

Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал
№ 08 (123)/2024 Том 1

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

• **Штерензон Вера Анатольевна**

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

• **Синьковский Антон Владимирович**

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

• **Штерензон Владимир Александрович**

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

• **Зыков Сергей Арленович**

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

• **Дронсейко Виталий Витальевич**

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А
E-mail: info@euroasia-science.ru ;
www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель ООО «Логика+»
Тираж 1000 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

*Перевозников Е.Н.,
Лисицына М. А., Шахова Е.А.*
СВОЙСТВА ОПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ БЛОЧНЫХ МАТРИЦ...3

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

Чернядьев И.В., Бондарчук В.В.
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ
МОДЕЛИ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ЭМОЦИЙ
НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ.....6

Калашников Н.А.
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФРЕЙМВОРКА
RUBY ON RAILS ДЛЯ СОЗДАНИЯ
МАСШТАБИРУЕМЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ.....15

*Назаралиева А.Т.,
Суюмкулов А.А., Каримов У.Э.*
ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В
КЫРГЫЗСТАНЕ С ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....20

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

Шепель О.М., Осокина С.Е.
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЕДИНСТВА ТЕМНОЙ
МАТЕРИИ И ТЕМНОЙ ЭНЕРГИИ24

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Пузаков Г.С., Николаев Ю.Н.
ПОИСК ЭФФЕКТИВНЫХ ПОДХОДОВ ПОВЫШЕНИЯ
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
НАДЕЖНОСТИ НА ЭТАПЕ КАЛЕНДАРНОГО
ПЛАНИРОВАНИЯ27

Хорошилова Т.Н.
ВЛИЯНИЕ ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК НА ОКРУЖАЮЩУЮ
СРЕДУ31

МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

УДК 512

СВОЙСТВА ОПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ БЛОЧНЫХ МАТРИЦ

Перевозников Евгений Николаевич

к.ф.-м.н., доцент каф математики ВКА им.А.Ф. Можайского,
Россия, Санкт-Петербург.

Лисицына Мария Александровна

к.ф.-м.н., доцент каф математики ВКА им.А.Ф. Можайского,
Россия, Санкт-Петербург.

Шахова Екатерина Анатольевна

к.т.н, доцент каф математики ВКА им.А.Ф. Можайского,
Россия, Санкт-Петербург.

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.123.2092

АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются свойства блочных (клеточных) матриц, показано, что если блоки коммутируют между собой то ими можно оперировать как с числами, в частности можно понижать порядок определителей. Эти и другие свойства продемонстрированы на примере определителя блочной матрицы построенный на основе эволюционной матрицы динамических уравнений и используемый как критерий устойчивости.

Ключевые слова: свойства определителей блочных матриц, метод понижения порядка определителей, критерий устойчивости.

Введение

В практических задачах при описании квадратичных форм и линейных систем высоких порядков используются блочные (клеточные) матрицы. Однако из-за больших порядков операции с ними затруднены, особенно при аналитическом рассмотрении. Например: при определении собственных значений блочных матриц порядка $(n \cdot m)$ необходимо вычисление определителей этого порядка, в частности при $n, m > 3$ требуется аналитический расчет определителей выше 9 порядка, что является весьма трудоемкой задачей. Поэтому задача разработка методов вычисления определителей высоких порядков является актуальной.

Покажем, что для матриц с коммутирующими блоками можно существенно понизить порядок при вычислении их определителей.

А именно, при вычислении определителей квадратных блочных матриц можно раскладывать определители по элементам блокам строки или столбца и тем самым понижать порядок определителя при вычислении.

Своства блочных матриц

Пусть \tilde{A} квадратная блочная (клеточная) матрица порядка $(n \cdot m)$ с коммутирующими между собой элементами-блоками \tilde{A}_{ik}

$$\tilde{A} = \begin{pmatrix} A_{11} & \dots & A_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{n1} & \dots & A_{nn} \end{pmatrix}; \quad \tilde{A}_{ik} = \begin{pmatrix} a_{11}^{ik} & \dots & a_{1n}^{ik} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1}^{ik} & \dots & a_{nn}^{ik} \end{pmatrix}; \quad (1)$$

$$\tilde{A}_{ik} \cdot \tilde{A}_{\alpha\beta} = \tilde{A}_{\alpha\beta} \cdot \tilde{A}_{ik}, \quad \forall \quad i, k, \alpha, \beta$$

Где a_{mn}^{ik} -элементы матричных блоков.

Покажем, что в этом случае имеет место следующая лемма

Лемма 1: Если квадратные матрицы – блоки \tilde{A}_{ik} порядка m квадратной блочной матрицы A

порядка $(n \cdot m)$ коммутируют между собой, то определитель матрицы \tilde{A} с элементами блоками обладает общими свойствами определителей порядка n и , в частности, вычисляется как определитель порядка n

$$\widetilde{\det A} = \det \left[\sum_{i=1}^n \tilde{A}_{ik} \cdot \tilde{B}^{ki} \right] = \det \left[\sum_{k=1}^n \tilde{A}_{ik} \cdot \tilde{B}^{ki} \right]. \quad (2)$$

Здесь B^{ki} – алгебраические дополнения к элементу блока A_{ik} .

Докажем эту лемму, не снижая общности, на примере блочной матрицы третьего порядка. При доказательстве воспользуемся известным свойством блочных матриц, выраженных в следующей лемме [1,2].

Лемма 2:

Определитель блочной матрицы не меняется если к подматрицам одной строки (столбца) добавить подматрицы другой строки (столбца) умноженные на некоторую невырожденную матрицу того же порядка

Согласно указанной лемме преобразуем определитель блочной матрицы \tilde{A} в определитель треугольной матрицы

$$\begin{aligned} \widetilde{\det A} &= \det \begin{pmatrix} \tilde{A}_{11} & \tilde{A}_{12} & \tilde{A}_{13} \\ \tilde{A}_{21} & \tilde{A}_{22} & \tilde{A}_{23} \\ \tilde{A}_{31} & \tilde{A}_{32} & \tilde{A}_{33} \end{pmatrix} = \det \begin{pmatrix} \tilde{A}_{11} & \tilde{A}_{12} & \tilde{A}_{13} \\ 0 & \tilde{A}_{22} - \tilde{A}_{21} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{12} & \tilde{A}_{23} - \tilde{A}_{21} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{13} \\ 0 & \tilde{A}_{32} - \tilde{A}_{31} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{12} & \tilde{A}_{33} - \tilde{A}_{31} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{13} \end{pmatrix} = \\ &= \det \begin{pmatrix} \tilde{A}_{11} & \tilde{A}_{12} & \tilde{A}_{13} \\ 0 & \tilde{A}_{22} - \tilde{A}_{21} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{12} & \tilde{A}_{23} - \tilde{A}_{21} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{13} \\ 0 & 0 & \tilde{G}_{33} \end{pmatrix} = \\ &= \det(A) = \det[\tilde{A}_{11} \cdot (\tilde{A}_{22} - \tilde{A}_{21} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{12}) \cdot \tilde{G}_{33}] . \\ \tilde{G}_{33} &= [(\tilde{A}_{33} - \tilde{A}_{31} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{13}) - (\tilde{A}_{32} - \tilde{A}_{31} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{12}) \cdot (\tilde{A}_{22} - \tilde{A}_{21} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{12})^{-1} \cdot (\tilde{A}_{23} - \tilde{A}_{21} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{13})] . \end{aligned} \quad (3)$$

Из (3) после очевидных преобразований и свойств коммутации (1) следует

$$\begin{aligned} \widetilde{\det A} &= \{ \tilde{A}_{11} [(\tilde{A}_{22} - \tilde{A}_{21} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{12}) \cdot (\tilde{A}_{33} - \tilde{A}_{31} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{13}) - (\tilde{A}_{32} - \tilde{A}_{31} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{12}) \cdot (\tilde{A}_{23} - \tilde{A}_{21} \cdot \tilde{A}_{11}^{-1} \cdot \tilde{A}_{13})] \} = \\ &= \det \{ \tilde{A}_{11} (\tilde{A}_{22} \cdot \tilde{A}_{33} - \tilde{A}_{23} \cdot \tilde{A}_{32}) - \tilde{A}_{12} (\tilde{A}_{21} \cdot \tilde{A}_{33} - \tilde{A}_{31} \cdot \tilde{A}_{23}) + \tilde{A}_{13} (\tilde{A}_{21} \cdot \tilde{A}_{32} - \tilde{A}_{22} \cdot \tilde{A}_{31}) \} = \\ &= \det \left[\sum_{i=1}^3 \tilde{A}_{1i} \cdot \tilde{B}^{1i} \right] = \det \left[\sum_{k=1}^3 \tilde{A}_{ik} \cdot \tilde{B}^{ik} \right] \end{aligned} \quad (4)$$

формула (2). Таким образом лемма доказана и из нее следует, что определитель квадратной блочной матрицы порядка $(n \times n)$ имеющий порядок (n^2) можно свести к определителю порядка n суммы матриц.

Рассмотрим в качестве примера определитель матрицы L применяемый в теории устойчивости как критерий устойчивости [2,3] .

$$\tilde{L} = \begin{vmatrix} \tilde{E} + e_{11}^* \tilde{I} & e_{12}^* \tilde{I} & \cdots & e_{1n}^* \tilde{I} \\ e_{21}^* \tilde{I} & \tilde{E} + e_{22}^* \tilde{I} & \cdots & e_{2n}^* \tilde{I} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ e_{n1}^* \tilde{I} & e_{n2}^* \tilde{I} & \cdots & \tilde{E} + e_{nn}^* \tilde{I} \end{vmatrix}, \quad (5)$$

где \tilde{E} - эволюционная матрица системы линейных дифференциальных уравнений, \tilde{I} -

единичная матрица, e_{ik}^* - комплексно сопряженные элементы эволюционной матрицы.

$$\frac{\partial x_i}{\partial t} = e_{ik} X_k ; \tilde{E} = \begin{pmatrix} e_{11} & e_{12} & \cdots & e_{1n} \\ e_{21} & e_{22} & \cdots & e_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ e_{n1} & e_{n2} & \cdots & e_{nn} \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Из (5,6) следует, что \tilde{L} - это блочная матрица порядка n с коммутирующими блоками, ее определитель порядка n^2 на основании леммы 1 можно представить в виде разложения по блокам строки или столбца (2).

Представляя полученное выражение в виде полинома по степеням \tilde{E} , получим определитель матричного полинома порядка n

$$\widetilde{\det} L = \det[\tilde{E}^n + \sum_{m=1}^n (-1)^m Y_m^* \tilde{E}^{n-m}], (7)$$

Y_m^* - комплексно сопряженные коэффициенты спектрального уравнения системы (6)

$$\det[\lambda \tilde{I} - \tilde{E}] = \det(\lambda \cdot \delta_{ik} - e_{ik}) = \lambda^n + \sum_{m=1}^n Y_m \cdot \lambda^{n-m} = 0. (8)$$

λ - собственные значения эволюционной матрицы \tilde{E} .

Приведем еще одно полезное свойство определителя блочной матрицы \tilde{L} .

С помощью преобразования подобия [1,2] матрицу \tilde{L} можно привести к диагональному виду

$$\widetilde{\det} L = \widetilde{\det} L_p = \prod_{i,k=1}^n (\lambda_i + \lambda_k^*) = 2^n \prod_{i=1}^n \text{Re } \lambda_i \cdot \prod_{i \neq k=1}^n [(\text{Re } \lambda_i + \text{Re } \lambda_k)^2 + (\text{Im } \lambda_i - \text{Im } \lambda_k)^2]. (9)$$

($\lambda = \text{Re } \lambda + i \cdot \text{Im } \lambda$). Из (9) следует, что

а) значение определителя $\widetilde{\det} L$ вещественно, хотя его элементы могут быть комплексными величинами;

б) нули и знаки множителей в определителе $\widetilde{\det} L$ определяют нули и знаки собственных значений блочной матрицы \tilde{L} .

Указанные свойства являются основанием использования определителя $\widetilde{\det} L$ в качестве критерия устойчивости.

Заключение

1. Рассмотрены свойства блочных матриц порядка $(n \cdot m)$ показано, что если элементы блоки коммутируют между собой то определитель блочной матрицы порядка n^m с элементами блоками обладает общими свойствами определителей порядка n и , в частности, вычисляется как определитель порядка n .

$\tilde{S}^{-1} \cdot \tilde{L} \cdot \tilde{S} = \tilde{L}_p = \{(\lambda_i + \lambda_k^*)\}$, $i, k \in (1 \div n)$.Где S – матрица преобразования, а $(\lambda_i + \lambda_k^*)$ - собственные значения диагональной матрицы \tilde{L}_p .Тогда для определителя \tilde{L} получим

2. Показано, почему свойства определителя рассмотренной в качестве примера блочной матрицы \tilde{L} позволяют использовать его как эффективный математический критерий устойчивости.

Литератур

1. Гантмахер Ф.Р., Теория матриц, М.: Наука, 1966.
2. Корн Г., Корн Т., Справочник по высшей математике, М., Наука 1970.
3. Перевозников Е.Н., Методы анализа устойчивости неравновесных систем, Изв. Вузов. Физика, 2006, №10, с(34-39).
4. Перевозников Е.Н., Скворцов Г.Е., Динамика возмущений и анализ устойчивости неравновесных систем, СПТЭИ, 2010, с(137).

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

УДК 004.4

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ЭМОЦИЙ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

*Чернядьев Иван Валерьевич,
инженер-исследователь, магистр ДонНУ,
Бондарчук Виктория Валерьевна
кандидат технических наук,
заведующий отделом распознавания зрительных образов
Институт проблем искусственного интеллекта, г. Донецк*

SYSTEM ANALYSIS OF THE SOFTWARE OF THE CONCEPTUAL NEURAL NETWORK MODEL OF THE EMOTION CLASSIFICATION SYSTEM IN IMAGES

*Ivan Chernyadev,
Software Engineer, Master of Donetsk State University
Victoria Bondarchuk
Candidate of Technical Sciences,
Head of the Visual Image Recognition Department
Institute of Artificial Intelligence Problems, Donetsk
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.123.2109*

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена системному анализу программного обеспечения концептуальной нейросетевой модели системы классификации эмоций на изображениях, распознавания психоэмоционального состояния человека по изображениям. Целью исследования является создание инструмента для диагностики эмоций, что актуально для психологии и смежных областей. Использованы современные архитектуры CNN и собрана аннотированная коллекция изображений с эмоциями, такими как радость, грусть, гнев, удивление, страх, нейтральность. Реализована предобработка данных, включая нормализацию и аугментацию. Модель демонстрирует высокую точность и устойчивость к изменениям условий съемки. Перспективные направления исследований включают интеграцию в системы поддержки принятия решений, использование в медицине и социологии.

ABSTRACT

The work is devoted to the system analysis of the software of the conceptual neural network model of the emotion classification system in images, recognition of the psychoemotional state of a person from images. The aim of the study is to create a tool for diagnosing emotions, which is relevant for psychology and related fields. Modern CNN architectures were used and an annotated collection of images with emotions such as joy, sadness, anger, surprise, fear, and neutrality was collected. Data preprocessing has been implemented, including normalization and augmentation. The model demonstrates high accuracy and resistance to changes in shooting conditions. Promising areas of research include integration into decision support systems, use in medicine and sociology.

Ключевые слова: нейронная сеть, распознавание эмоций, компьютерное зрение, глубокое обучение, искусственный интеллект, целевая функция.

Keywords: neural network, emotion recognition, computer vision, deep learning, artificial intelligence, the target function.

Введение

Современные тенденции интеллектуальных разработок базируются на цифровых платформах, различных аспектах нейросетевых подходов к обнаружению и распознаванию эмоциональных факторов человека на основе визуальных данных. Применение нейронных сетей для определения психоэмоционального состояния может оказать значительное воздействие на множество областей, таких как биометрия, социология и медицина. В частности, в биометрии это может способствовать подтверждению идентичности, в социологии — оценке общественного настроения, а в медицине —

диагностике и мониторингу психоэмоционального состояния пациентов [1].

Цель создания, обучения и тестирования нейронной сети - классификация эмоций на лицах, представленных на изображении. В процессе работы были использованы: язык программирования Python 3, текстовый редактор Visual Studio Code. Для реализации данной задачи применялись следующие инструменты: фреймворк машинного обучения для языка Python — PyTorch, а также ряд Python-библиотек и датасет, посвященный человеческим эмоциям. PyTorch представляет собой фреймворк глубокого обучения, предоставляющий разнообразные

инструменты и библиотеки для разработки и обучения нейросетевых моделей. Для установки фреймворка на локальном компьютере необходимо перейти на соответствующий раздел официального сайта по адресу: <https://pytorch.org/get-started/locally/>. На этом сайте пользователю будет предложено выбрать конфигурацию фреймворка, операционную систему, пакетный менеджер, язык программирования и вычислительную платформу (CUDA или CPU). CUDA, являясь параллельной вычислительной платформой от компании NVIDIA, доступна исключительно на видеокартах этой марки, что следует учитывать при выборе конфигурации во время установки.

