. д-р техн. наук, доцент, Южный федеральный университет (Таганрог, Россия).

Таранов П.В. д-р экон. наук, профессор, Ростовский государственный экономический университет (РИНХ) (Ростов-на-Дону, Россия).

Периодичность выпуска: 4 раза в год.

Языки: русский, английский.

Посвящен исследованиям: экономики и управления,  
права и общества.

Основное содержание: результаты оригинальных  
научных исследований и аналитические обзоры.

В журнале публикуются статьи проблемного и  
научно-практического характера по следующим  
научным направлениям:

05.13.01 Системный анализ, управление и обработка  
информации (по отраслям);

08.00.00 Экономические науки;

12.00.00 Юридические науки;

22.00.00 Социологические науки.

Авторы: ведущие ученые в области социально-  
гуманитарных наук, преподаватели, аспиранты,  
магистранты, представители бизнеса.

Основная аудитория: преподаватели, обучающиеся  
вузов, руководители органов власти,  
представители бизнеса.



# MANAGEMENT IN ECONOMIC AND SOCIAL SYSTEMS

Online scientific journal

No1 (19), 2024

<http://journal-mes.ru>

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications,  
Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor)

Registration certificate: ЭЛ № ФС 77-74261 from 23.11.2018

Founder: Federal State Education Institution of Higher Education  
“Southern Federal University”

ISSN 2686-9802

## ● Editor-in-chief

Gorelova G.V. - Doctor of Technical Sciences,  
professor, Southern Federal University  
(Taganrog, Russia)

## ● Deputy of the editor-in-chief

Pavlov P.V. - Doctor of Economics, Doctor of  
Law, professor, Southern Federal University  
(Taganrog, Russia)

## ● Executive secretary

Babikova A.V. - Candidate of Economics (PhD),  
associate professor, Southern Federal University  
(Taganrog, Russia)

## ● Executive editor

Kobets E.A. - Candidate of Economics (PhD),  
associate professor, Southern Federal University  
(Taganrog, Russia)

## ● Editorial board

Andreassen J-E  
Bakalarczyk S.

Professor, Østfold University Colledge / Høgskolen i Østfold (Halden, Norway).  
PhD, Professor, Lodz University of Technology, Head of EU Committee for Innovation and  
Development, (Lodz, Poland).

Gomes Jg. F.S.

PhD, professor, associate professor of Lisbon school of Economics & Management Universidade de  
Lisboa (Lisbon, Portugal)

Gushev V.A.

PhD, Professor, Sofia Unoversity ST. Kliment Ohridski (Sofia, Bulgaria).

Lutovac M.

Doctor of Technical Sciences, Professor, University "Union Nikola Tesla" (Belgrade, Serbia)

Stanisławski R.

PhD, Professor, Lodz University of Technology (Lodz, Poland).

Kochergina T.E.

Doctor of Economics, Professor, Russian Customs Academy (Rostov-on-Don, Russia).

Mal'ko A.V.

Doctor of Law, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Institute of State and Law  
Russian Academy of Sciences (Saratov, Russia).

Makarenya T.A

Doctor of Economics, Professor, Southern Federal University (Taganrog, Russia).

Ryl'skaya M.A.

Doctor of Law, Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation  
(Moscow, Russia).

Saak A.E.

Doctor of Technical Sciences, associate professor, Southern Federal University (Taganrog, Russia)

Taranov P.V.

Doctor of Economics, Professor, Rostov State Economic University (Rostov-on-Don, Russia).

Vertakova Yu.V.

Doctor of Economics, Professor, Kursk Branch of the Financial University under the Government  
of the Russian Federation (Kursk, Russia)

Release frequency: 4 issues per year

Languages: Russian, English.

Dedicated to research: economics and management,  
rights and societies.

Main content: original results research and analytical  
reviews. The journal publishes articles of problem and  
scientific and practical nature of the following  
scientific areas:

05.13.01 System analysis, management and processing  
information (by industry);

08.00.00 Economic Sciences;

12.00.00 Jurisprudence;

22.00.00 Sociological Sciences.

Authors: leading scientists in the field of humanities,  
teachers, graduate and master students, business representatives.

Main audience of the journal: teachers, students enrolled at  
universities, heads of government, business representatives.

