



## Уважаемые читатели и авторы!

Редакция журнала «Цифровая трансформация», совместно с некоммерческим фондом «Наука вокруг нас», объявляет конкурс на лучшую научную статью. Его цель – повысить доступность получения качественной научной информации о процессах цифровой трансформации в экономике и сфере образования для массовой аудитории. По его результатам будут отобраны два автора лучших работ, которые получают приз.

К участию принимаются работы, опубликованные в выпусках за 2-4 кварталы 2019 г. и 1-3 кварталы 2020 гг. Подробная информация – на сайте [dt.giac.by](http://dt.giac.by) и в официальных соцсетях журнала.

Напоминаем, что редакция журнала всегда открыта для сотрудничества и приглашает к публикации учёных, педагогов, аспирантов и практикующих специалистов в образовательной, технической и экономической сферах. Плата за размещение статьи в выпуске не взимается.

Журнал «Цифровая трансформация» включен приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь в перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (направление «информатика, вычислительная техника и управление») и экономическим наукам. Также журнал индексируется в базах Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), Directory of Open Access Journals (DOAJ), EconPapers.

С электронной версией журнала, редакционной политикой и правилами для авторов можно ознакомиться на сайте [dt.giac.by](http://dt.giac.by). Текст научной статьи для публикации можно подать с помощью специальной формы на сайте журнала или отправить его на электронный адрес [journal@unibel.by](mailto:journal@unibel.by). Получение бумажной версию журнала «Цифровая трансформация» доступно через оформление подписки на квартал, полугодие или год по следующим индексам: 75057 – для индивидуальных подписчиков, 750572 – для ведомственных.

Редакция журнала «Цифровая трансформация»



# ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ

научно-практический журнал

*Выходит ежеквартально*

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Главный редактор – В. А. Богуш**, д. ф.-м. н., ректор БГУИР, Минск, Беларусь

**В. Г. Сафонов**, д. ф.-м. н., проректор по научной работе, БГУ, Минск, Беларусь

**М. М. Ковалев**, д. ф.-м. н., профессор кафедры аналитической экономики и эконометрики, БГУ, Минск, Беларусь

**Т. В. Борботько**, д. т. н., заведующий кафедрой защиты информации, БГУИР, Минск, Беларусь

**А. Н. Курбацкий**, д. т. н., заведующий кафедрой технологий программирования, БГУ, Минск, Беларусь

**С. Ф. Миксюк**, д. э. н., профессор кафедры прикладной математики и экономической кибернетики, БГЭУ, Минск, Беларусь

**Г. О. Читая**, д. э. н., заведующий кафедрой прикладной математики и экономической кибернетики, БГЭУ, Минск, Беларусь

**А. В. Бондарь**, д. э. н., заведующий кафедрой экономической политики, БГЭУ, Минск, Беларусь

**Д. В. Косяков**, заместитель директора по развитию, научный сотрудник лаборатории наукометрии, ГПНТБ СО РАН, Новосибирск, Россия; научный сотрудник информационно-аналитического центра, ИНГГ СО РАН, Новосибирск, Россия

**Энрике Ордуна-Мале**, д. филос. н. (библиотечные и информационные науки), доцент, Политехнический университет Валенсии, Валенсия, Испания

**В. В. Глухов**, д. э. н., профессор, руководитель административного аппарата ректора, ФГАОУ ВО СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия

**В. А. Плотников**, д. э. н., профессор кафедры общей экономической теории и истории экономической мысли, СПбГЭУ, Санкт-Петербург, Россия

**Г. Г. Малинецкий**, д. ф.-м. н., профессор, заведующий отделом математического моделирования нелинейных процессов, ИПМ РАН, Москва, Россия

**Гинтаутас Дземида**, д. т. н., профессор, действительный член Академии наук Литвы, директор, Институт науки о данных и цифровых технологий Вильнюсского университета, Вильнюс, Литва

**Учредитель и издатель:** учреждение «Главный информационно-аналитический центр Министерства образования Республики Беларусь»

Издается с IV квартала 1995 г.

Ранее издание выходило под названием «Информатизация образования» (переименовано в 2017 г.).

Свидетельство о регистрации № 662 выдано 27.09.2017 г.

Министерством информации Республики Беларусь.

Все научные статьи проходят рецензирование.

**Приказом ВАК Республики Беларусь от 5 июля 2018 г. №168 журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований.**

Издание входит в базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ).

## Подписные индексы:

75057 — для индивидуальных подписчиков, 750572 — для ведомственных подписчиков.

Редакторы: К. П. Атрашкевич, Д. П. Свяцкая.

Корректор: К. П. Атрашкевич.

Макет и верстка: Д. П. Свяцкая.

Адрес редакции: г. Минск, ул. Казинца, д. 4. Тел. +375 (17) 294-15-94. E-mail: journal@unibel.by.  
<http://dt.giac.by>

Издается при поддержке некоммерческого фонда "Наука вокруг нас"

Подписано в печать 24.06.2020. Бумага мелованная. Печать офсетная.

Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 7,91. Тираж 300 экз. Заказ № 855

Отпечатано в унитарном предприятии «Типография ФПБ», ЛП 02330/54 от 12.08.2013 г., г. Минск, пл. Свободы, 23-103.

© Цифровая трансформация, 2020



# DIGITAL TRANSFORMATION

## Scientific and Practical Journal

*Publication frequency — quarterly*

### EDITORIAL BOARD

**Editor-in-chief – V. A. Bogush**, Doctor of Science (Physics and Mathematics), Rector of the BSUIR, Minsk, Belarus

**V. G. Safonov**, Doctor of Science (Physics and Mathematics), Vice-rector for Science, BSU, Minsk, Belarus

**M. M. Kovalev**, Doctor of Science (Physics and Mathematics), Professor of the Department of Analytical Economics and Econometrics, BSU, Minsk, Belarus

**T. V. Borbotko**, Doctor of Science (Technology), Head of the Department of Information Security, BSUIR, Minsk, Belarus

**A. N. Kurbackij**, Doctor of Science (Technology), Head of the Department of Programming Technologies, BSU, Minsk, Belarus

**S. F. Miksyuk**, Doctor of Science (Economics), Professor of the Department of Applied Mathematics and Economic Cybernetics, BSEU, Minsk, Belarus

**G. O. Chitaya**, Doctor of Science (Economics), Head of the Department of Applied Mathematics and Economic Cybernetics, BSEU, Minsk, Belarus

**A. V. Bondar**, Doctor of Science (Economics), Head of the Department of Economic Policy, BSEU, Minsk, Belarus

**D. V. Kosyakov**, Deputy Director, Researcher of the Laboratory of Scientometrics, SPSTL SB RAS, Novosibirsk, Russia; Researcher of Information and Analytical Centre, IPGG SB RAS, Novosibirsk, Russia

**Enrique Orduña-Malea**, PhD in Library & Information Science, Assistant Professor, Polytechnic University of Valencia, Valencia, Spain

**V. V. Glukhov**, Doctor of Science (Economics), Professor, SPbPU, Saint Petersburg, Russia

**V. A. Plotnikov**, Doctor of Science (Economics), Professor, SPbSUE, Saint Petersburg, Russia

**G. G. Malinetskiy**, Doctor of Science (Physics and Mathematics), Professor, Head of the Department of Mathematical Modeling of Nonlinear Processes, Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Gintautas Dzemyda**, Prof. Dr. Habil. (Technology), Full member of the Lithuanian Academy of Sciences, Director, Institute of Data Science and Digital Technologies, Vilnius University, Vilnius, Lithuania

**Founder and publisher:** Establishment "The Main Information and Analytical Center of the Ministry of Education of the Republic of Belarus".

The journal has been published since fourth quarter of 1995.

The publication previously came out under the title "Informatization of Education" (renamed in 2017).

All scientific articles are peer reviewed.

**The journal is included in the List of Scientific Publications of the Republic of Belarus for publication of the results of dissertation research and in the database "Russian Index of Scientific Citation".**

Editors: K. P. Atrashkevich, V. A. Kovalyova, D. P. Svyatskaya.

Corrector: K. P. Atrashkevich.

Layout: D. P. Svyatskaya.

Address of editorial office: 4 Kazinca Str., 220099 Minsk, Republic of Belarus.

Phone: +375 (17) 294-15-94.

E-mail: journal@unibel.by.

<http://dt.giac.by>

Published with the support of the non-profit Science Around Us Foundation

© Digital Transformation, 2020



# СОДЕРЖАНИЕ

№ 2 (11), июнь, 2020

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

- 5** Платформенные решения для цифровой трансформации производственно-логистических систем  
**Автор:** О. В. Мясникова
- 16** Китайский опыт развития цифровой экономики  
**Авторы:** М. М. Ковалев, Хэ Яньхай
- 23** Платформенная экономика как результат кооперации накопленного опыта прошлых поколений и цифровых технологий на примере потребительского сектора экономики  
**Автор:** С. Р. Макоев
- 33** Онлайн-порталы вакансий: перспективы использования в практике регулирования рынка труда Республики Беларусь  
**Автор:** Е. В. Ванкевич, О. В. Зайцева

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- 43** Использование стеков для сегментации изображений на основе выращивания областей  
**Авторы:** В. Ю. Цветков
- 51** Пределы и риски цифровой трансформации  
**Авторы:** Т. С. Ахромеева, Г. Г. Малинецкий, С. А. Посашков
- 58** Автоматическая колоризация изображений на основе свёрточных нейронных сетей  
**Авторы:** Л. В. Серебряная, В. В. Потараев

# CONTENTS

No 2 (11), June, 2020

## ECONOMIC SCIENCES

- 5** Platform Solutions for Digital Transformation of Production and Logistics Systems  
**Author:** O. V. Miasnikova
- 16** Chinese Experience of the Development of the Digital Economy  
**Authors:** M. M. Kovalev, He Yanhai
- 23** The Platform Economy as a Result of Cooperation Between the Accumulated Experience of Past generations and Digital Technologies on the Example of the Consumer Sector of the Economy.  
**Author:** S. R. Makoev
- 33** Online Job portals: the Future of Labor Market Regulation in the Republic of Belarus  
**Author:** E. V. Vankevich, O. V. Zaitseva

## TECHNICAL SCIENCES

- 43** Using Stacks for Image Segmentation based on Region Growing  
**Author:** V. Yu. Tsviatkou
- 51** Limits and Risks of Digital Transformation  
**Authors:** T. S. Akhromeeva, G. G. Malinetskiy, S. A. Posashkov
- 58** Automatic Image Colorization Based on Convolutional Neural Networks  
**Authors:** L. V. Serebryanaya, V. V. Potaraev

## Платформенные решения для цифровой трансформации производственно-логистических систем

**О. В. Мясникова**, к. э. н., доцент, доцент кафедры логистики

E-mail: miasnikovaov1@gmail.com

ORCID ID: 0000-0001-9846-285X

Институт бизнеса Белорусского государственного университета,  
ул. Обойная, д. 7, 220004, г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Работа посвящена проблеме использования платформенных решений для цифровой трансформации производственно-логистических систем. Целью данной статьи выступила разработка подходов к формированию и наполнению сервисами цифровых платформ. Определены роль и место цифровых платформ при переходе промышленных предприятий к работе по моделям «производство как услуга», «совместное использование» циркулярной экономики, интегрированного исполнения международными звеньями географически распределенного бизнес-процесса. Выявлена необходимость решения проблем кооперации производственных и логистических звеньев на базе цифровых платформ.

В отличие от существующих исследований в статье решаются методологические вопросы проектирования функционала цифровых платформ для решения логистических проблем бизнеса, кооперации и координации участников цифровых платформ. В работе использованы общенаучные методы познания экономических явлений и процессов (анализ и синтез, системный подход, диалектический метод и т.д.). Основными результатами исследования стали методические подходы к формированию цифровой платформы как экосистемы, проектированию ее функциональной составляющей. Автором предложены методические подходы к проектированию сервисов на основе непрерывного инжиниринга и гибкого (Agile) проектирования. Область применения предлагаемых решений: проектирование прикладных цифровых платформ и системы логистического сервиса отдельных производственно-логистических систем.

**Ключевые слова:** производственно-логистические системы, цифровая трансформация, цифровые платформы, проектирование, сервисы

**Для цитирования:** Мясникова, О. В. Платформенные решения для цифровой трансформации производственно-логистических систем/ О. В. Мясникова// Цифровая трансформация. – 2020. – № 2 (11). – С. 5–15. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-5-15>



© Цифровая трансформация, 2020

## Platform Solutions for Digital Transformation of Production and Logistics Systems

**O. V. Miasnikova**, Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Logistics

E-mail: miasnikovaov1@gmail.com

ORCID ID: 0000-0001-9846-285X

School of Business of Belarusian State University, 7 Oboynaya Str.,  
220004 Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The work is devoted to the problem of platform solutions using for the digital transformation of production and logistics systems. The purpose of this article was a development of approaches to the services formation and filling of the digital platforms. The role and place of digital platforms in the transition of industrial enterprises to work on the models of “manufacturing as a service”, “sharing using” of a circular economy, integrated execution by an international supply chain links of a geographically distributed business process are determined. The need for solving the problems of cooperation between production and logistics links based on digital platforms has been identified. In contrast to the existing researches, the article addressed the methodological issues of designing the digital platforms functionality to solve the logistic problems of business, cooperation and coordination of participants in digital platforms. In the work, general scientific methods were used to cognize economic phenomena and processes (analysis and synthesis, a systematic approach, the dialectical method, etc.). The main study results were methodological approaches to the formation of a digital platform as an ecosystem; designing its functional component. The author offered methodological approaches to services designing based on continuous engineering and agile design. The using area of the proposed solutions: the design of applied digital platforms and logistics service systems for certain production and logistics systems.

**Key words:** production and logistics systems, digital transformation, digital platforms, designing, services

**For citation:** Miasnikova O. V. Platform Solutions for Digital Transformation of Production and Logistics Systems. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2020, 2 (11), pp. 5–15 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-5-15>

© Digital Transformation, 2020

**Введение.** В условиях четвертой промышленной революции для создания конкурентных преимуществ на динамично меняющихся рынках за счет кастомизации сервиса, минимизации издержек, повышения надежности, гибкости и устойчивости требуется цифровая трансформация бизнеса. Проникновение цифровых технологий в экономические отношения товаропроизводителей приводит к появлению цифровых платформ (digital platform) (ЦП) – интегрированных информационных систем, обеспечивающих многосторонние взаимодействия пользователей по обмену информацией и ценностями [1]. Исследователи определяют переход к платформенным решениям как последствие технологической революции (В. Н. Княгинин и др., 2017 [2]). Платформенные решения обеспечивают работу по бизнес-моделям циркулярной экономики [3, 4]. ЦП служат для обмена и совместного использования товаров (Sharing platforms), обеспечивают их продвижение, взаимодействие между собственником и пользователями продукта (C2C, B2C и B2B сегменты), повышая уровень его использования.

Наиболее распространены ЦП на рынках, характеризующихся тесным взаимодействием поставщиков и потребителей: в ритейле, сферах финансовых услуг, потребительских товаров и услуг, где платформенные решения активно развиваются с начала 2010-х годов.

Вместе с тем, ЦП в сегменте B2B находятся на начальной стадии развития, что мы связываем с отсутствием единых стандартов и бизнес-процессов производственной и логистической деятельности, интероперабельности в информационных системах различных компаний и нерешенностью ряда методических проблем. Прежде всего, в области перемещения материальных потоков между участниками, в том числе в международном сообщении, что связано со следующими факторами: переход от обмена бумажными документами к обмену юридически значимыми данными; управление ходом перевозки и взаимодействие участников перевозочного процесса в режиме реального времени; переход от конкуренции к выстраиванию экосистем участников перевозочного процесса как сообщества взаимодействующих и взаимно дополняющих хозяйствующих субъектов и регуляторов.

Все еще не решенными остаются вопросы функционала ЦП для решения логистических проблем бизнеса, кооперации и координации участников ЦП, что и вызывает необходимость исследований и разработок в этой области. Целью данной статьи выступила разработка подходов к формированию и наполнению сервисами цифровых платформ.

#### **Основной текст.**

**Цифровая платформа в решении задач цифровой трансформации бизнеса.** Анализ литературных источников позволяет говорить, что понятие «цифровая платформа» (digital platform) используется как для названия посреднического института нового формата, бизнес-модели цифровой экономики, виртуальной торговой площадки, организации, которая является ее оператором, общности пользователей площадки, так и для совокупности инфраструктур, обеспечивающих ее функционирование (программный, аппаратный и сетевой комплексы). Само понятие ЦП еще окончательно не сложилось и рассматривается либо с позиции информационно-коммуникационного (а), либо с экономико-организационного (б), либо с технического подходов (в):

(а) ЦП – интегрированная информационная система, обеспечивающая многосторонние взаимодействия пользователей по обмену информацией и ценностями, приводящие к снижению общих транзакционных издержек, оптимизации бизнес-процессов, повышению эффективности цепочки поставок товаров и услуг [1].

(б) ЦП – это система алгоритмизированных взаимовыгодных взаимоотношений значимого количества независимых участников отрасли экономики (или сферы деятельности), осуществляемых в единой информационной среде, приводящая к снижению транзакционных издержек за счёт применения пакета цифровых технологий работы с данными и изменения системы разделения труда [5-7].

(в) ЦП – «комплексный набор компонентов, который обеспечивает реализацию намеченных моделей использования, позволяет расширять существующие рынки и создавать новые, а также приносит пользователям гораздо больше преимуществ, чем простая сумма составных частей. Платформа включает аппаратное, программное обеспечение и услуги» [8].

В научной литературе достаточно подробно описаны сущностные характеристики и уникальные особенности цифровых платформ, тенденции развития платформенных компаний [9] (Гелисханов И.З., Юдина Т.Н., Бабкин А.В., 2018), раскрыто значение ЦП как важнейшего элемента цифровой экономики [10] (Зеневич А.М., Пунчик З.В., 2019), разработана типизация ЦП [7] (Ростелеком).

Ролевые функции типов участников ЦП (конечных пользователей, провайдеров платформ, которые облегчают доступ пользователей к дополнениям, комплементоров – разработчиков ядра и периферийных элементов ЦП) и связанные с ними решения по открытости и поощрению участия в ней раскрыты в работе [12] (Т. Айзенман и др., 2006).

Инструменты и структурные элементы ЦП с технических позиций раскрывает статья [8]. Так, для работы ЦП необходим единый набор компонентов: аппаратное обеспечение (процессоры, наборы микросхем, телекоммуникационное оборудование, память, системные платы и т. д.), ПО (операционные системы, прикладные программы, встроенное ПО и компиляторы); технологии (например, Hyper-Threading (HT), Intel Virtualization, Intel I/O Acceleration (Intel I/OAT), Intel Active Management (Intel AMT); инициативы и стандарты (Wi-Fi, WiMAX, программа проверки точек беспроводного доступа и т. п.). Также необходимы правила (стандарты, протоколы, политики и контракты с правами и обязанностями), средства разработки, маркетинговые инициативы и соответствующая инфраструктура, использование которых обеспечивает членов экосистемы возможностями оказывать услуги: распространение цифровой информации, телекоммуникационные услуги, услуги управления системами.

Разработка ЦП на национальном уровне происходит и в цифровом пространстве ЕАЭС. Так, в логистике создается экосистема цифровых транспортных коридоров (ЦТК) – комплекс технологий, методов и алгоритмов унификации и оптимизации информационного взаимодействия участников и систем транспортного комплекса государств-членов ЕАЭС. Разработан проект Концепции экосистемы цифровых транспортных коридоров Евразийского экономического союза [12]. В Республике Беларусь объявлено о создании концепции Национальной системы электронной логистики (НСЭЛ), разработку которой выполнял НИРУП «Институт прикладных программных систем» [13].

Следует согласиться с В. Месропяном, что ЦП стали обладать рыночной властью за счет проникновения в традиционный бизнес посредников: операторов платформы, облаков, технических решений. Так, владельцы ЦП наращивают свое влияние и начинают контролировать цепочки поставок, получают дополнительные рычаги контроля над ценообразованием и могут влиять на соотношение спроса и предложения за счет создания искусственной асимметрии информации [14]. Традиционный бизнес получает очевидные преимущества от использования ЦП, но рискует потерять контроль над ним, попадая в зависимость от владельцев цифровых платформ. В этой связи ключевая задача государства – найти управленческий баланс между эффективным стимулированием развития национальных ЦП и регулированием их деятельности в интересах всех групп пользователей, дабы не допустить цифровой монополизации рынков.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что ЦП создаются из отдельных модулей и приложений различных поставщиков благодаря их конструктивной и цифровой совместимости, а доступ покупателя к ним идет через посредника – держателя цифровой платформы. Цифровая экономика второго поколения становится «дата-центричной». Данные перемещаются в цифровые облака, а каналом их обращения становится Интернет. Формирование ЦП, интегрирующих данные, и разработка обрабатывающих эти данные программных приложений становится ключевым механизмом управления всеми технологическими процессами.

**Цифровая трансформация производственно-логистических систем.** Проведенные нами исследования позволили сформулировать следующее определение. **Производственно-логистическая система (ПЛС)** – это сложная, динамичная, экономическая, открытая, адаптивная система с обратной связью, состоящая из относительно устойчивой совокупности звеньев цепи создания ценности, взаимосвязанных в пределах цикла производства в едином процессе управления материальными, сервисными и сопутствующими им потоками, обеспечивающие придание им количественных параметров и качественных характеристик в соответствии с требованиями внешней среды.

Цифровая трансформация данной системы приводит к таким изменениям, где бизнес-модели, жизненные циклы и бизнес-процессы построены на первичности цифрового представления ее

основных продуктов и услуг. ЦТ осуществляется за счет освоения комплекса цифровых технологий по всей цепочке создания продукта.

Цифровые технологии трансформируют то, что, где и как продукты спроектированы, изготовлены, собраны, распределены, потребляются, обслуживаются после покупки и повторно используются, то есть технологии влияют и изменяют все производственные процессы в ПЛС. Система, как совокупность взаимодействующих звеньев, обеспечивающих управление материальными и сопутствующими потоками в пределах цикла производства, выходит за рамки одного предприятия, одной страны, одного континента. Справедливо говорить о ПЛС как о глобальной цепи создания ценности. Целью ЦТ-цепи является ее преобразование в динамичную умную сеть поставок (Smart Supply Network, SSN), координацию звеньев которой должна обеспечить общая информационная архитектура (ядро), которая выполнит стыковку различных IT-технологий для достижения максимального уровня актуальности данных, для быстрого эффективного клиентоориентированного реагирования [15, 16].

Стратегические решения по ЦТ ПЛС включают [17, 18]:

- создания интегрированного распределенного бизнес-процесса в ПЛС на базе обеспечения надежности функционирования распределенных звеньев-аутсорсеров и работы единого информационного пространства на протяжении всего жизненного цикла продукции и единого центра управления в цепях поставок;

- обеспечение клиентоориентированности, омниканальности и гибкости ПЛС путем диверсификации логистических услуг за счет гибкой, ориентированной на клиента разработки новых услуг и повышения качества и уровня сервиса, проактивной коммуникационной политики и обеспечение «бесшовной» интегрированной торговли и поставки через все доступные каналы;

- преобразование ПЛС для работы по бизнес-моделям экономики замкнутого цикла через механизмы индивидуализации производства, предоставление продукции во временное пользование, совместного потребления, возврата и переработки.

Наблюдается устойчивая тенденция к переходу промышленных предприятий к работе по модели «производство как услуга» (Manufacturing as a service, MaaS). Такая бизнес-модель основана на трансформации производства в оказание услуг по запросу. А инте-

грированное предложение продуктов и услуг, по мере использования продукта на разных стадиях его жизненного цикла (PLM), вызывает необходимость расширенного управления им. ПЛС должны обеспечить интегрированное исполнение международными звеньями распределенного бизнес-процесса. В этих условиях производственное оборудование теперь всё более рассредоточено географически и принадлежит разным юридическим лицам. Поставщик конечного изделия работает со многими субподрядчиками по аутсорсинговой модели. Возникает необходимость в интегрированном управлении всеми взаимосвязанными процессами. Такими интеграторами могут выступать информационные агрегаторы – цифровые платформы.

**Основные методические подходы к формированию цифровой платформы ПЛС.** ЦП должна обеспечивать положительный клиентский опыт работы бизнеса через платформу и предлагать ряд сервисов по автоматизации бизнес-процессов. Правила и порядок обмена информацией, интерфейсы взаимодействия и структуры баз данных должны определяться на основе отраслевой модели данных и эталонного описания бизнес-процессов отрасли.

Сформулируем основные подходы к формированию ЦП.

1. Модульный принцип создания и развития ЦП. В основе методологии построения каждого модуля необходимо положить микросервисную архитектуру, обеспечивающую гибкость и развитие платформы, ее открытость для интеграции с иными информационными системами (ИС). Управление ЦП должен осуществлять ее оператор. Его задачей является обеспечить бесшовную интеграцию сервисов между собой на основе единства технологической архитектуры ЦП.

2. ЦП должна включать «магазин приложений» (appstore) или маркетплейс (marketplace), где пользователям будут доступны по запросу цифровые сервисы. Такое решение позволяет объединить на одной площадке спрос и предложение цифровых сервисов. ЦП выступает как «связующее звено», без которого потребители и поставщики не нашли бы друг друга (или нашли бы со сравнительно большими временными и финансовыми издержками), а также механизм упрощения процесса расчета между ними. Ценность ЦП заключается в предоставлении самой возможности обмена и облегчении процедуры осуществления бизнес-процессов за счёт алгоритмизации и повышения прозрачности.



3. ЦП должна строиться на принципе взаимовыгодности отношений всех участников. Причём выгода может иметь не только экономический характер. Эффект работы на платформе определяется снижением транзакционных издержек при взаимодействии различных участников на платформе по сравнению с тем же взаимодействием без нее. Эффект может достигаться за счёт реорганизации бизнес-процессов и/или применения определённых технологий работы с данными.

4. Требования к организационной модели ЦП включают установление участников, основного бенефициара (выгодоприобретателя) платформы, результата деятельности на ней, значимости решения как количества участников деятельности через платформу, необходимых информационных технологий и информационно-технологической инфраструктуры. Процедуры взаимодействия участников детерминированы и реализуются в рамках установленного алгоритма. Само множество этих процедур взаимодействия ограничено и описано.

5. Использование современных технологических концепций в логистике и управлении цепями поставок в различной их комбинации.

6. Обработка информации, поступающей в платформу от участников, должна быть нацелена на:

- выполнение конкретного технологического процесса обработки информации, агрегирующего совершение ряда технических операций, специфических для той или иной технологии обработки информации,
- получение информации для принятия решений (агрегация применения ряда технологий в рамках автоматизации бизнес-процесса отдельного субъекта экономики),
- получение бизнес-эффекта от предоставления товара/услуги потребителю (агрегация применения ряда отдельных автоматизированных бизнес-процессов в рамках транзакции между субъектами экономики).

Таким образом, ЦП ПЛС должна создаваться как экосистема, обладающая информационно-технологической инфраструктурой, многосторонняя цифровая открытая площадка, объединяющая внешних партнеров, где реализуется принцип «win-win» при выборе пользователями платформы любого исполнителя или получения контракта.