Используемые библиотеки Python включают: torchvision — это библиотека, входящая в экосистему PyTorch, которая предоставляет инструменты и функции для работы с изображениями; Scikit-learn (или sklearn) — библиотека для машинного обучения и анализа, предобработки данных [2]; os - библиотека для взаимодействия с операционной системой, позволяет работать с файловой системой; Torch - основная библиотека PyTorch для создания и обучения нейронных сетей; matplotlib, seaborn - библиотеки для визуализации данных, используются для создания графиков и диаграмм.

Набор данных для обучения нейронной сети доступен в открытом доступе на платформе Kaggle.com. Kaggle функционирует как онтология для публикации наборов данных, разработки и анализа моделей, а также взаимодействия между специалистами и участия в конкурсах по Data Science. В процессе обучения нейронной сети использовался публичный набор данных «Face Expression Recognition Dataset». Данный датасет представляет собой таксономию, состоящую из папок, каждая из которых обозначена соответствующей эмоцией. Внутри каждой папки располагаются фотографии лиц, демонстрирующих характерные для названия папки эмоции. Всего набор данных включает 6 категорий, количество примеров в каждой из которых приблизительно одинаково (по 5000 в каждой). Это необходимо для снижения риска переобучения: при обучении на несбалансированных данных модель может склониться к преобладанию одного класса, что негативно сказывается на её способности обрабатывать данные из других классов [3-5].

Анализ современного состояния исследования

Рассмотрим результаты научных исследований по методам выявления эмоций на изображении лица. В статьях [1] и [2] исследуется применение нейросетевых технологий для управления детекцией различных факторов в эмоциональных системах ИИ. Авторы предлагают методологию, которая позволяет эффективно идентифицировать и анализировать как экзогенные, так и эндогенные факторы, влияющие на адаптивные системы. В работе [3] рассматривается метод адаптивного дропаута как способ улучшения обучения глубоких нейронных

сетей. Авторы демонстрируют, как динамическое регулирование дропаута может значительно повысить производительность моделей, минимизируя переобучение и улучшая обобщающую способность. Этот подход представляет собой важное направление в области оптимизации обучения нейронных сетей. Публикация [4] предлагает метод нормализации батчей для ускорения обучения глубоких нейронных сетей. Авторы объясняют, как этот метод позволяет значительно ускорить процесс обучения и улучшить стабильность нейронных сетей. В работе [5] исследуется подход к обучению глубоких нейронных сетей без использования skip-connection. Авторы предлагают архитектуру, которая демонстрирует, что глубокие сети могут быть эффективно обучены, сохраняя при этом высокую производительность. Статья [6] представляет набор методов и улучшений, которые позволяют повысить производительность сверточных нейронных сетей (CNN) для классификации изображений. Авторы демонстрируют, как простые изменения в архитектуре и обучении могут привести к значительным улучшениям в точности, акцентируя внимание на практических аспектах реализации и оптимизации моделей. В научной публикации [7] исследуется поведение остаточных сетей (ResNets) и их аналогии с ансамблями мелких нейронных сетей. Авторы показывают, что глубокие остаточные сети могут быть интерпретированы как комбинация нескольких более простых моделей, что открывает новые горизонты для понимания их структуры и эффективности. В исследовательской работе [8] описывается метод слияния нескольких сверточных нейронных сетей для распознавания эмоций на лицах с использованием улучшенного нечеткого интеграла. Авторы подчеркивают, что данный подход значительно повышает точность распознавания, предлагая новые алгоритмические решения для интеграции результатов нескольких моделей. Авторы статьи [9] рассматривают последние достижения в области многомодального распознавания эмоций. Анализируются различные подходы, методы и технологии, используемые для объединения информации из разных источников, что позволяет улучшить результаты распознавания и понимания человеческих эмоций. Статья [10] представляет обзор современных методов глубокого и машинного обучения для оценки угла поворота головы. Авторы систематизируют существующие подходы, подчеркивая их преимущества и недостатки, а также направления для будущих исследований в этой области. В работе [11] авторы представляют концепцию плотно связанных сверточных сетей (DenseNet), которые обеспечивают эффективное использование параметров. Статья обсуждает архитектурные новшества и их влияние на производительность в задачах компьютерного зрения. Публикация [12] фокусируется на применении глубоких нейронных сетей на основе VGG16 для обнаружения и классификации

неисправностей в аэрокосмических датчиках. Авторы демонстрируют успешность данного подхода в улучшении надежности систем. В статье [13] рассматриваются как традиционные, так и современные методы глубокого обучения для классификации изображений. Авторы сравнивают эффективность различных подходов, предоставляя рекомендации по выбору методов в зависимости от задач. В научной работе [14] исследуется применение глубоких нейронных сетей для задач классификации изображений. Авторы представляют новое направление в нейросетевых технологиях, акцентируя внимание на преимуществах сверточных нейронных сетей в обработке визуальной информации. В статье [15] авторы предлагают новый подход к обучению моделей с учетом шумных меток, используя симметричную кросс-энтропию. Исследование подчеркивает важность устойчивости алгоритмов к ошибкам в данных, что критично для реальных приложений. Публикация [16] описывает новый метод оптимизации, сочетающий алгоритмы ADAM и SGD. Авторы показывают, как комбинирование этих подходов может улучшить скорость сходимости и качество обучения нейронных сетей. В работе [17] исследуется использование сверточных нейронных сетей для распознавания эмоций на лицах. Авторы предлагают свою архитектуру и демонстрируют ее эффективность в сравнении с традиционными методами. Статья [18] акцентирует внимание на методах распознавания выражений лиц с использованием CNN. Автор обсуждает ключевые аспекты проектирования моделей и их применение в реальных сценариях. В исследовании [19] авторы анализируют способность сверточных нейронных сетей точно классифицировать эмоции. Работа включает в себя критический обзор существующих методов и оценку их эффективности. Статья [20] рассматривает применение переноса обучения для анализа изображений. Авторы демонстрируют, как использование предварительно обученных моделей может значительно повысить точность классификации.

Эффективное распознавание эмоций не только способствует более точному анализу человеческого поведения, но и открывает новые возможности для применения в таких сферах, как медицина, реклама

и образование. Таким образом, исследование методов и алгоритмов для повышения точности распознавания эмоций на изображениях является важной задачей, способствующей развитию технологий искусственного интеллекта и их интеграции в повседневную жизнь.

Основное содержание работы

На основе предложенной концептуальной модели (рис.1) рассмотрим далее теоретико-множественную модель процесса классификации эмоций на изображении, описываемую следующим кортежем параметров:

$P = \langle A, IS, IR, SL, RS \rangle$, где: IS – основной источник информации, SL – множество программных продуктов, привлекаемых для реализации программных средств, A – программно-алгоритмическое обеспечение, RS – результат обработки изображения нейросетью. Далее рассмотрим введенные множества более подробно; IS – множество источников информации, необходимых для обучения нейронной сети. Для автоматизации процесса классификации эмоций необходим анализ множества информационных ресурсов IS_{IR} . Соответственно множество $IS = \{IS_{IR}\}$.

Множество информационных ресурсов (датасет) содержит два основных типа подмножества: $IR = \{IR_1, IR_2\}$, где IR_1 – набор тренировочных данных в обучающей выборке, IR_2 – валидационные данные, предназначенные для оценки эффективности нейронной сети. Используемые для разработки программных средств автоматизации классификации человеческих эмоций на изображении внешние программные библиотеки обозначим кортежем $SL = \langle SL_1, SL_2, SL_3 \rangle$, где SL_1 – библиотеки обработки данных, SL_2 – библиотеки визуализации данных, SL_3 – используемый современный фреймворк глубоко обучения. Программно-алгоритмическое обеспечение представим кортежем следующих параметров: $A = \langle A_{D1}, A_{D2}, A_{D3}, A_{D4} \rangle$, где A_{D1} – алгоритмы обработки входных данных; A_{D2} – алгоритмы классификации входных данных; A_{D3} – алгоритмы визуализации результата обработки изображений нейросетью; A_{D4} – программное обеспечение разработанных алгоритмов.

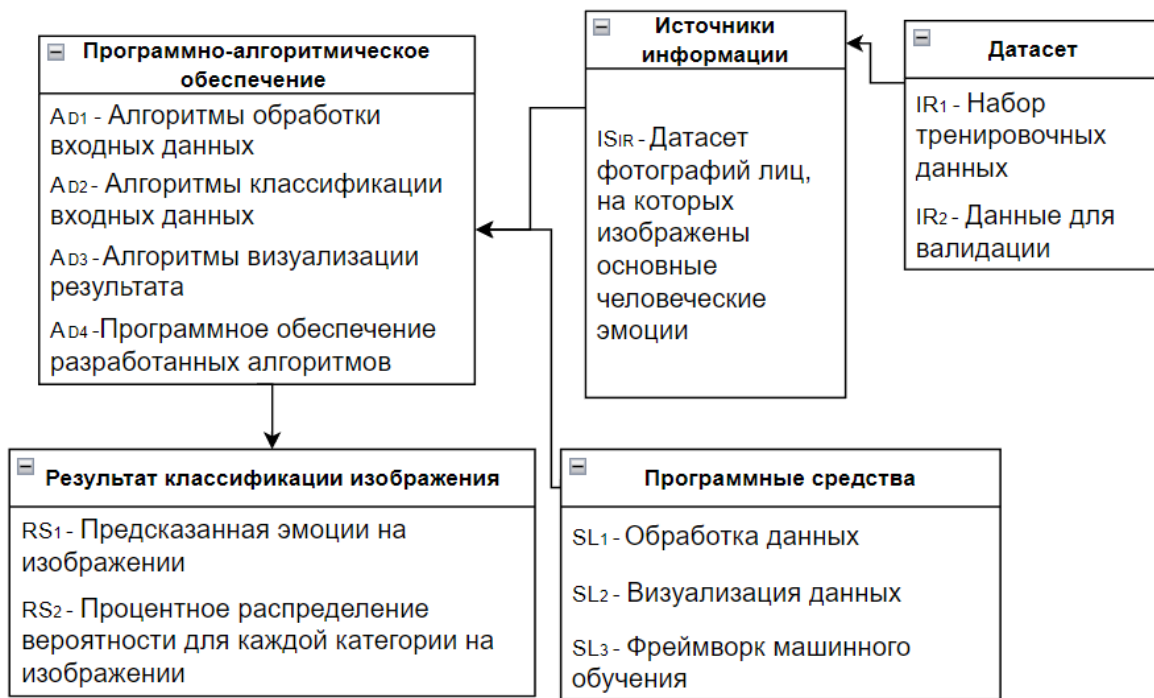


Рисунок 1 - Концептуальная модель системы классификации эмоций на изображениях

Для описания свойств результата работы нейросети используем кортеж следующих параметров: $RS = \langle RS_1, RS_2 \rangle$, где RS_1 – предсказание эмоции на изображении; RS_2 – процентное распределение вероятности для каждой эмоции. На основе введенных обозначений можно сформулировать, что задача автоматизированной классификации эмоций на изображениях посредством программно-алгоритмического обеспечения A состоит в формировании обучающей и валидационной выборок данных (множество IR) из множества информационных ресурсов IS_{IR} , необходимых для эффективного обучения нейронной сети, а так же в использовании программных средств (множество SL) для обучения модели и ее использования в реальных задачах. Нейронная сеть выдает предсказание конкретной эмоции, присутствующей на изображении (RS_1), а также вероятностное распределение по всем категориям эмоций (RS_2).

В этой работе была реализована улучшенная версия архитектуры нейронной сети VGG16 (Рисунок 2). Главные критерии во время выбора –

эффективность при обучении и высокая точность. Также был рассмотрен другой вариант, а именно архитектура ResNet18. Однако, в процессе тестирования, было выявлено, что ResNet лучше справляется с изображениями высокого разрешения, в то время как VGG лучше показывает себя при небольшом разрешении [6-7]. Перед тем, как подавать изображения на вход нейросети, их нужно предварительно обработать и привести к общему размеру. В нашем случае все изображения будут приводиться к размерности 48x48, так как оригинальный датасет предоставляет изображения такой же размерности.

Мы используем кросс-энтропийную потерю (`torch.nn.CrossEntropyLoss()`) как целевую функцию, поскольку в контексте нашей задачи, целевая функция должна измерять, насколько хорошо модель предсказывает правильные классы на основе входных данных. Основной целью является минимизация этой функции. Для многоклассовой классификации, как в нашем случае, функцию потерь кросс-энтропии можно обозначить следующим образом:

$$L(y, z) = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^C y_{i,c} \log(z_{i,c})$$

где N — количество примеров в батче; C — количество классов (в нашем случае 6 эмоций); $y_{i,c}$ — истинная метка класса для i -го примера; $z_{i,c}$ — предсказанная вероятность принадлежности i -го примера к классу c . Ограничения системы: размер батча: каждая итерация обновления градиентов происходит на подмножестве данных (батче) фиксированного размера. Размер батча должен быть разумным (в среднем до 32), чтобы избежать излишней нагрузки на память [4];

скорость обучения: скорость обучения является гиперпараметром, который определяет, на сколько изменяются веса нейронной сети в процессе обучения на каждой итерации. Слишком высокая скорость обучения может привести к тому, что модель будет "перепрыгивать" минимум функции потерь, что приведет к нестабильности и неэффективному обучению. Слишком низкая скорость обучения может привести к медленному обучению, когда модель будет долго сходиться к

минимуму, что увеличивает время обучения и может привести к застреванию в локальных минимумах [5-9]. Экспериментальным способом была выбрана оптимальная скорость обучения, равная $1 * 10^{-3}$; количество классов должно быть фиксированным и соответствовать числу классов в задаче классификации. В нашем случае это 6.

Модель состоит из 16 слоев, имеющих обучаемые параметры, что включает в себя 13 сверточных слоев и 3 полносвязных слоя; 13 сверточных слоев реализуется с помощью 5 сверточных блоков. Каждый блок содержит по два или три сверточных слоя, что в сумме даёт 13. Также реализованная модель включает 3 полносвязных слоя, что также соответствует оригинальной архитектуре VGG16. Последний слой выводит предсказания для 6 классов, что указано в параметре `num_classes`. Была добавлена нормализация пакетов (Batch Normalization) после каждого сверточного слоя. Это не является частью оригинальной архитектуры, но может улучшить обучение и стабильность модели. Глубина сети позволяет эффективно извлекать представления, начиная с низкоуровневых признаков, таких как края и текстуры, и заканчивая высокоуровневыми абстракциями, связанными с конкретными категориями объектов [8-12].

Сверточные слои используют небольшие фильтры размером 3×3 , это позволяет модели захватывать сложные паттерны, а также значительно увеличивает количество нелинейностей благодаря применению функций активации ReLU. После каждой пары сверточных слоев применяется слой максимального пулинга (max pooling) с размером окна 2×2 и шагом 2. Это снижает количество параметров и вычислительных операций, а также способствует извлечению инвариантных признаков [13-14]. На завершающих этапах архитектуры располагаются три полносвязных слоя. Первые два из них содержат по 4096 нейронов, а последний слой, отвечающий за классификацию, имеет размерность, соответствующую количеству классов в задаче. Полносвязные слои помогают объединить все признаки, которые модель извлекла из данных, чтобы сделать окончательный вывод в задачах классификации. Они берут информацию из предыдущих слоев и используют её для определения, к какому классу принадлежит входной объект.