# СОДЕРЖАНИЕ

Лучин Д.А., Никоноров В.М.	Применение методов автоматизации дефектоскопии текстильных полотен на предприятиях легкой промышленности в рамках цифровизации производства	5
Luchin D.A., Nikonorov V.M.	Application of methods of automation of defectoscopy of textile fabrics at enterprises of light industry within the framework of digitalization of production	
<hr style="width: 10%; margin: 10px auto;"/>		
Киселева Е.В. Бурдукова О.И.	Правовые основы работы органов прокуратуры в области обеспечения национальной безопасности	16
Kiseleva E. V., Burdukova O.I.	Legal bases of activity of prosecutor's offices in the sphere of ensuring national security	
<hr style="width: 10%; margin: 10px auto;"/>		
Amosu A. J., Korsakova T. V.	Human resource management: from Taylorism to a flexible approach	23
Амосу А. Д., Корсакова Т. В.	Управление человеческими ресурсами: от тейлоризма к гибкому подходу	
<hr style="width: 10%; margin: 10px auto;"/>		
Beduev V. L, Korsakova T. V.	Development of personnel policy concepts on international markets	30
Бедуев В. Л., Корсакова Т. В.	Развитие концепций кадровой политики на международных рынках	
<hr style="width: 10%; margin: 10px auto;"/>		
Eromosele Peter Osayemore, Korsakova T. V.	Knowledge management strategy as a factor of increasing effectiveness and competitiveness of an organization	37
Эромоселе Питер Осайеморе, Корсакова Т. В.	Стратегия управления знаниями как фактор повышения эффективности и конкурентоспособности организации	

Научная статья  
УДК 004.85

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕФЕКТОСКОПИИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РАМКАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Лучин Д.А.<sup>1</sup>, Никоноров В.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
магистрант

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
канд. экон. наук, доцент

В статье рассматривается потенциальная автоматизация дефектоскопии текстильных полотен как возможный инструмент цифровизации предприятия. Представлены результаты анализа научных работ по теме видов дефектов на текстильных полотнах, классификация дефектов, способы определения дефектов, способы автоматизации дефектоскопии тканей. В работе выделены наиболее перспективные методы обнаружения дефектов, представлены рекомендации для дальнейших научных исследований по теме использования нейросетевого подхода в области цифровизации.

*Ключевые слова:* цифровизация предприятия; цифровая трансформация предприятия; автоматизация дефектоскопии текстильных материалов; дефекты текстильных материалов; способы определения дефектов текстильных материалов.

Original article

## APPLICATION OF METHODS OF AUTOMATION OF DEFECTOSCOPY OF TEXTILE FABRICS AT ENTERPRISES OF LIGHT INDUSTRY WITHIN THE FRAMEWORK OF DIGITALIZATION OF PRODUCTION

Luchin D.A.<sup>1</sup>, Nikonorov V.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University,  
Master's degree student

<sup>2</sup> Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University  
Candidate of Economics (PhD), Associate Professor

The article examines the potential automation of defectoscopy of textile fabrics as a possible tool for digitalization of the enterprise and includes the results of analysis of scientific works on the topic of types of defects on textile fabrics, classification of defects, methods of defect detection, methods of automation of defectoscopy of textile fabrics. The paper highlights the most promising methods of defect detection, presents recommendations for further scientific research on the topic of using neural network approach in the field of digitalization.

*Keywords:* digitalization of the enterprise, digital transformation of the enterprise, automation of defectoscopy of textile materials, defects in textile materials, methods of determining defects in textile materials.

В настоящее время предприятия всех сфер экономики проходят четвертую промышленную революцию (Индустрия 4.0), что означает повсеместную автоматизацию и цифровизацию (цифровую трансформацию) [1]. Сектор легкой промышленности не является исключением, однако на предприятиях этой отрасли и по сей день присутствует большое количество ручного труда по причине невозможности или чрезмерной дороговизны роботизации и цифровой трансформации многих производственных процессов. В последние годы в отечественной легкой промышленности особую актуальность приобрела задача автоматизации определения сортности и выявления дефектов текстильных полотен, которая является одним из важнейших этапов технологической цепочки [2]. Для решения подобной задачи необходимо четко определить виды дефектов, выбрать технологии распознавания границ дефектов, например, с использованием современных IT-решений, и спроектировать систему компьютерного (технического) зрения, определив необходимые составляющие.



Данная научная работа посвящена систематическому обзору работ по данной тематике, в которых рассматриваются потенциал, возможности, инструменты и методы в сфере автоматизации определения дефектов на тканых полотнах. Исследование разделено на три раздела: виды и классы дефектов, методы их обнаружения, потенциал дальнейших исследований по теме цифровизации предприятия в области дефектоскопии.