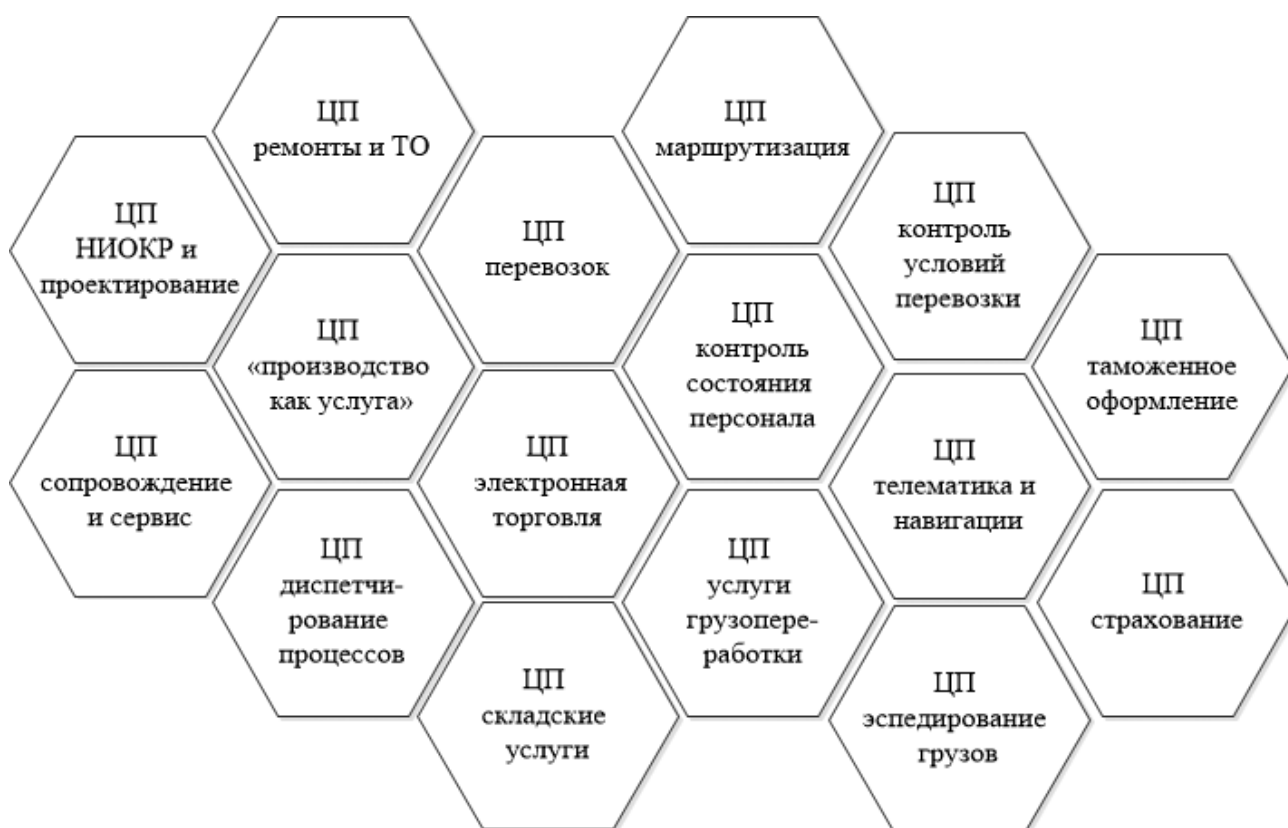


Рис. 1. Модель экосистемы цифровой платформы производственно-логистической системы

Примечание. Собственная разработка.

Fig. 1. The model of the production-logistics system digital platform ecosystem

Note. Own development.

**Задачи технической реализации и оценки экономического эффекта от внедрения платформенных решений.** К технологическим элементам ЦП относятся источники информации, средства доставки, хранения, агрегации и обогащения информации, ИТ-сервисы (программные решения), средства разработки, отладки и интеграции ИТ-сервисов с платформой и между собой. Разработка организационной модели для создания ЦП должна идти исходя из задач платформы (например, сформулированных в [5]):

- подключение и моделирование всех активов, создание цифровых двойников устройств, систем и процессов;
- сбор и агрегация всех данных, как собранных автоматически, так и введенных вручную операторами;
- создание озера данных и витрины данных;
- инструментарий для самостоятельного (self-service) создания и визуализации срезов данных;
- управление данными (data governance);
- глубокая аналитика (машинное обучение, потоковая, NLP и др.);
- инструменты для создания сервисов;
- создание маркетплейса.

Основными функциональными элементами экосистемы ЦП ПЛС являются цифровые платформы как площадки для конкурсного отбора контрагентов по широкому спектру вопросов – оказание производственных услуг по проектированию, производству, техобслуживанию, ремонту, сопровождению и сервису, утилизации товаров, управлению бизнес-процессами, оказанию логистических услуг, консалтинга, страхования (рис.1).

Результатами функционирования ЦП могут выступать как собственно услуги самой ЦП, так и имеющие практическую значимость для бизнеса: онлайн-согласование маршрута, расписаний и условий перевозки; онлайн-мониторинг движения транспортных средств, в т. ч. на основе данных информационного обмена с системами транспортной телематики, фото- и видеофиксации; онлайн-мониторинг условий перевозки груза (температура, удар, наклон); контроль состояния транспортного средства, соблюдения режима труда и отдыха, контроль вскрытия грузового отсека (настройка геозон в памяти электронной пломбы, где эта операция становится возможной); обеспечение применения мобильных технических средств при проверке транспортных средств, документов на них и перевозимый груз

(товар), включая использование технологий дополненной реальности; сбор, хранение и обработка аналитических данных, включая форматы многомерных кубов и OLAP-моделей; рекомендации по техосмотрам и ремонтам на основе предиктивной аналитики параметров эксплуатации транспортного средства, а также рекомендации для водителя по итогам электронного предрейсового и послерейсового медицинского осмотра и мониторинга его состояния.

ЦП должна предоставлять развитый пакет цифровых услуг, включая:

- Инфраструктура как услуга (IaaS).
- Программное обеспечение как услуга (SaaS), в том числе стандарты и модели данных.
- Сервисы на основе блокчейн-технологий.
- Обеспечение электронного документооборота и трансграничного обмена электронными документами разной юрисдикции на основе сервисов удостоверяющего центра, третьей доверенной стороны и т.д.
- Обеспечение услуг контроля и мониторинга движения грузов (Supply Chain Visibility), включая технологии Интернета вещей.

**Оценка эффективности создания цифровой платформы ПЛС** основывается на сопоставлении совокупного эффекта от ее функционирования к затратам на ее создание. Оценка затрат, как правило, не вызывает проблем, в отличие от эффекта. Одним из основных преимуществ платформенной бизнес-модели является снижение роли института традиционного посредничества и, соответственно, транзакционных, операционных, временных и иных издержек для субъектов. При этом сложно сформулировать неявный эффект, который выражается качественными составляющими (экономия времени, единая версия «правды», улучшение планирования и стратегии и т.п.), т. е. задачей становится анализ стоимости информации, предоставляемой системой, и перевод неизмеримых («неосозаемых») выгод от ЦП в денежное выражение.

Для оценки ИТ-решений существуют подходы различной степени адекватности поставленной задачи: метод совокупной стоимости владения (Total Cost of Ownership, TCO) от Gartner Group; инвестиционный анализ (Cost Benefit Analysis, CBA); экспертные оценки (метод Дельфи, метод анализа иерархий); методы определения вероятности достижения целей ИТ-проекта, исходя из вероятности улучшения в бизнес-процессах компаний, в число которых входит метод прикладной информационной экономики (Applied Information

Economics, AIE) и метод реальных опционов (Real Options Valuation, ROV); методика TEI (Total Economic Impact) компании Forrester Consulting group; методика быстрого экономического обоснования REJ (Rapid Economic Justification) от

Microsoft, а также анализ кейсов успешно реализованных проектов.

Оценка эффективности внедрения платформенных решений в ПЛС должна базироваться на анализе интегрального результата для всех ее

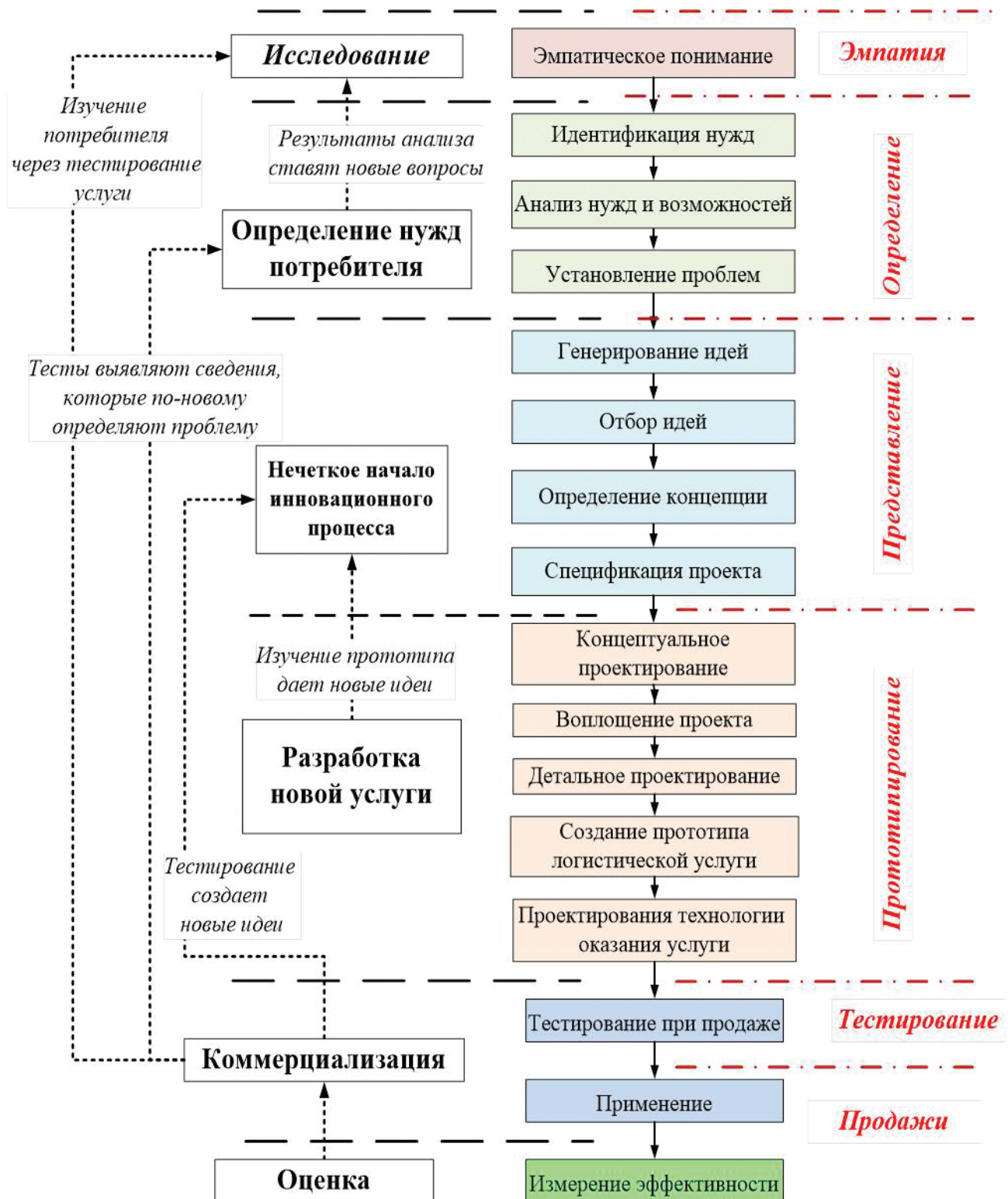


Рис. 2. Модель процесса проектирования логистических услуг  
Примечание. Собственная разработка. Опубликовано в [20]

Fig. 2. Model of the process of logistics services designing  
Note. Own development. Published in [20]

участников. Она может производиться по величине генерируемой системой добавленной стоимости каждого из участников с учетом специфики ролевой функции на ЦП. В основу оценки может быть положена разработанная многокритериальная методика оценки проектов развития производственно-логистических систем функционирования, сущность которой изложена в [16, с. 155-181].

**Методические подходы к проектированию сервисов.** Считаем необходимым для проектирования сервисов ЦП использовать проектную методологию создания сложных систем – системный инжиниринг. Он фокусирует внимание разработчиков на глубоком анализе и отслеживании потребностей пользователей создаваемой системы и функциональных требованиях к ней на протяжении всего жизненного цикла (ЖЦ) системы (концептуальное проектирование, разработка, изготовление, испытания, эксплуатация и утилизация). СИ первоочередное внимание уделяет описанию архитектуры системы (Architectural Description), где акцент делается на взаимосвязи между заинтересованными сторонами (лицами) (Stakeholders); интересами (Concerns) заинтересованных сторон; представлениями (Views), отражающими связанные с системой интересы; точками зрения (Viewpoints), отражающими соглашения для разработки и использования представлений; моделями (Models).

Решение задачи проектирования сервисов ЦП связывается нами с непрерывным инжинирингом, который, как новая философия разработки сложных систем, базируется на трех принципах [19]: стратегия повторного использования ранее разработанных решений, стирание границ по доступу к проектной документации в смежных областях проектирования, постоянная верификация как требований, так и проектных решений.

Предлагается следующая методика проектирования сервиса [20], в которой выделено 6 этапов работ (рис.2).

При разработке сервисов в соответствии с требованиями бенефициара (заказчика) необходимо выполнить:

1. Анализ, сегментацию рынка с использованием функциональных карт для сервисов.
2. Проектирование нового логистического сервиса. Формирование портфеля конкурентоспособных продуктов и решений.
3. Разработку гибкой тарифной политики для логистических услуг и их пакетов.
4. Конкретизацию канала продаж пакетов услуг.

5. Разработку комплекса мер по продвижению пакета услуг.

В данном подходе воплощена философия непрерывного инжиниринга, принципы гибкого (Agile) проектирования:

- фокус на ценности для заказчика и нуждах бизнеса;
- образование цепочки создания ценности – последовательность решений и получения новых знаний;
- поток – увязка основанных на фактах решений в поток без потерь;
- применение вытягивания – управления потоком только на основании реальных потребностей, гарантия функциональности за минимальную стоимость;
- обеспечение совершенствования – постоянного нескончаемого процесса улучшения, движимая обучением организация.

Решение задачи интероперабельности ЦП связывается нами с разработкой единого решения модели бизнес-процесса в сфере перевозок, ее верификацией и отладкой в пилотных проектах, масштабированием и использованием в качестве отраслевого стандарта, а также применением унифицированных форматов электронных документов.

В этой связи следует указать, что в Республике Беларусь создается Национальная система маркировки и прослеживаемости товаров [21]. Она будет представлять собой распределенную информационную систему, основанную на использовании информационных ресурсов РУП «Издательство Белбланкавыд», ГП «Центр систем идентификации», Министерства по налогам и сборам, Государственного таможенного комитета, Национального центра электронных услуг, аттестованных EDI-провайдеров. Информационное взаимодействие в электронном виде участников национальной системы маркировки и прослеживаемости товаров обеспечивается посредством общегосударственной автоматизированной информационной системы.

**Заключение.** По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Использование платформенных решений при трансформации производственно-логистических систем является объективным результатом четвертой промышленной революции. Цифровые платформы эффективно применять при переходе промышленных предприятий к работе по моделям «производство как услуга», «совместное использование», интегрированного исполнения

международными звеньями географически распределенного бизнес-процесса.

2. Цифровая платформа производственно-логистической системы должна создаваться как экосистема, обладающая информационно-технологической инфраструктурой, многосторонняя цифровая открытая площадка, объединяющая внешних партнеров, где реализуется принцип «win-win» при выборе пользователями платформы любого исполнителя или получения контракта. Нами предложена функциональная модель экосистемы, исходя из бизнес-задач пользователей платформы. Оценка эффективности внедрения платформенных решений в ПЛС должна базироваться на анализе интегрального результата для всех ее участников. Она может производиться по величине генерируемой системой добавленной стоимости каждого из участников с учетом специфики его ролевой функции на ЦП. В основу оценки может быть положена разработанная многокритериальная методика оценки проектов развития производственно-логистических систем функционирования.

3. Правила и порядок обмена информацией с использованием платформы, интерфейсы взаимодействия, структуры баз данных определяются отраслевым регулятором на основе эталонной отраслевой модели данных и эталонного описания бизнес-процессов отрасли, которые, в свою очередь, являются производными от отраслевой онтологической модели. Поэтому решение задачи

регуляторной, организационной, семантической (документарной) и технической интероперабельности связывается нами с разработкой единого решения модели бизнес-процесса в сфере перевозок, ее верификация и отладка в пилотных проектах, масштабирование и использование в качестве отраслевого стандарта.

4. Применение производителями и участниками перевозочного процесса унифицированных стандартизованных форматов международных электронных документов и юридически значимых блоков данных, используемых для сопровождения транзитных грузов, позволит исключить необходимость выполнения национальным интегратором функции преобразования неструктурированных данных. А также необходимо применение контролерами мультимодальных перевозок однотипных средств контроля и мониторинга прохождения грузов, стандартизованных форматов данных и электронных документов, используемых участниками международных цепей поставок.

5. Сервисы ЦП предлагается разрабатывать при активном участии заинтересованных лиц – клиентов, в связи с чем предложены методические рекомендации по проектированию логистического сервиса, в которых воплощена философия непрерывного инжиниринга, принципы гибкого проектирования. Они дают четкий алгоритм действий проектировщика сервисов в условиях неопределенности и изменчивости.

## Список литературы

1. Концепция развития цифровой экономики России [Электронный ресурс] / Фонд развития Цифровой Экономики «Цифровые Платформы». – Москва, 2017. – Режим доступа: [http://www.fidp.ru/images/concept/FIDP\\_DigitalEconomyConcept.pdf](http://www.fidp.ru/images/concept/FIDP_DigitalEconomyConcept.pdf). – Дата доступа: 19.01.2019.
2. Новая технологическая революция: вызовы и возможности для России. Экспертно-аналитический доклад [Электронный ресурс]. – Москва, 2017. – Режим доступа: <https://csr.ru/wp-content/uploads/2017/10/novaya-tehnologicheskaya-revolutsiya-2017-10-13.pdf>. – Дата доступа: 16.02.2018.
3. Circular economy as challenge to the fourth industrial revolution [Electronic resource] / Pakhomova N. V., Rikhter K. K., Vetrova M.A. // Инновации. 2017. №7 (225). – Mode of access : <https://cyberleninka.ru/article/n/circulareconomyaschallengetothe-fourth-industrial-revolution>. – Date of access : 20.11.2018.
4. A circular economy perspective on sustainable supply chain management: an updated survey [Electronic resource] / Pishchulov G. V., Richter K. K., Pakhomova N. V., Tsenzharik M. K. // St Petersburg University Journal of Economic Studies, 2018, vol. 34, issue 2, pp. 267–297. – Mode of access : <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2018.204>. – Date of access : 20.11.2018.
5. Цифровые платформы [Электронный ресурс] . – Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5\\_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B\\_\(Digital\\_Platforms\)](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B_(Digital_Platforms)). – Дата доступа: 02.12.2019.
6. Подходы к определению и типизации цифровых платформ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://files.data-economy.ru/digital\\_platforms\\_project.pdf](https://files.data-economy.ru/digital_platforms_project.pdf). – Дата доступа: 02.12.2019.
7. Цифровые платформы: подходы к определению и типизации [Электронный ресурс] / Ростелеком. – Режим доступа: [https://files.data-economy.ru/digital\\_platforms.pdf](https://files.data-economy.ru/digital_platforms.pdf). – Дата доступа: 02.12.2019.

8. Платформенный подход Intel [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=8655>. – Дата доступа: 02.12.2019.
9. Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития / Гелисханов И.З., Юдина Т.Н., Бабкин А.В. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2018. – Т. 11. – № 6. – С. 22–36.
10. Зеневич, А. М. Цифровая платформа как элемент цифровой экономики / А. М. Зеневич, З. В. Пунчик // Научные труды Белорусского государственного экономического университета. Вып. 12 / [редкол.: В.Н. Шимов (гл. ред.) и др.]; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. экон. ун-т. – Минск : БГЭУ, 2019. – С. 187-193.
11. Opening Platforms: How, When and Why? [Electronic resource] / Eisenmann, T. [et al.]. – Mode of access: <http://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/09-030.pdf>. – Date of access : 20.11.2018.
12. ЕАЭС запускает создание экосистемы цифровых транспортных коридоров и приглашает к партнерству всех заинтересованных лиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/nae/news/Pages/19-06-2019-2.aspx>. – Дата доступа: 02.07.2019.
13. Михайловский, И.А. Концепция построения национальной платформы для системы электронной логистики [Электронный ресурс] / И.А. Михайловский. – Режим доступа: [https://digitalrzd.ru/f/prezentaciya\\_ipps.pdf](https://digitalrzd.ru/f/prezentaciya_ipps.pdf). – Дата доступа: 02.12.2019.
14. Месропян, В. Цифровые платформы – новая рыночная власть [Электронный ресурс] / Владимир Месропян. – Москва, 2018. – Режим доступа: <https://www.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=46781&p=attachment>. – Дата доступа: 19.01.2019.
15. Мясникова, О. В. Трансформация цепей поставок как ответ на вызовы четвертой промышленной революции / О. В. Мясникова // Экономика. Управление. Инновации. – 2018. – № 1 (3). – С. 50-54.
16. Мясникова, О. В. Развитие логистических систем в условиях цифровой трансформации бизнеса / Мясникова О. В. - Минск : Колоград, 2019. – 203 с.
17. Мясникова, О.В. Цифровая трансформация в решении задач развития производственно-логистических систем / О.В. Мясникова // Бизнес. Инновации. Экономика : сборник научных статей / Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский государственный университет, Институт бизнеса БГУ. – 2019. – Вып. 3. – С. 196–201.
18. Мясникова, О. В. Цифровая трансформация логистических систем дистрибуции при переходе на модели экономики замкнутого цикла / О. В. Мясникова // Экономика. Управление. Инновации. – 2018. – №2(4). – С. 3-10.
19. Романов, А. А. Смена парадигмы разработки инновационной продукции: от разрозненных НИОКР к цифровым проектам полного жизненного цикла [Электронный ресурс] / А.А. Романов // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2017, том 4, выпуск 2, с. 68–84. – Режим доступа: [http://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2017/06/8\\_s68\\_040217.pdf](http://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2017/06/8_s68_040217.pdf). – Дата доступа: 20.04.2018.
20. Мясникова, О. В. Lean innovation: Design Thinking approach to logistics services design process / О. В. Мясникова // Бизнес. Инновации. Экономика : сборник научных статей / Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский государственный университет, Институт бизнеса и менеджмента технологий. – 2018. – Вып. 2. – С. 213 - 218.
21. В Беларуси создается система прослеживаемости товаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nces.by/v-belarusi-sozdaetsya-sistema-proslezhivaemosti-tovarov/>. – Дата доступа: 02.12.2019.

## References

1. Konceptiya razvitiya cifrovoj ekonomiki Rossii. [The development concept of the Russia's digital economy]. Available at: [http://www.fidp.ru/images/concept/FIDP\\_DigitalEconomyConcept.pdf](http://www.fidp.ru/images/concept/FIDP_DigitalEconomyConcept.pdf). (accessed: 19.01.2019) (In Russian).
2. Novaya tekhnologicheskaya revolyuciya: vyzovy i vozmozhnosti dlya Rossii. Ekspertno-analiticheskij doklad. [New technological revolution: challenges and opportunities for Russia. Expert Analytical Report]. Available at: <https://csr.ru/wp-content/uploads/2017/10/novaya-tehnologicheskaya-revolutsiya-2017-10-13.pdf>. (accessed: 16.02.2018) (In Russian).
3. Pakhomova N.V., Rikhter K.K., Vetrova M.A. Circular economy as challenge to the fourth industrial revolution. Innovacii [Innovation], 2017. no.7 (225). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/circular-economy-as-challenge-to-the-fourth-industrial-revolution>. (accessed: 20.11.2018.) (In English).
4. Pishchulov G. V., Richter K. K., Pakhomova N. V., Tsenzharik M. K. A circular economy perspective on sustainable supply chain management: an updated survey St Petersburg University Journal of Economic Studies, 2018, vol. 34, issue 2, pp. 267–297. Available at: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2018.204>. (accessed: 20.11.2018.).
5. Cifrovye platformy [Digital platforms]. Available at: [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5\\_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B\\_\(Digital\\_Platforms\)](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B_(Digital_Platforms)). (accessed: 02.12.2019) (in Russian).
6. Podhody k opredeleniyu i tipizacii cifrovyyh platform [Digital Platform Definition and Typing Approaches]. Available at: [https://files.data-economy.ru/digital\\_platforms\\_project.pdf](https://files.data-economy.ru/digital_platforms_project.pdf). (accessed: 02.12.2019) (in Russian).
7. Cifrovye platformy: podhody k opredeleniyu i tipizacii [Digital platforms: definition and typing approaches]. Available at: [https://files.data-economy.ru/digital\\_platforms.pdf](https://files.data-economy.ru/digital_platforms.pdf). (accessed: 02.12.2019) (in Russian).
8. Platformennyj podhod Intel. [ Platform approach of Intel]. Available at: <http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=8655>. (accessed: 02.12.2019.) (In Russian).

9. Geliskhanov I. Z., Yudina T. N., Babkin A. V. Digital platforms in the economy: essence, models, development trends // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki [Scientific and Technical Sheets of SPbSPU. Economic sciences]. 2018.Vol. 11, No. 6. P. 22–36. (In Russian).
10. Zenevich A. M., Punchik Z. V. Digital platform as an element of the digital economy. Nauchnye trudy Belorusskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta [Scientific works of the Belarusian State Economic University]. Vyp. 12 / [redkol.: V.N. SHimov (gl. red.) i dr.] ; M-vo obrazovaniya Resp. Belarus', Belorus. gos. ekon. un-t. Minsk : BGEU. 2019. pp. 187-193. (in Russian).
11. Eisenmann, T. [et al.]. Opening Platforms: How, When and Why? Available at: <http://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/09-030.pdf>. (accessed: 20.11.2018.).
12. EAES zapuskaet sozdanie ekosistemy cifrovyyh transportnyh koridorov i priglashaet k partnerstvu vseh zainteresovannykh lic [EAEU launches ecosystem of digital transport corridors and invites all interested parties to partnership]. Available at: <http://www.eurasiancommission.org/ru/nae/news/Pages/19-06-2019-2.aspx>. (accessed 02.07.2019) (in Russian).
13. Mihajlovskij I. A. Konceptiya postroeniya nacional'noj platformy dlya sistemy elektronnoj logistiki [The concept of building a national platform for the electronic logistics system]. Available at: [https://digitalrzd.ru/f/prezentaciya\\_ipps.pdf](https://digitalrzd.ru/f/prezentaciya_ipps.pdf). (accessed: 02.12.2019) (in Russian).
14. Mesropyan V. Cifrovye platformy – novaya rynochnaya vlast' [Digital platforms - new market power]. Available at: <https://www.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=46781&p=attachment>. (accessed: 19.01.2019) (in Russian).
15. Miasnikova O. V. Supply chains transformation as response to the industry 4.0 challenges. Ekonomika. Upravlenie. Innovacii. [Economy. Management. Innovations], 2018. no.1(3), pp. 50-54 (In Russian).
16. Miasnikova O. V. Razvitie logisticheskikh sistem v usloviyah cifrovoj transformacii biznesa: monografiya [The logistics systems development in times of business digital transformation]. Minsk : Kolograd Publ., 2019. 203 p. (in Russian).
17. Miasnikova O. V. Digital transformation in the solution of development problems of production and logistics systems. Biznes. Innovacii. Ekonomika : sbornik nauchnykh statej [Business. Innovation. Economics: collection of scientific articles]. Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus', Belorusskij gosudarstvennyj universitet, Institut biznesa BGU. 2019, Vyp. 3, pp. 196–201. (in Russian).
18. Miasnikova O. V. Digital Transformation of Logistic Distribution Systems During Transition to Closed-Loop Economy's Models. Ekonomika. Upravlenie. Innovacii. [Economy. Management. Innovations], 2018, no. 2(4), pp. 3-10 (In Russian).
19. Romanov A. A. A paradigm shift in innovative product development: from disparate R&D to digital full-life projects. Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informacionnye sistemy [Rocket and space instrumentation and information systems], 2017, t.4, vyp. 2, pp. 68–84. Available at: [http://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2017/06/8\\_s68\\_040217.pdf](http://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2017/06/8_s68_040217.pdf). (accessed: 20.04.2018) (in Russian).
20. Miasnikova O. V. Lean innovation: Design Thinking approach to logistics services design process Biznes. Innovacii. Ekonomika : sbornik nauchnykh statej [Business. Innovation. Economics: collection of scientific articles]. Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus', Belorusskij gosudarstvennyj universitet, Institut biznesa i menedzhmenta tekhnologij BGU, 2018, Vyp. 2. pp. 213 - 218.
21. V Belarusi sozdaetsya sistema proslezhivaemosti tovarov [A system of traceability of goods is being created in Belarus]. Available at: <https://nces.by/v-belarusi-sozdaetsya-sistema-proslezhivaemosti-tovarov/> (accessed: 02.12.2019) (in Russian).