Класс VGG16 реализует архитектуру сверточной нейронной сети, адаптированной для работы с одноцветными изображениями и многоклассовой классификацией. В конструкторе определяются пять сверточных блоков, каждый из которых состоит из последовательности сверточных слоев с нормализацией и активацией, завершающихся максимальной подвыборкой. Метод `forward` описывает прямое распространение данных через модель, последовательно применяя сверточные и полносвязные слои к входному тензору. Класс `Dataset` используется для организации и управления набором данных. Благодаря ему изображения и метки к ним предоставляются в удобном формате для последующей работы с ними. В блоке `main` находится основная логика обучения (Рис. 3). Здесь задаются пути к данным, параметры обучения, создаются обучающий и тестовый наборы данных. Затем осуществляется инициализация `DataLoader`. Класс `DataLoader` в `PyTorch` служит для управления пакетной загрузкой данных, обеспечивая эффективную обработку больших наборов данных в условиях ограниченной памяти. Он автоматизирует распределение данных на многопоточную загрузку, что позволяет оптимизировать процесс обучения и обеспечивает равномерное распределение данных. Это особенно важно в нашем случае, поскольку эта задача требует обработки больших объемов изображений. Создается экземпляр модели VGG16, устанавливается функция потерь `CrossEntropyLoss` и оптимизатор `SGD`, которые будут использоваться для обновления весов модели в процессе обратного распространения ошибки [15-16]. После предварительной обработки данных, модель переводится в режим тренировки. Для каждой эпохи производится итерация по батчам данных. Внутри цикла происходит прямое распространение через модель, вычисление потерь и обновление весов. После завершения обучения модель переводится в режим оценки (Рис. 4), и происходит сравнение предсказаний и истинных меток на тестовых данных. После завершения всех эпох вызываются функции для отображения метрик и построения матрицы путаницы, что позволяет проанализировать, как модель справляется с различными классами эмоций.

```

1 class VGG16(nn.Module):
2     def __init__(self, input_channels=1, num_classes=6):
3         super().__init__()
4         self.input_channels = input_channels
5         self.layer1 = self.create_conv_block(self.input_channels, [64, 64])
6         self.layer2 = self.create_conv_block(64, [128, 128])
7         self.layer3 = self.create_conv_block(128, [256, 256, 256])
8         self.layer4 = self.create_conv_block(256, [512, 512, 512])
9         self.layer5 = self.create_conv_block(512, [512, 512, 512])
10
11        self.classifier = nn.Sequential(
12            nn.Flatten(),
13            nn.Linear(512, 4096),
14            nn.ReLU(),
15            nn.Dropout(p=0.1),
16            nn.Linear(4096, 4096),
17            nn.ReLU(),
18            nn.Linear(4096, num_classes)
19        )
20
21    def create_conv_block(self, in_channels, channels):
22        layers = []
23        for out_channels in channels:
24            layers.append(nn.Conv2d(in_channels=in_channels, out_channels=out_channels,
25                                   kernel_size=(3, 3), stride=(1, 1), padding=(1, 1)))
26            layers.append(nn.BatchNorm2d(out_channels))
27            layers.append(nn.ReLU())
28            in_channels = out_channels
29        layers.append(nn.MaxPool2d(kernel_size=(2, 2), stride=(2, 2)))
30        return nn.Sequential(*layers)
31
32    def forward(self, x):
33        x = self.layer1(x)
34        x = self.layer2(x)
35        x = self.layer3(x)
36        x = self.layer4(x)
37        x = self.layer5(x)
38        x = self.classifier(x)
39        return x

```

Рисунок 2 – Модель нейронной сети

Пример графического представления изменяющихся в ходе обучения показателей представлен на рис. 5. На первом графике отображается изменение значения функции потерь в процессе обучения по эпохам. Падение потерь

указывает на то, что модель становится более точной в предсказаниях на обучающих данных. Второй график показывает изменение точности модели на тестовых данных по эпохам.

```

1  if __name__=='__main__':
2      train_dataset, test_dataset = random_split(dataset(root_dir=root,
3                                                  train=True,
4                                                  transform=transform), [0.8, 0.2])
5      train_dataloader = DataLoader(dataset=train_dataset, batch_size=batch_size, shuffle=True)
6      test_dataloader = DataLoader(dataset=test_dataset, batch_size=batch_size, shuffle=False)
7      model = VGG16().to(device)
8      criterion = nn.CrossEntropyLoss()
9      optimizer = SGD(model.parameters(), lr=lr, momentum=0.9)
10     best_acc = 0
11     losses = []
12     accuracies = []
13     for epoch in range(num_epochs):
14         model.train()
15         tqdm_ = tqdm(train_dataloader)
16         epoch_loss = 0
17         for i, (pictures, labels) in enumerate(tqdm_):
18             pictures = pictures.to(device)
19             labels = labels.to(device)
20             output = model(pictures)
21             loss = criterion(output, labels)
22             epoch_loss += loss.item()
23             tqdm_.set_description('Epoch: {}/{} | Loss: {:.4f}'
24                                  .format(epoch+1, num_epochs, loss.item()))
25             optimizer.zero_grad()
26             loss.backward()
27             optimizer.step()
28         losses.append(epoch_loss / len(train_dataloader))

```

Рисунок 3 -Подготовка данных и обучение модели

```

1  model.eval()
2      all_predictions = []
3      all_labels = []
4      for i, (pictures, labels) in enumerate(test_dataloader):
5          pictures = pictures.to(device)
6          labels = labels.to(device)
7
8          with torch.no_grad():
9              output = model(pictures)
10             loss = criterion(output, labels)
11             predictions = torch.argmax(output, dim=1)
12             all_predictions.extend(predictions)
13             all_labels.extend(labels)
14     all_labels = [label.item() for label in all_labels]
15     all_predictions = [prediction.item() for prediction in all_predictions]
16     acc = accuracy_score(all_labels, all_predictions)

```

Рисунок 4 – Оценка точности модели

На графике матрицы путаницы (Рис. 6) представлены результаты предсказаний модели по всем классам эмоций. Матрица путаницы — это инструмент измерения производительности для решения задач классификации машинного обучения. Она представляет собой таблицу, которая позволяет визуализировать

производительность алгоритма путём сравнения фактических и прогнозируемых результатов. Это позволяет увидеть, как часто модель ошибается, классифицируя эмоции, и в каких случаях. Диагональ матрицы отражает случаи, когда предсказанный и реальный класс совпадают [17-20].

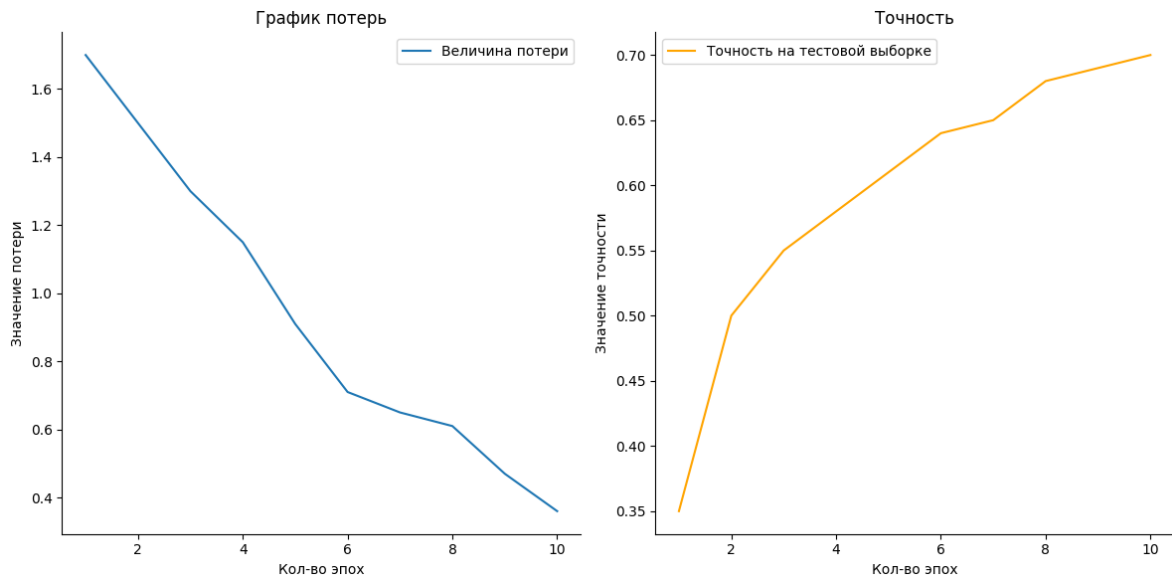


Рисунок 5 – Графики функции потерь и изменения точности

Благодаря глубокой структуре сети, в которой используются несколько сверточных слоев, модель способна выявлять сложные паттерны и текстуры, которые характерны для различных эмоциональных выражений. Это позволяет не только точно классифицировать эмоции, но и адаптироваться к различным условиям освещения и выражениям, что делает нейронную сеть более устойчивой к вариациям в данных. Результаты прогноза приведены на рис. 7. Для каждого примера указаны истинная метка эмоции над

фотографией, вероятности для каждой категории, представленные в виде круговых диаграмм и цветных меток. Как можно заметить, всего за 10 эпох нам удалось достичь высокой точности на тестовом наборе данных (рис. 5). Это демонстрирует эффективность выбранной архитектуры сверточной нейронной сети в распознавании эмоций на основе лицевых изображений. Достижение такой высокой точности за короткий период обучения

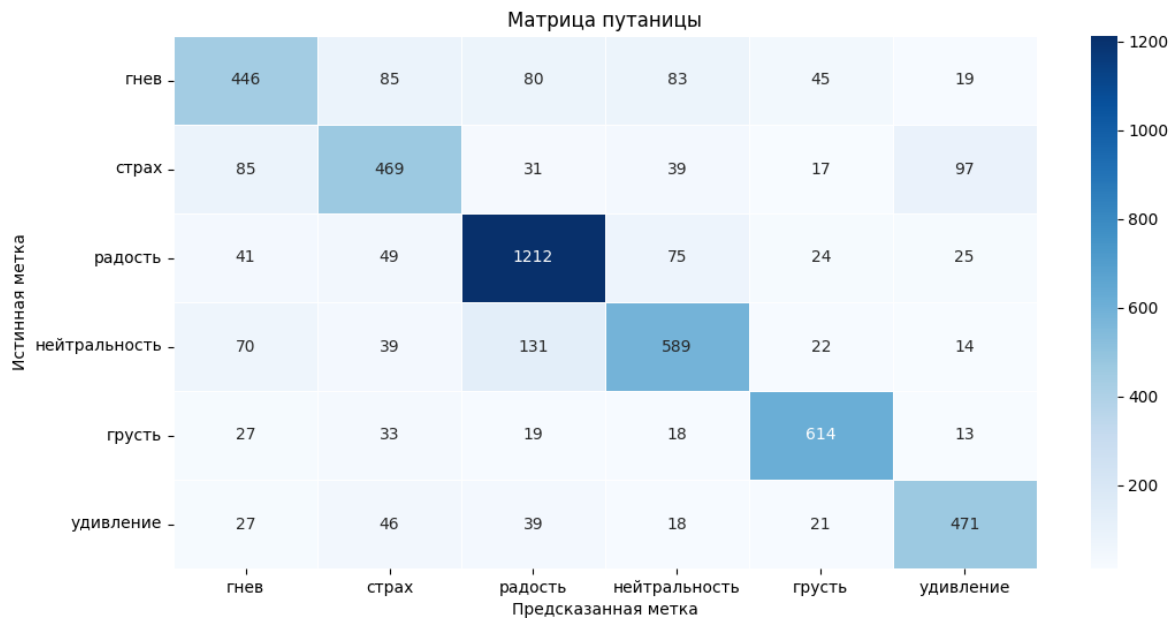


Рисунок 6 – Матрица путаницы

подтверждает, что модель успешно справляется с задачей извлечения значимых особенностей из изображений. Визуализация вероятностей в виде круговых диаграмм позволяет интуитивно оценить уверенность модели в своих

предсказаниях, что является важным аспектом для практического применения в реальных сценариях. Эти результаты подчеркивают потенциал использования глубокого обучения для автоматизации анализа эмоциональных состояний.

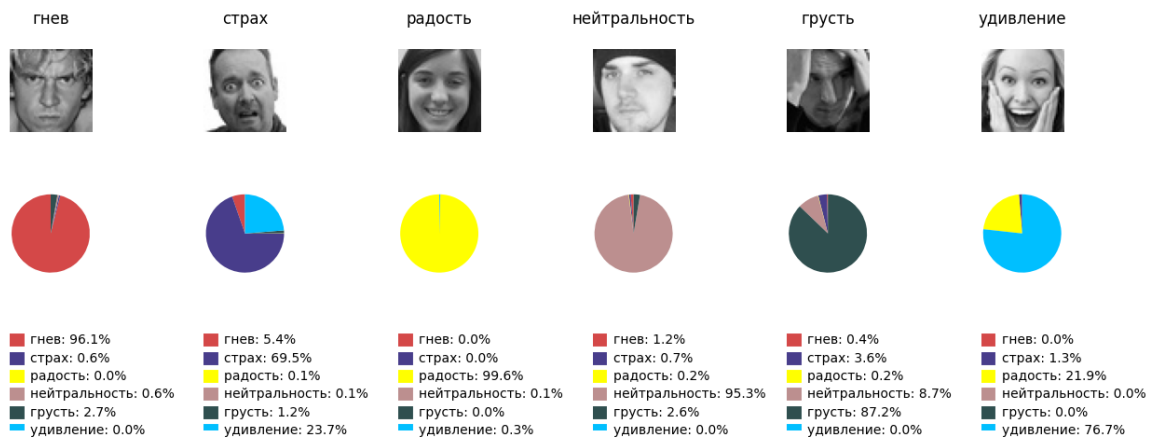


Рисунок 7 – Результаты экспериментальных исследований

Заключение

Разработана нейросетевая модель на основе архитектуры VGG16 для распознавания эмоций на лицах людей, выполнен системный анализ программного обеспечения концептуальной нейросетевой модели системы классификации эмоций на изображениях, распознавания психоэмоционального состояния человека по изображениям. В процессе обучения для достижения высоких результатов были применены методы аугментации и регуляризации, а также была проведена тщательная предобработка данных, что способствовало улучшению качества распознавания и снижению переобучения. Полученные результаты демонстрируют высокую точность, подтвержденную метриками, такими как матрица путаницы. Для дальнейшего улучшения производительности модели можно рассмотреть варианты увеличения объема обучающего набора данных с помощью аугментации изображений, что позволит повысить обобщающую способность сети.

Список литературы:

1. Бондарчук, В. В. Нейросетевая методология управления процессом детекции экзогенных и эндогенных факторов адаптивной системы эмоционального искусственного интеллекта [Текст] / В. В. Бондарчук, Н. М. Кравченко // Международный электронный научный журнал «Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки». – № 11(114)/2023 Том 1 – С. 14–23. – ISSN: 2413-9335 (электронный вариант): 2782-246X. – DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.114.1.1917 (Дата публикации: 03.01.2024 г.).
2. Bondarchuk, V. V. Indirect criteria algorithm for the control of a cognitive neural network [Text] / V. V. Bondarchuk, N. M. Kravchenko, Ya. S. Pikalyov // Proceeding of the International University Scientific Forum «Practice Oriented Science: UAE – Russia – India» (07.01.2024). – P. 92–102. – ISBN 978-5-905695-87-2. - DOI 10.34660/INF.2024.32.41.030.
3. J. Ba, B. Frey Adaptive dropout for training deep neural networks C. Burges, L. Bottou, M. Welling, Z.

Ghahramani, K. Weinberger (Eds.), Advances in Neural Information Processing Systems, 2013, pp. 2-8

4. Sergey Ioffe and Christian Szegedy. Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift. In International Conference on Machine Learning, pages 6–8, 2015.

5. Sergey Zagoruyko and Nikos Komodakis. Diracnets: Training very deep neural networks without skip-connections. arXiv preprint arXiv:1706.00388, 2017, pp. 3-5.

6. Tong He, Zhi Zhang, Hang Zhang, Zhongyue Zhang, Junyuan Xie, Mu Li. Bag of Tricks for Image Classification with Convolutional Neural Networks, 2018, pp 1-8.

7. Andreas Veit, Michael J Wilber, and Serge Belongie. Residual networks behave like ensembles of relatively shallow networks. In Advances in neural information processing systems, pages 5–7, 2016.

8. Lin, C.-J., et al.: Multiple convolutional neural networks fusion using improved fuzzy integral for facial emotion recognition. Appl. Sci., 2019, pp. 3-12.

9. He, J., Yue, L., He, Z.: Research progress of multimodal emotion recognition. Appl. Res. Comput. (2018), pp. 15-20.

10. R. Algabri, A. Abdu & S. Lee: Deep learning and machine learning techniques for head pose estimation: a survey. – Springer, 2024. – 5-12с.

11. Huang G, Liu Z, Van Der Maaten L, Weinberger KQ. Densely connected convolutional networks. In: Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2018, pp 1–8.

12. Zhongzhi Li, Yunmei Zhao, Jinyi Ma, Jianliang Ai, Yiqun Dong. Fault Detection and Classification of Aerospace Sensors using a VGG16-based Deep Neural Network (Li et al., 2022), pp 18-28.

13. Oscar Lorente, Ian Riera, Aditya Rana. Image Classification with Classic and Deep Learning Techniques (Lorente et al., 2021), pp. 4-12.

14. Ruthvik Vaila, John Chiasson, Vishal Saxena. Deep Convolutional Spiking Neural Networks for Image Classification (Vaila et al., 2019), pp. 32-38.

15. Yisen Wang, Xingjun Ma, Zaiyi Chen, Yuan Luo, Jinfeng Yi, James Bailey. Symmetric Cross Entropy for Robust Learning with Noisy Labels (Wang et al., 2019), pp 1-8.

16. Nicola Landro, Ignazio Gallo, Riccardo La Grassa. Mixing ADAM and SGD: a Combined Optimization Method (Landro et al., 2020), pp 1-8.

17. Akash Saravanan, Gurudutt Perichetla, K. S. Gayathri. Facial Emotion Recognition using Convolutional Neural Networks (Saravanan et al., 2019), pp. 6-7.

18. Subodh Lonkar. Facial Expressions Recognition with Convolutional Neural Networks (Lonkar, 2021), pp. 4-6.

19. Ashley Jisue Hong, David DiStefano, Sejal Dua. Can CNNs Accurately Classify Human Emotions? A Deep-Learning Facial Expression Recognition Study (Hong et al., 2023), pp. 4-6.

20. Shreyas Rajesh Labhsetwar, Raj Sunil Salvi, Piyush Arvind Kolte, Veerasai Subramaniam venkatesh, Alistair Michael Baretto. Predictive Analysis of Diabetic Retinopathy with Transfer Learning, 2020, pp. 4-5.