### **Раздел 1. Виды и классы дефектов (пороков)**

Главный нормативный документ, который является первоначальной базой знаний в отечественной легкой промышленности по дефектам на тканях – это ГОСТ 25506-82, введенный в 1984 году. В нем введены многие используемые по сей день термины, но существуют и различия в этимологии: так по ГОСТ «дефекты» назывались «пороками» [3]. Общее определение следующее: порок есть видимое нежелательное изменение внешнего вида ткани (полотна). В данном ГОСТ введены 76 терминов, которые включают в себя общие понятия, описание общих пороков текстильных тканей, специфические пороки тканей, трикотажных полотен, нетканых полотен, вязально-прошивных полотен (четыре отдельных раздела). Однако за прошедшие практически сорок лет возникла необходимость расширить классификацию и виды дефектов – ввиду активного развития легкой промышленности, появления новых технологий и материалов. Подобной задачей активно занимались целый ряд авторов. Д.А. Мирошниченко, М.С. Лобанова и Т.Ю. Карева в работе [2] представили дополнительный перечень дефектов (пороков), которые не входят в упомянутый государственный стандарт. Были сформулированы и описаны 12 дефектов, такие как слет, засечки, щелчок (оборот), затек воды, перешагнули полотно, масло, надписи, загнутая кромка, шов, стык полотен разной ширины, надир, недолет. Для наглядности на рисунке 1 представлен вид дефекта слёт (контрастная белая горизонтальная полоса в середине фотографии).



*Рисунок 1 – Фотоснимок дефекта текстильного материала «слёт»*

На рисунке 2 представлен иной вид дефекта на текстильном полотне: «затек воды» (контрастная темная вертикальная полоса в середине фотографии).

Разрабатываемая система автоматизации предполагает и точное определение видов дефектов, потому в своей научной работе авторы представили классификацию дефектов тканых полотен, в которой описаны и сгруппированы все ранее появившиеся в различных иных работах и источниках термины. В данной классификации прописаны группы производственных процессов изготовления тканых материалов, подверженных появлению различных дефектов. Для классификации дефектов по этапам возникновения было проведено следующее разделение: ткачество, отделка без печати и печать (по виду производственного процесса).



Рисунок 2 – Фотоснимок дефекта текстильного материала «затек воды»

Авторами была разработана уникальная новая классификация тканей, которая предполагается для дальнейшего использования в рамках автоматизации определения дефектов, включающая в себя буквенно-цифровую классификацию, например, дефекту слёт присвоена классификация С.2.2. Данная научная работа тесно связана с публикацией зарегистрированной базы данных за авторством Мирошниченко Д. А. и др. [4]. В ней представлены фотографии текстильных полотен с дефектами, все изображения разделены по видам технологических процессов, на которых дефекты были допущены (выделены следующие процессы: ткацкий, подготовительный, отделочный, печатный, общетехнологический), а также использована упомянутая буквенно-цифровая классификация. Как основу базы данных и работы по созданию классификации можно рассматривать еще один доклад авторов [5], в котором упомянуты виды дефектов, группы назначения тканей, расчеты сорта полотен в зависимости от вида дефектов.

Необходимо отметить учебные пособия, в которых освещается тематика дефектов текстильных полотен. Частично этого вопроса касается Золотова С.В. в [6]. В данном справочнике затронута проблема классификации непродовольственных товаров, в том числе отдельная глава посвящена различным текстильным товарам, а следующая за ней – трикотажным изделиям. Однако данный справочник не выходит за рамки существующих государственных стандартов, поэтому руководствоваться только им в рассматриваемой точечной теме дефектов ткани для последующего процесса автоматизации их поиска не стоит. Еще одно полезное учебное пособие, не связанное напрямую с классификацией дефектов – учебник под авторством Сыцко, В.Е. [7]: в нем автор рассматривает теоретические вопросы, касаемые видов тканей и их качества, в том числе описывает причины возникновения и не возникновения определенных видов дефектов. Существуют и различные интернет-ресурсы, в которых упоминаются виды дефектов на ткани, однако они также не выходят за рамки классификации по ГОСТ, например источник [8] описывает лишь ограниченный перечень дефектов, такие как дефект по основе, дефект по утку, дефект общего характера.

Таким образом, общее изучение вопроса видов дефектов на текстильных полотнах в отечественной литературе можно описать следующим образом: существует основополагающий ГОСТ 25506-82, на который ссылаются все описанные работы и пособия, а главным дополнением к нему стоит рассматривать базу данных [4] вкуче с сопутствующими статьями данных авторов.

В зарубежной литературе стоит обратить внимание на фундаментальное исследование Javier Silvestre-Blanes Moreno и др. [9], на которое в том числе ссылаются в работах,



рассмотренных ранее. В нем обзореваются существующие зарубежные датасеты по дефектам на тканях, а также предлагают свой, в котором фиксируют 61 вид дефектов [9]. Добавим, что под датасетом понимается набор данных, который может использоваться в сфере машинного обучения и искусственного интеллекта; база данных [4] также является датасетом.