*Received: 15.01.2020*

*Поступила: 15.01.2020*

## Китайский опыт развития цифровой экономики

**М. М. Ковалев**, д. физ.-мат. н., профессор кафедры аналитической экономики и эконометрики

E-mail: kovalev@bsu.by

Белорусский государственный университет, пр. Независимости, д. 4, 220030, г. Минск, Республика Беларусь

**Хэ Яньхай**, аспирант кафедры аналитической экономики и эконометрики

E-mail: hai111cn@mail.ru

Белорусский государственный университет, пр. Независимости, д. 4, 220030, г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье проанализирован и обобщен китайский опыт развития цифровой экономики, на основе которого сформированы рекомендации для Республики Беларусь. В китайском опыте цифровизации экономики выделены теоретические основы, обобщенные в этапах цифровой экономики и ее сравнение с промышленной, а также систематизированы практические результаты по созданию драйверов экономического роста и развития, в заключении сделаны выводы по международному регулированию цифровой глобализации и заимствованию китайского опыта в Беларуси.

**Ключевые слова:** цифровая экономика, Китай, индустрия 4.0, цифровая стадия

**Для цитирования:** Ковалев, М. М. Китайский опыт развития цифровой экономики / М. М. Ковалев, Хэ Яньхай // Цифровая трансформация. – 2020. – № 2 (11). – С. 16–25. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-16-25>



© Цифровая трансформация, 2020

## Chinese Experience of the Development of the Digital Economy

**M. M. Kovalev**, Doctor of Science (Physics and Mathematics), Professor of the Department of Analytical Economics and Econometrics

E-mail: kovalev@bsu.by

Belarusian State University, 4 Independence Ave., 220030 Minsk, Republic of Belarus

**He Yanhai**, Postgraduate Student of the Department of Analytical Economics and Econometrics

E-mail: hai111cn@mail.ru

Belarusian State University, 4 Independence Ave., 220030 Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** This article briefly reviews the Chinese experience of the development of the digital economics, with reference to which there have been formed recommendations for the Republic of Belarus. In the Chinese experience of digitalization of the economy, theoretical foundations are summarized, summarized in the stages of the digital economy and its comparison with industries, and practical results on creating drivers of economic growth and development are systematized. In conclusion on the international regulation of digital globalization and borrowing Chinese experience in Belarus.

**Key words:** digital economy; industry 4.0; digital stage

**For citation:** Kovalev M. M., Yanhai He. Chinese Experience of the Development of the Digital Economy. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2020, 2 (11), pp. 16–25 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-16-25>

© Digital Transformation, 2020



**Введение.** Китайское определение цифровой экономики (при подготовке статьи использованы источники [1-21] на китайском языке) включает все виды экономической деятельности, в которых используются цифровые знания и информация в качестве факторов производства, современные коммуникационные сети в качестве способа передачи информации, информационно-коммуникационные технологии (ИКТ). В понимании китайских ученых, цифровая экономика является экономической стадией, следующей после аграрной и промышленной, которая приводит к масштабной трансформации экономики и к изменению способа производства человеческого общества, перестройке производственных отношений, реорганизации экономической структуры и смене образа жизни. На саммите G20 в Ханчжоу в 2016 году Китай выступил за подписание «Инициативы G20 по цифровому экономическому развитию и сотрудничеству». В 2017 году в докладе о работе правительства Китая было предложено «продвигать цифровую экономику для ускорения роста Китая и вступления в новую инновационную эру растущей цифровой экономики».

Цифровая экономика включает в себя как сферы промышленности по производству компьютеров и коммуникационных сетей, так и другие отрасли, тесно связанные с цифровыми ресурсами и технологиями. Цифровая экономика – это не только использование ИКТ, но также глубокие изменения в традиционных отраслях экономики. Цифровая экономика – это не виртуальная экономика, независимая от традиционной, а модель экономического развития, основанная на цифровизации последней.

Китай чрезмерно не концентрируется на исследованиях цифровой экономики, а прагматично и эффективно интегрирует ее с реальной.

Слово «цифра» в Китае имеет, по крайней мере, два значения. Во-первых, это цифровая технология, включающая все коммуникационные сети и информационные технологии, такие как большие данные, облачные вычисления, искусственный интеллект, блокчейн, Интернет вещей (IoT), дополненная реальность (AR), виртуальная реальность (VR), беспилотные летательные аппараты, автономное вождение и т. д., что значительно повышает производительность, расширяет пространство экономического развития, создает новые экономические формы и новые богатства, способствует трансформации традиционных отраслей и промышленной оптимизации.

Во-вторых, цифра – цифровые данные (особенно большие данные), которые являются как новым фактором производства, так и новым потребительским продуктом. В качестве нового фактора производства большие данные могут не только повысить эффективность и качество других производственных показателей, таких как капитал и эффективность трудовых ресурсов, но, что более важно, изменить всю производственную функцию и все бизнес-процессы, то есть способ организации экономической деятельности. Помимо этого они могут повлиять на ускорение реорганизации и повышение производительности, что, в конечном итоге, будет способствовать экономическому росту. Цифра в качестве потребительских товаров и услуг включает в себя информацию, знания, цифровой контент, цифровые продукты (цифровое видео, цифровая музыка, программные приложения, цифровые масс-медиа).

В 2019 г. в докладе о работе правительства КНР были сформулированы научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в таких сферах, как большие данные, искусственный интеллект, информационные технологии нового поколения, высокотехнологическое оборудование, биомедицина, автомобили на новых источниках энергии и новые материалы, которые являются приоритетными направлениями работы для Китая и фундаментом для строительства экономики знаний.

**Сравнение цифровой экономики и промышленной экономики.** Стадию цифровой экономики можно сравнить со стадией индустриальной экономики по восьми направлениям: основные общие технологии, ведущие факторы производства, основные отрасли, основные субъекты бизнеса, новые экономические формы, основные бизнес-модели, новые организационные модели, новые культурные навыки (таблица 1).

Цифровая экономика стимулирует оптимизацию экономической структуры и способствует трансформации и модернизации китайской экономики, ликвидации отсталых производственных мощностей, а также повышению производительности труда. Она внесла важный вклад в новое потребление, создание рабочих мест, инклюзивное финансирование, повышение производительности.

Цифровая экономика обладает следующими уникальными характеристиками, отличающимися ее от традиционной промышленной экономики:

**1. Данные становятся ключевым фактором производства.**

Таблица 1. Сравнение стадий цифровой и промышленной экономики  
Table 1. Comparison of the stages of the digital and industrial economies

	Стадия промышленной экономики	Стадия цифровой экономики	
		1-й этап. Информационная	2-й этап. Цифровая экономика
Основные общие технологии	Электроэнергия, транспорт	Цифровая коммуникационная система	Большие данные, облачные вычисления, искусственный интеллект, мобильный Интернет, интеллектуальные терминалы
Ведущие факторы производства	Капитал, труд и земля	Информация начинает играть роль ценного фактора	Данные – ключевой фактор экономики
Основные отрасли	Автомобилестроение, металлургия	ИТ-индустрия, предприятия использующие ИТ	Индустрия цифровых технологий
Основные субъекты бизнеса	Крупные вертикальные интегрированные предприятия	Крупные предприятия, которые поддерживают ИТ-технологии для сотрудничества в цепочках поставок	Доминирующие платформы
Новые экономические формы	Крупномасштабное стандартизированное производство, экономия за счет масштаба	Услуги и решения в качестве носителей стоимости	Экономика платформы и экономика совместного использования
Основные бизнес-модели	B2C (от бизнеса к потребителю)	Масштабная разработка	C2B, C2M (от потребителя к заводу)
Новые организационные модели	Система Тейлора, конвейеры, производительность	Традиционная система пирамид Тейлора ослабевает	Облачные вычисления
Новые культурные навыки	Командование и контроль	Система Тейлора начала ослабевать	Открытость, общее доступное использование, прозрачность и ответственность.

Источник: автор – на основе Института исследований Али  
Source: author – based on Ali Research Institute

Благодаря активному развитию мобильного Интернета и Интернета вещей стали возможными коммуникации между людьми и людьми, людьми и вещами, вещами и вещами, а объем передаваемых данных стремительно вырос. Как земля и рабочая сила в сельскохозяйственную эпоху, технологии и капитал – в индустриальную, данные стали наиболее важным фактором производства в эпоху цифровой экономики. Инновации, основанные на данных, внедряются в различных областях от научно-технических исследований и разработок до жизни общества.

## 2. Цифровая инфраструктура становится главной инфраструктурой.

В промышленной экономике хозяйственная деятельность была структурирована

вокруг инфраструктуры, представленной железнодорожным, автомобильным и воздушным транспортом. В цифровой экономике сети и облачные вычисления стали необходимой инфраструктурой. Цифровая инфраструктура стала обширной, включая широкополосные и беспроводные сети, а также вызвала цифровую трансформацию традиционной физической инфраструктуры с помощью установки умных датчиков для водопроводных магистралей, цифровых систем парковки, цифровых транспортных систем и т. д. Новый тип инфраструктуры обеспечивает необходимую основу для развития цифровой экономики, заменяя «кирпичи и цемент» промышленной эпохи «световодами и чипами» цифровой.

### **3. Цифровая грамотность становится новым требованием для работников.**

Традиционные отрасли сельского хозяйства и промышленности не требовали от большинства работников высокой грамотности, ограничиваясь несложными профессиональными навыками. На стадии цифровой экономики цифровая грамотность стала необходимой компетенцией как для работников, так и для потребителей. Поскольку цифровые технологии пронизывают все области, работники все чаще нуждаются в двойных навыках – цифровых и профессиональных. В мире ощущается повсеместная нехватка специалистов в области цифровых технологий, при этом 40% компаний говорят, что трудно найти необходимых им специалистов в данной области. Высокая цифровая грамотность стала важным фактором для работников на рынке труда.

Потребители без элементарной цифровой грамотности не будут использовать цифровые продукты и услуги должным образом. Отсюда цифровая грамотность является основным правом человека в цифровую эпоху, и это то же самое, что говорить, читать и писать в промышленную. Повышение цифровой грамотности необходимо не только для цифрового производства, но и для потребления его продуктов, что является ключевым элементом и важной основой цифровой эпохи.

### **4. Грань между спросом и предложением стирается.**

Традиционная экономическая деятельность строго разделяет предложение и спрос, их границы очень ясны. Однако с развитием цифровой экономики разница между спросом и предложением становится все более размытой, и они постепенно интегрируются. Например, многие предприятия с помощью технологий больших данных анализируют потребности и предпочтения, а затем реализуют изделия с помощью технологии 3D-печати и в итоге достигают полностью персонализированного потребления. Участие потребителей и появление новых моделей потребления произвело значительные изменения в спросе и вынудило компании изменять способы проектирования и доставки.

### **5. Растущая интеграция человеческого общества, мира онлайн и материального мира.**

С развитием цифровых технологий сетевой мир – это уже не просто виртуальный образ физического, это новая реальность человеческого общества и новое жизненное пространство для человечества. Интеграция цифровых технологий

и физического мира ускоряет темпы развития реального мира в виртуальном. Объединение сетевого мира и физического в основном достигается киберфизической системой CPS, которая обеспечивается единством информационных и физических систем. Информационная система представляет собой интегрированный механизм управления, сочетающий в себе вычислительные устройства (актуаторы) и датчики, включая повсеместные встроенные системы, сетевые коммуникации и системы управления сетью, так что различные объекты вокруг нас имеют процессоры и коммуникационные устройства, реализующие высокоточные элементы управления, удаленное сотрудничество и функции самоорганизации.

Исходя из этого, с развитием искусственного интеллекта, виртуальной реальности (VR), дополненной реальности (AR) и других технологий произошло слияние информационно-физико-биологических систем (кибер-физико-человеческих систем – CPHS). Системы CPHS изменили способ взаимодействия людей с материальным миром, подчеркивая коммуникацию человека и машины и органическое сотрудничество между машинами и людьми. Границы между физическим миром, онлайн-миром и человеческим обществом постепенно исчезают, образуя новую взаимосвязанную реальность.

### **6. Прогресс в области информационных технологий – неисчерпаемая сила развития цифровой экономики.**

Технологический прогресс привел к промышленной революции. Паровой двигатель породил промышленную революцию, а ИКТ привели к информационной революции, в дальнейшем ИКТ-синергия создала цифровую экономику. В последние годы прорыв и конвергенция информационных технологий, таких как мобильный Интернет, облачные вычисления, большие данные, искусственный интеллект, Интернет вещей, блокчейн способствовали быстрому развитию цифровой экономики.

Развитие мобильного Интернета в корне избавило от ограничений фиксированного Интернета, расширило сцену интернет-приложений, способствовало появлению широкого спектра инноваций мобильных приложений. Мобильный Интернет сам эволюционировал от 3G (третье поколение мобильной коммуникационной технологии) до 4G и 5G. 5G расширит мобильный Интернет до Интернета вещей, что позволит организовать трафик сотен миллиардов устройств. По оценкам экспертов, к 2020 г. будет 50 млрд

IoT, количество терминалов, подключенных к Интернету вещей увеличится в десятки и сотни раз в будущем, а емкость данных Интернета вещей будет увеличиваться каждые два года. Обработка данных Интернета вещей неизбежно потребует технологии больших данных. Повышение вычислительной мощности, снижение вычислительных затрат, расходов на передачу, хранение и анализ данных будет также содействовать развитию технологий больших данных. Технологии больших данных позволят совершенствовать Интернет вещей, сделав его важной платформой для сбора и обмена данными, а также помогая улучшить бизнес-приложения и деловую информацию. Развитие технологии искусственного интеллекта значительно повысит способность больших данных самостоятельно анализироваться. Без интеллектуальных технологий невозможно извлечь новый смысл и создать новую ценность.

Блокчейн с помощью новой технологии шифрования может сформировать децентрализованную, надежную, прозрачную, безопасную, прослеживаемую, распределенную базу данных, что будет содействовать распространению и управлению хранением данных, значительно снизит затраты, упростит бизнес-процессы, повысит эффективность транзакций, перестроит существующую модель промышленной организации, а также модели социального управления и государственных услуг. Технология блокчейн также известна как «сеть доверия», которая дает новую бизнес-инфраструктуру.

**Цифровая экономика – новая движущая сила экономического развития Китая.**

**1. Цифровая экономика стимулирует экономический рост.**

Цифровые технологии вносят очевидный вклад в экономический рост и становятся новой движущей силой экономического развития Китая. Цифровая экономика страны составила 4,4 трлн долл. США в 2018 г., что составляет более трети ВВП и делает ее второй после США по величине цифровой экономикой мира. Поставлена цель: к 2025 г. цифровая экономика Китая должна достичь половины ВВП. По поставкам компьютеров, мобильных телефонов, числу интернет-пользователей, развитию мобильного Интернета Китай занимает первое место в мире. Цифровая экономика растет почти в три раза быстрее роста ВВП. Основной вклад в рост китайской цифровой экономики вносит производство компьютеров, мобильных телефонов, планшетов, устройств IoT, роботов, экспорт которых превысил 600 млрд долл.

Динамично развивается и сектор ИКТ-услуг, однако он работает в основном на внутренний рынок (экспорт – пока только 30 млрд долл.).

Цифровая экономика не только стимулирует быстрый экономический рост и способствует глобальной торговле, но и улучшает качество экономического роста, ускоряет трансформацию и модернизацию реальной экономики, а также способствует инновациям в предпринимательстве, энергосбережению и сокращает выбросы.

Цифровая экономика – это экономика синтеза, которая способствует достижению бурного развития и модернизации традиционной промышленности, что оптимизирует распределение ресурсов, корректирует промышленную структуру. Например, Китай стал крупным пользователем роботов: в 2015 г. было продано 68 тыс. промышленных роботов, что составило четверть мировых продаж. Предполагается, что к 2020 г. в Китае будут производить 100 тыс. промышленных роботов в год, а годовой доход от их продажи превысит 30 млрд юаней.

**2. Интеграция цифровой экономики и традиционной.**

Цифровая трансформация порождает новые модели ведения бизнеса, такие как сетевое производство, масштабная персонализированная настройка и удаленные интеллектуальные услуги (НИОКР). Например, компания Weichai Power создала глобальную платформу совместных сетевых НИОКР для двигателей, в результате цикл их разработки сократился с 24 месяцев до 18. За последние три года Sany Heavy Industries получила более 2 млрд юаней прибыли, предоставив услуги по мониторингу и операциям в режиме реального времени более чем для 200 тыс. устройств по всему миру через интеллектуальную сервисную платформу. Space Cloud Network через платформу предоставления промышленного программного обеспечения для более чем 440 тыс. зарегистрированных корпоративных пользователей достиг 19,3 млрд юаней оборота.

Китай формирует новую волну предпринимательских инноваций в цифровой трансформации промышленности. Например, WeChat Tencent изменил способ связи, электронная коммерция Alibaba трансформировала модель продаж, заказ такси через интернет-приложение DiDi изменил режим передвижения, а беспилотники пересмотрели модель развития индустрии летательных аппаратов.

**3. Цифровая экономика вызвала реформы в области предложения.**

Во-первых, Интернет значительно улучшил возможности по обеспечению эффективного снабжения. Интернет в традиционных отраслях, таких как промышленность, логистика, сельское хозяйство, дал новые бизнес-модели и системы управления цепочками поставок, значительно улучшив производственные операции и повысив эффективность организации, тем самым содействовал модернизации традиционных отраслей промышленности.

Во-вторых, Интернет увеличил совокупный спрос и потребовал реформ в области предложения. Он расширил рынок и потребление в различных областях, обеспечивая более качественными продуктами и более удобными услугами, оптимизируя потребительскую среду, активно культивируя новое потребление и развивая его новые модели. Госпрограммы «Интернет плюс» и «Сделано в Китае 2025» эффективно способствуют строительству информационной инфраструктуры нового поколения, ускорению интеллектуального производства и инноваций.

#### **4. Цифровая экономика дает новые удобства для совместного использования.**

Mobike является выдающимся представителем цифровой экономики совместного потребления велосипедов, охватывая 36 городов в стране и за рубежом и имея более десяти миллионов пользователей. Благодаря использованию Интернета вещей, облачных вычислений и технологии больших данных Mobike может сканировать код для разблокировки, а пользователи могут сделать удаленное предварительное бронирование, чтобы мгновенно найти велосипед в нужном месте. Mobike – новая бизнес-модель экономики совместного использования, объединяющая концепции Интернета вещей, региональных услуг и совместного использования, отражающая тенденции будущего – защиту окружающей среды и взаимопомощь. Кроме Mobike такие компании, как Ofo, Bluegogo также быстро развиваются, обеспечивая удобства для путешествий.

#### **5. Цифровая экономика – это мобильные платежи.**

Объем платежей через мобильные платежные сервисы в Китае достиг 38 трлн юаней, что почти в 50 раз превышает масштабы США.

В настоящее время в стране насчитывается более 2 млн ресторанов, супермаркетов более 800 тыс. парковочных мест, более 20 тыс. заправок, позволяющих провести платеж с помощью скан-кода Alipay. Через Alipay люди могут также оплачивать коммунальные услуги, выплаты по

государственным пошлинам и другим услугам (больницы, консультационные услуги по мобильному телефону, такие как регистрация мобильных телефонов, оплата, проверка счетов и т. д.).

В Китае Ханчжоу известен как «город мобильных платежей». В настоящее время 98% такси, более 95% супермаркетов и более 20 тыс. заведений общественного питания поддерживают мобильные платежи.

#### **6. Цифровая экономика способствует занятости населения.**

Цифровая экономика стимулирует человеческий интеллект, повышает когнитивный уровень людей, приводит к прогрессивному, резкому росту производительности и изменениям в структуре промышленности, что, очевидно, влияет на занятость. Согласно исследованию Tencent, цифровая экономика Китая создала около 2,8 млн новых рабочих мест, что составляет 21% от их общего числа. Инновационные предприниматели, которые работают над цифровой трансформацией экономики, влияя на традиционную, также создают новые рабочие места. Только Alibaba в год создало более 15 млн вакантных мест в экосистеме розничного бизнеса.

#### **7. Цифровая экономика улучшает благосостояние населения.**

Цифровые технологии способствуют улучшению социального благополучия, и чем выше цифровизация, тем выше благосостояние. Согласно Tencent, качество медицинских услуг и других государственных услуг на основе мобильной цифровой платформы с высокой скоростью доступа увеличивается непрерывно, сокращая региональный цифровой разрыв.

#### **8. Сетевое совместное производство (индустрия 4.0).**

Сетевое совместное производство не является новой концепцией в авиационной, автомобильной и других отраслях промышленности, сети совместного производства имеют десятилетнюю историю. Новое поколение ИКТ придало импульс сетевому совместному производству и создало новые модели, такие как совместные НИОКР, краудсорсинг, координация цепочек поставок между предприятиями с помощью Интернета или промышленной облачной платформы, что снизило затраты, разорвало закрытые границы, ускорило переход от единоличной системы к промышленной синергии и способствовало общей конкурентоспособности отрасли. В Китае цифровизация промышленности демонстрирует высокий рост, в добавленной стоимости про-

мышленной сферы доля цифровой экономики достигла 18,3%.

Персонализация заказов – важный символ перехода от традиционной промышленности к интеллектуальному производству. Интернет-платформы позволили реализовать персонализированный пользовательский спрос, ориентироваться на индивидуальность потребителя и организовать производство по требованию, эффективно удовлетворяя диверсифицированные потребности рынка, что позволило решить давние проблемы значительных запасов и реализовать динамичный баланс производства и требования.

Потребители стали вовлеченными в производственный процесс. Традиционный режим централизованного производства и большого объема запасов заменен децентрализованным персонализированным производством с управлением жизненным циклом продукции, управлением цепочками поставок и интернет-финансированием в целях ускорения создания стоимости.

Интеграция обрабатывающей промышленности и Интернета будет двойным преимуществом китайских фирм, формируя главенство суперпозиции, эффект агрегации и эффект мультипликатора. Глубокая интеграция обрабатывающей промышленности и Интернета эффективно стимулирует инновационную трансформацию производственных предприятий, увеличивает потенциал их развития, создает новые модели ведения бизнеса. Приведем два примера.

Фабрика «Красный воротник» (Red Collar Group) по производству костюмов с более чем 3 тыс. рабочих и лабораторией больших данных сформировала уникальную «модель красного воротничка», которая стала эталонной для китайской индустрии в проекте «Интернет+». В ней реализована платформа прямого маркетинга вместо традиционной модели швейных предприятий «предприятие – оптовик – ритейлер – потребитель». «Красный воротник», используя интернет-технологии, достиг прямой связи с потребителями (модель C2M). Потребители входят на платформу C2M и делают заказы, что ликвидировало складские запасы, которые замораживали средства, и максимизировало выгоды потребителей. Для предприятия производственные издержки повысились на 10% по сравнению с массовым производством, но прибыль увеличилась более чем в два раза.

Потребители онлайн самостоятельно выбирают ткань одежды, фасон, технологию изго-

товления и делают заказ в режиме реального времени, а предприятие моделирует заказ, автоматически преобразуя его в производственные данные, и в течение 7 дней производит изделие. В процессе производства каждое изделие имеет отдельную электронную этикетку, сопровождающую весь производственный процесс, а каждое действие загружается на привязанное к ней облако, где можно получить информацию о заказе.

«Красный воротник» теперь имеет производственную мощность 3 тыс. персонализированных комплектов одежды ежедневно, выручка достигла 3,7 млрд юаней, а чистая прибыль увеличилась более чем на 130%, рентабельность превысила 25%.

Компания Haier, активно используя Интернет, изменила стратегию, управление, систему НИОКР, производственную систему, систему обслуживания, систему бизнес-инкубации и создала ориентированную на пользователя бизнес-экосистему. У Haier нет иерархии, только три должности – мастер платформы, микровладелец и создатель. Haier создала крупнейшую в мире открытую инновационную экосистему и процессное инновационное интерактивное сообщество Hore platform, через которое активно строятся механизмы совместного использования и разработки (патентный пул, инвестиционная инкубация, привлечение технических талантов и поставщиков во всем мире, реализация творческого дизайна, технологические решения, структурный дизайн) по всем отраслевым цепочкам, таким как мелкосерийное инновационное пробное производство.

Haier реализовала всеобъемлющую трансформацию, достигнув стандартизированной, модульной, автоматизированной, интеллектуальной конвергенции, и ввела новую эру крупномасштабной настройки, соединяющей пользователей, поставщиков и фабрики-партнеры, создав три индивидуальные модели от покупателей до дизайнеров, руководителей и бенефициаров.

#### **9. Цифровая экономика продолжает цифровую глобализацию.**

Глобализация вышла на новый цифровой этап, что способствует развитию мировой экономики. Открытые цифровые рынки ускоряют трансграничную интеграцию и содействуют взаимной выгоде. В 2016 г. «Double 11» Али запустил международную версию Taobao. В итоге 6,21 млн международных онлайн-покупателей из России, Испании, США, Франции и других стран сделали 35,78 млн заказов для Alibaba. В процессе реализации проекта «Пояса и пути» Китай будет сотрудничать

с 65 странами в целях создания единого цифрового экономического пространства. Трансграничную электронную торговлю будут принимать в качестве отправной точки для инвестиций, сетевых производственных процессов, ускоряя торговлю цифровыми услугами и содействуя строительству зоны свободной торговли «Пояс и путь».

#### **Заключение:**

1. Развитие цифровой экономики связано с технологическими инновациями, существенно влияющими на будущее человечества через традиционные коммерческие, юридические и даже этические вопросы, которые требуют укрепления международной правовой системы цифровой экономики в области надзора и предотвращения новых рисков, находящихся за пределами отдельных стран. Это требует международного сотрудничества в области регулирования. Китай, например, активизировал усилия по борьбе с новыми видами киберпреступности, но значительная их часть совершается за рубежом, что также требует укрепления международного сотрудничества в развитии цифровой экономики.

Поэтому необходимо ускорить создание новой парадигмы открытого и инклюзивного глобального цифрового управления. Это требует проведения активного международного диалога по стандартам интернет-технологий, нормам использования, строительству инфраструктуры и совместному регулированию с участием правительств, международных организаций, интернет-предприятий, технологических сообществ, неправительственных организаций, граждан и других субъектов. Только совместные усилия по глобальному управлению Интернетом приведут к безопасности и открытости. Сотрудничество в киберпространстве позволит как можно быстрее сформировать открытую и инклюзивную глобальную систему цифрового управления.

Необходимо создать Международную федерацию аналитических центров по цифровой

экономике для проведения перспективных исследований глобальной цифровой экономики. Технические эксперты, экономисты, социологи, юридические эксперты, эксперты межкультурного менеджмента из разных стран должны принять участие в перспективных совместных исследованиях по вопросам развития, сотрудничества и регулирования цифровой экономики, что будет содействовать здоровому и устойчивому развитию глобальной цифровой экономики. Разные страны имеют разные преимущества и взаимное сотрудничество может ускорить развитие цифровых технологий, чтобы добиться крупных прорывов. Координация цифровых инноваций, совместное использование данных и открытие рынков дадут мощный импульс ускоренному развитию цифровой экономики.