УДК 004.738.5

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФРЕЙМВОРКА RUBY ON RAILS ДЛЯ СОЗДАНИЯ МАСШТАБИРУЕМЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Калашиников Николай Анатольевич
Старший разработчик компании Fresh Auto
Москва, РФ

FEATURES OF USING THE RUBY ON RAILS FRAMEWORK TO CREATE SCALABLE WEB APPLICATIONS

Kalashnikov Nikolai Anatolyevich
Senior Developer at Fresh Auto
Moscow, RF

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.123.2093

АННОТАЦИЯ

Фреймворк Ruby on Rails является мощным инструментом для разработки масштабируемых веб-приложений благодаря своей архитектуре, основанной на модели MVC (Model-View-Controller), и поддержке ряда технологий для оптимизации работы приложений. Он позволяет ускорить процесс разработки за счёт использования принципа "Не повторяйся" (DRY) и встроенных соглашений, что способствует минимизации конфигурационного кода. Особое внимание уделено возможностям горизонтального и вертикального масштабирования, а также оптимизации производительности за счёт кэширования данных, индексации баз данных и использования инструментов для обработки фоновых задач, таких как Sidekiq. Несмотря на наличие некоторых ограничений, таких как сложность настройки хостинга в отдельных регионах, Ruby on Rails остаётся одним из ключевых решений для создания веб-сервисов с высокими нагрузками и требованиями к гибкости системы.

ABSTRACT

The Ruby on Rails framework is a powerful tool for developing scalable web applications due to its architecture based on the MVC (Model-View-Controller) model and support for a number of technologies to optimize the operation of applications. It allows you to speed up the development process by using the "Do not repeat yourself" (DRY) principle and built-in conventions, which helps minimize configuration code. Special attention is paid to the possibilities of horizontal and vertical scaling, as well as performance optimization through data caching, database indexing and the use of tools for processing background tasks such as Sidekiq. Despite some limitations, such as the complexity of setting up hosting in certain regions, Ruby on Rails remains one of the key solutions for creating web services with high loads and system flexibility requirements.

Ключевые слова: Ruby on Rails, масштабируемость, веб-приложения, MVC, кэширование, оптимизация, производительность, Sidekiq, базы данных, индексирование.

Keywords: Ruby on Rails, scalability, web applications, MVC, caching, optimization, performance, Sidekiq, databases, indexing.

Введение

Фреймворк Ruby on Rails (RoR) представляет собой одно из ведущих решений для разработки веб-приложений. С момента своего появления он завоевал популярность среди разработчиков благодаря своей простоте и высокой скорости разработки, что делает его идеальным выбором для создания гибких и масштабируемых веб-приложений. Одной из ключевых особенностей RoR является его архитектура на основе модели MVC (Model-View-Controller), которая

обеспечивает чёткое разделение данных, логики и пользовательского интерфейса, что в свою очередь улучшает модульность и тестируемость приложений.

Однако, несмотря на преимущества, RoR также имеет свои ограничения. В частности, сложность настройки для работы с высоконагруженными системами, вопросы оптимизации взаимодействия с базами данных, а также требования к серверной инфраструктуре остаются значимыми проблемами. Важно

учитывать, что успешная реализация масштабируемых приложений на RoR требует не только базовых знаний фреймворка, но и глубокого понимания принципов оптимизации производительности и работы с распределёнными системами.

Цель данной работы заключается в анализе особенностей использования Ruby on Rails для создания масштабируемых веб-приложений, рассмотрении основных архитектурных решений и методов, а также изучении эффективных стратегий оптимизации производительности и масштабирования в условиях высокой нагрузки.

1. Архитектурные особенности Ruby on Rails

Фреймворк Ruby on Rails (Rails) был построен на базе языка программирования Ruby, созданного Юкиhiro Мацумото в 1995 году под влиянием Perl, Eiffel, Python и Smalltalk. Ruby – это динамически типизированный, объектно-ориентированный язык сценариев, отличающийся чистым синтаксисом и удобочитаемостью. Разработчики ценят его за отсутствие необходимости использования громоздких символов вроде двоеточий или скобок,

что делает код более понятным. Некоторые части программ на Ruby могут выглядеть почти как естественный язык.

Rails был разработан для ускорения создания веб-приложений, в основном использующих базы данных. Фреймворк предложил альтернативу существующим решениям вроде J2EE и .NET Framework, которые часто считались тяжелыми и трудоемкими. Одной из ключевых особенностей Rails является использование соглашений и предположений, упрощающих разработку и повышающих производительность. Это позволяет минимизировать количество конфигурационного кода и ускорять создание приложений. Многие стандартные задачи для веб-разработки уже реализованы внутри Rails, такие как управление почтовыми рассылками, ORM для взаимодействия с базами данных, иерархия файлов, генерация кода и организации элементов. В результате разработчики могут писать меньше кода, создавая при этом гибкие и легко поддерживаемые приложения. Архитектура Ruby on Rails включает следующие ключевые компоненты, представленные на рисунке 1.

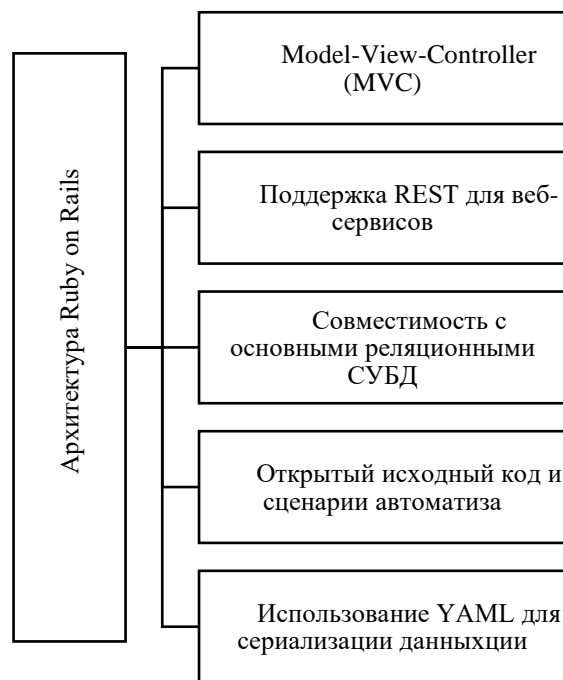


Рис.1. Ключевые характеристики и компоненты Ruby on Rails [1].

Fig.1. Key features and components of Ruby on Rails [1].

Исходя из рисунка 1 видно, что в основе фреймворка Ruby on Rails лежит реализация архитектурной модели MVC (Model-View-Controller), которая предполагает четкое разделение компонентов на уровне данных, бизнес-логики и пользовательского интерфейса. MVC включает три ключевых элемента: модель, контроллер и представление.

Модель является ядром приложения, отвечающим за обработку данных и взаимодействие с бизнес-логикой. Контроллер занимается получением данных от пользователя и их передачей в модель для последующей

обработки. Представление предназначено для отображения обработанных данных пользователю [2].

ActiveRecord — это компонент, который реализует модель, ответственную за взаимодействие с базой данных. Он позволяет представить базу данных в виде объектов и обеспечить управление данными. Например, таблица базы данных представляется в виде класса, её строки — как объекты, а столбцы — как атрибуты этих объектов.

Для примера можно рассмотреть таблицу "Persons", содержащую поля "Name", "LastName" и

"Position". Запустив Ruby-скрипт, создается класс "Person" с соответствующими полями, который позволяет управлять записями в базе данных. Ruby on Rails автоматически именовывает классы на основе названий таблиц, делая это имя в единственном числе. Класс объявляется в файле, а его методы позволяют легко управлять данными в БД.

ActionPack объединяет в себе контроллеры и представления. Контроллеры обрабатывают пользовательские запросы, перенаправляя их в соответствующие модели, а затем передают данные в представления для отображения. Представления — это шаблоны страниц, которые могут включать встроенные Ruby-выражения, что позволяет генерировать HTML или XML-документы на основе данных из базы данных.

Одним из главных преимуществ Ruby on Rails является использование единого языка на всех этапах разработки. Принцип "Не повторяйся" (Don't Repeat Yourself) в этой среде способствует повторному использованию кода, что значительно ускоряет процесс разработки.

Важной особенностью Rails является отсутствие необходимости в сложных конфигурационных файлах, так как вся нужная информация извлекается из кода приложения и базы данных. Это упрощает работу разработчика, позволяя сразу видеть результаты своих действий.

Однако есть и недостатки. Основной минус заключается в ограниченной гибкости разработки. Rails предлагает множество встроенных механизмов, которые упрощают создание приложений, но при этом разработчик может столкнуться с ограничениями в процессе создания уникальных решений.

Сложности также могут возникнуть с хостингом Ruby on Rails-приложений, особенно в России, где поддержка этой технологии ещё недостаточно развита. Однако это, вероятно, вопрос времени, так как популярность Ruby on Rails продолжает расти [3].

2. Инструменты и стратегии в Ruby on Rails

Контейнеризация и оркестрация с использованием Docker и Kubernetes значительно упростили процесс развертывания и масштабирования приложений на основе Ruby on Rails. Эти технологии играют ключевую роль в горизонтальном масштабировании, а также в управлении ресурсами, что позволяет эффективно распределять нагрузку и обеспечивать стабильную работу приложения при росте трафика.

Использование Docker позволяет изолировать приложение вместе с его зависимостями в контейнере, что обеспечивает единообразие в работе в разных средах, включая локальную разработку и продакшен. Kubernetes, в свою очередь, управляет этими контейнерами, предоставляя мощные возможности для автоматического масштабирования и обеспечения высокой доступности. Например, Kubernetes может автоматически увеличивать или уменьшать количество экземпляров приложения (Pod'ов) в

зависимости от нагрузки, что важно для быстрого реагирования на изменения в трафике(

Основной механизм, который используется для горизонтального масштабирования в Kubernetes, — это Horizontal Pod Autoscaler (HPA), который динамически регулирует количество Pod'ов на основе таких метрик, как использование CPU или пользовательские метрики. Это позволяет избежать избыточного или недостаточного выделения ресурсов, что оптимизирует затраты и повышает эффективность [4].

Облачные сервисы, такие как Платформы как сервис (PaaS) и Инфраструктура как сервис (IaaS), предоставляемые провайдерами вроде AWS, Google Cloud и Azure, предлагают готовые решения для масштабирования приложений на Ruby on Rails. Эти платформы позволяют разработчикам сосредоточиться на создании кода, предоставляя инструменты для автоматического управления ресурсами и масштабирования в зависимости от потребностей приложения.

1. Amazon Web Services (Далее - AWS) предоставляет множество сервисов, таких как Elastic Beanstalk (PaaS), который автоматизирует развертывание приложений и их масштабирование, а также EC2 и Auto Scaling для гибкого управления инфраструктурой (IaaS). Эти инструменты позволяют автоматически добавлять или удалять серверы в зависимости от нагрузки на приложение (

2. Google Cloud Platform (Далее - GCP) предлагает аналогичные возможности через Google Kubernetes Engine (GKE) и App Engine. GKE позволяет развертывать и управлять контейнеризованными приложениями, включая автоматическое горизонтальное масштабирование и балансировку нагрузки. App Engine, в свою очередь, позволяет легко развертывать Ruby on Rails приложения без необходимости управления серверами(

3. Microsoft Azure предлагает сервисы, такие как Azure Kubernetes Service (AKS) и Azure App Service, которые упрощают процесс развертывания и масштабирования приложений. AKS автоматически управляет масштабированием и обновлением приложений на основе Kubernetes, а App Service обеспечивает быстрое развертывание без необходимости управления инфраструктурой [5].

В свою очередь также в рамках данного раздела следует упомянуть, про крайние версии Ruby on Rails (Rails 6 и 7), которые внесли значительные улучшения и новые возможности, способствующие оптимизации и расширению функционала приложений. К таковым изменениям можно отнести:

Action Cable — поддержка WebSocket, которая позволяет приложениям на Ruby on Rails легко работать с реалтайм-функционалом, например, обновлением данных в реальном времени и чатами. Action Cable интегрируется с остальными компонентами Rails, что делает его мощным

инструментом для разработки интерактивных приложений(

Active Job — фреймворк для работы с асинхронными задачами. Active Job упрощает процесс создания фонов задач, таких как отправка писем, генерация отчетов и обработка изображений. Это также позволяет использовать различные адаптеры для очередей, такие как Sidekiq, Resque и Delayed Job

Улучшения в Active Record — Rails 6 и 7 улучшили работу с базами данных через Active Record. Новые возможности включают поддержку multiple databases (нескольких баз данных) для работы с разными базами в одном приложении, а также функции foreign key constraints, оптимизацию запросов и поддержку новых типов данных, таких как JSONB в PostgreSQL [6].

Таким образом современные инструменты в Ruby on Rails позволяют не только упростить процесс управления ресурсами, но и обеспечивают гибкость и автоматизацию при работе с различными средами.

3. Оптимизация производительности и работа с высокими нагрузками

Для достижения высокой производительности в приложениях, построенных на фреймворке Rails,

```
add_index :users, :username
```

Кэширование является мощным инструментом для повышения производительности приложений. За счет временного сохранения результатов вычислений можно избежать повторного выполнения одних и тех же операций. Это особенно актуально для запросов, результаты

```
Rails.cache.fetch("user_#{user.id}_projects", expires_in: 12.hours) do
  user.projects.to_a
end
```

Выбор правильных инструментов и библиотек играет важную роль в производительности приложения. Например, фоновые задачи можно обрабатывать с помощью таких инструментов, как Sidekiq, который работает на основе потоков и более эффективно использует память по сравнению с альтернативами. Важно, чтобы разработчики понимали, когда и как использовать такие инструменты для максимальной отдачи от их использования.

Рефакторинг кода также является ключевым аспектом в процессе повышения эффективности

Вместо этого	Используйте это
<pre>Project.all.each do project do_something if project.user == current_user end</pre>	<pre>current_user.projects.each do project do_something end</pre>

Отложенная загрузка, или lazy loading, позволяет откладывать загрузку объектов до момента их фактического использования. Это уменьшает объем работы при начальной загрузке

разработчикам необходимо принимать комплексные меры по оптимизации различных аспектов системы. Rails славится своей интуитивностью и удобством для программистов, однако это не всегда гарантирует эффективность работы приложения. Основные узкие места производительности могут проявляться, если код и инфраструктура приложения не адаптированы должным образом к требованиям высоконагруженных систем. В этом материале приведены ключевые подходы для повышения эффективности работы приложений на базе Rails.

Одной из первоочередных задач в оптимизации является улучшение работы с базой данных. Непродуманные или неоптимизированные SQL-запросы могут серьезно замедлять обработку данных, что негативно сказывается на общей производительности. Чтобы этого избежать, важно использовать индексы для ускорения поиска данных, особенно при работе с большими таблицами. Индексы позволяют минимизировать количество операций поиска и значительно сократить время выполнения запросов.

Для добавления индекса можно воспользоваться следующей командой:

которых редко изменяются. В Rails можно эффективно использовать встроенные механизмы кэширования, такие как Rails.cache.fetch, что позволяет сохранять результаты выполнения и возвращать их при повторных запросах.

Пример использования кэширования:

приложения. Использование более быстрых алгоритмов, минимизация избыточных запросов к базе данных и сокращение потребления памяти — все это способствует улучшению производительности. Например, выполнение операций над объектами, уже загруженными в память, вместо выполнения дополнительных запросов, позволит значительно ускорить работу системы.

Пример более эффективного кода:

приложения, что положительно сказывается на времени отклика и общем быстродействии системы [7].

Пример применения отложенной загрузки	Применение lazy loading
@projects = current_user.projects	@projects = current_user.projects.lazy

Также довольно часто оптимизация начинается с анализа N+1 запросов, которые могут значительно замедлить работу системы. Их легко обнаружить, проанализировав журналы запросов после выполнения нового HTTP-запроса. С помощью различных инструментов, таких как

Bullet, можно автоматизировать процесс обнаружения подобных избыточных запросов.

Предположим, у нас есть приложение, отображающее статьи вместе с их авторами и комментариями. Примером может служить следующая структура запросов:

```
articles = Article.all
articles.each do |a|
  puts a.author.name
  puts a.comments.map(&:text)
end
```

При наличии 100 статей такой код выполнит 201 запрос к базе данных. Однако использование методов `eager_load` или `includes` значительно уменьшит количество запросов, оптимизируя взаимодействие с базой данных.

Несмотря на удобство использования ORM, иногда обращение к простому SQL позволяет ускорить выполнение сложных запросов. Это особенно актуально при массовой обработке данных, где создание экземпляров объектов может замедлить процесс.

При массовой вставке данных выполнение всех операций в транзакции не только повышает согласованность данных, но и ускоряет процесс, что особенно важно для больших объемов данных [8].

Базы данных также играют важную роль в производительности. Одной из частых проблем является отсутствие индексов в таблицах, что значительно замедляет обработку запросов. Добавление индексов на наиболее часто используемые столбцы помогает ускорить доступ к данным и улучшить работу приложений.

Кэширование данных – ещё один важный элемент повышения производительности. Этот механизм позволяет сократить время отклика при повторных запросах, сохраняя результаты в памяти и уменьшая нагрузку на сервер. Кэширование особенно полезно в корпоративных приложениях с большими объемами данных.

Не менее важен и размер файлов, используемых в приложениях. Часто большие файлы изображений или видео могут замедлить загрузку страниц. Уменьшение их размеров и использование сжатия помогут ускорить работу приложений и улучшить пользовательский опыт.

Оптимизация SQL-запросов является ещё одним критическим аспектом. Эффективная структура базы данных, продуманные запросы с минимальным количеством соединений и выборочный поиск – это методы, которые могут значительно ускорить обработку данных и снизить нагрузку на сервер.