## **Раздел 2. Технологии распознавания дефектов и обработка получаемых данных**

Существуют различные способы определения дефектов на полотнах. Изначально это делали вручную: сотрудники предприятий легкой промышленности сами определяли (часто в режиме реального времени, что значительно усложняло задачу) и выявляли дефекты на производимой продукции. Подобная процедура накладывает ряд ограничений по точности определения брака, в том числе ввиду человеческого фактора. В последние годы, благодаря современным технологиям, опыту других сфер и развитию моделей искусственного интеллекта, потенциально стала возможна автоматизация процесса поиска дефектов с использованием технологий машинного (технического) зрения. Данное научное направление развивается рядом авторов в разных странах мира.

В работе Т.Ю. Каревой и др. [10] авторы рассматривают возможности использования различных видов нейросетевого подхода для обнаружения пороков на текстильных материалах и представляют вариант лабораторного стенда, на котором производилась фотосъемка текстиля для формирования обучающей выборки. Авторы делают упор на важность грамотной подготовки данных, разметки дефектов на изображениях полотен, предлагают варианты настроек фотосъемки объектов, описывают проблемы выбора освещения и представляют результаты своих экспериментов. Ключевым выводом работы можно назвать необходимость специальной и уникальной настройки фотокамеры в рамках подобного проекта, а результатом – работающий опытный образец системы компьютерного зрения. Также система подобного типа описана в работе [11] авторства Т.А. Брюхановой и др. В ней описан потенциал создания ПАК (программно-аппаратного комплекса), который сможет решать ряд задач с использованием искусственного интеллекта, а именно нейросетевых технологий, таких как SVM, MLP и MPCNN. Отмечается, что высокая точность распознавания дефектов будет достигаться при помощи большой используемой обучающей выборки. Упомянуты дополнительные элементы оборудования в рамках системы технического зрения, такие как операционный вычислитель, датчики метража и платы сопряжения с приводом двигателя производственного оборудования. Подобный стенд описан и в [12] авторов Denis Miroshnichenko и др. В данной работе, помимо описания стенда, расписаны шаги по созданию уже упомянутой базы данных дефектов на полотнах, которая и была разработана именно для последующей обработки нейросетевыми технологиями.

Большой вклад в данную область исследований внёс В.А. Ивановский. В работах [13] и [14] автор раскрывает теоретические аспекты использования машинного зрения для автоматизации поиска дефектов, в первую очередь рассматривает потенциал использования нечеткой логики. Его идеи далее развивали А.В. Силаков и др. в исследовании [15]. Оно посвящено использованию методов компьютерного зрения для определения брака тканей. В работе не упоминаются нейросетевые технологии, однако авторами предложен новый метод автоматического определения границ (дефектов) с использованием нечеткой логики, а также представлены результаты экспериментов: предложенная алгоритм выделил дефекты на 82% исследуемых изображений, однако нет информации о точности выделения.

В уже упомянутом исследовании [9] помимо обзора и классификации дефектов, приводится сравнительная таблица существующих зарубежных датасетов по дефектам на полотнах, характеристики изображений в данных датасетах, упомянуты рассмотренные дефекты, а также отдельно выделены все использованные методы обнаружения дефектов. Данные по существующим в науке методам, рассмотренные авторами, представлены на рисунке 2.