2. Из обобщения китайского опыта развития цифровой экономики вытекает следующий алгоритм заимствований для Беларуси:

- переход к интеллектуальному совместному производству на основе персональных заказов (опыт фабрики «Красный воротник») и инновационного производства с современными НИОКР на открытых площадках (опыт компании Hair).

- развитие современных мобильных систем платежей с привлечением одного из китайских мировых лидеров в этой области: Alipay, Tenpay или Lakala, а также систем электронной торговли подобных Alibaba (возможно совместно с КНР, как это намечается в Бремино), создание международной площадки для электронной торговли;

- создание краудфандинговых платформ кредитования P2P с учетом как позитивного, так и негативного опыта почти 5 тыс. таких площадок в КНР;

- создание при университетах инновационно-индустриальных зон с инкубаторами стартапов, превращая ВУЗы в университеты 3.0 (опыт китайского Университета Цинхуа).

### Список литературы

1. Ковалев, М. М. Цифровая экономика-шанс для Беларуси: моногр./М. М. Ковалев, Г. Г. Головенчик. – Минск: Изд. центр БГУ, 2018. – 327с.
2. Бизнес-обзор: «Изменение и без изменения эпохи цифровой экономики» // Вестник «Бизнес-обзор» / ООО компания цифровых медиа групп издательств Чжэцзян, 2019. – С. 3 (на кит.яз.)
3. Ван Синшань: «Эволюция предприятий в процессе цифровой трансформации»/ Синьшань Ван/ Издательство электронной индустрии, 2019. – С. 22–41 (на кит.яз.)
4. Ван Пэйдэ: «Китайская экономика 2018»/Пэйдэ Ван/ ООО компания культурного творчества Ланьшицзы Ханчжоу – С. 10 (на кит.яз.)
5. Гао Хан, Чэнь Чжицзюнь: «Блокчейн и цифровая экономика»/ Хан гао, Чжицзюнь/ Издательство электронной индустрии, 2018. – С. 4 (на кит.яз.)

6. Дун Сяосун: «Цифровая экономика Китая и ее корреляция по пространству»/ Сяо Дун Дун/литературное издательство социальных наук, 2018. – С. 13–68 (на кит.яз.)
7. Исследовательская группа экспертов в области китайской цифровизации: «цифровая экономика: На пути к новому этапу от количественного изменения к качественному изменению»/ издательство электронной индустрии – С. 57–110 (на кит.яз.)
8. Китайский центр международного экономического обмена: «экономическое наблюдение китайских мудрецов»/Литературное издательство социальных наук, 2018. – С. 7 (на кит.яз.)
9. Ли Имин, Ань Хуэй: «Цифровая экономика: Новая эра, новый поход»/ Имин Ли, Хуэй Ань/ Издательство народной почты – С. 13–32. (на кит.яз.)
10. Лю Чжи: «умная экономика: Понимание мира с помощью цифрового экономического мышления»/Чжи Лю/ издательство электронной индустрии, 2019. – С. 35 (на кит.яз.)
11. Лю Дундун: «Расширение возможностей цифровой экономики: откровение больших данных в областях инноваций и предпринимательства»/Дундун Лю/издательство народной почты – С. 9–17(на кит.яз.)
12. Ли Гоцзе: «Цифровая экономика для кадрового чтения»/ Гоцзе Ли/Пекинский культурный центр Дунфан Цзые – С. 3-72(на кит.яз.)
13. Ма Вэньян: «Цифровая экономика 2.0: Откройте для себя новые возможности в традиционных отраслях и новых отраслях»/Вэньян Ма/ООО компанией новых медиа технологии Боци Тяньцзин – С. 20 (на кит.яз.)
14. Ма Хуатэн, Мэн Шаоли: «Новая движущая сила инновационного роста Китая»/Хуатэн Ма, Шаолиман/ООО компания облачных технологий Чжунсиньяньхэ – С. 25–67 (на кит.яз.)
15. Ма Хуатэн, Мэн Шаоли, Янь Дэ. «Трилогия интернет-экономики: (цифровая экономика) + (экономика совместного использования) + (интернет +)»/Хуатэн ма, Шаолинь Мэн, Дэ Ян/ООО компания облачных технологий Чжунсиньяньхэ – С. 3–102 (на кит.яз.)
16. Хуа Цянсэнь: «Восходящая цифровая экономика Китая»/Цянсэнь Хуа/ООО издательство Шанхайского университета транспорта – С. 10-496 (на кит.яз.)
17. ООО компания сетевых технологий Юню: «Цифровизация предприятий: цель, путь и практика»/ООО компания облачных технологий Чжунсиньяньхэ – С. 45-50 (на кит.яз.)
18. Пань Шаньлинь, Хуан Цзиньсун: «Практика цифровой трансформации бизнеса Китая»/Шаньлинь Пань/издательство университета Цинхуа, 2015 – С. 68 (на кит.яз.)
19. Чжу Сяомин: «На пути к цифровой экономике»/Сяомин Чжу/ООО издательство Шанхайского университета транспорта – С. 161(на кит.яз.)
20. Чжу Цзяньлян, Ван Тинцай: «Цифровая экономика: новый перспективный план для экономического инновационного роста Китая»/ издательство народной почты – С. 16–105 (на кит.яз.)
21. Чжао Синфэн: «Цифровая трансформация: цифровая трансформация предприятий»/Синфэн Чжао/издательство электронной индустрии, 2019. – С. 35 (на кит.яз.)
22. Цзинь Цзянцзюнь: «Цифровая экономика ведет к качественному развитию»/Цянцзюнь Цзинь/издательство Чжунсинь , 2019. – С. 39 (на кит.яз.)
23. Цянь Чжисинь: «цифровая экономика»/Чжисинь Цянь/издательство Наньцзинского университета – С. 11–18 (на кит.яз.)
24. Цян Цин: «Цифровой Китай: большие данные и политика правительственного управления»/Цин Цян/ООО Цифровая технологическая компания Пекинского народного университета – С. 32 (на кит.яз.)
25. Ци Вэньвэнь: «Новая занятость и изменения в трудовых отношениях в цифровой экономике»/Вэньвэнь Ци/ литературное издательство социальных наук, 2019. – С.12–39 (на кит.яз.)
26. Ян Сяо: «Цифровая экономика: Новые технологии, новые модели и новые отрасли, которые влияют на будущее» /Сяо Ян/издательство народной почты, 2019. – С.5–182 (на кит.яз.)
27. Яо Лэ, Ли Хун, Ван Цзяця: «Интернет + цифровая трансформация эпохи»/Лэ Яо, Хун Ли, Цзяця Ван/ издательство электронной индустрии – С. 31 (на кит.яз.)
28. The financial times: Отчет о региональном экономическом развитии Китая по показателям ВВП/ ООО компания цифровые медиа группы издательств Чжэцзян – С. 5 (на кит.яз.)

## References

1. Kovalev M. M. Golovenchik G.G. Digital economy-a chance for Belarus: monograph, Minsk: Publishing house of BSU, 2018. 327 p. (in Russian)
2. Business review: “Change and without changing the era of the digital economy”. Herald of Business Review. Digital media groups of Zhejiang publishing houses Co. Ltd, 2019. 3 p. (in Chinese)
3. Wang Xingshan: “The evolution of enterprises in the process of digital transformation”. Publishing House of Electronic Industry, 2019. pp. 22-41 (in Chinese)
4. Wang Peide: “China Economy 2018”. Ltd Lanshizi Hangzhou Cultural Creativity Company, 2018. 10 p. (in Chinese)
5. Gao Hang, Chen Zhijun: “Blockchain and the Digital Economy”. Electronic Industry Publishing, 2018. 4 p. (in Chinese)
6. Dong Xiaosong: “The digital economy of China and its correlation in space”. Literary Publishing House of Social Sciences, 2018. pp.13–68 (in Chinese)



7. Research Group of Experts in the Field of Chinese Digitalization: "The Digital Economy: On the Way to a New Stage from Quantitative Change to Qualitative Change". Electronic Industry Publishing. pp.7–110 (in Chinese)
8. The Chinese Center for International Economic Exchange: "The Economic Observation of the Chinese sages". Literary Publishing House of Social Sciences, 2018. p. 7 (in Chinese)
9. Li Yiming, An Hui. The Digital Economy: A New Era, a New Campaign. People's Publishing House. pp.13–32 (in Chinese)
10. Liu Zhiyi. Smart economy: Understanding the world through digital economic thinking. Electronic Industry Publishing House, 2019. 35p. (in Chinese)
11. Liu Dongdong. Empowering the Digital Economy: The Revelation of Big Data in Innovation and Entrepreneurship. People's Post Publishing House. pp.9–17 (in Chinese)
12. Li Guojie. The Digital Economy for Personnel Reading. Beijing Cultural Center Dongfang Zuyi pp.3-72 (in Chinese).
13. Ma Wenyan. Digital Economy 2.0: Discover New Opportunities in Traditional Industries and New Industries. Boji Tianjin New Media Technology Co., Ltd . 20 p. (in Chinese)
14. Ma Huateng, Meng Shaoli. The New Driving Force for China's Innovative Growth. Zhongxinlianhe Cloud Technology Co., Ltd. pp. 25–67 (in Chinese)
15. Ma Huateng, Meng Shaoli, Yan De. Trilogy of the Internet economy: (digital economy) + (sharing economy) + (Internet +) Zhongxinlianhe Cloud Technology Co., Ltd, pp.3-102 (in Chinese)
16. Hua Qiangsen. The Rising Digital Economy of China". Shanghai University of Transportation Publishing House. pp.10-496 (in Chinese)
17. Yunyu Network Technology Co., Ltd: "Digitalization of enterprises: purpose, way and practice" / Zhongxinlianhe cloud technology Co., Ltd. pp.45-50 (in Chinese)
18. Pan Shanlin, Huang Jinsong. The practice of digital transformation of China's business. Qinghua University Press, 2015. 68 p. (in Chinese)
19. Zhu Xiaoming. To wards a Digital Economy. Shanghai University of Transport Publishing House. 161 p. (in Chinese)
20. Zhu Jianliang, Wang Tingcai. Digital Economy: A New Perspective Plan for China's Economic Innovation Growth. People's Post Publishing House. pp. 16-105 (in Chinese)
21. Zhao Xingfeng. Digital Transformation: Digital Transformation of Enterprises. Electronic Industry Publishing House, 2019. 35 p. (in Chinese)
22. Jin Jiangjun. The digital economy leads to quality development. Zhongxin Publishing House, 2019. 39 p. (in Chinese)
23. Qian Zhixin. The digital economy. Nanjing University Publishing House. pp. 11-18 (in Chinese)
24. Jiang Qing. Digital China: Big Data and Government Governance Policy. Peking People's University Digital Technology Co., Ltd. 32 p. (in Chinese)
25. Ji Wenwen. New Employment and Changes in Labor Relations in the Digital Economy. Literary Publishing House of Social Sciences, 2019. pp. 12-39 (in Chinese)
26. Yang Xiao. The Digital Economy: New Technologies, New Models, and New Industries That Affect the Future. People's Post Publishing House, 2019. pp. 5-182 (in Chinese)
27. Yao Le, Li Hong, Wang Jiajia. The Internet + Digital Transformation of the Era. Electronic Industry Publishing. 31p. (in Chinese)
28. The financial times: Report on China's regional economic development by GDP / Digital media publishing group Zhejiang Co., Ltd. 5 p. (in Chinese)

*Received: 11.02.2020*

*Поступила: 11.02.2020*

## Платформенная экономика как результат кооперации накопленного опыта прошлых поколений и цифровых технологий на примере потребительского сектора экономики

**С. Р. Макоев**, аспирант кафедры экономической теории

E-mail: [soslan317@gmail.com](mailto:soslan317@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-0667-7691

Северо-Осетинский Государственный Университет

им. К. Л. Хетагурова, ул. Ватутина, 44-46, 362025, г. Владикавказ,

Республика Северная Осетия-Алания, Россия

**Аннотация.** Сегодня, в эпоху информационных технологий, экономика, как сфера государственной жизнедеятельности, расширяет свои границы, переходя в интернет-пространство, где ее основной структурной единицей является платформа. Экономика платформ или платформенная экономика представляет из себя трансформацию экономических рынков из мира реального в мир виртуальный. Но данный процесс не может проходить без последствий, и чтобы понять, каковы они, необходимо разобраться в самом понятии «платформенная экономика», ее устройстве как экономической отрасли, а также в эффекте, который она оказывает на законы экономики как таковой. Являющаяся чем-то новым на первый взгляд, платформенная экономика олицетворяет кооперацию накопленного за столетия опыта, связанного с современными технологиями, отвечая на потребности сегодняшнего общества. С целью более наглядного примера в настоящей статье будет рассмотрен потребительский рынок.

**Ключевые слова:** платформа, платформенная экономика, монетизация, коммерциализация отношений, платформенный обмен, капитальные блага, гражданско-правовой договор, самозанятость, фрилансинг, надомная система, отношение капитала и труда, финансиализация, конкуренция

**Для цитирования:** Макоев, С. Р. Платформенная экономика как результат кооперации накопленного опыта прошлых поколений и цифровых технологий на примере потребительского сектора экономики/ С. Р. Макоев// Цифровая трансформация. – 2020. – № 2 (11). – С. 26–32. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-26-32>



© Цифровая трансформация, 2020

## The Platform Economy as a Result of Cooperation Between the Accumulated Experience of Past Generations and Digital Technologies on the Example of the Consumer Sector of the Economy

**S. R. Makoev**, Graduate Student, Department of Economic Theory

E-mail: [soslan317@gmail.com](mailto:soslan317@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-0667-7691

North Ossetian State University, 44-46 Vatutina Str., 362025

Vladikavkaz, North Ossetia - Alania, Russia

**Abstract.** Today, in the era of information technologies, the economy, as a sphere of public life, is expanding its borders by moving to the Internet space, where its main structural unit is the platform. The economy of platforms or platform economy is the transformation of economic markets from the real world to the virtual world. But such a transformation cannot take place without consequences, and to understand what they are, we need to understand the concept of "platform economy", its structure as an economic sector, as well as the effect it has on the economic rules themselves. Being something new, at first glance, the platform economy embodies the cooperation of experience accumulated over the centuries with modern technologies to meet the needs of today's society. For a more illustrative example, at this article will be considering the consumer market.

**Key words:** platform, platform economy, monetization, commercialization of relationships, platform exchange, capital goods, civil contract, self-employment, freelancing, home-based system, capital-labor ratio, financialization, competition

**For citation:** Makoev S. R. The Platform Economy as a Result of Cooperation Between the Accumulated Experience of Past Generations and Digital Technologies on the Example of the Consumer Sector of the Economy. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2020, 2 (11), pp. 26–32 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-26-32>

© Digital Transformation, 2020

**Введение.** Перенос некоторых экономических процессов на интернет-платформы оказал весьма противоречивый эффект на экономику, в связи с чем появилось множество вопросов: что представляет из себя платформа, каков ее функционал, как она развивается и какой эффект от такого развития. Целью настоящей статьи является поиск ответов на поставленные вопросы, а также определение, в чем заключается основное противоречие платформенной экономики и как скоро оно может быть преодолено.

**Основная часть.** Прежде чем говорить об эффекте, оказываемом платформенной экономикой на данную сферу в целом, необходимо определить, что это и что оно охватывает. Если говорить простым языком, то платформенная экономика – это прорыв, обусловленный созданием новых приложений, изо дня в день предлагающих такие разнообразные услуги, как доставка еды, продажа услуг (обучение, выгул собак и т. д.), аренда, дарение или продажа простаивающих активов (движимого и недвижимого имущества) или финансирование проектов. Независимо от видов обмениваемых товаров, работ или услуг, или способа их обмена, данное определение подчеркивает два ключевых момента: 1) существует некий посредник между пользователями и поставщиками – цифровая платформа; 2) платформа также представляет из себя набор правил, определяющих создание, обмен и прекращение возникающих отношений. Исходя из приведенного выше, мы можем рассматривать платформенную экономику как вид экономической деятельности, в котором материальные или нематериальные ресурсы обмениваются между поставщиками и пользователями посредством централизованных цифровых платформ. Из определения можно выделить, что ключевым звеном платформенной экономики является платформа как аналог площадки для размещения ресурсов только в цифровом пространстве, состоящая из двух важных структурных элементов: программное и техническое обеспечение и управление.

Программное и техническое обеспечение составляют цифровую инфраструктуру платформы включая компьютеры, центры обработки данных, смартфоны, GPS и программные пакеты, а также, в частности, инструменты прогнозной аналитики [1]. Каждая платформа представляет собой киберплощадку, заданную набором определенных алгоритмов [2] и обмен организован тем из них, который собирает и анализирует дан-

ные о спросе и предложении и, в первую очередь, о пользователях и поставщиках. На таком уровне просто необходимо управление для бесперебойного функционирования платформы. Каждая платформа представляет собой частную структуру управления [3]. Она устанавливает и обеспечивает соблюдение своих собственных правил, касающихся членства на платформе, процесса мониторинга и системы вознаграждения, и в этом отношении платформенная экономика является формой регулирования.

Однако, платформенная экономика – это не только алгоритмы и правила, заключенные в цифровых платформах, это три взаимосвязанных динамических процесса. Первый из них – расширение рыночной площади. С такой целью платформы превращают в продукт отношений, который ранее был вне экономического пространства [4, 5]. Сила цифровой инфраструктуры заключается в том, чтобы сделать процесс поиска автомобиля для автостопщика или сиделки для питомца на время семейного отдыха проще и удобнее, чем традиционные способы обращения в агентства или опроса родственников и знакомых. Не так давно для обмена некоторыми из видов услуг использовался рынок, сегодня на платформах не только предлагается обмен уже существующих видов услуг, но и происходит преобразование некоторых видов традиционно возникающих отношений в услуги.

С другой стороны очевидно, что платформы могут быть использованы для построения нерыночных бирж. Данная особенность должна быть связана с другим процессом, происходящим внутри самой платформенной экономики. Речь идет о растущей конкуренции не только между платформами, стремящимися к получению прибыли, но и платформами, отличающимися основой возникающих на них отношений: бартер или коммерция [6]. Зачем просто отдавать кресло, унаследованное от двоюродного дедушки, когда его можно продать на Авито? Данный процесс должен стимулировать коммерциализацию отношений и, исходя из указанного подхода, платформы, основанные на коммерции, более конкурентоспособны, чем бартерные. Тем не менее, бартерные платформы, базирующиеся на распространении идеологии социальной экономики и экономики солидарности, например фудшеринг<sup>1</sup>, продолжа-

1 Фудшеринг – распределения продуктов питания с истекающим сроком годности или утративших свою потребительскую ценность по средствам онлайн-платформ между зарегистрированными на них пользователями с целью сокращения продуктовых отходов [9].

ют существовать и привлекать пользователей, так как не существует конкретных доказательств того, какой тип платформы растет быстрее всего [7].

Еще один не менее важный процесс, происходящий уже непосредственно в экономике, это растущая конкуренция между компаниями-«старжилами» и «молодыми» компаниями-платформами. Платформенные компании затрачивают меньше времени и ресурсов на создание, тестирование и выведение на рынок нового продукта, в то время как у компаний классической экономической модели разработка и реализация нового проекта может занять годы и миллионы долларов.

Все дело в цифровой природе платформ [8]. Они являются сетевыми технологиями, генерирующими сетевую экономику и увеличивающими отдачу от внедрения [10]. Точнее, платформы являются двусторонними сетями: каждая их сторона представляет собой отдельный тип пользователя, за которого платформа несёт расходы на обслуживание, но она также может и получать доходы от каждой группы пользователей, в зависимости от своей бизнес-модели [11]. Целью платформы является создание каталитической реакции, основанной на быстром и массовом внедрении ее услуг пользователями с обеих сторон [12]. Задача состоит в том, чтобы привлечь как можно больше поставщиков и пользователей, участвующих в платформенном обмене. Вышедшая в 1998 году книга К. Шапиро и Х. Вэриан «Information rules: A strategic guide to the network economy» («Информационные законы: стратегический гид по сетевой экономике»), являющаяся основополагающей в сетевой литературе, предложила конкретные инструменты для решения такой задачи: монетизация, субсидирование [13], введение взаимосвязанных дополнительных услуг [14].

Среди различных типов платформ наиболее разрушительными являются те, которые предлагают услуги, использующие незанятые ресурсы, принадлежащие массам. Такие платформы задействуют ресурсы, по сути, являющиеся квази-бесконечными, с очень небольшими инвестированием и без необходимости финансирования капитальных благ. Принцип обратного аукциона, лежащий в основе их деятельности, способствует снижению цен в соперничестве между самими платформами и между поставщиками, принадлежащими к одной платформе в глобальном масштабе. Так на интернет-рынке краткосрочной аренды существует множество платформ (Airbnb,

Booking, Uber), предоставляющих ресурсы пользователям для возможности размещать свои предложения, при этом пользователи от платформы к платформе одни и те же, а цены разные.

Для других типов платформ ключ к их конкурентному преимуществу лежит в их способности расширять аудиторию, мобилизовать цифровую инфраструктуру и подключать дополнительные услуги. Конкурентное преимущество Amazon, например, заключается в разнообразном ассортименте, индивидуальных рекомендациях, основанных на алгоритме и высокопроизводительной системе доставки. Таким образом, традиционные книжные и музыкальные магазины борются за выживание даже в таких странах, как Франция, где цены на книги регулируются государством.

Еще одним источником роста для платформенной экономики является способность платформ использовать пробелы в системе регулирования ввиду новизны предлагаемых услуг, что приводит к недобросовестной конкуренции. Это хорошо видно на примере той же краткосрочной аренды. В то время как аккредитованные отели должны соблюдать нормы безопасности или профессиональные стандарты, так называемые «частники», сдающие свои квартиры через платформу, не несут таких расходов на соблюдение требований. Предполагаемая более высокая «эффективность» таких платформ, таким образом, является следствием возможности не следовать нормам и правилам, что также позволяет выиграть долю рынка у консервативных, сверхзащищённых компаний, при помощи воображения и способности проектировать цифровую инфраструктуру. Таким образом, очевидно, что платформенная экономика растет, в частности, в секторе услуг, не нарушая основное течение экономической деятельности. Однако, поскольку платформенная экономика расширяет сферу обмена, превращая сам обмен в товар, и способствует конкретным конкурентным процессам, она влияет на форму конкуренции в дополнение к другим институциональным режимам.

Одним из таких режимов, который подвергся воздействию развития платформенной экономики, стала занятость. В мире, где при помощи интернет-платформ ищут парикмахеров, домработниц, юр. консультантов, репетиторов для подготовки к ЕГЭ, по идее, без работы не останется никто. Сейчас сложно представить очередь на биржу труда, как это было каких-то 30 лет назад. Такие платформы как HeadHunter, Worki, различные платформы на базе Uber или Yandex обеспечивают возможность свести спрос и предложение

в сфере занятости для миллиардов пользователей по всему миру. И для того, чтобы начать зарабатывать не нужно организовывать собственное юридическое лицо, регистрироваться в качестве индивидуального предпринимателя или заключать трудовой договор с вытекающими из этого обязательствами – достаточно откликнуться на предложение. Мы живем в эпоху фрилансерства и аутсорсинга. Но так ли это ново? Насколько современная система организации трудовых отношений отличается от той, что была 30 или даже 300 лет назад, и как она влияет на экономические процессы сегодня?

Развитие платформенной экономики трансформирует связь заработной платы и труда, взаимоотношения капитала и рабочей силы и бизнес-моделей компании. Платформенная экономика подразумевает развитие самозанятости (фрилансерства) вместо обычных наемных работников, что может подразумевать наличие высококвалифицированных специалистов для таких платформ, как Upwork, или низкоквалифицированных антрепренёров для таких платформ, как Uber или Deliveroo. Отсутствует четкое разделение на квалифицированные трудовые ресурсы, такие как штатные водители Uber или курьеры, и "шашку", то есть водителей, работающих от случая к случаю на таких платформах, как Uberpop, Amazon Mechanical Turk или TaskRabbit, в то время как у них есть другая работа. В зависимости от уровня квалификации рабочих ресурсов, влияние «уберизации» может отличаться, и можно ожидать, что процесс индивидуализации, развития способности подстраиваться под меняющуюся конъюнктуру и дуализации отношений капитала и труда в уже существующем финансиализационном режиме накопления будет увеличиваться.

Появление платформенной экономики явно благоприятствовало развитию фрилансерства. Модель Силиконовой долины частично основана на нем и его мобильности, а такие высококвалифицированные специалисты, как программисты, инженеры, бухгалтеры, пиарщики и дизайнеры развивают свою собственную деятельность с помощью краткосрочных контрактов и переходят из одной компании в другую. Тем не менее, распространяя модель фрилансерства среди низкоквалифицированных работников, платформизация заменяет трудовые договоры на гражданско-правовые, а риски и издержки, ранее понесенные капиталом, переносит на сотрудников. Таким образом, платформенная

экономика представляет собой новую форму расширения прав и возможностей рабочего ресурса и новую стадию неолиберального капитализма. Уберизация в форме массового труда является еще одним этапом трудового аутсорсинга и снижения способности рекрутов работать в коллективе. Отсюда уберизацию нельзя назвать новой системой организации труда, поскольку она не сильно отличается от надомной системы хозяйствования [15], преобладающей с XVIII-XIX вв. в большинстве стран западной Европы. Её принцип работы заключался в следующем: рабочие заключали договор субподряда с агентом, который поставлял им сырье, а после сбывал результат производства конечному потребителю. Работник же исполнял заказ своими силами, по своему усмотрению и зачастую у себя дома. Первыми на замену данной системы пришли фабрики, а впоследствии и мануфактурная система. Мануфактурный капитализм и тейлоризм были изобретены для усиления контроля над рабочей силой и снижения рисков оппортунизма [16, 17].

Платформизация – это возрожденная надомная система 2.0. Предприниматели организуют процесс подбора и продажи, а контроль за трудом становится проще благодаря цифровым приложениям. Кроме того, большинство задействованных сервисов не предусматривает неделимость процесса производства, и это ограничивает проблемы, связанные с командной работой [18]. Путем замены трудовых договоров гражданско-правовыми, контроля доступа к платформе с целью сведения спроса и предложения и устранения различий между профессиональным и непрофессиональным трудом такие компании, как Uber, создали конкуренцию между низкоквалифицированными работниками. Без статуса наемного работника доходы становятся более нестабильными, и вновь появляются прежние формы вознаграждения, такие как сдельная оплата труда. Такая конкуренция между низкоквалифицированными кадрами снижает их доходы и ухудшает условия труда.

Основная проблема новой надомной системы заключается в том, что работники, официально не оформленные, не защищены ни трудовым законодательством, ни социально. Если такая "уберизация" получит широкое распространение, то она будет представлять собой деинституционализацию трудовых отношений, которые трансформируются в коммерческие. Однако подавляющее большинство работников

по-прежнему являются работающим по трудовому договору, и обобщение этой модели далеко не однозначно. Поскольку на этих платформах существует значительный уровень контроля за низкоквалифицированными работниками, то некоторые из них могут быть фактически переквалифицированы в сотрудников. Персонал доставки, например, обязан носить фирменную униформу и может быть отключен от платформы, если не принимает достаточно заказов. В Калифорнии, Великобритании и Франции персонал доставки и водители некоторых платформ стремятся перейти с гражданско-правового договора на трудовой. На сегодня судебная практика изобилует делами по такого рода спорам, решение по которым вынесено в пользу работников. При подтверждении такой тенденции будущими правовыми выводами, бизнес-модель таких платформ окажется под угрозой и распространение этой "новой" формы отношений капитала и труда будет существенно ограничено.