Для постоянного контроля за состоянием приложения важно внедрить мониторинг.

Инструменты вроде `New Relic` или `Scout` предоставляют возможность профилировать приложения и находить узкие места в реальном времени, что позволяет оперативно реагировать на проблемы.

Наконец, увеличение оперативной памяти сервера может существенно улучшить производительность приложений. Большой объем ОЗУ снижает количество операций ввода-вывода, что приводит к более быстрому отклику серверов и улучшению общего времени работы системы [9].

Заключение

Подводя итог, можно отметить, что `Ruby on Rails` представляет собой зрелую и надёжную платформу для создания масштабируемых веб-приложений. Его архитектурные особенности, включая MVC-модель, а также встроенные инструменты для оптимизации, позволяют эффективно решать задачи, связанные с производительностью и обработкой высоких нагрузок. Основные преимущества фреймворка заключаются в высокой скорости разработки, минимизации повторного использования кода и широких возможностях для интеграции с внешними сервисами. В то же время для успешного масштабирования приложений требуется тщательная настройка архитектуры и использование современных методов оптимизации, таких как кэширование и индексация баз данных.

Литература

1. Klochkov D., Mulawka J. Improving ruby on rails-based web application performance // Information. – 2021. – Т. 12. – №. 8. – С. 319.
2. Łuczak P., Poniszewska-Maranda A., Karović V. The process of creating web applications in ruby on rails // Developments in Information & Knowledge Management for Business Applications: Volume 1. – 2021. – С. 371-401.
3. Mishra S. P., Srivastava S. K. Web development frameworks and its performance analysis—A review // Smart Computing. – 2021. – С. 337-343.
4. Развертывание приложения Rails в Kubernetes. [Электронный ресурс] Режим доступа:

<https://kubernetes-rails.com/> (дата обращения 17.09.2024).

5. Благовещенский В. Г. и др. Разработка облачной платформы для хранения и редактирования трехмерных моделей конфет // Интеллектуальные автоматизированные управляющие системы в биотехнологических процессах. – 2023. – С. 77-85.

6. Созонтов А. В. Ruby–инновационная технология управления распределительными системами // Актуальные исследования. – 2023. – №. 20 (150). – С. 45-51.

7. Sancho L. C. B., Braga J. A. P., Andrade A. R. Optimizing maintenance decision in rails: a Markov decision process approach // ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering. – 2021. – Т. 7. – №. 1. – С. 04020051.

8. Ruby on Rails optimization techniques. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.dmitry-ishkov.com/2019/07/ruby-on-rails-optimization-techniques.html> (дата обращения 06.09.2024).

9. Priya M. D., Sabarinathan B., Surya M. Optimization of Web Applications Using Eager Loading // Proceedings of 6th International Conference on Recent Trends in Computing: ICRTC 2020. – Springer Singapore, 2021. – С. 711-722.

References

1. Klochkov D., Mulavka J. Improving the performance of ruby on rails-based web applications // Information. – 2021. – Vol. 12. – No. 8. – p. 319.

2. Luchak P., Ponishevskaya-Maranda A., Karovich V. The process of creating web applications

on ruby on rails // Developments in the field of information and knowledge management for business applications: Volume 1. - 2021. - pp. 371-401.

3. Mishra S. P., Srivastava S. K. Web development frameworks and their performance analysis - overview // Intelligent computing. - 2021. – pp. 337-343.

4. Deploying the Rails application to Kubernetes. [Electronic resource] Access mode: <https://kubernetes-rails.com/> (accessed 17.09.2024).

5. Blagoveshchenskiy V. G. et al. Development of a cloud platform for storing and editing three-dimensional candy models // Intelligent automated control systems in biotechnological processes. - 2023. – pp. 77-85.

6. A. V. Sozontov Ruby–an innovative technology for managing distribution systems // Current research. – 2023. – №. 20 (150). – Pp. 45-51.

7. Sancho L. S. B., Braga H. A. P., Andrade A. R. Optimization of maintenance solutions in rails: a Markov approach to the decision-making process // ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering. – 2021. – Vol. 7. – No. 1. – P. 04020051.

8. Optimization methods for Ruby on Rails. [Electronic resource] Access mode: <https://www.dmitry-ishkov.com/2019/07/ruby-on-rails-optimization-techniques.html> (accessed 06.09.2024).

9. Priya M. D., Sabarinathan B., Surya M. Optimize web applications with fast downloads // Proceedings of the 6th International Conference on the Latest Trends in Computing Technology: ICRTC 2020. – Springer Singapore, 2021. – pp. 711-722.

ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В КЫРГЫЗСТАНЕ С ПРИМЕНЕНИЕм БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Назаралиева А.Т. Суюмкулов А.А., Каримов У.Э.

Институт Сейсмологии НАН КР,

Бишкек, Кыргызская Республика

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.123.2094

АННОТАЦИЯ

В данной работе приводятся примеры обработки данных на основе аэрофотосъемки беспилотным летательным аппаратом Геоскан 201 в экспериментах, проведенных на территории Кыргызстана для автомобильных дорог. В наше время новейшие технологии позволяют воспользоваться беспилотными летательными аппаратами для аэрофотосъемки, делая процесс получения точных геопространственных данных более легким. Показаны также возможности использования таких данных для задач геодезии и картографирования, трехмерной визуализации и дорожного строительства.

Ключевые слова: геоинформационные системы; дистанционный мониторинг; беспилотные летательные аппараты; аэрофотосъемка; состояние дорожные автодорог.

В последнее время улучшения качества строительства автомобильных дорог стало внедрение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). БПЛА имеют ряд преимуществ в использовании, и очень эффективны как в проектировании, так и во время эксплуатации и ремонта автомобильных дорог условия передвижения осложняются ростом числа транспортных средств, недостаточной пропускной способностью магистралей, появлением новых объектов притяжения нехваткой парковочных мест

и т.д. С помощью беспилотников выполняются: точный сбор данных, съёмка местности в труднодоступных местах, осмотр состояния дорожных элементов, а также для разного вида работ. Результаты спутниковой съёмки способствуют получению снимков с максимальным доступным разрешением 0,5 м, что делает невозможным построения крупномасштабных топографических карт и планов. В результате сложившейся ситуации постоянно возрастающее число дорожно-

транспортных происшествий, ухудшение экологического состояния атмосферы повышение уровня шума, постоянный стресс людей, проводящих неопределенное количество времени в «пробках». Одной из основных причин обострения проблем является неудовлетворительное состояние автомобильных дорог. При планировании строительных и ремонтных работ в дорожном хозяйстве инженерами-геодезистами выполнялся обширный комплекс необходимых подготовительных исследований было обязательным детальное изучение выбранных территорий, в том числе с входящими в них объектами дорожного строительства.

Актуальность темы заключается в том, что каждым годом возрастает строительства автодорожной дорог. Требования к долговечности сооружений автотранспортной инфраструктуры растут вместе с конструктивной сложностью и ужесточением условий их эксплуатации, в значительной степени зависящих от надёжности дорог.

Комплекс БПЛА позволяет вести оперативный дистанционный мониторинг как собственно автомобильных дорог, так и прилегающих территорий для получения данных высокого и сверхвысокого разрешения (рис. 1).

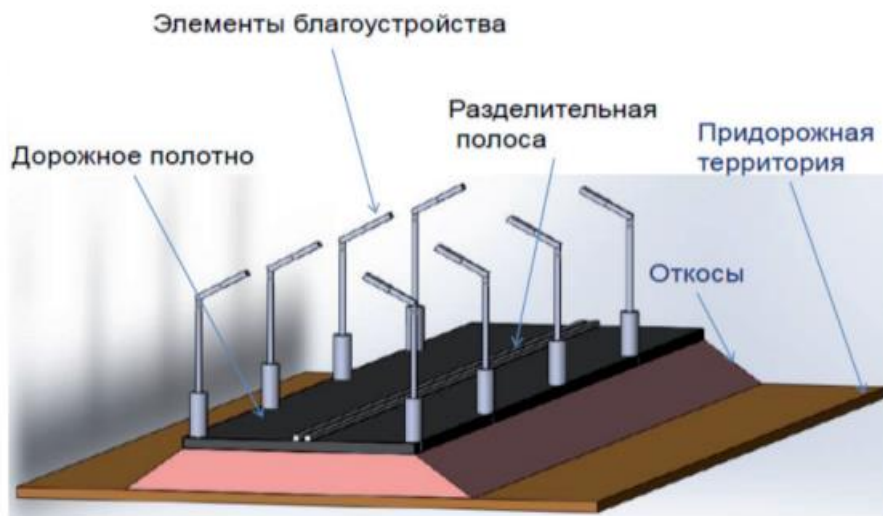


Рис. 1. Структур участка местности с автомобильной дорогой.

С помощью информации, получаемой с беспилотного аппарата, координируется работа наземного комплекса, поскольку на основе материалов крупномасштабной съёмки появляется возможность влиять на ситуацию в местах обнаружения значительных нарушений [3]. Съёмка обеспечивает достаточно широкую полосу захвата вдоль автодороги с получением изображений развязок прилегающих к трассе объектов муниципальной инфраструктуры. Однако в данном случае разрешающая способность снимков не соответствует требованиям детального дешифрирования дефектов дорожного покрытия и мелких эрозионных форм, расположенных вблизи дорожного полотна. Эту проблему решает съёмка с высоты 150–90 м с пространственным разрешением порядка 2 см на пиксель. С помощью аэросъёмки достоверно определяются площадные, линейные и точечные дефекты размером 2 см и крупнее, в частности она позволяет обнаружить поперечные трещины на дорожном покрытии. На базе тематических картографических материалов, полученных средствами ГИС, планируется составление прогнозных карт рисков появления дефектов и разрушения дорожного полотна, а также изучение динамики их изменений в связи с

развитием экзогенных процессов. Одним из перспективных направлений использования аэросъёмки с БПЛА является оперативный мониторинг прогнозирования состояния дорожного полотна. По материалам аэрофотосъёмки хорошо дешифрируются экзогенные процессы, протекающие в районе расположения автомобильной дороги. Постоянный мониторинг с БПЛА и применение ГИС позволят оценить скорость развития и направление таких процессов, а в ряде случаев – установить причины их возникновения [5].

БПЛА Гесокан 201 выполняет полёт по заданной местности в автоматическом или полуавтоматическом режиме позволяет рассчитывать на высокоточные изображения с привязкой к географическим координатам. При выполнении съёмки под реконструкцию участка автомобильной дороги к населенному пункту, расположенному на юге Иссык-Кульская область в селе Оттук. С использованием БПЛА технологий появилась возможность сразу получать 3D модель территории, пропуская трудоёмкие и денежно затратные полевые работы. В исследование были получены цифровые фотоснимки в координатном

пространстве. Чтобы получить высокое качество изображения составлены ортофотоплан (рис. 2).



Рис. 2. Ортофотоплан участок Оттук с геопривязкой.

Для получения ортофотоплана трассы местности снимки загружаются в программное обеспечение обработки данных Agisoft Metashape.

Время построения ортомозаики по аэрофотоснимкам на всю трассу в программном комплексе Agisoft Metashape составило 45 мин. Новизна данной работы заключается в том, что на сегодняшний день использование линейной беспилотной аэрофотосъемки по актуальности выходит на первый план при создании картографической продукции автомобильных дорог.

Agisoft Metashape – это программа для автоматической фотограмметрической обработки цифровых изображений, создания геопривязанных

3D моделей, ортофотопланов и цифровых моделей местности (ЦММ). Программа использует только исходные изображения. В данной программе производится просмотр каждого снимка, ненужные отбраковываются.

Автоматическое построение продольного профиля возможно производить через программное обеспечение ГИС Спутник, поперечные профили рельефа строит по заданной осевой линии через равные промежутки и экспортировать их в формат *.dxf (Autodesk AutoCad).

Сравнение координат по опорным точкам в плане показало отклонение модели от данных тахеометрической съёмки (рис3.).



Рис. 3. Измерение уклонов местности

Такие же цифры с незначительными отклонениями были получены и по второй съёмке (рис.4.)

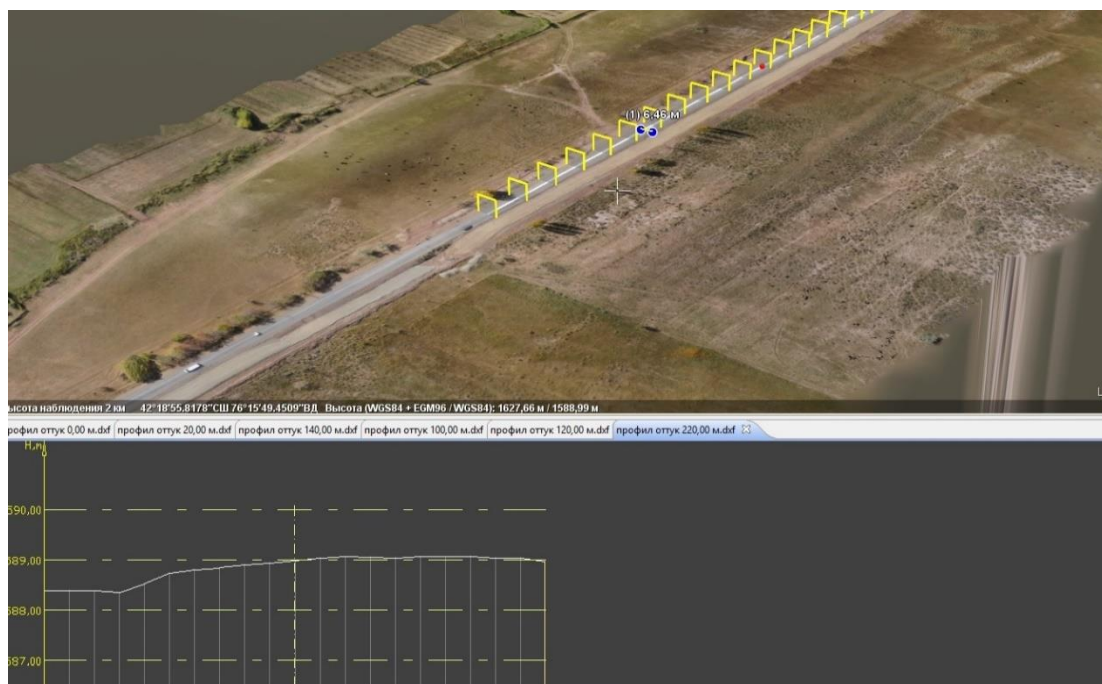


Рис.4. Отклонения участок Оттук.

Отклонение модели по высоте в 12 точках по поперечным профилям на жёсткой поверхности от тахеометрической съёмки составило в среднем 2,9 см.

Исходя из полученных результатов и их оценки можно сделать вывод, что подобный метод вполне допустим для проведения оперативного мониторинга и анализа на этапах проектирования, строительства, эксплуатации и технического обслуживания дорог и их инфраструктуры. Ещё одним способом применения этой технологии может являться оперативное определение с геодезической точностью координат линейных и точечных дефектов дорожного покрытия размером 2 см и крупнее, площадей разрушения, глубины выбоин/ трещин, что даёт возможность спрогнозировать состояние дорожного полотна и оценить динамику его разрушения [6].

На основании анализа данных представленных в статье можно сделать вывод, что несмотря на все минусы использования БПЛА для выполнения геодезических работ, всё же данная технология актуальна и полезна в наше время. Она упрощает и удешевляет процесс строительства дорог, что является крайне положительной тенденцией в развитии геодезии в нашей стране.

Список использованной литературы

1.Талыпов К.К., Назаралиева А.Т., Суюмкулов А.А. Обработка данных аэрофотосъёмки с

беспилотного летательного аппарата в прикладных задачах. Вестник Кыргызского Национального Университета имени Жусупа Баласагына. 2019. № S1. С. 49-51.

2.Ворсин Н.Е., Яковлев А.Е. Применение БПЛА в проектировании и строительстве автомобильных дорог.

3.Григоренко Н.И., Янчук Е.Е. Диагностика состояния автодороги с помощью беспилотного летательного аппарата //Технические науки.– 2016 № 3, С. 86–92.

4.Agisoft Metashap. [Электронный ресурс]: Производительная, эффективная и удобная программа для фотограмметрической обработки снимков. - Режим доступа: <https://www.agisoft.com/pdf/metashap>.

5.Кузахметова Э. К., Григоренко Н. И. Поднятие научного уровня технического сопровождения проектирования, строительства и реконструкции инженерных сооружений // Технические науки.– 2016.– № 2.– С. 64–66.

6.Коробов Д.А. Использование беспилотных авиационных систем для мониторинга линейных объектов // Молодежный научный вестник: электронный научно-практический журнал. Май 2017. URL: <http://www.mnvnauka.ru/2017/05/Korobow.pdf> (дата обращения: 30.11.2017).