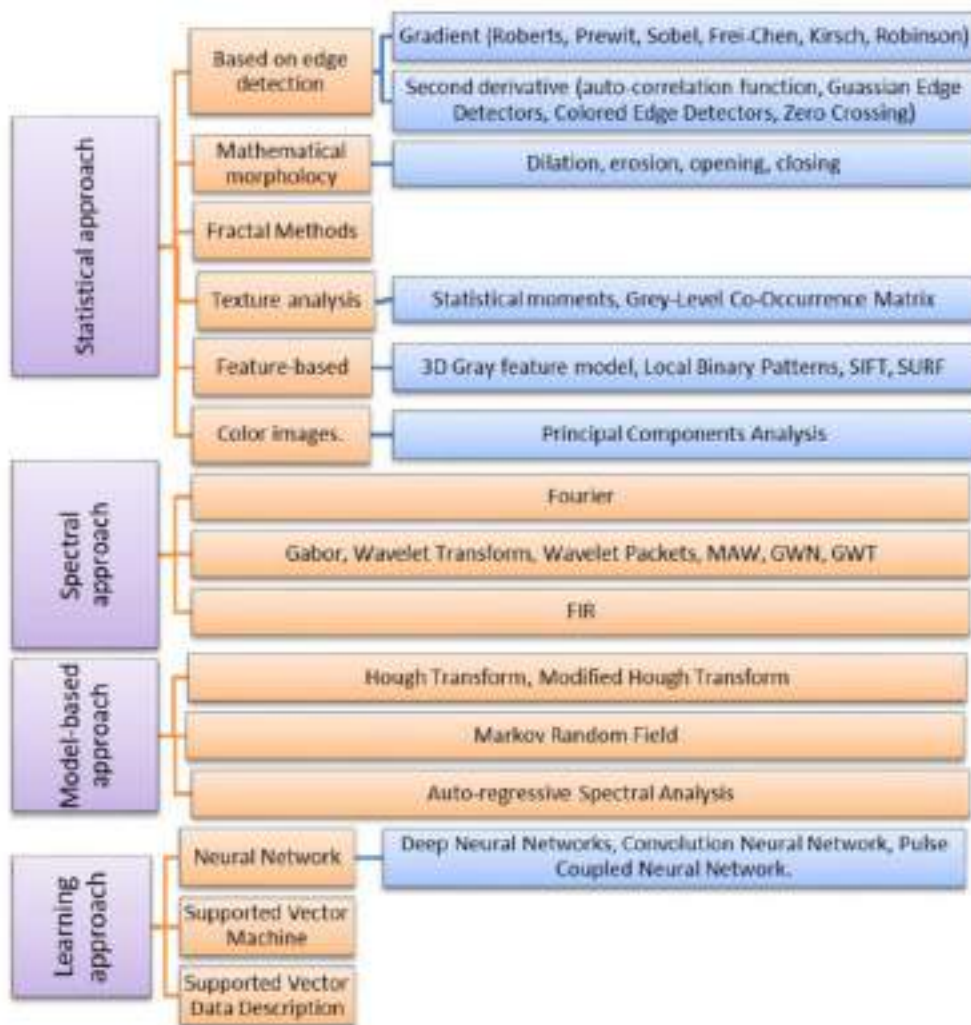


Рисунок 3 – Существующие методы обнаружения дефектов на тканых полотнах [9]

Далее в работе представлены и результаты собственных экспериментов авторов по разметке дефектов, приводится вывод, что оптимальным методом определения границ является использование фильтра Габора. Также описана система компьютерного зрения, в которую включены линейная сканирующая камера GigaEthernet, светодиодная подсветка, энкодер (датчик угла поворота) для синхронизации, ПК для обработки данных и планшет на базе Android для маркировки дефектов. Соответственно, представленная авторами модель не является полностью автоматизированной: необходим оператор (человек), который с планшета будет подтверждать все обнаруженные дефекты.

Это лишь второе представление полной системы компьютерного зрения в обозреваемой литературе, потому, для наглядности и сравнения, в таблице 1 представлены составляющие систем автоматизации из [9] и [10].

Из приведённого сравнения следует, что система, предложенная в работах [2], [4], [10] и др. более автоматизирована и лучше вписывается в концепцию цифровой трансформации, однако в научных работах на данный момент нет информации о точности работы предложенной нейросетевой модели. В свою очередь, в [9] не предлагается полная автоматизация процесса, но предоставляются данные о точности работы алгоритма.

Таблица 1 – Сравнение систем автоматизации обнаружения дефектов

Исследование	[10]	[9]
Фотосъемка	Линейная видеокамера	Линейная видеокамера
Освещение	LED-подсветка	Светодиодная подсветка
Обработка данных	ПК, вычислительный блок	ПК, вычислительный блок планшет
Дополнительное оборудование	-	Датчик угла поворота
Метод определения границ дефектов	Обученная на размеченном вручную датасете нейросетевая модель	Модель ИИ, основанная на использовании фильтра Габора
Точность определения	Нет данных	Detection accuracy; Test 1: 88,98%, Test 2: 87,76%
Уровень автоматизации системы	Автоматическое определение дефектов нейросетевой моделью	Необходимость в операторах, помещающих обнаруженные дефекты

В научной работе С.В. Ершова и др. [16] предложен вариант обработки изображений полотен методом преобразований Фурье, что позволило добиться точности в 0,5 градуса при определении угла плетения. Однако в работе не рассмотрена возможность определения границ дефектов таким образом, но авторами подробно описано использование подобного подхода в данной области. Данные наработки следует использовать для дальнейших исследований использования метода преобразований Фурье.