Если искать причину такой популярности платформенной экономики в массах, то, как правило, можно услышать «это весело», «это креативно», «это объединяет» или «это более индивидуально». Однако недавнее французское исследование показало, что доминирующей причиной использования таких платформ являются финансы. Их привлекательность заключается, прежде всего, в том, что их услуги являются менее дорогостоящими, и при минимуме затрат можно получать дополнительный доход, сдавая в аренду свой дом или работая водителем. Данный факт подтверждается цифрами: 80% респондентов в исследовании сообщили, что они используют платформы, чтобы сэкономить деньги, в то время как 24% в качестве причин указали "потребление другим способом или через нетрадиционный источник". Только 15% указали – "защита окружающей среды", а 7% – "коммуникация с людьми". С другой стороны, рассматривая платформы для

продающих или арендующих пользователей, 57% респондентов в исследовании в качестве причины их использования указывают «заработать больше денег» [18]. Джульетт Шор показал, что пользователи могут руководствоваться различными социальными мотивами при участии в работе платформ, и что это может быть даже альтруизм, однако, если говорить о самых бедных и более зависимых слоях населения, то тут причина одна – нужны деньги, чтобы жить.

Развитие платформенной экономики, таким образом, стимулировалось растущим уровнем неравенства и безработицы, которые возникли в результате кризиса финансовой системы режима накопления. Её появление, в свою очередь, усиливает неравенство между квалифицированными и неквалифицированными рабочими.

**Заключение.** Перенос рынков товаров, услуг и работ в цифровое пространство – это своего рода ответ на непрерывно растущий спрос потребления. Такие интернет-гиганты, как Amazon, Uber, Яндекс и т. д. сегодня предлагают на выбор потребителей практически все, начиная от продуктов досуга заканчивая биржей труда. И, казалось бы, все просто: зашел на сайт, ввел в поиске искомую позицию и через секунду на твой выбор представлены различные варианты. Но, удовлетворяя потребности одних, такая экономика усложняет жизнь другим. Укрепление платформенной экономики привело к большему расслоению населения, особенно в сфере занятости. С одной стороны, трудовые платформы способны обеспечить рабочими местами большую аудиторию, нежели биржа труда, с другой, как мы видим, растущая конкуренция между неквалифицированными работниками приводит к ухудшению условий труда и снижению заработной платы. Таким образом, противоречивость платформенной экономики сохраняется и необходимо еще время, для развития платформ до того уровня, когда мы не сможем представить себе иной альтернативы.

## Список литературы

1. Siegel, E. *Predictive Analytics*, Hoboken (NJ), Wiley 2016.
2. Zysman, J. and Kenney, M. "The Next Phase in the Digital Revolution: Platforms, Abundant Computing, Growth and Employment", ETLA Reports. 2016. No 61, Available at: <https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3181977.3173550>
3. Boudreau, K. and Haghiu, A. 2009. Platforms rules: multi-sided platforms as regulators, pp. 163–91 in Gawer, A. (ed.), *Platforms, Markets and Innovation*, Cheltenham, Edward Elgar
4. Dobusch, L., 2017. Sharing Economy Between Commons and Commodification, JKU Conference, Linz, 10–13 January, available at [http://www.jku.at/JKU\\_Site/JKU/conferences/content/e290365/e321486/e321494/Dobusch\\_GreaTrans.pdf](http://www.jku.at/JKU_Site/JKU/conferences/content/e290365/e321486/e321494/Dobusch_GreaTrans.pdf)
5. Schor, J. B. 2017. Does the sharing economy increase inequality within the eighty percent? Findings from a qualitative study from platform providers, *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, vol. 10, no. 2, pp. 263–79
6. Bostman, R. 2013. The sharing economy lacks a shared definition, Working paper, available at <https://www.fastcompany.com/3022028/the-sharing-economy-lacks-a-shared-definition>
7. TRANSIT. 2015. 'Transitions Towards New Economies? A Transformative Social Innovation Perspective', TRANSIT working paper n°3, Available at: <http://www.transitsocialinnovation.eu/resource-hub/transitions-towards-new-economies-a-transformative-social-innovation-perspective>
8. Zysman, J. and Kenney, M. 2016. 'The Next Phase in the Digital Revolution: Platforms, Abundant Computing, Growth and Employment', ETLA Reports No 61, available at <https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3181977.3173550>
9. [Интернет-ресурс] - <https://foodsharing.de> – немецкая онлайн-платформа.
10. Arthur, W. B. 1989. Competing technologies, increasing returns and lock-in by historical events, *The Economic Journal*, vol. 99, no. 394, – pp. 116–31
11. Eisemann, T. 2005. Managing networked businesses; course overviewed for students, Boston (Mass), Harvard Business School Note. – pp. 806-103
12. Evans, D. 2003. How catalysts ignite: the economics of platform-based start-ups, pp. 99–128 in Gawer, A. (ed.), *Platforms, Markets and Innovation*, Cheltenham, Edward Elgar
13. Hagiu, A. 2006. Pricing and commitment by two-sided platforms, *The RAND Journal of Economics*, vol. 37, no. 3, 720–37
14. Suarez, F. and Cusumano, M. 2003. The role of services in platforms markets, pp. 77–98 in Gawer, A. (ed.), *Platforms, Markets and Innovation*, Cheltenham, Edward Elgar
15. Taylor, George Rogers (1989) [1951]. *The Transportation Revolution, 1815–1860*. New York: Rinehart & Co.
16. Marglin, S. A. 1974. What do bosses do? The origins and functions of hierarchy in capitalist production, *Review of Radical Political Economics*, vol. 6, no. 2, 60–112
17. Tinel, B. 2004. *A quoi servent les patrons? Marglin et les radicaux américains*, Lyon, ENS éditions
18. Baudry, B. and Chassagnon, V. 2016. L'arbitrage entre le salariat et le travail indépendant au prisme des théories de la firme. Une analyse économique des pratiques de Crowdfunding, *Revue de l'OFCE*, no. 149, pp. 167–89
19. Rippe-Lascout, G. and Ternisien, V. 2016. *Ubérisation de l'économie en France: une nouvelle arme de destruction créatrice massive?*, Paris, Les publications économiques de la COFACE

## References

1. Siegel, E. 2016. *Predictive Analytics*, Hoboken (NJ), Wiley
2. Zysman, J. and Kenney, M. 2016. 'The Next Phase in the Digital Revolution: Platforms, Abundant Computing, Growth and Employment', ETLA Reports No 61, available at <https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3181977.3173550>
3. Boudreau, K. and Haghiu, A. 2009. Platforms rules: multi-sided platforms as regulators, pp. 163–91 in Gawer, A. (ed.), *Platforms, Markets and Innovation*, Cheltenham, Edward Elgar
4. Dobusch, L., 2017. Sharing Economy Between Commons and Commodification, JKU Conference, Linz, 10–13 January, available at [http://www.jku.at/JKU\\_Site/JKU/conferences/content/e290365/e321486/e321494/Dobusch\\_GreaTrans.pdf](http://www.jku.at/JKU_Site/JKU/conferences/content/e290365/e321486/e321494/Dobusch_GreaTrans.pdf)
5. Schor, J. B. 2017. Does the sharing economy increase inequality within the eighty percent? Findings from a qualitative study from platform providers, *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, vol. 10, no. 2, 263–79
6. Bostman, R. 2013. The sharing economy lacks a shared definition, Working paper, available at <https://www.fastcompany.com/3022028/the-sharing-economy-lacks-a-shared-definition>
7. TRANSIT. 2015. 'Transitions Towards New Economies? A Transformative Social Innovation Perspective', TRANSIT working paper n°3, available at <http://www.transitsocialinnovation.eu/resource-hub/transitions-towards-new-economies-a-transformative-social-innovation-perspective>
8. Zysman, J. and Kenney, M. 2016. 'The Next Phase in the Digital Revolution: Platforms, Abundant Computing, Growth and Employment', ETLA Reports No 61, available at <https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3181977.3173550>
9. Foodsharing - [Electronic resources] - <https://foodsharing.de> – German foodsharing platform.
10. Arthur, W. B. 1989. Competing technologies, increasing returns and lock-in by historical events, *The Economic Journal*, vol. 99, no. 394, 116–31
11. Eisemann, T. 2005. Managing networked businesses; course overviewed for students, Boston (Mass), Harvard Business School Note, 806-103

12. Evans, D. 2003. How catalysts ignite: the economics of platform-based start-ups, pp. 99–128 in Gawer, A. (ed.), *Platforms, Markets and Innovation*, Cheltenham, Edward Elgar
13. Hagiu, A. 2006. Pricing and commitment by two-sided platforms, *The RAND Journal of Economics*, vol. 37, no. 3, pp. 720–37
14. Suarez, F. and Cusumano, M. 2003. The role of services in platforms markets, pp. 77–98 in Gawer, A. (ed.), *Platforms, Markets and Innovation*, Cheltenham, Edward Elgar
15. Taylor, George Rogers (1989) [1951]. *The Transportation Revolution, 1815–1860*. New York: Rinehart & Co.
16. Marglin, S. A. 1974. What do bosses do? The origins and functions of hierarchy in capitalist production, *Review of Radical Political Economics*, vol. 6, no. 2, pp. 60–112
17. Tinel, B. 2004. *A quoi servent les patrons? Marglin et les radicaux américains*, Lyon, ENS éditions
18. Baudry, B. and Chassagnon, V. 2016. L'arbitrage entre le salariat et le travail indépendant au prisme des théories de la firme. Une analyse économique des pratiques de Crowdfunding, *Revue de l'OFCE*, no. 149, pp. 167–89
19. Rippe-Lascout, G. and Ternisien, V. 2016. *Ubérisation de l'économie en France: une nouvelle arme de destruction créatrice massive?*, Paris, Les publications économiques de la COFACE

*Received: 01.03.2020*

*Поступила: 01.03.2020*



## Онлайн-порталы вакансий: перспективы использования в практике регулирования рынка труда Республики Беларусь

**Е. В. Ванкевич**, д. э. н., профессор, проректор по научной работе

E-mail: [vankevich\\_ev@tut.by](mailto:vankevich_ev@tut.by)

ORCID ID: 0000-0001-8064-8250

Витебский государственный технологический университет,  
пр. Московский, д. 72, 210038, г. Витебск, Республика Беларусь

**О. В. Зайцева**, м. э. н., старший преподаватель  
кафедры менеджмента

E-mail: [olgazaitseva@gmail.com](mailto:olgazaitseva@gmail.com)

ORCID ID: 0000-0002-2801-7459

Витебский государственный технологический университет,  
пр. Московский, д. 72, 210038, г. Витебск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Показано, что при анализе рынка труда в качестве эмпирической базы используются статистические и административные данные, что является недостаточным для понимания современных тенденций на нем и принятия решений. Определены масштабы и особенности представления информации о рынке труда на онлайн-порталах вакансий, выявлены различия в формировании и структуризации информации. Обоснована необходимость использования данных онлайн-порталов вакансий в Республике Беларусь для получения комплексной картины о рынке труда, так как они охватывают разные сегменты белорусского рынка. Проведена оценка и ранжирование онлайн-порталов вакансий в Республике Беларусь. Сформулированы трудности формирования единого портала вакансий для аналитики рынка труда: разные критерии структурирования информации в описании вакансий и резюме, использование разных классификаторов; отсутствие унификации в использовании методических и методологических подходов (понимание конъюнктуры рынка труда, деление на виды экономической деятельности, категории вакансий и резюме); слабая структуризация и произвольность в описании требуемых навыков; закрытость информации. Определены направления формирования цифровой экосистемы рынка труда в стране, включающей сбор и обработку информации о рынке труда из разных источников, их взаимосвязь и интеграцию с системой образования, субъектами хозяйствования, органами управления, обеспечивающей единство методических подходов в формировании информации (терминология, таксономия, классификаторы) и ее предоставлении всем заинтересованным пользователям (органам управления для разработки программ и прогнозов, кадровым службам организаций, учреждениям образования, населению – занятым, безработным, желающим поменять работу, найти дополнительную работу, учащимся, абитуриентам).

**Ключевые слова:** онлайн-порталы вакансий, цифровизация экономики, рынок труда

**Для цитирования:** Ванкевич, Е. В. Онлайн-порталы вакансий: перспективы использования в практике регулирования рынка труда Республики Беларусь/ Е. В. Ванкевич, О. В. Зайцева // Цифровая трансформация. – 2020. – № 2 (11). – С. 33–42. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-33-42>



© Цифровая трансформация, 2020

## Online Job Portals: the Future of Labor Market Regulation in the Republic of Belarus

**E. V. Vankevich**, Dr. Sc. (Economics), Professor, Vice-Rector in Scientific Work

E-mail: [vankevich\\_ev@tut.by](mailto:vankevich_ev@tut.by)

ORCID ID: 0000-0001-8064-8250

Vitebsk State Technological University, Moskowsky Av. 72, 210038  
Vitebsk, Republic of Belarus

**O. V. Zaitseva**, Master of Science (Economics), Senior Lecturer  
of the Department of Management

E-mail: [olgazaitseva@gmail.com](mailto:olgazaitseva@gmail.com)

ORCID ID: 0000-0002-2801-7459

Vitebsk State Technological University, Moskowsky Av. 72, 210038  
Vitebsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The article shows that in the analysis of the labor market statistical and administrative data are used as an empirical base, which is insufficient for understanding current trends on it and making decisions. The authors determined the scope and features of the presentation of information about the labor market on online job portals, revealed differences in the formation and structuring of information, substantiated the need to use the data of online job portals in the Republic of Belarus to obtain a comprehensive picture of the labor market, since they cover different segments of the Belarusian labor market. Online job portals in the Republic of Belarus were evaluated and ranked. The authors formulated the difficulties of forming a single portal of vacancies for labor market analysts: - different criteria for structuring information in the description of vacancies and resumes, the use of different classifiers; - lack of unification in the use of methodological and methodological approaches (understanding the labor market situation, division into types of economic activities, categories of vacancies and resumes); - weak structuring and arbitrariness in the description of the required skills; - closed information. The directions of formation of the digital ecosystem of the labor market in the country are determined, including the collection and processing of information about the labor market from different sources, their relationship and integration with the education system, business entities, management bodies, ensuring the unity of methodological approaches in the formation of information (terminology, taxonomy, classifiers, etc.) and its provision to all interested users (management bodies for the development of programs and forecasts, personnel services of organizations, educational institutions, the population – employed, unemployed, who want to change jobs, find additional work, students, applicants, etc.).

**Key words:** online job portals, digitalization of the economy, labor market

**For citation:** Vankevich E. V., Zaitseva, O. V. Online Job Portals: the Future of Labor Market Regulation in the Republic of Belarus. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2020, 2 (11), pp. 33–42 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-33-42>

© Digital Transformation, 2020

**Введение.** Коренные преобразования, происходящие в сфере труда в связи с цифровизацией экономики и ее инновационным развитием, нуждаются в глубоком теоретическом и эмпирическом исследовании. Четвертая промышленная революция ведет к цифровой трансформации экономики и общества путем развития так называемых «умных систем», которые соединяют в себе и расширяют возможности робототехники, искусственного интеллекта, обучаемых машин и 3D-печати. Согласно опросу Глобального института McKinsey, Интернет создал 2,6 рабочих мест взамен каждого рабочего места, утраченного в связи с совершенствованием технологий<sup>1</sup>. Однако качество рабочих мест и требования к работникам быстро меняются [EFO]. Исследование профессиональных умений и профессий, проведенное Европейским центром развития профессионального образования и обучения (CEDEFOP) свидетельствует, что в 28 государствах-членах ЕС 43% трудоустроенных взрослых заявляют о том, что в течение последних пяти лет технологии, используемые ими на рабочем месте, изменились<sup>2</sup>, а 47% опрошенных в другом исследовании отметили произошедшие изменения в методах и практиках выполняемой ими работы<sup>3</sup>. В этой связи представляет

научный и практический интерес анализ цифровой трансформации рынка труда в условиях инновационного развития экономики, его анализа и регулирования.

**Основная часть.** Правовые основы формирования цифровой экономики в Республике Беларусь заложены в ряде документов (Декрет Президента Республики Беларусь №8 от 21 декабря 2017 года «О развитии цифровой экономики», Стратегия развития информатизации в Республике Беларусь на 2016–2022 годы, утвержденная на заседании Президиума Совета Министров от 03.11.2015 № 26, Стратегия «Наука и технологии»: 2018-2040, утвержденная Постановлением Президиума Национальной академии наук Беларуси 26.02.2018 № 17). Однако вопросы изменения социально-трудовых отношений в этих документах не обсуждались. В существующей экономической литературе вопрос о трансформации социально-трудовых отношений в условиях цифровизации рассматривается преимущественно только в направлении формирования нестандартных (гибких) форм занятости, либо подразумевающих выполнение работы удаленно с использованием Интернета, либо прогнозируемых высвобождений и переобучения, повышения неустойчивости занятости (прекаризация, уход в теневой сектор) [5; 8]. Это важное, но не единственное направление влияния цифровизации на рынок труда. Основными вызовами, с которыми он сталкивается в условиях цифровой трансформации, являются эволюция профессиональных умений, появление новых профессий, автоматизация производств

1 [www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/internet-matters](http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/internet-matters)

2 Исследование было проведено в 2014 году. Была собрана информация о соответствии профессиональных умений 49 000 взрослых работников (от 24 до 65 лет) из всех стран ЕС выполняемой ими работе, [www.cedefop.europa.eu/en/events-and-projects/projects/european-skills-and-jobs-esj-survey](http://www.cedefop.europa.eu/en/events-and-projects/projects/european-skills-and-jobs-esj-survey)

3 [www.cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/publications/9121](http://www.cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/publications/9121)

и замена работников, мобильность [1; 7]. Чтобы предвидеть, как цифровые технологии повлияют на рынок труда и систему образования, необходимо иметь методики анализа их тенденций в режиме реального времени. Такие знания необходимы для участников рынка труда и органов государственного управления с целью создания возможности своевременного принятия решений. Поэтому нужно научиться использовать онлайн-данные и Big Data в регулировании рынка труда в Республике Беларусь.

**Онлайн-измерение рынка труда в Республике Беларусь.**

Информация играет центральную роль в регулировании рынка труда в условиях цифровизации, согласовании спроса на труд и его предложение, снижении информационной асимметрии [2]. Но традиционные методы анализа, построенные на использовании статистических и административных данных, оказываются недостаточными для решения таких задач, так как они трудоемки для исследователей, а их применение дает отставание во времени. Рынок труда Республики Беларусь характеризуется с помощью статистических и административных данных, в которых используют годовой (реже – квартальный) шаг. В итоге их оказывается недостаточно для принятия решений

в условиях быстро меняющейся внешней среды, турбулентность которой значительно повышается благодаря цифровизации.

Дополнительным источником для анализа состояния и перспектив развития рынка труда становятся данные онлайн-порталов вакансий. В Республике Беларусь сформированы и работают в открытом режиме доступа государственный и негосударственные порталы вакансий, на которых оперативно размещаются сведения о вакансиях и соискателях. Портал Государственной службы занятости – Общереспубликанский банк вакансий – сформирован на сайте Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь<sup>4</sup>. Среди негосударственных порталов вакансий по объему можно выделить такие как Работа.tut.by<sup>5</sup>, Праца.Бай<sup>6</sup> (Praca.by), Riv.by (Riv.by), Вакантно (Vakantno.by), Работа для вас (Rdw.by). В данной группе можно выделить общие (универсальные) и специализированные порталы, например, JobsDev (Jobs.Dev.by) позиционирует себя как портал для специальностей в IT-сфере. Также существуют поисковые системы и агре-

4 <http://gsz.gov.by/>  
 5 [Jobs.tut.by](http://Jobs.tut.by)  
 6 <https://praca.by>

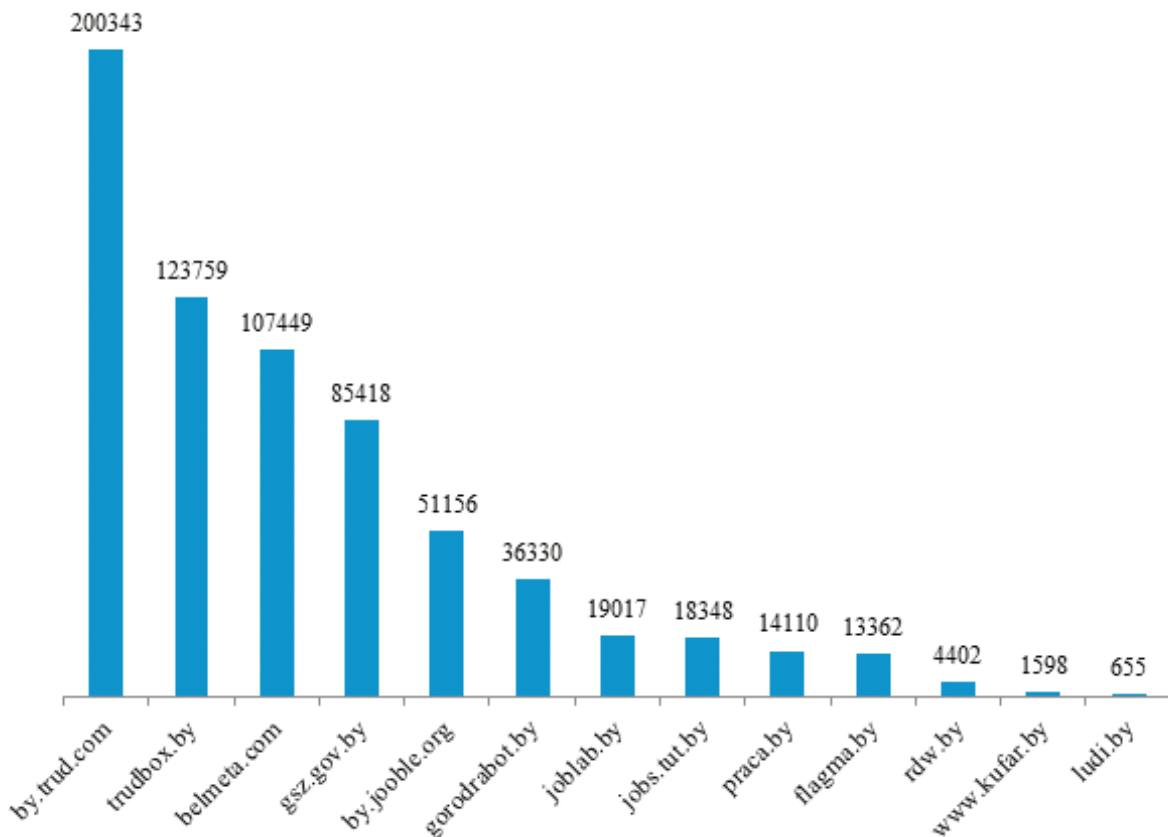


Рис. 1. Объем основных онлайн-порталов вакансий в Республике Беларусь по количеству вакансий, 08-09.04.2020  
 Fig. 1 The volume of the main online job portals in the Republic of Belarus by the number of vacancies, 08-09.04.2020

гаторы вакансий, которые собирают предложения о работе с различных платформ и сайтов, например, Belmeta.com (представляет собой специализированную систему поиска работы, позволяющую искать вакансии, опубликованные на вебсайтах и порталах по трудоустройству); Город работ (<http://gorodrabot.by/>) (на 09.04.2020 содержал вакансии с 37 сайтов по трудоустройству) (рисунок 1).

Есть также онлайн-порталы, которые связаны с порталами Российской Федерации: HeadHunter (переход на [Работа.tut.by](http://Работа.tut.by)); by.trud.com (Trud.com). Многие порталы работают в режиме приложения как разделы по поиску работы (например, <https://kufar.by>).

Общим трендом является увеличение объема онлайн-порталов в Беларуси, повышение степени их детализации, так как появляются дополнительные критерии классификации вакансий, удобные для пользователей, например, вакансии без опыта, вахтовые, временные работы, вечерние, с предоставлением жилья, для студентов и пр. Государственный онлайн-банк данных вакансий в Республике Беларусь – Общереспубликанский банк вакансий – сформирован на портале Государственной службы занятости. Сведения о вакансиях предоставляются в соответствии с Законом Республики Беларусь «О занятости населения» в пятидневный срок со дня ее появления. Данные портала ежедневно обновляются. На 08.04.2020 на этом портале автори-

зировано 135,479 тыс. организаций, размещено около 85,402 тысяч вакансий, 3,218 тыс. резюме (<http://gsz.gov.by/ru/>). Вакансии классифицируются по видам экономической деятельности в соответствии с ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности» в разрезе регионов, городской и сельской местности, вакансии для рабочих и служащих, при вводе вакансий используется справочник ОКРБ 006-2009 «Профессии рабочих и должности служащих». В 2020 г. предполагается переход на использование справочника ОКРБ 014-2017 «Занятия», который гармонизирован с Международным классификатором занятий ESCO-08, что обеспечит постепенное формирование классификации вакансий в разрезе 9 профессионально-квалификационных групп.

Поисковые системы позволяют найти в Республике Беларусь более 50 негосударственных онлайн-порталов вакансий. Многие из них шире по количеству резюме (например, на портале [Rabota.tut.by](http://Rabota.tut.by) на 08.04.2020 было размещено 2,18 млн резюме – это 50,35% от численности занятых). Большинство негосударственных порталов, по сравнению с Общереспубликанским банком вакансий, содержат меньшее количество вакансий, причем часть из них не представлена в общереспубликанском банке: это вакансии в сфере ИТ, сервиса, продажи, транспорта и логистики (таблица 1).

Как правило, они более высокооплачиваемые, чем на государственном портале. Сравнение

Таблица 1. Сравнительная характеристика отдельных онлайн-порталов вакансий в Беларуси

Table 1. Comparative characteristics of individual online job portals in Belarus

	Вакансии, ед. (в % к численности занятых)			Резюме, ед. (в % к занятым)			Организации, ед. (в % от общего числа организаций в РБ в 2018-2019 г. г.)		
	01.09. 2018	29.09. 2019	08.04. 2020	01.09. 2018	29.09. 2019	08.04. 2020	01.09. 2018	29.09. 2019	08.04. 2020
rabota.tut.by	31 165 (0,72%)	27766 (0,65%)	18848 (0,44%)	1,76 млн.	2,05 млн. (47,35%)	2,18 млн. (50,35%)	31 165 (0,72%)	27766 (0,65%)	18848 (0,44%)
praca.by	10 461 (0,25%)	15604 (0,36%)	14064 (0,33%)	246 815 (5,69%)	308 976 (7,14%)	349 977 (8,09%)	71 196 (50,3%)	84 261 (59,6%)	89 077 (62,43%)
Общереспубликанский банк вакансий	87613 (2,02%)	97678 (2,25%)	85402 (1,97%)	2981 (0,068%)	2968 (0,068%)	3218 (0,074%)	120882 (86,47%)	122133 (85,59%)	135479 (94,94%)

Примечание: Составлено по данным сайтов на 01.09.2019, 29.09.2019, 08.04.2020

Note: Developed on the portals data

Таблица 2. Структура вакансий по видам экономической деятельности (по состоянию на 08-09.04.2020)  
 Table 2. The structure of vacancies by type of economic activity (as of 08-09.04.2020)

GSZ.GOV.by 78264 вакансий (на 01.04.2020 с заработной платой выше 375 руб за вычетом текущих занятых рабочих мест и мест, по которым указана неполная ставка)	Trudbox.by – 123759 вакансий, расчет для 53348 вакансий	Belmeta.com 107025 вакансий
А. Сельское, лесное и рыбное хозяйство - 15,5 %	-	4,61% (Сельское хозяйство. Агробизнес. Животноводство)
В. Обрабатывающая промышленность – 16,13%	1,64% Рабочие специальности. Производство+1,6% Инженеры. Технологи. Проектировщики	22,39% (Производство. Промышленность. Рабочие специальности)
Ф. Строительство – 14,41%	2,59%	8,36% (Строительство. Архитектура. Недвижимость)
Q. Здравоохранение и социальные услуги – 11,6%	1,05%	7,5% (Медицина. Фармацевтика. Здравоохранение)
Г. Оптовая и розничная торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов – 9,8%	5,84% (Торговля. Продажи. Закупки + Транспорт. Автосервис)	18,26% (Торговля. Продажи. Закупки)
Ж. Информация и связь – 0,64%	0,2%	2,84% (ИТ. Компьютеры. Интернет)
Н. Транспортная деятельность, складирование, почтовая и курьерская деятельность – 5,65%	2,0%	9,72% (Транспорт. Автобизнес. Автосервис)
64,14 % (вакансии для рабочих)	57,65% - работа на дому, 10,57% - работа для студентов	

Примечание: Составлено по данным сайтов на 01.09.2019, 29.09.2019, 08.04.2020  
 Note: Developed on the portals data

структуры вакансий Общереспубликанского банка вакансий и размещенных на онлайн-портале и агрегаторах вакансий в разрезе видов экономической деятельности (таблица 2) позволяет сделать вывод о том, что порталы используют разные классификаторы, которые не в полной мере сопоставимы, и в итоге представляют разную структуру вакансий. Например, в Общереспубликанском банке вакансий доминируют вакансии для рабочих (64,14%), для обрабатывающей промышленности, строительства и сельского хозяйства. На портале Trudbox.by основной категорией является работа на дому, в отраслевом разрезе – торговля, транспорт. На агрегаторе Belmeta.com преобладают производство, торговля, строительство. Отсюда следует, что негосударственные порталы показывают другой сегмент рынка труда. Также следует отметить, что на большинстве порталов нет доступа к анализу общей статистики портала, что затрудняет проведение исследований и прогноза. Аналогичная ситуация складывается при анализе наиболее и наименее востребованных вакансий в разрезе регионов и профессий.