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 521

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЕДИНСТВА ТЕМНОЙ МАТЕРИИ И ТЕМНОЙ ЭНЕРГИИ*Шепель О.М., Осокина С.Е.**Томский государственный университет.**Томск, Россия**Томский музыкальный колледж,**Томск, Россия*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.123.2095

АННОТАЦИЯ

Предпринята теоретическая попытка объединения тёмной материи и тёмной энергии в единый процесс увеличения пространства Вселенной на основе расширенного толкования формулы Хаббла, описывающей проявление тёмной энергии. В указанную формулу вводится дополнительный коэффициент χ , позволяющий устанавливать зависимость между массой тёмной материи и искривлённым внутри галактики пространством. Оценено значение χ для галактики «Млечный Путь».

Ключевые слова: тёмная энергия, тёмная материя, постоянная Хаббла, галактика «Млечный путь», кривизна пространственно-временного континуума.

1. ВВЕДЕНИЕ

Природа тёмной материи и тёмной энергии беспокоит умы исследователей [1 – 6], на протяжении уже многих лет, однако, консенсуса в понимании этого вопроса до сих пор не выработано. Одним из вариантов объяснения существования тёмной материи является предположение о существовании аксионов – нейтральных элементарных частиц, относящихся к бозонам [1]. При этом исследователи приходят к выводу, что в теоретических моделях остается все меньше и меньше мест, где они могли бы скрыться.

Тёмную энергию иногда объясняют толкованием формулы Хаббла, в которой скорость удаления галактик друг от друга (v) оказалась пропорциональной расстоянию (r) между ними:

$$v = H_0 \cdot r (1),$$

где H_0 – коэффициент, называемый «Постоянная Хаббла» ($H_0 \approx 2,2 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$

или $H_0 \approx 70 \frac{\text{км}}{\text{с}} / \text{Mpc}$). Такую линейную зависимость объясняют способностью каждой точки пространства функционировать, как источник этого самого пространства.

В последние годы всё чаще предпринимаются попытки рассматривать тёмную материю и тёмную энергию как аспекты одного, единого целого.

Например, автор [2] объединяет тёмную энергию и тёмную материю с помощью экзотической материи, обладающей отрицательной массой.

В работах [3, 4] эти два явления рассматриваются как различные проявления расширения пространства.

2. РАСШИРЕННОЕ ТОЛКОВАНИЕ**ФОРМУЛЫ ХАББЛА**

В настоящей работе объединение тёмной материи и тёмной энергии достигается с помощью расширенного толкования закона Хаббла.

Одним из объяснений тёмной энергии, которая проявляется как ускоряющееся разбегание галактик, является предположение, что каждая точка пространства представляет собой источник увеличения этого пространства, в результате чего скорость удаления галактик друг от друга (v) должна быть пропорциональна расстоянию (r) между ними. И, действительно, экспериментально многократно подтверждено, что

$$v = H_0 \cdot r (1),$$

где H_0 – коэффициент, называемый «Постоянная Хаббла» ($H_0 \approx 2,2 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$

или $H_0 \approx 70 \frac{\text{км}}{\text{с}} / \text{Mpc}$). Однако, внутри галактик тёмная энергия не только не проявляет себя, то есть не разбрасывает друг от друга составные части галактик (звёзды, планеты, их спутники), но оказывается подавленной тёмной материей, обнаруживаемой исключительно дополнительным гравитационным взаимодействием, превышающим гравитационные взаимодействия наблюдаемых масс галактических компонентов.

Дело в том, что огромное количество массивных тел, объединённых в одну галактику, переплетены между собой сетью искривлённого пространственно-временного континуума. При этом, увеличение пространства между соседними массами приводит не к удалению их друг от друга, а к усилению кривизны, что наглядно представлено на рис. 1

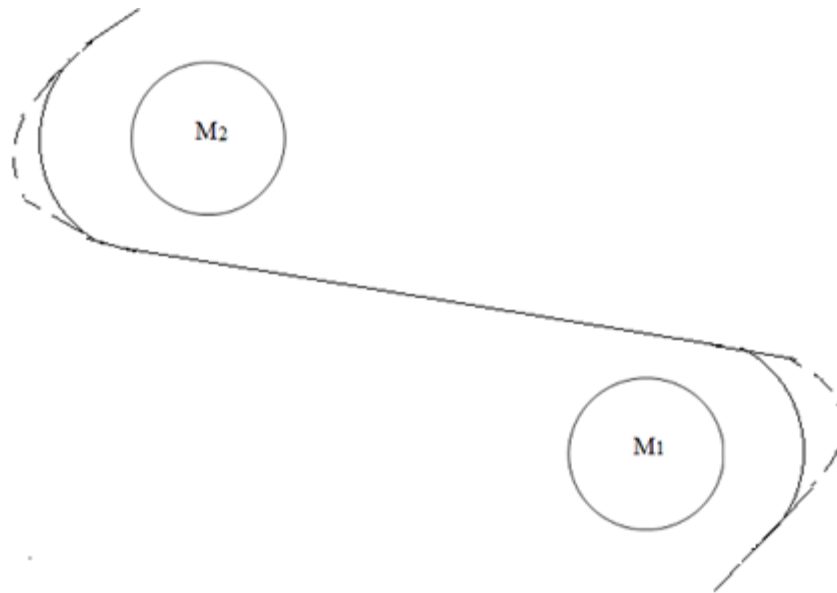


Рис. 1. Схема искривления пространства между соседними звёздами с массой M_1 и M_2 , расположенными в пределах одной галактики

Сплошная линия на рисунке несколько утрировано символизирует фрагменты первоначальной кривизны пространства между двумя соседними огромными массами одной галактики. Пунктиром выделена кривизна, возникающая в результате увеличения пространства между этими массами и воспринимаемая наблюдателями как тёмная материя, проявляющаяся исключительно увеличением гравитационного взаимодействия, но не увеличением расстояния между M_1 и M_2 .

Масса галактики не меняется, но абсолютное значение её гравитационного потенциала растёт вследствие усиления кривизны пространства, которое она занимает. То есть, гравитационные взаимодействия галактики обеспечиваются не только кривизной пространственно-временного континуума, вызванного массами её компонентов, но и дополнительной кривизной, обусловленной непрерывным увеличением искривлённого пространства внутри галактики. Формула (1), описывающая скорость увеличения расстояния между галактиками, приобретает другой смысл внутри галактики – теперь она описывает скорость увеличения периметра полуэллипса и его максимальной скалярной кривизны. Разумеется, напрашивается вывод, что в этом случае тёмная материя каждой галактики должна непрерывно возрастать, что, скорее всего и происходит. Однако, вследствие мизерного значения постоянной Хаббла, скорость этого возрастания оказывается столь незначительной, что, в настоящее время, недоступна измерению современным наблюдателем. Но миллиарды лет существования галактики сформировали внутри себя столь значительную кривизну пространственно-временного континуума, что сегодня «масса» тёмной материи в разы превышает массу наблюдаемой галактики.

Таким образом, и тёмная энергия и тёмная материя оказываются проявлениями различных

аспектов одного и того же явления – непрерывного пространственного увеличения, источником которого является каждая точка пространства.

Поскольку известно, что в отсутствие тёмной материи угол отклонения α луча, пролетающего вблизи массы m , на расстоянии от её центра R определяется равенством (1)

$$\alpha = \frac{4\gamma \cdot m}{R \cdot c^2} (1),$$

то для $R = \text{const}$ можно записать

$$d\alpha = \frac{4\gamma}{R \cdot c^2} \cdot dm (2)$$

С другой стороны, предположим, что отклонение луча, пролетающего по краю галактики, зависит не только от кривизны, обусловленной наблюдаемой массой этой галактики и расстояния до её центра, но также от дополнительной кривизны, обусловленной увеличением пространства, которая (кривизна):

- на рисунке представлена пунктиром;
- придаёт отклонению дополнительный угол β ;
- воспринимается, как тёмная материя с массой M .

В этом случае равенство (2) приобретёт вид (3):

$$d\beta = \frac{4\gamma}{R \cdot c^2} \cdot dM (3)$$

При этом, для отдельно взятой галактики этот дополнительный угол, может подчиняться закону, подобному закону Хаббла:

$$d\beta/dt = H_0 \cdot \chi \cdot \Delta l$$

где:

- Δl – разница между первоначальной длиной (10), обозначенной только сплошной линией на рис.1 и непрерывно возрастающей длиной

кривизны, проходящей через линии, обозначенные на рис. 1 пунктиром;

- χ – коэффициент, измеряемый обратными метрами в системе СИ (м^{-1}).

Или

$$d\beta = H_0 \cdot \chi \cdot \Delta l \cdot dt \quad (4)$$

Объединив (3) и (4) получим

$$d\beta = \frac{4\gamma}{R \cdot c^2} \cdot dM = H_0 \cdot \chi \cdot \Delta l \cdot dt$$

или

$$dM/dt = \frac{H_0 \cdot \chi \cdot \Delta l \cdot R \cdot c^2}{4\gamma} \quad (5)$$

где dM/dt скорость возрастания массы тёмной материи галактики за счёт непрерывного увеличения кривизны пространства, занимаемого ею. В интегральной форме равенство (5) можно переписать так:

$$t = \frac{M \cdot 4\gamma}{H_0 \cdot \chi \cdot \Delta l \cdot R \cdot c^2} \quad (6)$$

где t – время существования галактики (для Млечного Пути $t \approx 4,1 \cdot 10^{17}$ с);

M – масса тёмной материи, сформировавшейся в течение времени t .

Как видно из (6) в момент возникновения галактики никакой тёмной материей она не обладала.

Вычислим Δl , записав закон Хаббла в виде равенства (7):

$$dl/dt = H_0 \cdot l \quad (7)$$

$$dl/l = H_0 \cdot dt$$

После интегрирования и несложных преобразований получаем

$$\int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = H_0 \cdot t$$

$$\ln \frac{l}{l_0} = H_0 \cdot t$$

$$e^{H_0 \cdot t} = \frac{l}{l_0}$$

$$l = l_0 \cdot e^{H_0 \cdot t}$$

$$\Delta l = l - l_0 = l_0 \cdot e^{H_0 \cdot t} - l_0$$

$$\Delta l = l_0 \cdot (e^{H_0 \cdot t} - 1),$$

где l_0 – наблюдаемая длина галактики (для Млечного Пути $l_0 \approx 2,4 \cdot 10^{21}$ м)

Таким образом, для нашей галактики:

$$\Delta l \approx 2,4 \cdot 10^{21} \text{ м} \cdot (e^{2,21 \cdot 10^{-18} \cdot 4,1 \cdot 10^{17}} - 1) \approx 3,5 \cdot 10^{21} \text{ м}$$

Вычислим χ для Млечного Пути по формуле (8), вытекающей из (6):

$$\chi = \frac{M \cdot 4\gamma}{H_0 \cdot t \cdot \Delta l \cdot R \cdot c^2} \quad (8)$$

$$\chi \approx \frac{2,52 \cdot 10^{42} \text{ кг} \cdot 4 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2}{2,2 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1} \cdot 4,1 \cdot 10^{17} \text{ с} \cdot 3,5 \cdot 10^{21} \text{ м} \cdot 1,2 \cdot 10^{21} \text{ м} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2 / \text{с}^2} \approx 2,0 \cdot 10^{-27} \text{ м}^{-1}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сопоставление значения χ , полученного для Млечного Пути, со значениями этой величины других галактик может стать предметом дальнейших исследований.

Вопрос – является ли χ постоянной величиной или представляет собой функцию, значение которой зависит от конкретной галактики, для которой она рассчитывается – остаётся открытым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. AXIONS AND OTHER SIMILAR PARTICLES Revised April 2014 by A. Ringwald (DESY), L.J Rosenberg and G. Rybka (U. of Washington). – Journal “Review of Particle Properties”
 2. Farnes, J. S. (2018). "A Unifying Theory of Dark Energy and Dark Matter: Negative Masses and Matter Creation within a Modified Λ CDM Framework". *Astronomy & Astrophysics*. 620: A92

3. Шепель О.М. Физические взаимодействия энтропийной энергии, тёмной энергии и тёмной материи / О.М. Шепель // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2016. – № 9-2. – С. 199 – 204.

4. Шепель О.М. Физическая модель единства тёмной энергии и тёмной материи / О.М. Шепель // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2016. – № 6-3. – С. 445 – 447.

5. Бурого С.Г. Звезды и планеты в континууме тёмной материи и тёмной энергии / С.Г. Бурого // *Актуальные проблемы современной науки* – 2020. – №2.

6. Burago S.G. Gravity, dark matter and dark energy balance. *The General Science Journal. Astrophysics*. 2014. April. Paper ISSN 1916-pp. 20

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПОИСК ЭФФЕКТИВНЫХ ПОДХОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ НА ЭТАПЕ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Пузаков Г.С., Николаев Ю.Н.

Волгоградский государственный технический университет

АННОТАЦИЯ

Проведенное в данной работе исследование посвящено поиску эффективных подходов к повышению организационно-технологической надежности (ОТН) на этапе календарного планирования строительства. Рассматривается актуальность применения методов для оптимизации процесса планирования с учетом влияния различных случайных факторов. В рамках работы предложена классификация методов оценки ОТН, включая вероятностные методы и моделирование. Применение данных методов позволит улучшить точность календарного планирования и минимизировать риски, связанные с неопределенностями в строительных проектах.

The research conducted in this paper is devoted to the search for effective approaches to improving organizational and technological reliability (REL) at the stage of emergency construction planning. The relevance of applying methods to optimize the planning process, taking into account the influence of various random factors, is considered. Within the framework of the work, a classification of methods for assessing REL, including probability methods and modeling, is proposed. The use of these methods will improve the accuracy of calendar planning and minimize the risks associated with uncertainties in construction projects.

Ключевые слова: Организационно-технологическая надежность, календарное проектирование, вероятностные методы, классификация, сетевая модель, технология строительства, этап проектирования, экономические затраты.

Фактические условия и факторы часто препятствуют выполнению строительных работ в строгом соответствии с плановыми показателями, что в конечном итоге приводит к отклонениям фактических результатов от запланированных. Для минимизации этого расхождения требуется регулярный мониторинг и корректировка планов на основе ситуационного подхода. Введение гибкой системы корректировки календарных планов строительства становится актуальной задачей, поскольку от эффективности её реализации зависят не только экономические показатели проектов, но и сроки сдачи объектов.[1]

В этом контексте создание эффективной системы для обеспечения организационно-технологической надежности (ОТН) календарного планирования становится одной из важнейших научных задач. Актуальность этой темы обусловлена тем, что оптимизация подходов к календарному планированию способна значительно снизить трудозатраты, повысить качество работ и сократить сроки строительства. Учитывая, что каждый строительный проект сталкивается с рядом рисков и неопределенностей, необходимо разработать инструменты, которые позволят минимизировать влияние этих факторов на итоговые результаты строительства. [2-4]

Поэтому разработка эффективной системы обеспечения календарного планирования строительства является актуальной научной задачей, от решения которой во многом зависят как эффективность значительных вложений в проекты зданий, так и технико-экономические показатели построенных и введенных в эксплуатацию объектов. Таким образом, актуальность темы связано с тем, что оптимизация календарного

планирования при возведении зданий, позволит существенным образом снизить трудоемкость строительства, повысить качество конструктивно-технологических решений, улучшить стоимостные показатели и сроки строительства. [5]

Эффективность реализации строительных проектов напрямую зависит от точности и надежности календарного планирования. Это особенно важно, поскольку от точности прогнозов зависят не только затраты на возведение зданий, но и технические и экономические показатели объектов после их ввода в эксплуатацию. Оптимизация подходов к планированию позволяет улучшить стоимостные показатели, качество технологических решений и общие сроки завершения строительства. [6]

Организационно-технологическая надежность (ОТН) представляет собой способность различных управленческих, организационных и технологических решений обеспечивать достижение запланированных результатов в условиях непредвиденных изменений и случайных факторов.

Основой ОТН является вероятностно-статистический подход, учитывающий, что каждая человеко-машинная система, включая строительные процессы, обладает своим уровнем надежности. Этот уровень может меняться в зависимости от сложности системы. В последние годы наблюдается снижение ОТН, что подчеркивает важность разработки новых подходов к повышению надежности.

Проблема оценки и повышения организационно-технологической надежности (ОТН) строительства становится актуальной еще на этапе календарного планирования. На этом этапе

критически важно понимать, как планируемые решения и процессы могут повлиять на общую ОТН. Задача заключается в том, чтобы составить такие расписания выполнения строительных работ, которые соответствовали бы всем ограничивающим условиям, отраженным в технологических моделях объектов. Это подразумевает взаимосвязь процессов, сроки их выполнения, интенсивность ведения работ, а также рациональное распределение ресурсов. Таким образом, календарный план выполняет роль организационно-технологической модели всего строительного процесса, в которой описываются текущие организационные и технологические условия на объекте.

Для более глубокого понимания оценки и повышения ОТН были изучены современные публикации таких авторов, как Кабанов, Гусаков и Николаев. [7-10]

Анализ этих работ позволил выделить ключевые факторы, которые снижают ОТН, и предложить следующий алгоритм задач:

1. Определение комплекса наиболее значимых случайных факторов, влияющих на конкретный производственный процесс.
2. Определение метода статистического анализа для оценки каждого фактора.
3. Учет этих факторов при разработке математических моделей производственного процесса.
4. Разработка организационно-технологических решений и мероприятий, направленных на снижение или устранение воздействия этих факторов на производство строительных работ.