Другой подход рассматривали Т. Шрамбек и А. Бази: авторы в 2010 году подали патент [17] на устройство и способ обнаружения дефектов на тканях, в котором предложили ПАК, который помимо дефектоскопии делает разметку обнаруженных пороков на самой ткани. Для определения дефектов предлагается использование фильтрации изображений для увеличения контраста между «нормальной» тканью и теми участками, которые могут быть восприняты как отклонения. В рамках ПАК рассматриваются следующие составляющие: камера (система наблюдения со встроенным user-interface), блок оценки, датчик меток. В патенте нет указаний на точность работы предложенных методов, а также нет описания потенциала работы для иных видов тканей, кроме рассматриваемых полимерных полотен.

Исследование Kazim Hanbaya и др. [18] является обзором 99 источников, так или иначе связанных с тематикой использования технологий компьютерного зрения и методов определения границ объектов на тканых полотнах. В работе представлены выводы по выбору составляющих в системе компьютерного зрения, в частности видеокамеры, специальных линз для съемки, предметов освещения: камера рекомендуется линейная с частотой дискретизации в 140 кГц, приведены расчеты для выбора объектива при помощи веб-платформы, приведена формула расчета необходимого светового потока:

$$\text{Ширина светового потока (мм)} = \text{освещаемая площадь} + (2 * \text{расстояние между камерами}).$$

Также авторы представляют сравнение методов определения границ дефектов на тканях, делят их на семь классов: структурные, статистические, спектральные, моделирующие, обучающиеся, гибридные и сравнительные; и приходят к выводу, что на данный момент лучшие результаты с процентом аккуратности определения, равным 96, показывает модель, использующая фильтр Габора.. Потому для дальнейшего исследования особый интерес вызывает работа [9]. Стоит добавить, что в исследовании отмечается, что использование обучающихся моделей определения дефектов (к которым относятся нейросетевые подходы)

прекрасно подходят для реализации на предприятиях легкой промышленности, ввиду работы в реальном времени. Соответственно, ориентируясь на выводы данной работы, можно считать, что развитие нейросетевого подхода для решения подобных задач является перспективным.

В дополнение к существующим сравнительным таблицам из исследований [9] и [17], приведем дополнительную информацию об использованных в различных научных работах методах определения границ дефектов, которые были затронуты в настоящем обзоре; информация представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Предлагаемые методы определения границ дефектов на тканых полотнах

Исследование	Предлагаемые методы определения границ дефектов на полотнах
[5]	Нейросетевая модель
[9]	Фильтр Габора
[10]	Нейросетевая модель
[11]	Нейросетевая модель
[13]	Метод нечеткой логики
[14]	Метод нечеткой логики
[15]	Оператор Кэнни, метод нечёткой логики
[16]	Преобразования Фурье

На основании данных, приведенных в таблице два, а также анализа литературных источников [9] и [18] можно сделать вывод, что проблематика вопроса автоматизации процесса поиска дефектов на текстильных полотнах активно изучается, различные авторы предлагают разные подходы и методы, а также существует большой пласт неисследованных возможностей. Стоит отметить, что особую популярность в отечественном научном сообществе в последнее время набрала идея использования нейросетевого подхода в данной области, в том числе зарегистрирована база данных для обучения нейросетей, а также собран и протестирован лабораторный стенд, представляющий потенциал реализации подобной системы компьютерного зрения, в то время как в зарубежной литературе большее внимание уделяется использованию фильтра Габора. Так авторы Tong и др. в работе [19] предложили модель обнаружения дефектов на ткани, использующую дифференциальную эволюцию для оптимизации параметров, этот подход развивался в исследовании S. Yuan и T. Zheng, в котором представлены эксперименты использования фильтра Габора: 16 сверток, 4 различных угла и масштаба [20]. В работе J. Eskofet и др. предложен вариант с использованием набора многоориентационных и многомасштабных фильтров Габора [21]. Новый вариант предложили авторы J. Jing, X. Fan, P. Li, заключающийся в совместном использовании фильтров Габора и Kernel Principal Component Analysis (KPCA) [22]. Такой подход позволил получить высокий процент точности при обнаружении дефектов ткани в реальном времени, что, соответственно может составить конкуренцию нейросетевому подходу в плане оперативности определения дефектов на изображениях.

### Раздел 3. Потенциал дальнейших исследований

После анализа приведенных источников, можно сказать, что нейросетевой подход и использование фильтра Габора являются самыми популярными и перспективными направлениями для определения границ дефектов [9], [18] текстильных материалов. В таблице 3 приведено краткое сравнение этих двух подходов на основании проанализированных источников.