Таким образом, охватывая разные сегменты белорусского рынка труда, в совокупности государственный и негосударственные порталы вакансий позволяют всем желающим получить информацию и услуги для эффективного трудоустройства. Но единых подходов к детализации вакансий и резюме нет, так как негосударственные порталы используют свои параметры, которые не в полной мере совпадают с классификатором занятий и направлений подготовки. Информация о вакансиях и содержание резюме соискателей на разных порталах отличается (таблица 3).

Поэтому обилие онлайн-источников информации на данный момент не позволяет их интегрировать, так как эти системы не обладают взаимосвязанностью, не могут обмениваться друг с другом информацией. В этой связи первостепенными становятся следующие вопросы: как можно совместить анализ больших данных по онлайн-платформам поиска работы с традиционными результатами статистических данных с целью получить детальный обзор о спросе на навыки и квалификации в режиме реального вре-

Таблица 3. Особенности представления информации о вакансиях и резюме на различных порталах  
 Table 3. Features of the presentation of information about vacancies and resumes on various portals

	Общереспубликанский банк вакансий	Негосударственные порталы
<b>Информация о вакансиях</b>		
Используемые классификаторы	Профессии в соответствии с ОКРБ 006-2009 «Профессии рабочих и должности служащих». В 2020 года предполагается переход на использование справочника ОКРБ 014-2017 «Занятия», который гармонизирован ESCO-08 (в разрезе 9 профессионально-квалификационных) по видам экономической деятельности в соответствии с ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности»	Собственные классификаторы по профессиональным областям и направлениям деятельности
Структурирование вакансий	Региональный разрез, для рабочих и специалистов, по уровню заработной платы, др.	Произвольное деление, в разрезе областей и выборочных населенных пунктов
Описание вакансий	Жестко не задано	Жестко не задано
Способ представления вакансии	Обязательно, в пятидневный срок. В соответствии с Законом Республики Беларусь «О занятости населения»	По желанию
<b>Информация о резюме</b>		
Социальная база	Резюме, зарегистрированные в органах по труду, занятости и социальной защите	Все желающие
Форма резюме	Форма резюме задана, в ней желаемые профессии/должности – по классификатору	Собственные формы резюме
Дополнительные навыки	Произвольное описание	Произвольное описание

мени. Сбор информации и получение оперативных данных о тенденциях в области численности и структуры трудовых ресурсов, компетенций (предложение труда) в области востребованных профессий и навыков (спрос на труд) на отраслевом, региональном, национальном уровнях рынка труда требуют консолидации данных из разных источников и разработанных на их основе аналитических продуктов.

Когда анализируются вакансии, в них указываются:

1. название должности и профессии;
2. вид экономической деятельности;
3. сертификаты (дипломы) и требования к уровню образования;
4. стаж;
5. заработная плата;
6. умения и навыки.

Именно в описании последнего пункта («Навыки») надо достичь единообразия. Нужен договор о внесении их по единому классификатору. Это даст возможность увидеть в реальном времени, как группируются и разделяются умения в рамках того или иного рабочего места. Также, как структурируются вакансии (внутри описание вакансий), должны быть структурированы и резюме соискателей (описание имеющихся навыков и квалификации) – в едином формате (например, формат EUROPASS, применяемый в странах ЕС). И в описании вакансий, и в описании резюме должны быть согласованные перечни умений и навыков, которые могут быть объединены в разные квалификации, чтобы система могла автоматически сопоставлять их по ключевым словам и согласовывать. Следует отметить, что большинство порталов либо не про-

водят собственной аналитики рынка труда, либо не размещают ее результатов в открытом доступе. Поэтому возможности воспользоваться ими нет. В этой связи повышается значение формирования единого портала вакансий (с помощью Big Data), не мешая бизнесу негосударственных порталов, только для проведения анализа рынка труда в научно-исследовательских и аналитических целях. Это создаст основу для формирования целостной картины о рынке труда в стране, и, соответственно, повысит обоснованность и эффективность принимаемых решений в области его регулирования и прогнозирования.

Проведенный анализ данных онлайн-порталов вакансий в Республике Беларусь позволяет сформулировать следующие трудности формирования единого источника вакансий для аналитики рынка труда:

- сохраняются разные критерии структурирования информации в описании вакансий и резюме;
- нет унификации в использовании методических и методологических подходов (понимание конъюнктуры рынка труда, деление на виды экономической деятельности, категории вакансий и резюме);
- не используются единые классификаторы;
- недостаточно описаны требуемые навыки;
- закрытость информации.

Указанные обстоятельства свидетельствуют о необходимости формирования цифровой экосистемы рынка труда Беларуси, понимаемой как партнерство организаций и органов управления, обеспечивающее постоянное взаимодействие принадлежащих им технологических платформ, прикладных интернет-сервисов, аналитических систем, информационных систем органов государственного управления, организаций и граждан в целях регулирования занятости и снижения безработицы, поиска работника, рабочего места, содействия трудоустройству, выбора профессии, определения направлений повышения квалификации и переподготовки. Цифровая трансформация рынка труда создает возможность совместного использования ресурсов, включая информационные, а также децентрализованное управление через соединение большого числа пользователей и бизнес-партнеров.

#### ***Перспективы использования данных онлайн-порталов вакансий при анализе рынка труда.***

Во многих странах в различных формах созданы либо единые Интернет-порталы (Великобри-

тания, Эстония, Финляндия, Чехия, Нидерланды, Канада, Греция), либо платформы (Австрия), либо онлайн- службы (Дания, Германия, Хорватия). Куррируются данные службы либо органами государственной службы занятости (в Германии, Канаде), либо национальными институтами образования (в Чехии, Австрии, Дании, Великобритании, Эстонии, Финляндии, Нидерландах). Аналогичный опыт накоплен в России (например, в Карелии) и реализован в виде открытого портала.

В Республике Беларусь также есть элементы такой системы, но они достаточно фрагментарны: на сайте государственной службы занятости – сведения о зарегистрированных вакансиях, на кадровых порталах – преимущественно текущий анализ, на сайтах отдельных учреждений образования – профориентационные услуги. Но комплексного и открытого прогноза будущих востребованных компетенций, навыков, лаконичных и наглядных обзоров состояния различных сегментов рынка труда (отраслевых, региональных, профессиональных) нет. Основными трудностями при формировании единого портала о вакансиях являются разные критерии структурирования информации, недостаточность в описании требуемых навыков, неравномерное представление вакансий и резюме по регионам, профессиям (проблема репрезентативности).

Учитывая, что ряд онлайн-порталов дублируют друг друга, а также для обеспечения возможности доступа к их данным, необходимо осуществить три шага:

- 1) определить перечень необходимых порталов для использования их информации при прогнозе и аналитике;
- 2) заключить соглашения с владельцами негосударственных порталов об использовании информации и структурировании ее по одинаковым классификаторам;
- 3) дополнить содержание порталов результатами аналитики в визуальном и интерактивном режиме.

Используя методику ранжирования порталов [6] и адаптировав ее в соответствии с особенностями существующих онлайн-порталов вакансий в Беларуси, были выбраны наиболее популярные сайты онлайн-вакансий в поисковой системе<sup>7</sup>. Для ранжирования источников были использованы следующие характеристики:

<sup>7</sup> Самые популярные поисковые системы в Республике Беларусь: Google и Яндекс. Google используют 76,86% пользователей, Яндекс - 22,35% пользователей. Поэтому для поисковых запросов мы использовали Google.

- **характеристики веб-сайта:** позиция в рейтинге Google, количество вакансий на портале, тип портала, тип оператора, количество вакансий, географический охват, секторальный охват, дата публикации вакансий, частота обновления;

- **характеристики вакансий:** наименование вакансии (профессии), тип контракта, рабочее время, сектор, город, район, область, уровень квалификации, заработная плата, наличие описания навыков.

Процесс ранжирования онлайн-порталов вакансий, в зависимости от характеристик самого портала и вакансий, представленных на нем, отражен в таблице 4, а его результат (в виде рейтинга порталов) на рисунке 2.

Таким образом, в результате оценки и ранжирования, для сбора данных о вакансиях целесообразно использовать jobs.tut.by, praca.by, belmeta.com, joblab.by, gsz.gov.by.

Вторым не менее важным вопросом является решение проблемы совмещения больших данных по онлайн-платформам поиска работы с традиционными результатами статистических отчетов. Поскольку единых подходов к детализации вакансий и резюме на данный момент нет, негосударственные порталы используют свои классификаторы, которые не в полной мере совпадают с ОКРБ 014-2017 «Занятия». Для улучшения и более полного использования данных онлайн-порталов вакансий для аналитики и прогнозирования необходимо использовать единый классификатор занятий и навыков, чтобы объеди-

нить рабочие места в один массив с целью получения полной картины о ситуации на рынке труда. Следующие шаги должны быть сосредоточены на реализации системы, которая собирает вакансии из этих выбранных источников, классифицирует их вместе с навыками по стандартной классификации профессий и навыков, визуализирует полученные результаты для наглядности и удобства использования всеми заинтересованными участниками рынка труда и системы образования при принятии решений.

**Заключение.** Для того, чтобы рынок труда Республики Беларусь поддержал взятый страной курс на цифровизацию экономики и ее инновационный рост, стимулировал структурные преобразования экономики, нужно обеспечить полномасштабную аналитику рынка труда, поддерживать ее соответствующими институтами на рынке труда. Это означает необходимость формирования единой цифровой экосистемы рынка труда, включающей сбор и обработку информации о нем из разных источников, их взаимосвязь и интеграцию с системой образования, субъектами хозяйствования, органами управления, обеспечивающей единство методических подходов в формировании информации (терминология, таксономия, классификаторы) и ее предоставлении всем заинтересованным пользователям (органам управления для разработки программ и прогнозов, кадровым службам организаций, учреждениям образования, населению – занятым, безработным, желающим поменять работу, найти допол-

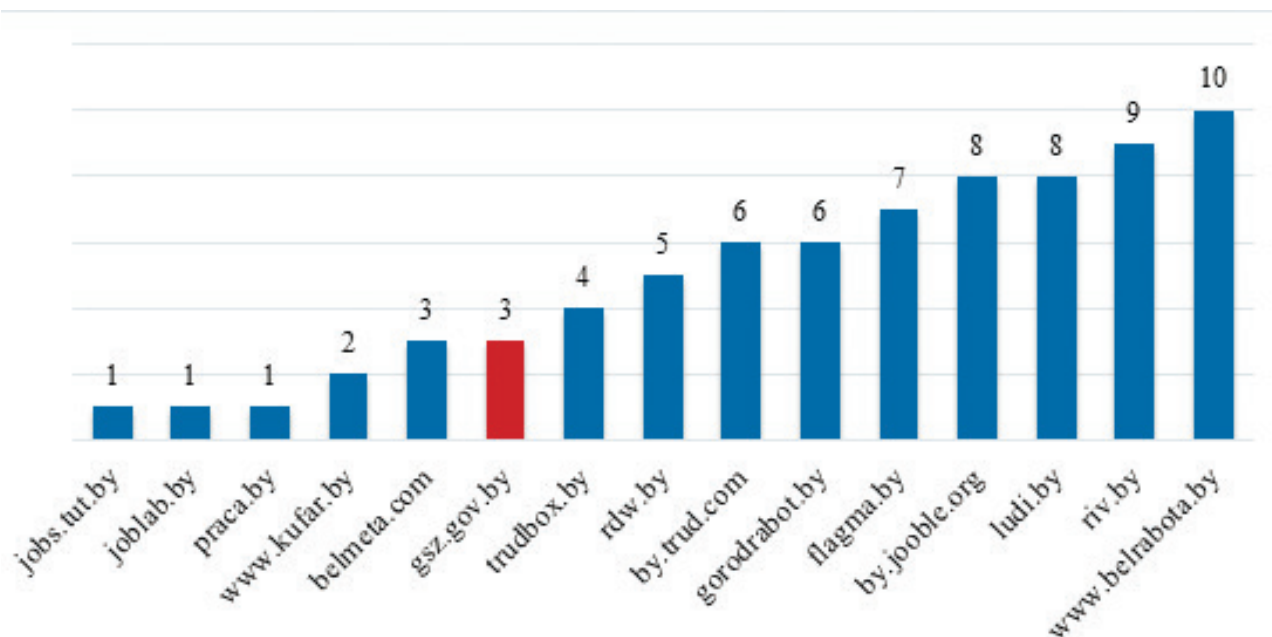


Рис. 2. Рейтинг онлайн-порталов Республики Беларусь, апрель 2020  
 Fig. 2 Rating of online portals of the Republic of Belarus, April 2020



Таблица 4. Процесс ранжирования онлайн-порталов вакансий в зависимости от характеристик самого портала и вакансий

Table 4. The ranking process of online job portals depending on the characteristics of the portal and jobs

Name of the job-portal	Позиция в рейтинге Google	Тип оператора	Тип портала	Количество вакансий	Географический охват	Секторальный охват	Дата публикации вакансий	Частота обновления	Наименование вакансии	Тип контракта	Рабочее время	Сектор	Город	Район	Область	Уровень квалификации	Заработная плата	Описание навыков	Среднее значение	Финальный ранг
jobs.tut.by	1	1	1	18348	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,941	1
joblab.by	1	1	1	19017	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,941	1
praca.by	1	1	1	14110	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,941	1
kuifag.by	0,8	1	0,8	1598	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,918	2
belmeta.com	1	0,8	1	107449	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	0,5	0,871	3
gsz.gov.by	0,8	1	1	85418	1	1	1	1	0,5	1	1	0	1	1	1	1	1	0,5	0,871	3
trudbox.by	1	0,8	1	123759	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5	1	0	1	1	1	0,5	0,841	4
rdw.by	1	1	1	4402	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	0	0	1	1	0,5	0,824	5
by.tuid.com	1	0,8	1	200343	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5	1	0	0	1	1	0,5	0,782	6
gorodrabot.by	0,8	1	1	36330	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	0	0	1	1	0,5	0,782	6
flagma.by	0,8	1	0,8	13362	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0	0	1	1	0,5	0,771	8
by.jobble.org	1	0,8	1	51156	1	1	1	1	0,5	1	1	0	1	0	0	0	1	0,5	0,694	8
ludi.by	0,8	1	1	655		1	1	1	1	0,5	0,5	1	0,5	0	0	1	0,5	0,5	0,665	8
rv.by	0,8	1	1	-	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	0	0	0,5	0	0,5	0,665	9
belrabota.by	0,8	1	0,5	-	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,635	10

нительную работу, учащимся, абитуриентам и пр.). Это создаст условия для определения направлений развития рынка труда Республики Беларусь, которые помогут сформировать и под-

держивать эффективную занятость в экономике, успешно вписаться и конкурировать на глобальном рынке труда, при этом сохраняя социальную стабильность в стране.

## Список литературы

1. Брольпито, А., Цифровые навыки и компетенция, цифровое и онлайн обучение/. Европейский фонд образования, Турин, 2019.
2. Ванкевич Е. В. Информационно-аналитическая система рынка труда и прогнозирования потребности в кадрах: содержание и направления формирования в Республике Беларусь / Е.В.Ванкевич, Э.Кастел-Бранко // Белорусский экономический журнал. – 2017. – № 2. – 158 с. – С. 73–92.
3. Ванкевич, Е. Оценка эффективности активных программ содействия занятости в регионе / Е.Ванкевич, Е.Коробова // Вестник ВГТУ. – 2015. – № 28. – С. 174–185.
4. Головенчик, Г. Г. Цифровая экономика / Г. Г. Головенчик, М. М.Ковалев. – Минск: Издательский центр БГУ, 2019.
5. Кройтор С. Дигитализация экономики как фактор трансформации рынков труда. Наука и инновации. – 2019. – № 7 (197). – С. 61–63.
6. Mercurio. F. Feasibility study for Tunisia and Morocco to identify, validate, and rank web job vacancy sources – practical guidance./ F.Mercurio, M.Mezzanzanica M. // ETF, 2019.
7. The changing nature of work and skills in the digital age, EUR 29823 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-09206-3, doi:10.2760/679150, JRC 117505 - Gonzalez Vazquez, I., Milasi, S., Carretero Gomez, S., Napierala, J., Robledo Bottcher, N., Jonkers, K., Goenaga, X. (eds.), Arregui Pabollet, E., Bacigalupo, M., Biagi, F., Cabrera Giraldez, M., Caena, F., Castano Munoz, J., Centeno Mediavilla, C., Edwards, J., Fernandez Macias, E., Gomez Gutierrez, E., Gomez Herrera, E., Inamorato Dos Santos, A., Kamylyis, P., Klenert, D., López Cobo, M., Marschinski, R., Pesole, A., Punie, Y., Tolan, S., Torrejon Perez, S., Urzi Brancati, C., Vuorikari, R.
8. Vankevich, A. Employment precarity and flexicurity issues in EU and Belarus / A. Vankevich, O. Zaitseva // Humanizacja Pracy. – 2019. – № 2 (296). – С. 53–70.

## References

1. Brolpito, A., Digital Skills and Competency, Digital and Online Learning. European Education Foundation, Turin, 2019.
2. Vankevich E.V., Castel-Branko E. Information and analytical system of the labor market and forecasting the need for personnel: content and directions of formation in the Republic of Belarus. Belarusian Economic Journal, 2017. No. 2. pp. 73–92.
3. Vankevich E. Korobova E. Evaluation of the effectiveness of active programs to promote employment in the region. Bulletin of VSTU, 2015. No. 28. pp. 174–185.
4. Golovenchik, G. G. Kovalev M. M. Digital Economy. Minsk: BSU Publishing Center, 2019.
5. Kroytor S. Digitalization of the economy as a factor in the transformation of labor markets. Science and innovation. 2019. No. 7 (197). pp. 61–63.
6. Mercurio F., Mezzanzanica M. Feasibility study for Tunisia and Morocco to identify, validate, and rank web job vacancy sources – practical guidance. ETF, 2019.
7. The changing nature of work and skills in the digital age, EUR 29823 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-09206-3, doi:10.2760/679150, JRC 117505 - Gonzalez Vazquez, I., Milasi, S., Carretero Gomez, S., Napierala, J., Robledo Bottcher, N., Jonkers, K., Goenaga, X. (eds.), Arregui Pabollet, E., Bacigalupo, M., Biagi, F., Cabrera Giraldez, M., Caena, F., Castano Munoz, J., Centeno Mediavilla, C., Edwards, J., Fernandez Macias, E., Gomez Gutierrez, E., Gomez Herrera, E., Inamorato Dos Santos, A., Kamylyis, P., Klenert, D., López Cobo, M., Marschinski, R., Pesole, A., Punie, Y., Tolan, S., Torrejon Perez, S., Urzi Brancati, C., Vuorikari, R.
8. Vankevich, A., Zaitseva O. Employment precarity and flexicurity issues in EU and Belarus. Humanizacja Pracy, 2019. No 2 (296). – С. 53–70.

*Received: 19.04.2020*

*Поступила: 19.04.2020*

## Использование стеков для сегментации изображений на основе выращивания областей

**В. Ю. Цветков**, д. т. н., доцент, заведующий кафедрой  
инфокоммуникационных технологий

E-mail: [vtsvet@bsuir.by](mailto:vtsvet@bsuir.by)

УО «Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники», ул. П. Бровки, д. 6, 220013, г. Минск,  
Республика Беларусь

**Аннотация.** Цель работы заключается в сравнительной оценке размеров FIFO- и LIFO-стеков, требуемых для сегментации изображений на основе выращивания областей. В процессе сегментации в стеки помещаются координаты  $(y, x)$  пикселей, которые необходимо присоединить к выращиваемой области. Размер стека, необходимый для хранения координат, зависит от структуры изображения и не может быть определен до сегментации. Для исключения переполнения стека его размер определяется для условий максимальной загрузки, когда изображение содержит единственную максимальную область. В этом случае размер стека равен размеру изображения. Такой подход не учитывает процесс выгрузки и ведет к перерасходу памяти. В работе получены выражения, позволяющие повысить точность определения размеров FIFO- и LIFO-стеков, необходимых для хранения координат смежных пикселей в алгоритме сегментации на основе выращивания областей в условиях максимальной загрузки. При этом учтены начальное положение точки роста области и направление выборки смежных пикселей в окне сканирования. Сравнительная оценка размеров стеков, необходимых для сегментации изображений, показала, что использование FIFO-стека предпочтительнее, чем LIFO-стека, и ведет к существенной экономии памяти.

**Ключевые слова:** FIFO-стек, LIFO-стек, сегментация изображений, выращивание областей, размер стека

**Для цитирования:** Цветков, В. Ю. Использование стеков для сегментации изображений на основе выращивания областей / В. Ю. Цветков // Цифровая трансформация. – 2020. – № 2 (11). – С. 43–50. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-43-50>



© Цифровая трансформация, 2020

## Using Stacks for Image Segmentation Based on Region Growing

**V. Yu. Tsviatkou**, Dr. Sc. (Technology), Associate Professor,  
Head of Department of Infocommunications

E-mail: [vtsvet@bsuir.by](mailto:vtsvet@bsuir.by)

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,  
6 P. Brovka Str., 220013 Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The aim of the work is to comparatively evaluate the sizes of FIFO and LIFO stacks required for image segmentation based on growing regions. The coordinates  $(y, x)$  of the pixels that need to be attached to the cultivated area are placed in stacks during the segmentation process. The size of the stack needed to store the coordinates depends on the structure of the image and cannot be determined before segmentation. To avoid stack overflow, its size is determined for maximum load conditions when the image contains a single maximum area. In this case, the stack size is equal to the image size. This approach does not take into account the process of stack unloading and leads to memory overrun. Expressions are obtained in the paper that allow one to increase the accuracy of determining the sizes of FIFO and LIFO stacks necessary for storing the coordinates of adjacent pixels in a segmentation algorithm based on growing regions under maximum load conditions. In this case, the initial position of the region growth point and the direction of the selection of adjacent pixels in the scanning window are taken into account. A comparative assessment of the stack sizes required for image segmentation showed that using the FIFO stack is preferable to the LIFO stack and leads to significant memory savings.

**Key words:** FIFO stack, LIFO stack, image segmentation, region growing, stack size

**For citation:** Tsviatkou V. Yu. Using Stacks for Image Segmentation Based on Region Growing. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2020, 2 (11), pp. 43–50 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-43-50>

© Digital Transformation, 2020

**Введение.** Одна из основных проблем организации обработки данных в вычислительной системе – выделение памяти. Её недостаточное количество приводит к потерям данных и сбоям. Избыточное же выделение памяти ведет к росту стоимости обработки данных. В обработке изображений данная проблема обостряется в связи с тем, что промежуточные результаты многих алгоритмов занимают существенно больше памяти в сравнении с исходными данными. Примером могут служить алгоритмы сегментации изображений [1–4]. Сегментация приводит к разделению изображения на области с одинаковыми или схожими свойствами. Простейшие алгоритмы сегментации основаны на выращивании областей в окрестности предварительно выделенных начальных пикселей роста и используют стеки для хранения координат смежных пикселей, присоединяемых к выращиваемой области [2, 5–7]. Стеки могут быть организованы по принципу FIFO (первым зашел – первым вышел) или LIFO (последним зашел – первым вышел) [8–10]. Они отличаются порядком выборки данных и, соответственно, размером, необходимым для хранения координат пикселей при максимальной загрузке. Целью работы является сравнительная оценка размеров FIFO- и LIFO-стеков, требуемых для алгоритма сегментации изображений на основе выращивания областей.

**Постановка задачи.** В результате сегментации изображения  $I = \parallel i(y,x) \parallel_{(y=0, Y-1, x=0, X-1)}$  размером  $Y \times X$

пикселей формируется матрица  $S = \parallel s(y,x) \parallel_{(y=0, Y-1, x=0, X-1)}$  сегментации такого же размера, значения элементов которой указывают на номера  $n_s \in [0, N_s]$  сегментов, которым они принадлежат, где  $N_s$  – число сегментов и номер последнего сегмента. На рис. 1 приведены матрица значений пикселей полутонового изображения и соответствующая ей матрица сегментации, содержащая 6 областей.

При инициализации алгоритма выращивания областей координаты начальных пикселей роста помещаются в стеки  $Y_F = \parallel y_F(p_F) \parallel_{(p_F=0, P-1)}$

и  $X_F = \parallel x_F(p_F) \parallel_{(p_F=0, P-1)}$  координат смежных пикселей, где  $p_F$  – указатель стеков;  $P_F$  – максимально возможное число координат в стеках  $Y_F$  и  $X_F$ . Затем реализуется цикл обработки стеков  $Y_F$  и  $X_F$ , в котором из них извлекаются координаты  $(y,x)$  очередного обрабатываемого пикселя; соответствующему элементу матрицы сегментации  $s(y,x)$  присваивается значение  $n_s$  номера сегмента; проверяется выполнение условия присоединения к текущему пикселю  $(y,x)$  смежных пикселей с координатами  $(y+y', x+x')$  при  $(y'=-1,1) \wedge (x'=-1,1) \wedge ((y' \neq 0) \vee (x' \neq 0))$ ; если для какого-либо смежного пикселя условие выполняется, то его координаты  $(y+y', x+x')$  заносятся в стеки  $Y_F$  и  $X_F$ . Цикл повторяется до тех пор, пока все начальные пиксели роста не будут обработаны.