Анализ основных факторов, вызывающих случайные сбои и отказы в строительных системах, выявил несколько наиболее повторяющихся групп причин, характерных для различных производственных условий, отдельных строительных организаций или участков. Исследование этих причин является основой для разработки специальных организационно-технических мероприятий, направленных на их устранение или минимизацию их влияния на ОТН строительной системы.

Таким образом, анализ факторов, способствующих снижению ОТН, и разработка организационных мер для их нейтрализации играют важную роль в обеспечении успешного и надежного выполнения строительных проектов.

Для детальной проработки задач, связанных с оценкой и повышением организационно-технологической надежности (ОТН) календарного планирования, возникает необходимость в проведении классификации методов, которые могут быть использованы для этих целей. Такая классификация позволит не только структурировать существующие подходы, но и минимизировать дублирование при проведении дальнейших исследований. На текущий момент методы, используемые для оценки ОТН, либо устарели, либо не отражают полноту современных строительных процессов, что требует пересмотра и актуализации их классификации.

При этом стоит отметить, что многие методы оценки надежности были разработаны для систем с относительно предсказуемыми режимами работы, такими как радиоэлектроника или автоматизированные системы, где стохастические параметры имеют стабильные характеристики. Однако в строительстве, которое включает более сложные физические, организационные и технологические процессы, эти методы не всегда применимы. Особенно это касается таких отказов, как отклонения от проектных параметров или временные сбои, которые могут исправиться самостоятельно, в отличие от полных отказов системы. Для каждого типа отказа требуется различный подход, как в плане устранения, так и в оценке экономических последствий.

Сложность строительных процессов возрастает с увеличением числа задействованных элементов, таких как рабочие бригады, техника и поставщики. Согласно математической теории надежности, увеличение числа ненадежных элементов ведет к снижению общей надежности системы. В строительных проектах часто происходят частичные сбои, которые классические методы оценки надежности не всегда могут учесть. Это требует применения более адаптированных методов, учитывающих особенности строительных процессов и их вероятностные характеристики.

В связи с этим, актуализация классификации методов оценки ОТН становится важной задачей, так как правильное их структурирование обеспечит более точное прогнозирование и управление рисками при календарном планировании строительства.

Ввиду чего, на основе изученных публикаций [4-10] подготовлена классификация различных методов, применимых к объекту исследования.



Рисунок 1 – Классификация методов оценки организационно-технологической надежности календарного планирования

Метод вероятностной оценки тесно связан с рисками, что особенно актуально для строительной отрасли, где специфика продукции и сам производственный процесс подвержены значительным неопределенностям. Использование этого метода позволяет оценить вероятность завершения проекта в срок, принимая во внимание доступные ресурсы и возможные риски. Основой метода служат принципы теории вероятности, что делает его важным инструментом в управлении проектами.

Процедура вероятностной оценки начинается с идентификации возможных неопределенностей и рисков. Важно выявить факторы, которые могут повлиять на реализацию проекта, такие как изменение погодных условий, задержки поставок материалов или ошибки персонала, а также оценить вероятность их возникновения и потенциальные последствия для проекта.

Следующим шагом является разработка различных сценариев развития проекта: от оптимистичных до пессимистичных, с целью прогнозирования временных и ресурсных требований в каждом из них. Этот этап помогает лучше подготовиться к различным сценариям и адаптировать проект под изменяющиеся условия.

Применение статистических методов, таких как распределение вероятностей и анализ чувствительности, позволяет точнее оценить временные рамки и определить ключевые факторы, влияющие на успешность выполнения задач. Завершающий этап — моделирование, где симуляции выполняются с учетом всех выявленных рисков и неопределенностей, что помогает проектным менеджерам принимать более обоснованные решения.

Таким образом, метод вероятностной оценки позволяет более гибко управлять строительными проектами, учитывая специфические факторы и сложности отрасли.

В виду того, что преимуществом, именно, данного метода является выявление и полная детальная проработка всех возможных рисков, а также возможность построения сложных систем и детальный анализ их элементов, а недостатком является лишь его массивность, ввиду необходимости большого количества временных и денежных ресурсов для проведения исследований, данный метод будет рассмотреть более детально, с целью подготовки алгоритма позволяющего упростить рассматриваемые, путем применения вероятностного метода, системы.

Следующий метод — метод Монте-Карло. Этот подход применяется в тех случаях, когда параметры известны приблизительно или с определенной долей неопределенности. Суть метода заключается в генерации большого количества случайных значений для неизвестных параметров и проведении расчетов для каждого из них, что позволяет получить статистическое распределение результатов. Метод Монте-Карло часто используется в ситуациях, где требуется учет рисков и проведение количественного анализа, особенно в тех областях, где важны статистика и работа с большим объемом данных.

Анализ с использованием метода Монте-Карло основывается на моделировании возможных результатов с учетом факторов неопределенности. Каждый фактор заменяется диапазоном значений, описывающим распределение вероятностей. Это делает метод незаменимым при анализе проектов, где продолжительность работ носит случайный характер, поскольку он позволяет имитировать вероятностные процессы с использованием случайных чисел.

В строительных проектах этот метод применяется для многократного моделирования процессов, связанных с выполнением работ, что позволяет получить широкий диапазон значений продолжительности работ. Такой подход помогает

более точно оценить риски и разработать реалистичные временные рамки для выполнения задач, минимизируя вероятность отклонений от намеченного плана.

Следующий метод — метод прогнозирования отказов в организационно-технологической надежности (ОТН) строительства.

Этот метод основан на выявлении и анализе факторов, приводящих к сбоям или отказам в строительных процессах. В строительстве, в отличие от чисто технологических систем, отказами считаются как полные, так и частичные сбои, которые могут быть вызваны множеством факторов: погодными условиями, человеческим фактором, сбоями в поставках материалов, технологическими ошибками. Прогнозирование отказов позволяет учитывать такие случайные и вероятностные процессы, которые могут негативно повлиять на сроки и стоимость строительства.

Прогнозирование отказов требует проведения всестороннего анализа системы с целью определения наименее надежных участков. В строительстве это могут быть как технические узлы, так и организационные моменты, такие как недостаточная координация между участниками процесса. С помощью статистических методов и анализа прошлых данных можно создать математическую модель, которая прогнозирует вероятность сбоев на каждом этапе строительства.

Этот метод применяется для того, чтобы строить более надежные организационные системы, обеспечивающие успешное выполнение проектов в срок даже в условиях неопределенности. Важно не только выявить возможные причины отказов, но и определить пути их минимизации или устранения, чтобы система оставалась стабильной даже при наличии внешних воздействий.

Таким образом, метод прогнозирования отказов в ОТН позволяет повысить общую устойчивость строительных процессов и уменьшить вероятность серьезных сбоев, что способствует более эффективному и экономически выгодному выполнению проектов.

Метод симуляции и моделирования широко применяется для оценки организационно-технологической надежности (ОТН) в строительстве. Он заключается в построении виртуальной модели проекта, которая имитирует его выполнение с учетом различных факторов неопределенности и вероятностных рисков. Этот метод позволяет предсказать поведение системы в реальных условиях и понять, как случайные возмущения (например, изменения погодных условий, задержки поставок, сбои в оборудовании) могут повлиять на сроки и эффективность выполнения работ.

Основное преимущество метода симуляции заключается в возможности многократного проигрывания процесса с различными исходными данными, что дает возможность создать реалистичные сценарии развития проекта. Для этого применяются такие инструменты, как сетевая модель и анализ критического пути, которые

позволяют выявить наиболее уязвимые моменты проекта. Многократное моделирование помогает оценить временные и ресурсные затраты, а также вероятность завершения проекта в установленные сроки.

Метод симуляции особенно полезен в строительных проектах, где множество факторов может влиять на сроки и качество работ. Он позволяет учесть неопределенности и повысить точность прогнозов относительно сроков и стоимости. Использование моделирования снижает риск непредвиденных ситуаций и помогает своевременно корректировать планы для достижения заданных результатов.

Детальное рассмотрение данных методов позволит не только выявить перспективность теории надежности в календарном планировании, но и в дальнейшем, при совершенствовании подходов с практической точки зрения позволит минимизировать экономические и временные затраты на проведения строительно-монтажных работ.

Подготовленная работа представляет собой наукоемкую характеристику методик, существующих и ранее не классифицируемых под применение их на этапах календарного проектирования строительства. В работе приводится рассмотрение возможности классификации методов, уже существующих, по оценке организационно-технологической надежности на этапе календарного проектирования, а также является отправной точкой, для дальнейшего изучения каждого из методов, применимо непосредственно к календарному проектированию. Так, при дальнейшем рассмотрении вероятностного метода мы проанализируем его преимущества, повышающие эффективность в реальных условиях строительства на практическом примере стандартных сетевых моделей.

Литература:

1. Никоноров, С.В. Повышение организационно-технологической надежности строительства в современных условиях / С.В. Никоноров, А.А. Мельник // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». - 2019. - Т. 19, № 3. - С. 19-23. DOI: 10.14529/build190303.

2. Бурчик Владимир Владимирович, Кузьмич Наталья Павловна Повышение организационно-технологической надёжности строительного производства в контексте устойчивого развития строительных организаций // Организатор производства. 2015. №2 (65). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-organizatsionno-tehnologicheskoy-nadyozhnosti-stroitel'nogo-proizvodstva-v-kontekste-ustoychivogo-razvitiya-stroitelnyh> (дата обращения: 29.05.2024).

3. Мартыш А.А., Мартыш А.П., Павлов Ф.И., Полтавец М.А. Анализ организационно-технологической надежности на уровне определения временных параметров календарного плана // Вісник ПДАБА. 2019. №2 (251-252). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-organizatsionno-tehnologicheskoy-nadezhnosti-na-urovne-opredeleniya-vremennyh-parametrov-kalendar-nogo-plana> (дата обращения: 26.06.2024).

4. Жавнеров Павел Борисович, Гинзбург Александр Витальевич. Повышение организационно-технологической надежности строительства за счет структурных мероприятий // Вестник МГСУ. 2013. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-organizatsionno-tehnologicheskoy-nadezhnosti-stroitelstva-za-schet-strukturnykh-meropriyatiy-1> (дата обращения: 29.05.2024).

5. Симонова О. А. Оценка надежности календарного графика строительства моста [Электронный ресурс] / О. А. Симонова, О. А. Гнездилова // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2021. — №11. — Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/111-2021>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус. англ. (дата обращения: 11.06.2024).

6. Сират Джавед. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПОВЫШЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА // Инновационная наука. 2023. №2-1. URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-](https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-otsenka-povysheniya-organizatsionno-tehnologicheskoy-nadezhnosti-stroitelstva)

[otsenka-povysheniya-organizatsionno-tehnologicheskoy-nadezhnosti-stroitelstva](https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-povysheniya-organizatsionno-tehnologicheskoy-nadezhnosti-stroitelstva) (дата обращения: 24.06.2024).

7. Николаев Ю. Н. Организационно-технологическая надежность строительного производства. Учебное пособие. – Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2020. – 71 с.

8. Брайла Н.В. Современные проблемы строительной науки, техники и технологии / Н.В. Брайла, Ю.Г. Лазарев, М.А. Романович, Т.Л. Симанкина, А.В. Улыбин; СПбПУ. – СПб., 2017. – 141 с.

9. Макрушин Н.С., Разливаев Н.А., Панин В.А., Овсепян А.А., Глушков Г.М. Совершенствование организационно-технологической надежности и экологичности на основе BIM-технологий // Экономика строительства. 2023. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-organizatsionno-tehnologicheskoy-nadezhnosti-i-ekologichnosti-na-osnove-bim-tehnologii> (дата обращения: 26.06.2024).

10. Кабанов В.Н. Оценка надежности в строительстве // ИВД. 2018. №2 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-nadezhnosti-v-stroitelstve> (дата обращения: 01.07.2024).

ВЛИЯНИЕ ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Хорошилова Татьяна Николаевна

Эксперт по цифровизации цепочек поставок,

Российская Федерация, 308024 город Белгород улица 5 Августа, дом 20 А кв 48

THE IMPACT OF SUPPLY CHAINS ON THE ENVIRONMENT

Khoroshilova Tatiana Nikolaevna

Expert in digitalization of supply chains,

Russian Federation, 308024 city Belgorod street 5 August house 20 A apt 48

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.123.2096

АННОТАЦИЯ

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что во всем мире, наблюдается устойчивая тенденция повышения интереса к применению и развитию «зеленых» технологий в цепи поставок. Управление экологически чистыми («зелеными») цепочками поставок - важнейшая инновация, которая на сегодняшний день внедряется в организациях по всему миру с целью разработки стратегий достижения поставленных целей. Управление зелеными цепочками поставок (УЗЦП) обычно определяется как тип управления, который эффективно учитывает все экологические аспекты и утилизацию ресурсов. В данной статье проводится всесторонний анализ экологических и социальных аспектов глобальных цепочек поставок, с особым акцентом на индустрию моды. Исследование выявляет основные проблемы, связанные с загрязнением водных ресурсов, использованием не возобновляемых ресурсов и ухудшением условий труда, особенно для женщин в швейной промышленности. Статья подчеркивает необходимость комплексного подхода и сотрудничества всех участников цепочки поставок для эффективного управления экологическими аспектами, а также предлагает рекомендации по внедрению устойчивых технологий и улучшению условий труда

ABSTRACT

The relevance of the research topic is due to the fact that all over the world, there is a steady trend of increasing interest in the application and development of "green" technologies in the supply chain. The management of environmentally friendly ("green") supply chains is the most important innovation that is currently being implemented in organizations around the world in order to develop strategies to achieve their goals. Green Supply Chain management (USPC) is usually defined as a type of management that effectively takes into account all environmental aspects and resource utilization. This article provides a comprehensive analysis of the environmental and social aspects of global supply chains, with a special focus on the fashion industry. The study identifies the main problems associated with water pollution, the use of non-renewable resources and the deterioration of working conditions, especially for women in the garment industry. The article emphasizes the

need for an integrated approach and cooperation of all participants in the supply chain for effective management of environmental aspects, and also offers recommendations on the introduction of sustainable technologies and improvement of working conditions

Ключевые слова: управление зелеными цепочками поставок, экологические аспекты, устойчивое развитие, глобальные цепочки поставок, индустрия моды, экологическая ответственность, устойчивые технологии, условия труда, загрязнение окружающей среды.

Keywords: green supply chain management, environmental aspects, sustainable development, global supply chains, fashion industry, environmental responsibility, sustainable technologies, working conditions, environmental pollution.

В современной экономике повышенное внимание уделяется вопросам организации ресурсосберегающих и экологических производственных систем. При этом одной из приоритетных стратегических задач промышленных предприятий остается повышение ресурсной эффективности логистической системы, что определяет актуальность разработки механизма формирования организационно-управленческих решений по повышению эффективности цепи поставки и оптимизации ее структуры с учетом факторов энергосбережения и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

С 1960-х годов транснациональные корпорации активно ищут недорогих и способных поставщиков для максимизации своей прибыли и повышения производительности. Этот поиск осуществляется путем создания сложных цепочек поставок, которые связывают розничных продавцов и производителей с офшорными поставщиками, часто использующими дешёвую рабочую силу и материалы. Глобальные цепочки поставок охватывают международную обработку, переработку и распределение потребительского товаров, соединяя множество стран в процессе производства и дистрибуции. Однако, как отмечает, глобальные цепочки поставок не ограничиваются только потребительскими товарами, они также включают производство продуктов питания, колл-центры, бухгалтерию, исследования и разработки. Главная цель всех этих процессов остаётся неизменной: максимизация прибыли компаний и увеличение производительности в регионах с низкими затратами [3].

Компании и бренды, вовлеченные в глобальные цепочки поставок, часто сосредотачиваются исключительно на снижении стоимости продукции, таких как прямые затраты на материалы, рабочую силу и производство. В результате они игнорируют экологические внешние эффекты, возникающие из-за стремления к минимизации производственных расходов.

Производство одежды за последние 15 лет почти удвоилось, и более 300 миллионов человек заняты в этой сфере по всему миру. Модные компании становятся всё более зависимыми от внешних партнёров для производства своих товаров, включая использование сырья, которое добывается в удалённых местах и производится в других странах, где выполняются такие операции, как раскрой и окраска. Однако этот процесс сопровождается значительным загрязнением и

деградацией окружающей среды. Текстильные фабрики используют около 93 миллиардов кубических метров воды, что составляет 4% годового мирового потребления пресной воды. Это приводит к усилению водного стресса в таких странах, как Индия и Китай [8].

В 2017 году фонд Changing Markets опубликовал исследование по загрязнению в глобальной цепочке поставок текстиля. В отчёте были установлены прямые связи между крупными европейскими и североамериканскими брендами и загрязняющими фабриками [9]. Исследование показало экологические и последствия для здоровья людей, вызванные быстрорастущей индустрией вискозы. Вискоза, растительное волокно, стало популярным среди модных брендов и дизайнеров высокого класса, таких как Zara и H&M. Однако оно оказывает разрушительное воздействие на работников и жителей районов вокруг производителей. В исследовании было доказано, что производители вискозы сбрасывают необработанные сточные воды, загрязняя местные озёра и водоёмы. Более того, местные жители, выполняющие «грязную работу» для производителей, стирают вискозные изделия в близлежащей реке, подвергаясь прямому воздействию токсичных химических веществ. В результате загрязнение негативно сказывается на качестве жизни местных жителей, независимо от того, контактируют ли они напрямую с продуктами вискозы или живут вблизи загрязнённых рек и фабрик.