Таблица 3 – Сравнение использования фильтра Габора и нейросетевого подхода

Метод	Плюсы	Минусы
Фильтр Габора	<ul style="list-style-type: none"> <li>–обеспечивает оптимальное обнаружение дефектов для как в пространственной, так и в частотной области;</li> <li>–благодаря различным масштабам предлагает</li> <li>–высокоразмерное пространство признаков;</li> <li>–метод выбора адаптивного фильтра позволяет снизить вычислительную сложность;</li> <li>–хорошо обнаруживает дефекты на краях изображения;</li> <li>–может быть встроен в ткацкие станки.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– выбор оптимальных настроек фильтра является сложной задачей;</li> <li>– недоступно вращение и повороты объектов при анализе тканей;</li> <li>– затратный вычислительный процесс</li> </ul>
Нейросетевой подход	<ul style="list-style-type: none"> <li>–может использоваться со статистическими и спектральными методами; благодаря свойству изотропии подходит для приложений сегментации;</li> <li>–распознает локальную ориентацию объекта; может использоваться для моделирования текстур тканей;</li> <li>–способность к изучению сложных нелинейных зависимостей;</li> <li>–поддержка различных методов обучения;</li> <li>–работа в режиме реального времени;</li> <li>–может быть встроен в ткацкие станки.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>–затратные вычисления для признаков большого размера</li> </ul>

Представленные методы имеют различные уникальные преимущества и недостатки. Ключевым преимуществом использования нейросетевого подхода для дефектоскопии является возможность полной автоматизации процесса, в то время как обработка изображений фильтром Габора предполагает ручное подтверждение выделенных дефектов. В таком случае можно предложить идею совместного использования двух подходов: в ПАК по определению дефектов на текстильных полотнах использовать нейросетевой подход, а фильтр Габора, ввиду высокой точности его работы при обнаружении границ объектов, применять для экспертной оценки получаемой точности работы нейросетей в ПАК. Подобное решение позволит использовать сильные стороны обоих подходов.

В дальнейших исследованиях использования нейросетевого подхода для дефектоскопии текстильных полотен в рамках цифровой трансформации также предлагается рассматривать следующие аспекты: оптимизация существующих датасетов для обучения моделей, получение практических результатов точности определения объектов на изображениях, параметры обучения и переобучения моделей, потенциал использования в других сферах промышленности и экономики.

Подводя итог, идея автоматизации процесса поиска дефектов на текстильных полотнах активно развивается во всем мире. Совершенствование информационных технологий позволило осуществить практическую реализацию подобных систем, использующих технологии компьютерного (технического) зрения и различные методы разметки границ объектов на изображении. Автоматизация дефектоскопии является важной составляющей в рамках цифровой трансформации производства. В данной работе был произведен обзор литературных источников по тематике классификации и видов дефектов на тканях, методов их автоматического определения, различия в отечественном и зарубежном подходе, а также представлены перспективные направления для дальнейших исследований по данной теме.