Загрузка стеков максимальна, когда размер сегмента совпадает с размером изображения. В этом случае  $N_s=1, \forall y \forall x (s(y,x) = N_s)$ , размер  $R_s(n_s)$   $n_s$ -го сегмента, определяемый с помощью выражения  $R_s(n_s) = \frac{1}{n_s} \sum_{y=0}^{Y-1} \sum_{x=0}^{X-1} s(y,x)$ , составляет  $Y \times X$

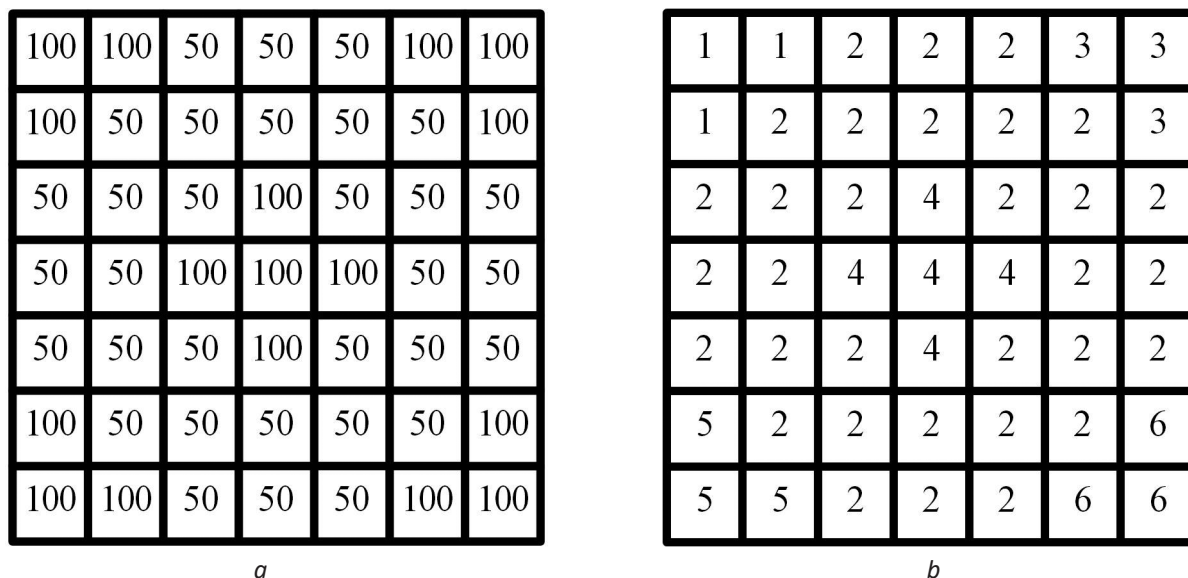


Рис. 1. Матрицы:  
a – матрица значений пикселей; b – матрица сегментации

Fig. 1. Matrices:  
a – matrix of pixel values; b – segmentation matrix

$(R_s(1) = YX)$  при исключении повторного попадания координат в стеки. При отсутствии выражения для точного определения размера стека (значения  $P_F$  числа ячеек стека) гарантировать устойчивую работу алгоритма выращивания областей, исключающую переполнение стеков  $Y_F$  и  $X_F$ , можно только если

$$P_F = YX. \quad (1)$$

Выражение (1) не учитывает выборку координат из стеков, обеспечивающую выполнение неравенства  $P_F < YX$ . Таким образом, для повышения эффективности использования оперативной памяти при сегментации изображений на основе выращивания областей необходимо точно определить размер  $P_F$  стеков  $Y_F$  и  $X_F$  при максимальной загрузке, когда размер единственной области  $R_s(1)$  ( $N_s=1$ ) совпадает с размером изображения ( $R_s(1) = YX$ ).

**Уточнение размера FIFO-стека при максимальной загрузке.** Пусть квадратное изображение размером  $Y^2$  пикселей содержит единственную область такого же размера. Работу FIFO-стека в процессе сегментации такой области можно разделить на циклы. В пределах каждого цикла из FIFO-стека выгружаются все координаты пикселей, которые там находились в начале цикла, осуществляется их обработка и загрузка координат пикселей, смежных с обработанными.

Число координат, загруженных в FIFO-стек в каждом цикле, зависит от положения начального пикселя роста (край или центр области). Если начальный пиксель роста находится в центре квадратной области, то в каждом цикле чис-

ло элементов в FIFO-стеке увеличивается на 8 (рис. 2,а). Тогда число координат, загружаемых в FIFO-стек в последнем  $((Y-1)/2)$ -м цикле составляет  $4(Y-1)$  при условии, что  $Y$  – нечетное. Если начальный пиксель роста находится в углу квадратной области, то в каждом цикле число координат в FIFO-стеке увеличивается на 2 (рис. 2,б). Тогда число координат, загружаемых в FIFO-стек в последнем  $(Y-1)$ -м цикле, составляет  $2Y-1$ . Таким образом, при сегментации области с положением начального пикселя роста в ее центре, требуется стек большей емкости (примерно в 2 раза), чем в случае, когда начальный пиксель роста расположен в углу области, а также в произвольном месте на границе области (рис. 2,с).

Для расчета емкости стека необходимо учитывать порядок выборки значений смежных пикселей. Окрестность углового пикселя (рис. 3,а) может содержать до 5-ти необработанных смежных пикселей, а окрестности других (неугловых) пикселей – до трех пикселей (рис. 3,б). Это значит, что при выборке из FIFO-стека координат углового пикселя на их место могут вернуться координаты 5-ти смежных пикселей и число координат в FIFO-стеке увеличится на 4. При выборке из FIFO-стека координат неуглового пикселя на их место могут вернуться координаты трех смежных пикселей и число координат в FIFO-стеке увеличится на 2.

В рассматриваемом случае сегментации квадратной области с начальным пикселем роста в её центре наибольшее число координат в FIFO-стеке накапливается, если в процессе обработки окрестности области смежные пиксели выбираются не по порядку, а с интервалом два

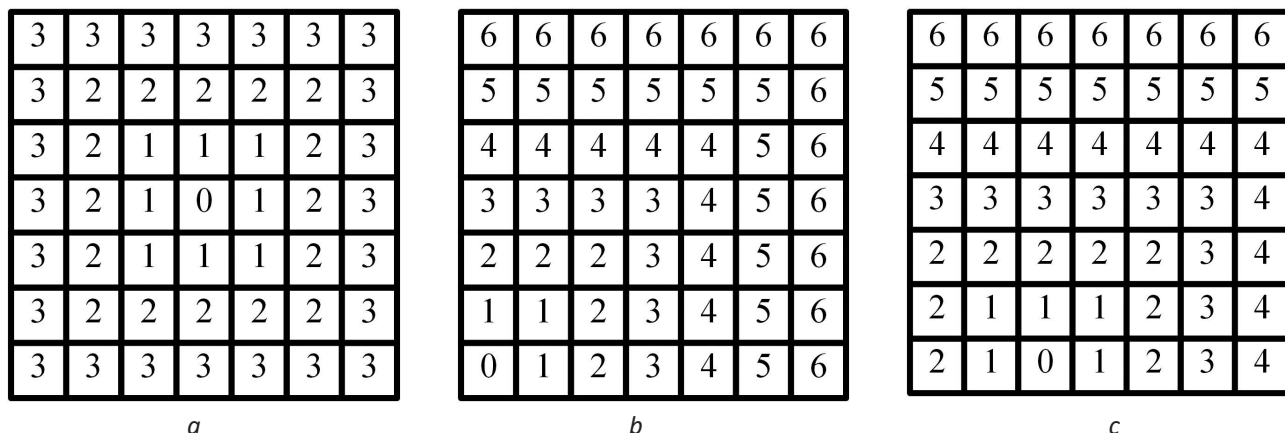


Рис. 2. Распределение пикселей сегментируемой квадратной области по циклам обработки FIFO-стеков  $Y_F$  и  $X_F$  при различном положении начального пикселя роста:  $a$  – в центре области;  $b$  – в углу области;  $c$  – на краю области  
 Fig. 2. The distribution of pixels of the segmented square region according to the processing cycles of the FIFO stacks  $Y_F$  and  $X_F$  at different positions of the initial growth pixel:  
 $a$  – in the center of the region;  $b$  – in the corner of the region;  $c$  – on the edge of the area

пикселя (рис. 3,в) и выборка начинается с 4-х угловых пикселей. Выгрузка из FIFO-стека координат 4-х угловых пикселей, выращиваемой области, приводит к возврату в FIFO-стек координат 16-ти смежных пикселей. Выгрузка из FIFO-стека координат неугловых пикселей с интервалом два пикселя в  $k$ -м цикле (всего  $4(\lfloor y/3 \rfloor - 1)$  пикселей при  $y = 2k + 1$ ,  $k = \overline{1, (Y-1)/2}$  и нечетном значении  $Y$ ) приводит к возврату в FIFO-стек координат  $8(\lfloor y/3 \rfloor - 1)$ -ти смежных пикселей, где  $\lfloor \cdot \rfloor$  – операция округления в меньшую сторону. Выгрузка из FIFO-стека координат остальных неугловых пикселей не приводит к загрузке в стек новых координат (координаты всех смежных пикселей уже находятся в стеке) и число координат в FIFO-стеке уменьшается.

Таким образом, к концу цикла число координат в FIFO-стеке увеличится на 8, по сравнению с предыдущим циклом, однако в начале цикла разница в числе координат в FIFO-стеке между соседними циклами может достигать  $16 + 8(\lfloor y/3 \rfloor - 1)$  при выборке смежных пикселей с интервалом два пикселя, начиная с угловых пикселей. В этом случае в последнем цикле, когда размер сегментируемой области совпадает с размером изображения, число координат в FIFO-стеке достигает максимального значения, определяющего необходимый размер  $P_F$  FIFO-стека (число ячеек), вычисляемый с помощью выражения

$$P_F = 16 + 8(\lfloor Y/3 \rfloor - 1). \quad (2)$$

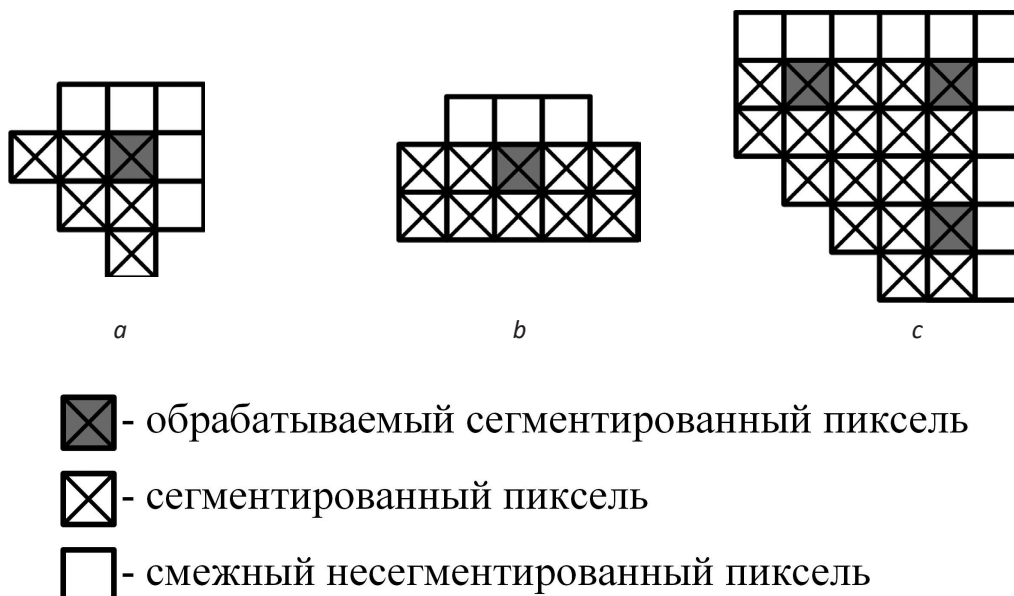


Рис. 3. Распределение пикселей сегментируемой области:  
 а – в окрестности углового пикселя; б – в окрестности неуглового пикселя;  
 с – при выборке с интервалом два пикселя

Fig. 3. The pixel distribution of the segmented area:  
 а – in the vicinity of the corner pixel; б – in the vicinity of a non-corner pixel;  
 с – when sampling with an interval of two pixels

В случае прямоугольного изображения размером  $Y \times X$  для определения необходимого размера FIFO-стека по выражению (2) вместо значения  $Y$  предлагается использовать значение  $YX$ .

**Уточнение размера LIFO-стека при максимальной загрузке.** Пусть квадратное изображение размером  $Y^2$  пикселей содержит единственный сегмент такого же размера. Число координат, загружаемых в LIFO-стек при обработке окрестности текущего пикселя, зависит от порядка выборки смежных пикселей и положения текущего обрабатываемого пикселя относительно границ сегмента.

Текущий и смежные с ним пиксели сканируются квадратным окном размером  $3 \times 3$  пикселя. Возможны два базовых варианта выборки 8-ми смежных пикселей в окне сканирования: когда последние загружаемые в стеки координаты пикселя указывают на сторону (например, верхнюю (рис. 4, а) или угол (например, верхний правый (рис. 4, е) окна сканирования). Существуют всего 16 вариантов последовательной выборки смежных пикселей с учетом движения по и против часовой стрелки. Если окно сканирования не находится на границах сегмента и первый выбираемый пиксель расположен в углу окна, то выборка смежных пикселей приводит к вертикальному или горизонтальному перемещению окна сканирования (например, вверх для окна с расположением первого выбираемого пикселя в правом верхнем

углу (рис. 4, *b*). При расположении в углу окна сканирования последнего выбираемого пикселя выборка приводит к диагональному перемещению окна сканирования (например, вверх и вправо для окна с расположением последнего выбираемого пикселя в правом верхнем углу (рис. 4, *f*). Для каждого из 16 вариантов последовательной выборки смежных пикселей существуют  $Y^2$  вариантов траекторий перемещения окна сканирования в пределах границ квадратного сегмента размером  $Y^2$  пикселей в зависимости от положения начального пикселя роста сегмента (начального положения окна сканирования). На рис. 4 приведены примеры траекторий перемещения окна сканирования в пределах границ квадратного

сегмента для двух вариантов выборки смежных пикселей в окне сканирования, приведенных на рис. 4, *a* и 4, *e*, когда положение начального пикселя роста соответствует нижнему левому углу (рис. 4, *c*, 4, *g*) и центру (рис. 4, *d*, 4, *h*) сегмента.

Для траектории сканирования, приведенной на рис. 4, *c*, необходимо  $\lceil Y/4 \rceil$  циклов, в каждом из которых обрабатываются  $4(Y-4k)$  пикселей, где  $k = \overline{1, \lceil Y/4 \rceil}$ , – номер цикла. При каждом перемещении окна из стеков извлекаются координаты текущего пикселя и помещаются в стеки координаты двух смежных пикселей, в результате чего число координат в стеках увеличивается на единицу. При обработке первого пикселя в левом нижнем углу сегмента в стеки помещаются коор-

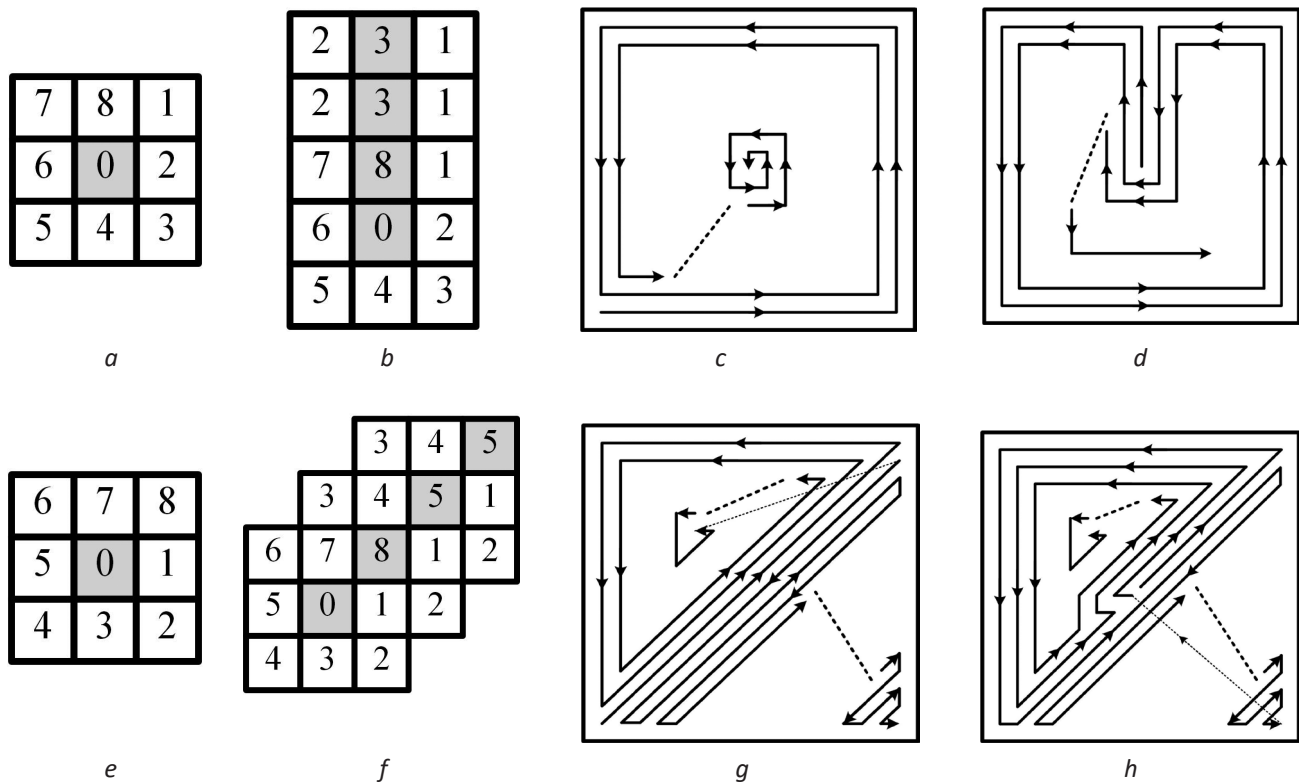


Рис. 4. Фрагменты: *a* – окно сканирования (первый выбираемый пиксель в правом верхнем углу); *b* – перемещение окна сканирования вверх; *c* – перемещение окна сканирования (первый выбираемый пиксель в правом верхнем углу окна сканирования, начальный пиксель роста в нижнем левом углу сегмента); *d* – перемещение окна сканирования (первый выбираемый пиксель в правом верхнем углу окна сканирования, начальный пиксель роста в центре сегмента); *e* – окно сканирования (последний выбираемый пиксель в правом верхнем углу); *f* – перемещение окна сканирования вверх и вправо; *g* – перемещение окна сканирования (последний выбираемый пиксель в правом верхнем углу окна сканирования, начальный пиксель роста в нижнем левом углу сегмента); *h* – перемещение окна сканирования (последний выбираемый пиксель в правом верхнем углу окна сканирования, начальный пиксель роста в центре сегмента)

Fig. 4. Fragments: *a* – scanning window (first selectable pixel in the upper right corner); *b* – moving the scan window up; *c* – moving the scanning window (the first selectable pixel in the upper right corner of the scanning window, the initial growth pixel in the lower left corner of the segment); *d* – moving the scan window (first selectable pixel in the upper right corner of the scan window, the initial growth pixel in the center of the segment); *e* – scan window (last selected pixel in the upper right corner); *f* – moving the scan window up and to the right; *g* – moving the scanning window (the last selected pixel in the upper right corner of the scanning window, the initial growth pixel in the lower left corner of the segment); *h* – moving the scanning window (the last selected pixel in the upper right corner of the scanning window, the initial growth pixel in the center of the segment)

динаты еще одного пикселя. Таким образом, размер  $P_F$  LIFO-стека для траектории сканирования, приведенной на рис. 4,с, определяется с помощью выражения

$$P_F = 1 + 4 \sum_{k=1}^{\lfloor Y/4 \rfloor} (Y - 4k). \quad (3)$$

Для траектории сканирования, приведенной на рис. 4,д, необходимо  $\lfloor Y/8 \rfloor$  циклов, в каждом из которых обрабатываются  $5(Y - 8k)$  пикселей ( $4(Y - 8k)$  по периметру сегмента и  $(Y - 8k)$  в центральной части сегмента), где  $k = \overline{1, \lfloor Y/8 \rfloor}$ . При каждом перемещении окна из стеков извлекаются координаты текущего пикселя и помещаются в стеки координаты двух смежных пикселей, в результате чего число координат в стеках увеличивается на единицу. При обработке первого пикселя в центре сегмента в стеки помещаются координаты семи пикселей, а затем, при каждом перемещении окна вверх, в стеки добавляются координаты двух пикселей (всего  $Y$  пикселей). При обработке пикселей в центральной части сегмента в каждом цикле в стеки помещаются координаты еще 10 пикселей. Таким образом, размер  $P_F$  LIFO-стека для траектории сканирования, приведенной на рис. 4,д, определяется с помощью выражения

$$P_F = 7 + Y + 5 \sum_{k=1}^{\lfloor Y/8 \rfloor} (Y - 8k) + 10 \left\lfloor \frac{Y}{8} \right\rfloor. \quad (4)$$

Траектория сканирования, приведенная на рис. 4г, состоит из двух фрагментов. При переходе от обработки первого фрагмента ко второму из стеков выгружается большая часть координат смежных пикселей.

Для первого фрагмента необходимо  $\lfloor Y/5 \rfloor$  циклов. При каждом перемещении окна вверх из стеков извлекаются координаты текущего пикселя и помещаются в стеки координаты 5-ти смежных пикселей в первом цикле (число координат в стеках увеличивается на 4) и 3-х пикселей в последующих циклах (число координат в стеках увеличивается на два). При каждом перемещении окна влево и вниз из стеков извлекаются координаты текущего пикселя и помещаются в стеки координаты двух смежных пикселей, в результате чего число координат в стеках увеличивается на единицу. При этом число координат смежных пикселей в LIFO-стеке определяется выражением

$$P_F = 4Y + 2 \sum_{k=1}^{\lfloor Y/5 \rfloor} (Y - 5k) + 2 \sum_{k=1}^{\lfloor Y/5 \rfloor} (Y - 4k). \quad (5)$$

Для второго фрагмента необходимо  $\lfloor Y/3 \rfloor$  циклов. При каждом перемещении окна из стеков извлекаются координаты текущего пикселя и помещаются в стеки координаты 3-х смежных пикселей, в результате чего число координат в стеках увеличивается на два. С учетом того, что после обработки первого фрагмента в LIFO-стеке остаются координаты  $4Y$  смежных пикселей, размер LIFO-стека определяется выражением

$$P_F = 4Y + 2 \sum_{k=1}^{\lfloor Y/3 \rfloor} (Y - 3k). \quad (6)$$

Траектория сканирования, приведенная на рис. 4h, состоит из двух фрагментов. При переходе от обработки первого фрагмента ко второму из стеков выгружается большая часть координат смежных пикселей.

Первый фрагмент включает перемещение окна относительно центра сегмента вверх (при каждом перемещении число координат в стеках увеличивается на 4), влево (число координат в стеках увеличивается на единицу), вниз (число координат в стеках увеличивается на единицу) и еще  $\lfloor Y/3 \rfloor$  циклов перемещения вверх и вниз (число координат в стеках увеличивается на два). Размер LIFO-стека определяется выражением

$$P_F = 6Y + 2 \sum_{k=1}^{\lfloor Y/3 \rfloor} (Y - 3k). \quad (7)$$

Для второго фрагмента необходимо  $\lfloor Y/5 \rfloor$  циклов. При каждом перемещении окна вверх из стеков извлекаются координаты текущего пикселя и помещаются в стек координаты 3-х пикселей (число координат в стеках увеличивается на два). При каждом перемещении окна влево и вниз из стеков извлекаются координаты текущего пикселя и помещаются в стеки координаты двух смежных пикселей, в результате чего число координат в стеках увеличивается на единицу. С учетом того, что после обработки первого фрагмента в LIFO-стеке остаются координаты  $6Y$  смежных пикселей размер LIFO-стека определяется выражением

$$P_F = 6Y + 2 \sum_{k=1}^{\lfloor Y/5 \rfloor} (Y - 5k) + 2 \sum_{k=1}^{\lfloor Y/5 \rfloor} (Y - 4k). \quad (8)$$

В случае прямоугольного изображения размером  $Y \times X$  для определения необходимого размера LIFO-стека по выражениям (3) – (8) вместо значения  $Y$  предлагается использовать значение  $\lceil \sqrt{YX} \rceil$ , где  $\lceil \cdot \rceil$  – операция округления в большую сторону.

**Оценка экономии памяти при уточнении размеров FIFO- и LIFO-стеков.** На рис. 5 приведены за-



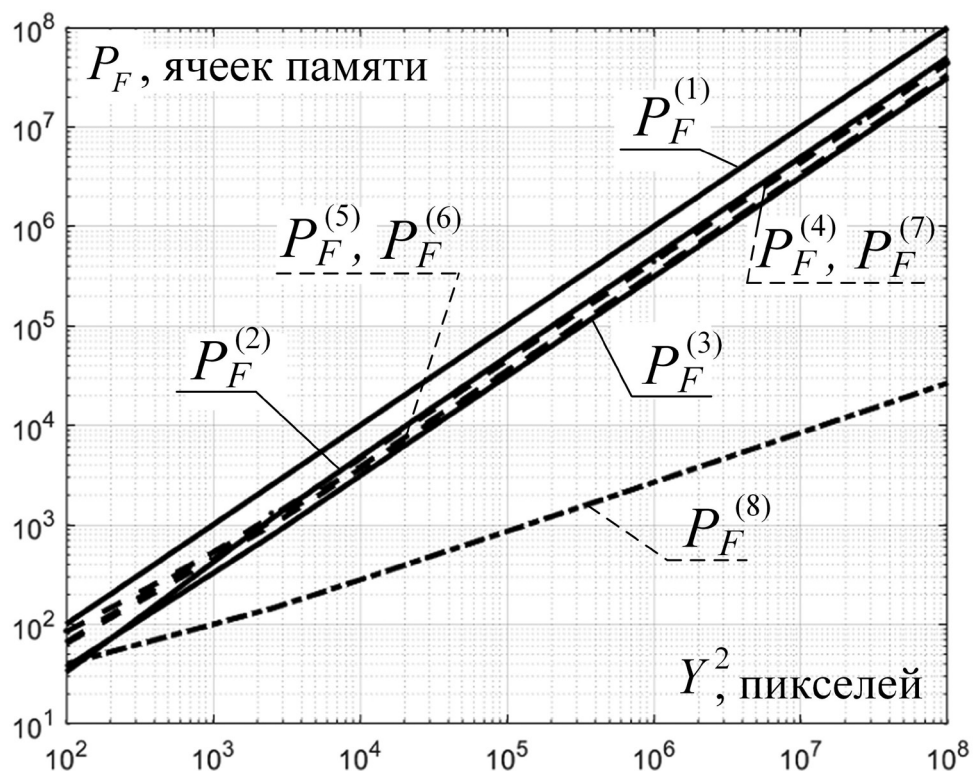


Рис. 5. Зависимости размеров FIFO- и LIFO-стеков от размера изображения  
 Fig. 5. Dependencies of FIFO and LIFO stack sizes on image size

висимости размеров  $P_F^{(E)}$  (число ячеек памяти) FIFO- и LIFO-стеков, определяемых с помощью выражений (1) – (8), от размера  $Y^2$  (число пикселей) квадратного изображения, где  $E$  – номер выражения.

Из рис. 5 следует, что наибольшие значения размера LIFO-стека дает выражение (3), что соответствует перемещению окна сканирования в пределах сегмента по траектории, приведенной на рис. 4с. При этом наибольшие значения размера FIFO-стека, определяемые по выражению (2), значительно меньше. Таким образом, использование FIFO-стека для сегментации изображений на основе выращивания областей предпочтительнее, чем LIFO-стека.

Экономия  $M_E$  памяти при точном расчете необходимого размера FIFO-стека по выражению (2), в сравнении с приблизительным расчетом по выражению (1), определяется с помощью отношения

$$M_E = \frac{YX}{16 + 8([\sqrt{YX}/3]-1)} . \quad (9)$$

Из рис. 5 следует, что экономия памяти при точном расчете необходимого размера FIFO-стека

растет с увеличением размера изображения и составляет 374 раза для изображения 1000×1000 пикселей.