Развитые страны, особенно высокодоходные, добились значительного прогресса в улучшении качества воздуха. Однако многие развивающиеся страны не смогли достичь такого же прогресса. Одной из основных причин продолжающегося роста загрязнения воздуха в развивающихся странах является производство товаров на экспорт потребителям в развитых странах. Глобальные цепочки поставок и производители усугубляют экологическую деградацию в развивающихся странах, включая токсичные отходы, загрязнение воды, потерю биоразнообразия, вырубку лесов, повреждение экосистем и опасные выбросы в атмосферу [5]. Однако в текстильной промышленности наблюдается сдвиг в сторону устойчивых практик, что связано с растущим требованием к прозрачности в отношении экологических затрат. Государства, неправительственные организации и потребители оказывают давление на компании с целью раскрытия затрат на краски и другие химические

вещества, используемые в текстильной промышленности, и стимулируют участников цепочки поставок действовать ответственно.

Компании не берут на себя ответственность за нанесённый ими ущерб обществу и окружающей среде. Цепочки поставок и производители игнорируют стратегии «очистки после загрязнения», что приводит к увеличению экологических проблем. Ответственные экологические практики должны стать ключевым компонентом глобальных цепочек поставок, чтобы обеспечить, что местные районы не пострадают от деятельности производителей и поставщиков. Экологическая ответственность в контексте цепочек поставок требует совместных усилий всех участников: членов цепочки поставок, правительства и потребителей. Фабрики могут работать по более высоким стандартам, но это не гарантирует, что все бренды последуют их примеру. Некоторые компании выбирают между «высокой дорогой», предполагающей улучшение условий труда и экологического воздействия, и «низкой дорогой», включающей отказ от соблюдения социальных и экологических норм [2].

Глобальные цепочки поставок имеют значительные экологические последствия из-за своей природы. Индустрия моды является одной из крупнейших в мире, однако она также связана с одними из самых вредных производителей в глобальных цепочках поставок по уровню загрязнения. Поэтому необходимо усилить экологическую ответственность компаний и их производителей для снижения экологического следа. Локальные правительства и потребители уже предпринимают шаги по повышению прозрачности использования химических веществ в продукции. Однако многое ещё предстоит сделать для минимизации экологического воздействия глобальных цепочек поставок. Одним из значительных препятствий остаётся выбор между «высокой дорогой» и «низкой дорогой», при котором многие компании предпочитают вторую стратегию для сохранения конкурентоспособности. В результате компании, выбравшие низкую дорогу, продолжают пренебрегать экологическими обязанностями и увеличивают свой экологический след.

Таблица 1.

Сравнительный анализ выбросов CO₂ при различных схемах транспортировки [6].

Тип транспортировки	Выбросы CO ₂ (кг/10 км)
Автомобильный транспорт	10,9
Мультимодальная перевозка	1,3
Контрейлерная схема	1,3

Согласно опросу QSHE Global (2023), 82% компаний применяют принципы зеленой логистики для улучшения своего имиджа. Более 30% потребителей готовы доплачивать за экологичные товары и услуги, что подчеркивает растущий спрос на устойчивые продукты. В странах Юго-Восточной Азии, таких как Таиланд и Малайзия, доля готовых платить больше составляет 94% и

82% соответственно, что свидетельствует о высокой приверженности общества к экологическим стандартам.

Эффективность управления отходами является одним из важнейших факторов успешного внедрения УЗЦП. Таблица 2 иллюстрирует различия в методах утилизации отходов в России, США и Японии [7].

Таблица 2.

Методы утилизации отходов в России, США и Японии

Метод утилизации	Россия (%)	США (%)	Япония (%)
Сжигание	8	14	26
Захоронение	86	48	4
Рециклинг	6	38	70

В России преобладает метод захоронения отходов (86%), что наносит ущерб окружающей среде. В то же время, Япония демонстрирует высокий уровень рециклинга (70%), что свидетельствует о более продвинутых системах управления отходами. США находятся между двумя крайностями, с 48% отходов, захороняемых, и 38% перерабатываемых.

Исследование QSHE Global (2019) показало, что 82% компаний активно внедряют принципы УЗЦП для улучшения своего имиджа, а 30% готовы доплачивать за экологические технологии. В Японии 70% потребителей поддерживают надбавку

в 5% к цене за экологичность продукции, что демонстрирует высокий уровень принятия экологичных практик.

Исследование Cognizant 2023 года, включающее 3 000 руководителей, из которых 204 из региона DACH, показывает, что расходы на устойчивость, как ожидается, вырастут в среднем на почти 11% ежегодно в период с 2022 по 2025 год и почти на 13% с 2025 по 2030 год. Это увеличение инвестиций отражает растущий приоритет устойчивости для компаний региона DACH, особенно в производственных секторах, где акцент смещается от добровольных, «базовых» усилий к

более сложным, основанным на данных подходам [9].

Для многих компаний целью является сокращение выбросов Score 3, которые включают все выбросы по всей цепочке поставок, от добычи сырья до утилизации продукта. Амбициозные цели, такие как сокращение выбросов цепочки поставок на 50% к 2030 году, требуют детальных и точных данных о каждом продукте, услуге и используемом материале.

Достижение этих целей потребует значительного внедрения технологий. Такие инструменты, как облачные вычисления, Интернет вещей (IoT) и аналитика на основе искусственного интеллекта (AI), будут необходимы для сбора и анализа детализированных данных, необходимых для отслеживания экологических воздействий. Однако существует проблема: регион сталкивается с нехваткой специалистов с необходимыми цифровыми навыками. Это, вероятно, будет препятствовать способности

Для эффективного управления цепочками поставок с учетом экологических аспектов необходимо снижение потребления энергии и использование возобновляемых источников энергии на всех этапах производственного цикла. Переход на экологически чистые материалы и уменьшение потребления невозобновляемых ресурсов. Создание инфраструктуры для эффективного управления отходами, включая раздельный сбор, переработку и повторное использование материалов. Проведение образовательных кампаний и продвижение экологических продуктов для повышения спроса на устойчивые товары. Совместная работа с поставщиками для достижения общих экологических целей и внедрения устойчивых практик на всех этапах цепочки поставок.

Разные страны демонстрируют различные уровни внедрения УЗЦП, что обусловлено наличием

Таблица 3.

Уровень внедрения УЗЦП в различных странах

Страна	Уровень внедрения УЗЦП (%)	Основные практики
Германия	70	Рециклинг, зеленая транспортировка
Япония	65	Эко-дизайн, энергоэффективные технологии
США	50	Раздельный сбор отходов, зеленое производство
Россия	20	Захоронение отходов, начало рециклинга
Корея	55	Зеленая логистика, устойчивое производство
Малайзия	40	Оптимизация маршрутов, использование зеленых материалов

Германия и Япония лидируют в области внедрения УЗЦП, демонстрируя высокий уровень рециклинга и использование энергоэффективных технологий. В США активны практики раздельного сбора отходов и зеленого производства, тогда как Россия находится на начальных этапах внедрения, с преобладанием захоронения отходов и постепенным началом рециклинга.

Toyota активно внедряет принципы УЗЦП, фокусируясь на снижении выбросов углерода и повышении энергоэффективности. Компания использует передовые технологии в производстве автомобилей, что позволяет значительно сократить выбросы CO₂ и улучшить экологические показатели [8].

Unilever разработала комплексную стратегию устойчивого развития, включающую УЗЦП. Компания активно работает над сокращением потребления воды и энергии, оптимизацией транспортных маршрутов и повышением уровня рециклинга отходов. Эти меры позволяют Unilever не только улучшать экологические показатели, но и повышать эффективность бизнеса.

В России с 1 января 2019 года вступил в силу закон о раздельном сборе мусора, что стало первым шагом к повышению уровня рециклинга. Однако для достижения значительных результатов требуется дальнейшее развитие инфраструктуры и повышение осведомленности населения о важности экологического управления отходами.

Внедрение УЗЦП тесно связано с концепцией корпоративной социальной ответственности

(КСО). Компании, которые активно работают над экологическими аспектами своей деятельности, не только улучшают свой имидж, но и способствуют устойчивому развитию общества. Это привлекает инвестиции, повышает лояльность потребителей и укрепляет позиции на рынке.

Цепочки поставок оказывают значительное влияние на окружающую среду, и их экологическое управление становится неотъемлемой частью устойчивого развития бизнеса. Внедрение зеленых технологий и принципов УЗЦП позволяет компаниям снижать выбросы парниковых газов, улучшать управление ресурсами и отходами, а также повышать свою конкурентоспособность. Однако для успешного внедрения этих практик необходимо преодолеть существующие проблемы, такие как высокие издержки, недостаточная заинтересованность общества и отсутствие развитой инфраструктуры. Только комплексный подход и сотрудничество всех участников цепочки поставок могут обеспечить устойчивое и экологически ответственное развитие бизнеса [5].

Переход к водному и железнодорожному транспорту требует значительных финансовых вложений в развитие соответствующей инфраструктуры. Водный и железнодорожный транспорт наиболее эффективны для массовых грузов с низкой стоимостью.

Повсеместное применение и увеличение стандартизации палет и контейнеров облегчают процесс мультимодальных перевозок, сокращая время и затраты на погрузочно-разгрузочные

работы. Построение внутренних портов, соединяющих водные пути с автомобильными и железнодорожными сетями, а также развитие терминалов для паромов, способствуют упрощению перехода грузов между видами транспорта.

СПГ характеризуется меньшим объемом выбросов загрязняющих веществ по сравнению с традиционными углеводородными видами топлива. Водородное топливо, особенно в виде топливных элементов, предлагает значительное сокращение выбросов CO₂. Однако для его массового внедрения требуется обеспечение стабильного и возобновляемого производства водорода, а также создание сети заправочных станций [4].

Внедрение современных информационных систем позволяет в режиме реального времени отслеживать состояние транспортных средств, оптимизировать маршруты и снижать расход топлива.

Сокращение расстояний транспортировки за счет сотрудничества с местными поставщиками позволяет снизить выбросы и затраты на транспорт. Перенос производства ближе к конечному потребителю способствует уменьшению объемов перевозок, сокращению времени доставки и снижению затрат на транспортировку.

Тесное сотрудничество с государственными органами, частными инвесторами и другими участниками цепочек поставок позволяет

разрабатывать и внедрять комплексные стратегии по повышению экологической устойчивости. Государственные инициативы, такие как субсидии и налоговые льготы для компаний, внедряющих зеленые технологии, способствуют ускорению процесса перехода к экологически чистым транспортным решениям.

Риск технологического устаревания приобретает все более значимое значение в качестве барьера для организаций, стремящихся интегрировать экологически устойчивые технологии в свои цепочки поставок и операционные процессы. Это явление обусловлено высокой скоростью технологического прогресса, при которой новые инновационные решения способны оперативно выводить существующие технологии из эксплуатации. Для снижения рисков, связанных с технологическим устареванием, компаниям необходимо осуществлять всестороннюю оценку потенциала и долгосрочной жизнеспособности технологий перед их внедрением. Данный процесс включает в себя анализ не только текущих характеристик технологий, но и их способности адаптироваться к будущим изменениям и требованиям рынка. Ключевые аспекты такой оценки представлены на рисунке 1.

Программы обучения водителей методам экономии топлива и снижению выбросов загрязняющих веществ способствуют достижению экологических целей.

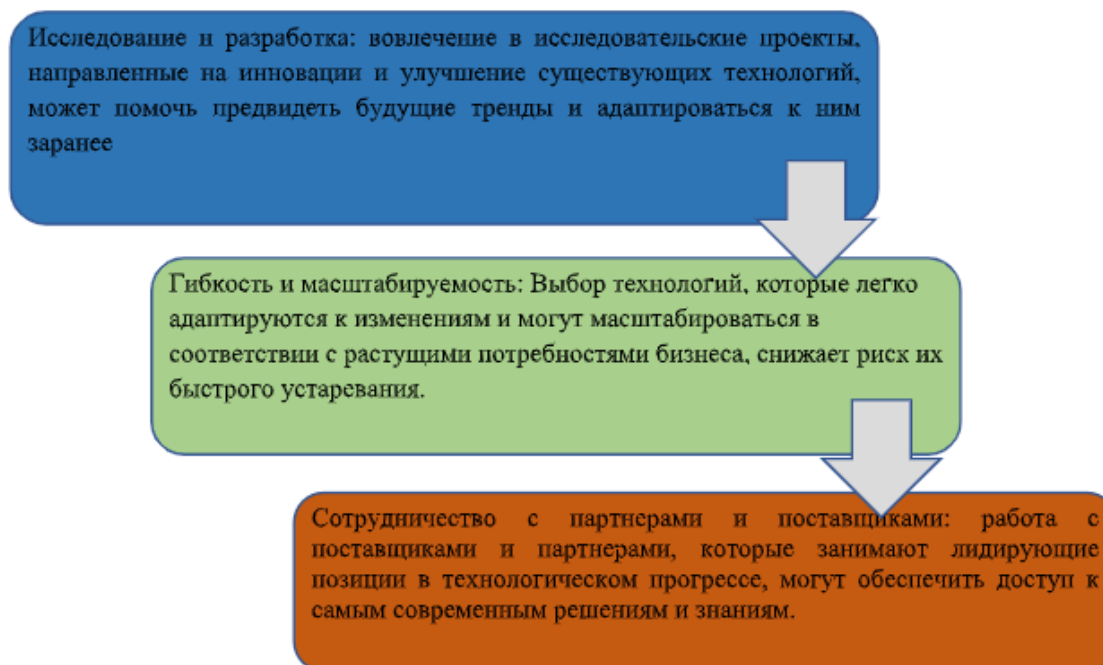


Рис. 1. Оценка потенциала и долгосрочной жизнеспособности технологий

Организация семинаров и тренингов для сотрудников компаний по вопросам устойчивого управления цепочками поставок способствует формированию экологической культуры внутри организации [1].

Оптимизация цепи поставки позволяет оценить совокупную стоимость транспортной

системы при полном и частичном уровне интеграции, и выявить экономичный вариант построения «замкнутой» цепи поставки, когда предприятие использует утилизируемые материалы и компоненты готовой продукции для повторного производства. Однако следует отметить, что набор альтернативных вариантов

цепи поставки ограничен возможностями предприятия, накопленным опытом, контактами и т.п. В результате, принятое решение может оказаться не лучшим при более широком (объективном) рассмотрении. Описание возможных вариантов цепи поставки и выбор из них наиболее рациональных является наиболее сложным моментом построения оптимальной цепи.

Список литературы

- 1.Цховребов Э.С., Ниязгулов У.Д., Шканов С.И. Обоснование формирования стратегии обращения с вторичными ресурсами на железнодорожном транспорте // Железнодорожный транспорт. 2020. № 5. С. 53–58.
- 2.Курбатова Е.С. Значение возвратной логистики товаров и упаковки в системе управления отходами // Логистика. 2021. № 2 (171). С. 28–31.
- 3.Цяо Ц. Формирование зелёных цепей поставок в условиях неопределенности (на примере направления Чунцин-Екатеринбург): спец. 05.22.01 "Транспортные и транспортно-технологические системы страны": дис. ... канд. техн. наук / Ц. Цяо; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. - Екатеринбург, 2016. - 144 с.
- 4.Елизарова Ю.С. Применение эко-технологий в процессе управления цепями поставок / Ю.С. Елизарова, Я.С. Разумовская // Молодой ученый. - 2016. - № 29 (133). - С. 491-493.
- 5.Кеся А. "Зеленые" технологии в логистической деятельности / А. Кеся, О. С. Медведева // Инновационная экономика и современный менеджмент. - 2021. - № 3(34). [Электронный ресурс]. - URL: item.asp?id=45783675
- 6.Александрова Л.Ю., Калинина Г.В., Мунши А.Ю., Александрова О.С., Мунши Ш.М. Основные подходы к решению проблем зеленой логистики // Вопросы инновационной экономики. - 2022. - Том 12. - № 3. - С. 1803-1816.
- 7.Гавриленко А.А. Развитие устойчивой логистики и экологическая ответственность компаний в мире // Вестник науки. - 2023. - Том 4. - № 4. - С. 29-37.
- 8.Hezam, I. M., Ali, A. M., Sallam, K., & others. (2024). Digital twin and fuzzy framework for supply chain sustainability risk assessment and management in supplier selection. *Scientific Reports*, 14, 17718. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67226-z>
- 9.Najjar, M., Yasin, M. M., Zorzini Bell, M., & Bell, D. (2024). Investigating social sustainability practices in global supply networks: A fuzzy-set qualitative comparative analysis. *Journal of Cleaner Production*, 447, 141590. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141590>

Евразийский Союз Ученых.

Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал

№ 08 (123)/2024 Том 1

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Штерензон Вера Анатольевна

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

Синьковский Антон Владимирович

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

Штерензон Владимир Александрович

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

Зыков Сергей Арленович

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

Дронсейко Виталий Витальевич

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А
E-mail: info@euroasia-science.ru ;
www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель ООО «Логика+»
Тираж 1000 экз.