2. Miroshnichenko, D. A. Development of classification of defects in textile materials / D. A. Miroshnichenko, M. S. Lobanova, T. Yu. Kareva // *Physics of fiber materials: structure, properties, knowledge-intensive technologies and materials (SMARTEX)*. - 2021. - № 1. - P. 270-274. - DOI 10.47367/2413-6514\_2021\_1\_270. - EDN QOTZFF.
3. GOST 25506-82. Textile webs. Terms and definitions of defects. - Introduced. 1984-01-01. - USSR State Committee for Standards, 1984. – 7p.
4. Certificate of state registration of the database № RU 2022620050. Database of samples of defects of textile materials / Miroshnichenko D.A., Kareva T.Y., Lodyshkin A.V. Date of state registration 23.12.2021
5. Miroshnichenko D.A., Kareva T.Yu. Development of the base of defects of the appearance of woven materials for training neural network // "Science - Technology - Production": Mater. international scientific and technical conf. SPb.: FGBOUVO "SPbGUPTD", 2021. P. 44-45.
6. Kalieva, O.M. Commodity science and examination of textile goods [Electronic resource]: textbook / O.M. Kalieva, E.G. Kashchenko - Orenburg: Orenburg State University, 2012. - 193 p.
7. Sytsko, V.E. Commodity management of non-food products: textbook \ V.E. Sytsko et al; ed. by V.E. Sytsko. - Minsk: Vysheyschaya Shkola, 2014.- 667 s.: ill.
8. Defects of textile fabrics. [Electronic resource]. / URL: <https://textile.space.ru/catalog/clothes/defekti-tekstilnih-tkanei>
9. Silvestre-Blanes J., Albero-Albero T., Miralles I., Pérez-Llorens R., Moreno J. A public fabric database for defect detection methods and results. *Autex Research Journal*, 19 (4), 363-374, 2019.
10. Search for ways to improve the digital representation of textile materials in order to detect defects / T. Yu. Kareva, D. A. Miroshnichenko, G. I. Tolubeeva [et al.] // *Izvestiya vysshee obrazovaniya vysshee obrazovaniya. Technology of textile industry*. - 2022. - № 2(398). - P. 104-108. - DOI 10.47367/0021-3497\_2022\_2\_104. - EDN TXHMAQ.
11. Bryukhanova, T. A. Artificial intelligence in assessing the quality of textile materials / T. A. Bryukhanova, D. A. Miroshnichenko, I. S. Barabamshchikova // *Young scientists - development of the National Technological Initiative (POISK)*. - 2022. - № 1. - P. 15-17. - EDN NWKOLQ.
12. Miroshnichenko D., Kareva T., Tolubeeva G., Abramov A., Lodyshkin A. Program for visual representation of defects in the appearance of textile materials with different types of surface design // *AIP Conference Proceedings - 2022*, V.2430, 020008 (2022). DOI: 10.1063/5.0076951 EDN: ACUMZY
13. Ivanovskiy, V.A. Remote detection of fabric defects / *Izvestiya vuzov. Technology of textile industry*, 5(326), pp. 124-126, 2010.
14. Ivanovsky, V.A., 2012. Improvement of the methodology of recognizing the defects of woven fabrics based on the application of mathematical apparatus of fuzzy logic (PhD in technical sciences). Kostroma.
15. Silakov, A. V. Program recognition of defects of images of regular textures in textile industry / A. V. Silakov, S. A. Varlamova, P. V. Kotkov / *Izvestia vysshee obrazovaniya vysshee obrazovaniya. Technology of textile industry*. - 2022. - No 2(398). - P. 266-272.
16. Ershov S.V., Reimer V., Kalinin E.N., Gris T. Development of the computer vision system for measuring the fiber orientation in the woven structures // *Izv. of high schools. Technology of textile industry*. - 2019, No5. P. 204...208.
17. Russian Patent № 2011153735/12, 2010.05.19. Device and method for detection of defective places in fabrics and labeling // Russian Patent RU 2011 153 735 A / Schrambeck Thomas (AT), Batsi Andreas (AT).
18. Hanbay, K., Talu, M.F., Özgüven, Ö.F., 2016. Fabric defect detection systems and methods—A systematic literature review. *Optik* 127, 11960–11973. <https://doi.org/10.1016/j.jle.2016.09.110>
19. L. Tong, W.K. Wong, C.K. Kwong, Differential evolution-based optimal Gabor filter model for fabric inspection, *Neurocomputing* 173 (2016) 1386–1401.
20. S. Yuan, T. Zheng, Fabric defects automatic detection using Gabor filters, *Fifth World Congress Intell. Control Autom.* 3374 (2004) 3378–3380.
21. J. Escofet, R. Navarro, M.S. Millan, J. Pladelloreans, Detection of local defects in textiles webs using Gabor filters, *Opt. Eng.* 37 (8) (1998) 2297–2307.
22. J. Jing, X. Fan, P. Li, Automated fabric defect detection based on multiple Gabor filters and KPCA, *Int. J. Multimedia Ubiquitous Eng.* 11 (6) (2016) 93–106.

**Для цитирования:**

Лучин Д.А., Никоноров В.М. Систематический обзор литературы по теме видов дефектов текстильных полотен и способов автоматизации дефектоскопии текстильных полотен // *Электронный научный журнал «Управление в экономических и социальных системах»*. 2024. № 1 (19). URL: <http://www.journal-mes.ru>.

**For citation:**

Luchin D.A., Nikonorov V.M. Systematic literature review on the topic of textile web defect types and methods of automation of textile web defectoscopy // *Online scientific journal «Management in economic and social systems»*. 2024. № 1 (19). URL: <http://www.journal-mes.ru>.

**Сведения об авторах:**

Лучин Дмитрий Антонович, студент Института промышленного менеджмента, экономики и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия.

*Контактная информация:* luchind22@gmail.com.

*Никоноров Валентин Михайлович*, доцент, кандидат экономических наук, доцент Высшей школы бизнес-инжиниринга Института промышленного менеджмента, экономики и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия.

*Контактная информация:* alexandra.petryaeva@spbpu.com.

**Bio Notes:**

*Luchin Dmitry Antonovich*, student of the Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia.

*Contact information:* luchind22@gmail.com.

*Nikonorov Valentin Michailovich*, Associate Professor, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Graduate School of Business Engineering, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia.

*Contact information:* nikanorv@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 08.02.2024; одобрена после рецензирования 20.02.2024; принята к публикации 01.03.2024.

The article was submitted 08.02.2024; approved after reviewing 20.02.2024; accepted for publication 01.03.2024.



© 2024, Южный федеральный университет