**Заключение.** Для алгоритма сегментации на основе выращивания областей получены выражения, позволяющие повысить точность определения размеров FIFO- и LIFO-стеков, необходимых для хранения координат смежных пикселей. При этом учтены условия максимальной загрузки стеков, когда: а) осуществляется сегментация квадратной области с начальным пикселем роста в центре (для FIFO) и в углу (для LIFO) этой области; б) в процессе обработки окрестности области смежные пиксели выбираются не по порядку с интервалом два пикселя, начиная с 4-х угловых пикселей (для FIFO), и по порядку с расположением первого выбираемого пикселя в углу окна сканирования (для LIFO). Сравнительная оценка размеров стеков, необходимых для сегментации изображений на основе выращивания областей, показала, что использование FIFO-стека предпочтительнее, чем LIFO-стека. При этом экономия памяти составляет 374 раза для изображения 1000×1000 пикселей.

## Список литературы

1. Otsu, N. A threshold selection method from gray-level histograms / N. Otsu // IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. – 1979. – Vol. 9. – Pp. 62–66.
2. Haralick, R.M. Image segmentation techniques / R.M. Haralick, L.G. Shapiro // Computer Vision, Graphics, and Image Processing. – 1985. – Vol. 29 (1). – Pp. 100–132.
3. Horowitz, S.L. Picture segmentation by a tree traversal algorithm / S.L. Horowitz, T. Pavlidis // Journal of the ACM. – 1976. – Vol. 23 (2). – Pp. 368–388.
4. Meyer, F. Topographic distance and watershed lines / F. Meyer // Signal Processing. – 1994. – Vol. 38 (1). – P. 113–125.
5. Jain, P.K. An adaptive single seed based region growing algorithm for color image segmentation / P.K. Jain, S. Susan // India Conference (INDICON) 2013. Annual IEEE. – 2013. – Pp. 1–6.
6. A Region Growing Vessel Segmentation Algorithm Based on Spectrum Information / H. Jiang [et al.] // Computational and Mathematical Methods in Medicine: Hindawi Publishing Corporation. – 2013. – Pp. 1–9.
7. Merzougui, M. Region growing segmentation optimized by evolutionary approach and Maximum Entropy / M. Merzougui, A.E. Allaoui // International Workshop on Microwave Engineering, Communications Systems and Technologies (MECST'2019), Leuven, Belgium. – 2019. – P. 1046–1051.
8. Brass, P. Advanced Data Structures / P. Brass. – New York: Cambridge University Press, 2008. – 456 p.
9. Fox, C. Concise Notes on Data Structures and Algorithms / C. Fox. – James Madison University, 2011. – 136 p.
10. Goodrich, M.T. Data Structures and Algorithms in Java / M.T. Goodrich, R. Tamassia, M.H. Goldwasser. – Wiley, 2014. – 736 p.

## References

1. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, 1979, vol. 9, pp. 62–66.
2. Haralick R. M., Shapiro L. G. Image segmentation techniques. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1985, vol. 29 (1), pp. 100–132.
3. Horowitz S.L., Pavlidis T. Picture segmentation by a tree traversal algorithm. Journal of the ACM, 1976, vol. 23 (2), pp. 368–388.
4. Meyer F. Topographic distance and watershed lines. Signal Processing, 1994, vol. 38 (1), pp. 113–125.
5. Jain P. K., Susan S. An adaptive single seed based region growing algorithm for color image segmentation. India Conference (INDICON) 2013. Annual IEEE, pp. 1–6.
6. Jiang H. [et al.]. A Region Growing Vessel Segmentation Algorithm Based on Spectrum Information. Computational and Mathematical Methods in Medicine: Hindawi Publishing Corporation, 2013, pp. 1–9.
7. Merzougui M., Allaoui A.E. Region growing segmentation optimized by evolutionary approach and Maximum Entropy. International Workshop on Microwave Engineering, Communications Systems and Technologies (MECST'2019), Leuven, Belgium, 2019, pp. 1046–1051.
8. Brass P. Advanced Data Structures. New York: Cambridge University Press, 2008. 456 p.
9. Fox C. Concise Notes on Data Structures and Algorithms. James Madison University, 2011. 136 p.
10. Goodrich M. T., Tamassia R., Goldwasser M. H. Data Structures and Algorithms in Java. Wiley, 2014. 736 p.

*Received: 05.03.2020*

*Поступила: 05.03.2020*

## Пределы и риски цифровой трансформации

**Т. С. Ахромеева**, к. ф.-м. н., научный сотрудник

E-mail: [maglichek@mail.ru](mailto:maglichek@mail.ru)

ORCID ID: 0000-0002-8340-5796

Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН,  
Миусская пл., д. 4, 125047, Москва, Россия

**Г. Г. Малинецкий**, д. ф.-м. н., профессор

E-mail: [GMalin@Keldysh.ru](mailto:GMalin@Keldysh.ru)

ORCID ID: 0000-0001-6041-1926

Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН,  
Миусская пл., д. 4, 125047, Москва, Россия

**С. А. Посашков**, к. ф.-м. н., доцент,

декан Финансового университета при Правительстве РФ

E-mail: [SPosashkov@fa.ru](mailto:SPosashkov@fa.ru)

ORCID ID: 0000-0002-1699-9942

Финансовый университет при правительстве РФ,  
ул. Щербаковская, 38, Смоленск, Смоленская обл.,  
214018, Москва, Россия

**Аннотация.** В настоящее время процесс цифровой трансформации активно идет в экономике, науке, образовании и в обществе в целом. С ним связан ряд ограничений и рисков, рассматриваемых в статье. Большой класс ограничений позволяет выявить математическая теория сложности. Точное решение ряда простых по виду проблем с небольшим объемом входных данных требует ресурсов, многократно превышающих возможности всех доступных компьютеров.

На «границе» между естественным и искусственным интеллектом имеет место «когнитивный барьер». Это приводит к тому, что мы, как правило, не можем воспользоваться результатами работы ряда систем с искусственным интеллектом, чтобы скорректировать свои стратегии. Мы и машины «думаем» по-разному. Их приходится рассматривать как «черные ящики». Весьма вероятно, что тестер систем искусственного интеллекта станет одной из массовых профессий уже в недалеком будущем.

Приведены примеры, показывающие, что «перевод» с «непрерывного» на «дискретный» язык может приводить к качественно различному поведению математических моделей. В ряде задач, связанных с вычислительным экспериментом, это может быть весьма существенно.

Большие риски возникают при переходе в «быстрый мир», при приближении к «барьеру Лема». Это происходит, когда системам искусственного интеллекта препоручаются стратегически важные задачи, которые они должны решать в темпе, недоступном для человека.

Проведенный анализ показывает, что управление рисками цифровой трансформации и её ограничений требует внимания научного и экспертного сообщества, а также активных участников этого процесса.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, риски и ограничения, тест Тьюринга, сложность, когнитивный барьер, дискретная и непрерывная реальность, искусственный интеллект, быстрый мир, тестер систем с искусственным интеллектом, барьер Лема

**Для цитирования:** Ахромеева, Т. С. Пределы и риски цифровой трансформации / Т. С. Ахромеева, Г. Г. Малинецкий, С. А. Посашков // Цифровая трансформация. – 2020. – № 2 (11). – С. 51–57. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-51-57>

© Цифровая трансформация, 2020



## Limits and Risks of Digital Transformation

**T. S. Akhromeeva**, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics),  
Researcher

E-mail: [maglichek@mail.ru](mailto:maglichek@mail.ru)

ORCID ID: 0000-0002-8340-5796

RAS Keldysh Institute of Applied Mathematics, 4 Miuskaya Sq.,  
125047 Moscow, Russia

**G. G. Malinetskiy**, Dr. Sc. (Physical and Mathematical),  
Department Leader

E-mail: GMalin@Keldysh.ru

ORCID ID: 0000-0001-6041-1926

RAS Keldysh Institute of Applied Mathematics, 4 Miuskaya Sq., 125047  
Moscow, Russia

**S. A. Posashkov**, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics),  
Associate Professor, Dean of the Financial University under the  
Government of the Russian Federation

E-mail: SPosashkov@fa.ru

ORCID ID: 0000-0002-1699-9942

Financial University under the Government of the Russian Federation,  
38 Shcherbakovskaya Str., 214018 Smolensk, Smolensk region, Russia

**Abstract.** Currently, the process of digital transformation is actively going on in the economy, science, education, and society as a whole. This process has a number of restrictions and risks we consider. The mathematical theory of complexity reveals a large class of the restrictions. The exact solution of a number of simple-looking problems with a small amount of input data requires resources many times greater than the capabilities of all available computers. On the “border” between natural and artificial intelligence lies the “cognitive barrier”. This, as a rule, makes it impossible to use the results of a number of artificial intelligence systems to adjust our strategies. We and computers “think” differently. They have to be considered as “black boxes”. It is very likely that the tester of artificial intelligence systems will become one of the mass professions in the close future.

We give examples to show that the “translation” from “continuous” to “discrete” language can lead to qualitatively different behavior of mathematical models. In a number of problems associated with a computational experiment this can be quite significant.

Great risks arise when passing to the “fast world”, approaching the “Lem’s barrier”. It happens when artificial intelligence systems are assigned strategically important tasks that they must solve at a speed inaccessible to humans.

The analysis shows that managing the risks of digital transformation and its limitations requires the attention of the scientific and expert community, as well as active participants in this process.

**Key words:** digital transformation, risks and limitations, Turing test, complexity, cognitive barrier, discrete and continuous reality, artificial intelligence, fast world, tester of systems with artificial intelligence, Lem’s barrier

**For citation:** Akhromeeva T. S., Malinetskiy G. G., Posashkov S. A. Limits and Risks of Digital Transformation. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2020, 2 (11), pp. 51–57 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-51-57>

© Digital Transformation, 2020

**Постановка задачи.** Происходящая в настоящее время цифровая трансформация связана с массовым проникновением компьютерных технологий во все сферы жизнедеятельности и в быт. В настоящее время более 3 млрд чел. пользуются интернетом. Представление о цифровой трансформации во многом связано с концепцией четвертой промышленной революции, выдвинутой основателем Давосского экономического форума Клаусом Швабом [1]. По его мысли, в основе происходящих и предстоящих перемен лежит «вездесущий и мобильный интернет». Эти идеи, к примеру, нашли отражение в государственной программе «Цифровая экономика РФ» [2] и программе развития искусственного интеллекта в России.

Однако история науки и техники показывает, что при появлении базисных инноваций,

меняющих сферу производства и общество, их возможности, как правило, переоцениваются, ограничения не учитываются, а риски, связанные с их использованием, игнорируются. Примером служат изобретение кораблей для дальнего плавания, механических часов, самолетов, радио, телевидения, компьютеров. По-видимому, так же дело обстоит и с цифровой трансформацией. Поскольку в России и Беларуси она рассматривается как один из государственных приоритетов, разумно изучить её ограничения и риски. Это важно и для стратегического прогноза, и для долгосрочного планирования. Именно ограничениям и рискам цифровой трансформации посвящены данные заметки.

**Ограничения сложности решения задач.**

Со времени античной математики простыми задачами считались те, которые можно было либо

быстро решить, либо быстро доказать их неразрешимость. В эпоху компьютеров это определение изменилось. Пусть для решения задачи в качестве исходных данных необходим массив из  $N$  чисел, а произвести следует  $Q$  действий. Задачи, в которых  $Q \approx N^\alpha$ ,  $\alpha = \text{const}$  (например, при сложении двух  $N$ -значных чисел  $\alpha = 1$ ) считаются простыми. Задачи, в которых зависимость  $Q$  от  $N$  является более быстрой, называются сложными [3].

Пример сложной проблемы дает задача коммивояжера. В ней дано  $N$  точек (городов), расположенных на плоскости. Требуется найти кратчайший путь, двигаясь по которому, можно объехать все эти города. Оценим число таких маршрутов. Первый город можно выбрать  $N$  способами, второй –  $N - 1$  и т. д., поэтому существует  $N! \equiv N(N - 1) \dots 2 \cdot 1$ . Известно, что в общем случае точное решение этой задачи требует полного перебора  $Q = N!$ . Эту величину можно оценить по формуле Стирлинга

$$N! \approx \sqrt{2\pi N} (N/e)^N, \text{ где } e = 2,718\dots$$

Таким образом, эта задача является сложной. Компьютерам она оказывается недоступной уже при небольших  $N$ . В самом деле  $70! > 10^{100}$ , однако, по существующим оценкам, во вселенной примерно  $10^{82}$  атомов. Известный американский физик Ф. Дайсон назвал число  $10^{100}$  «гугол» (от английского “huge” – огромный, гигантский). По его мысли, большие числа не должны встречаться в физических исследованиях, относящихся к нашей реальности. Таким образом, задача коммивояжера уже при  $N = 70$  недоступна ни современным, ни перспективным компьютерам.

Задачи, схожие с задачей коммивояжера, решаются, например, в интересах современной микроэлектроники. Допустим, надо в соответствии с заданными ограничениями и критериями разместить на кристалле более 100 млн элементов. По счастью в данном случае нам не обязательно нужно точное решение этой задачи, а вполне достаточно хорошего приближенного [4]. Однако есть области, где интерес представляет именно точное решение. Это, в частности, криптография, где из гигантского числа возможных шифров надо выбрать один, с помощью которого закодировано данное сообщение. Схожие задачи возникают при проектировании и управлении рисками аварий технических устройств. В автомобиле порядка  $N \sim 10^4$  деталей, в самолете  $N \sim 10^5$ . Если в блок-схеме механизма к одной детали идет лишь одна связь, а выходит тоже

лишь одна (это нереалистично), то мы имеем  $N!$  компоновок механизма. В заключениях комиссии по выяснению причин аварий часто фигурирует формулировка «авария произошла в результате сочетания многих неблагоприятных маловероятных факторов». В сложных машинах просмотреть все причинно-следственные цепочки, которые могут привести к авариям и катастрофам, как правило, нереально. Одним из следствий этого стал принятый сейчас вероятностный подход к управлению рисками технических аварий и катастроф [5]. О том же говорит инженерная, а позже – программистская мудрость относительно «улучшающих инноваций», призванных модернизировать то, что и так удовлетворительно функционирует. Эту мудрость выражает фраза, приписываемая генеральному конструктору советских космических аппаратов, академику С. П. Королёву: «Не тронь, пока работает».

Компьютеры многократно расширили возможности решения многих задач. Однако их применение ограничивается сложностью возникающих проблем, что сейчас также следует иметь в виду. Более того – сам выход за эти ограничения стал использоваться для ряда технологий (криптография с открытым ключом, системы блокчейн и др.).

**Когнитивный барьер.** В настоящее время большие надежды возлагают на искусственный интеллект. Если предшествующие промышленные революции, связанные с механизмами, машинами, автоматизацией в принципе освободили человека от тяжелого физического труда, то цифровые революции должны освободить от рутинной умственной работы.

Интеллект и сознание являются в настоящее время, скорее, не понятиями, а обширными концепциями. Поэтому и направление работ, связанных с «искусственным» интеллектом, не имеет четких границ. Родоначальником этой области можно считать выдающегося математика Алана Тьюринга, предложившего в своей книге «Может ли машина мыслить?» игру «имитация» [6]. В этой игре программа должна была имитировать ответы мужчины или женщины. Если человек, пытающийся узнать пол собеседника, вопреки усилиями последнего, в случае «машинных ответов» будет ошибаться не реже, чем в случае «человеческих», то естественно считать, что компьютерная программа вполне успешно имитирует в данной области человека. Это и означает, что тест Тьюринга пройден.

По-видимому, в таком варианте в настоящее время множество программ справляется

с имитацией этого элемента интеллекта. Поэтому речь идет о более сложных заданиях. В течение ряда лет велась работа над совершенствованием шахматных программ. Компьютер может «помнить» огромную библиотеку дебютов, стандартных окончаний и миллионы сыгранных людьми и компьютерами партий. Тем не менее, это ничтожная часть всех позиций, возможных на доске. В русских шашках таковых порядка  $10^{28}$ , в шахматах  $10^{53}$ , в го –  $10^{123}$ , что на 40 порядков превышает число атомов во Вселенной. Поэтому недостаточно решать задачу классификации или «распознавания образов». Нужны алгоритмы оценки позиции, на основе которых можно было бы рассчитать, ухудшит или улучшит положение данного игрока конкретный ход с учетом последующих действий противника. В первых шахматных программах эти алгоритмы были результатом совместной работы математиков и шахматистов или были основаны на статистическом анализе большого количества сыгранных партий.

Однако важнейшая способность интеллекта – это способность к самообучению, к тому, чтобы извлекать уроки из сделанных ошибок и на этой основе менять свои стратегии. И в этом направлении за последние пять лет был сделан решающий шаг. Важной вехой стал убедительный выигрыш программы AlphaGo в серии партий у чемпиона мира Кэ Цзе: «Работа AlphaGo основана на технологии глубокого обучения – новаторском методе в области искусственного интеллекта, позволяющем развивать компьютерные способности машин. Программы, основанные на глубоком обучении, теперь могут лучше, чем люди, идентифицировать лица, распознавать речь и выдавать кредиты». [7, с.18,19].

Прорыв связан с тем, что вместо «организации», «обучения», опоры на человеческий опыт игры при создании AlphaGo использовались «самоорганизация», «самообучение» и только опыт игры компьютера «с самим собой». В ходе таких игр, продолжавшихся несколько месяцев, совершенствовались стратегии, менялись веса связей в соответствующих нейронных сетях и «самоформировалась» компьютерная программа, сумевшая, в конце концов, обыграть человека.

И это заставляет заглянуть в будущее и поставить вопрос о взаимодействии людей с системами искусственного интеллекта. Может ли нас чему-нибудь «научить» искусственный интеллект, можем ли мы «понять его»? Как нам следует взаимодействовать с системами, опирающимися на искусственный интеллект?

Как это и делается в математике, ответы на общие вопросы надо искать, начиная с конкретных простейших случаев. В работе [8] система с простейшим вариантом искусственного интеллекта была построена для карточной игры «веришь – не веришь». В этой игре два партнера выкладывают свои карты по одной, рубашками вверх. Выкладываются карты определенного достоинства. Например, один партнер, начинающий игру, объявляет «восьмерка». Его соперник либо может положить карту сверху, утверждая, что это «восьмерка», либо сказать «не верю». В последнем случае верхняя карта открывается. Если это действительно «восьмерка», то все положенные карты забирает игрок, сказавший «не верю». В противном случае – его соперник. Выигрывает тот, у которого в конце концов карт не осталось.

Программа (нейронная сеть) обучалась в ходе партий с людьми. В результате этого она «научилась» играть на среднем уровне, побеждая слабых соперников и проигрывая сильным. Естественно далее было узнать как же она играет, чему она обучилась. Её «навыки» отражают более сотни весов нейронной сети, которые подстраивались в ходе сыгранных партий [9]. Простейший способ такой подстройки дает классический алгоритм обратного распространения ошибки. Идеально было бы получить какое-нибудь простое правило, зависящее от десятка параметров, сделать результат обучения нейронной сети «прозрачным», чтобы им мог воспользоваться человек. Для этого был выбран десяток самых больших по абсолютной величине весов, а остальные положены нулю. На этой основе уже можно построить некоторый логический алгоритм, подсказывающий человеку, как следует действовать в том или ином случае. К сожалению, этот «упрощенный» вариант нейросети стал играть совсем плохо [8].

Таким образом, даже в этом простейшем случае нейросеть остается «черным ящиком», анализ параметров которого не позволяет ничему научить человека. Этот маленький пример показывает большую проблему, связанную со взаимодействием между естественным и искусственным интеллектами.

То, что очевидно для первого, для второго таковым не является. И шахматы, и шашки, и го имеют четкие правила, полностью известную конфигурацию фигур на доске и однозначный критерий успеха. В большинстве ситуаций, с которыми сталкиваются люди, это не так.

В начале XX в. выдающийся математик Жак Адамар ввел понятие корректности задач

математической физики. Таковыми он назвал те, в которых решение существует единственно и устойчиво по отношению к начальным данным и входящим в уравнение параметрам. Тем не менее, одной из центральных тем всей прикладной математики XX в. стала разработка методов решения некорректных задач, которых очень много вокруг и которые весьма важны [10]. Например, некорректной является задача численного дифференцирования таблично заданной функции. Если задача интерполяции является корректной и устойчивой (относительно малых вариаций данных, используемых для интерполяции), то проблема экстраполяции, естественно возникающей при прогнозировании состояния объекта, корректной не является.

Как решают некорректные задачи? Привлекают ту или иную априорную информацию, сужают тем или иным способом пространство поиска, уточняют, какие решения мы на самом деле ищем, стараемся формализовать различные «очевидные» соображения [13]. В случае искусственного интеллекта делать это мы пока не умеем.

Разумеется, это не повод для того, чтобы отказываться от систем с глубоким обучением, вырабатывающим решающие правила на основе самоорганизации. Но это означает, что нам придется иметь дело с ними как с «черным ящиком», как с «неизвестной сущностью». Это совсем другой объем работы и иные алгоритмы в сравнении с теми, которые используются при тестировании и сертификации написанных людьми программ. Вполне возможно, что одной из профессий будущего станет тестер систем искусственного интеллекта.

**Ограничения цифровой реальности.** Понятие действительного числа формировалось в течение многих веков. По легенде, то, что  $\sqrt{2}$  является иррациональным числом, было тайной пифагорейского ордена, которую Пифагор доверял только нескольким ближайшим ученикам. Понятие действительного числа парадоксально – это бесконечная последовательность цифр. Оно может быть «измерено» лишь с конечной точностью. Тем не менее, это понятие вместе с дифференциальным и интегральным исчислением с их бесконечно малыми величинами лежит в фундаменте современного естествознания. Они являются тем языком, на котором формулируются законы природы, который, говоря в философских терминах, позволяет работать с актуальной бесконечностью, с пределами.

Числа в компьютерном представлении имеют лишь конечное число разрядов и поэтому являются более простыми объектами.

Приведем наглядный пример. Джон фон Нейман с коллегами предложил метод Монте-Карло, позволяющий с помощью компьютерной имитации исследовать множество физических процессов. Важнейшим элементом этого метода являются случайные числа, имеющие заданное распределение вероятностей [11]. Вместо них на компьютере с помощью тех или иных алгоритмов генерируют псевдослучайные числа, близкие в том или ином смысле к случайным. Нейман предложил в качестве генератора таких чисел использовать одномерное отображение

$$x_{n+1} = 1 - 2|x_n|, \quad n = 1, 2, \dots, \quad x_1 = \tilde{x}, \quad -1 \leq x \leq 1.$$

Это отображение, иногда называемое «платкой», переводит отрезок  $[-1; 1]$  в себя и имеет инвариантную меру с плотностью

$$p(x) = \begin{cases} 1/2 & |x| \leq 1 \\ 0 & |x| > 1 \end{cases}.$$

Это отображение ведет себя парадоксальным образом. Если  $\tilde{x} = p/q$ , где  $p$  и  $q$  – целые ( $q \neq 0$ ) (то есть рационально), то не более чем через  $2q + 1$  шагов оно начнет генерировать периодическую последовательность дробей со знаменателем, не большим  $q$ . Если, напротив,  $\tilde{x}$  – иррационально, то последовательность будет непериодической.

Но взятое наугад действительное число на отрезке  $[-1; 1]$  будет иррациональным. Любое число на том же отрезке в компьютерном представлении будет рациональным. И, казалось бы, в этом случае у нас так же, как и в исходном отображении при рациональном значении  $\tilde{x}$ , при компьютерной имитации должна получаться периодическая последовательность чисел. Но и этого не происходит – в силу особенности двоичной системы счисления  $x_n = 1$ , начиная с некоторого  $n$ .

Конечно, довольно быстро было понято, что отображение Неймана не является хорошим генератором псевдослучайных чисел, и на практике начали использоваться более сложные конструкции [11]. Тем не менее, это показывает, что во многих отношениях мир действительных и целых чисел кардинально отличаются.

Трудно переоценить значение компьютерного моделирования и вычислительного эксперимента для современной науки и техники. В основе большинства достигнутых в этой связи успехов является замена дифференциальных уравнений в частных

производных их разностными аналогами. Теория разностных схем является асимптотической. Требования аппроксимации означают, что разностные уравнения должны аппроксимировать дифференциальные с некоторым порядком малости  $o(\tau^m)$ ,  $o(h^n)$ , где  $\tau$  и  $h$  – шаги по пространству и по времени, при  $\tau$  и  $h$  стремящимся к нулю [12]. Последнее нереально, поэтому приходится экспериментально выяснять, каких  $\tau$  и  $h$  достаточно мало. Кроме того, то, что сама аппроксимирующая функция дискретна, игнорируется.

К тому же поведение дифференциальной и разностной задачи может кардинально отличаться. Приведем простейший пример. В теории режимов с обострением, описывающей динамику систем с положительной обратной связью [13], принципиальную роль играет задача Коши

$$\frac{dx}{dt} = ax^\beta, x(0) = x_0 \rightarrow x(t) = ((\beta - 1)(C - at))^{-\frac{1}{1-\beta}},$$

где  $C = \frac{x_0^{1-\beta}}{(\beta - 1)}$ , то есть  $x(t) \rightarrow \infty$  при  $t \rightarrow C/a$ .

Это решение описывает взрывную неустойчивость, при которой решение существует лишь до «момента обострения»  $t = C/a$ . Однако попытка посчитать это решение с любым постоянным шагом  $\tau$  с помощью метода Эйлера или любым другим явным методом дает решение, существующее при  $0 < t < \infty$ . Это – качественное отличие.

Другими словами, «цифровое» моделирование «непрерывной» реальности имеет существенные ограничения, которые в ряде случаев приходится иметь в виду.

**Ограничения человека и барьер Лема.** Цифровая трансформация имеет принципиальные ограничения, связанные с возможностями человека. По данным психологов, мы можем, принимая решения, учесть лишь 5÷7 факторов. Мы способны творчески по существу взаимодействовать не более, чем с 5÷7 людьми, и помнить отношение к себе не более, чем 120÷150 человек (число Данбара). Людям не удается писать коды, в которых было бы меньше одной ошибки на 1 000 команд. По экспертным оценкам, в операционной системе Windows 7 было примерно 50 тыс. уязвимостей, из которых несколько тысяч использовались спецслужбами. «Техническая поддержка» этой системы заключалась в постоянном «латании дыр», которые обнаруживали пользователи и сообщали о ней компании, а также в постоянной рассылке обновлений.

Мы оказались в парадоксальной ситуации. С одной стороны, мы не можем обойтись без таких инструментов, как компьютер, а с другой следует

иметь в виду, что используемые программы ненадежны. Их тестирование требует всё больше времени и денег. Ошибки в компьютерных кодах уже привели к катастрофам с человеческими жертвами. Недавние примеры связаны с авариями самолетов фирмы Boeing в 2019 г., вызванными неверными действиями автопилота из-за недоработок в программе. Переоценка возможностей компьютеров будет приводить к росту числа происшествий такого рода. И это продолжится до тех пор, пока не появится ясное понимание того, что действительно можно поручить компьютерам.

Роботы и системы искусственного интеллекта расширяют диапазон возможностей человека по многим направлениям [14]. Одно из них – переход к «быстрому времени», к принятию и исполнению решений в темпе, недоступном для человека.

На огромную опасность этого явления в военной сфере обращал внимание выдающийся польский фантаст, футуролог, философ Станислав Лем в эссе «Системы оружия XXI века», предсказавшем многие направления развития систем вооружений на десятилетия вперед [15]. Вывод этой работы: «неслыханно быстрые машины ошибаются неслыханно быстро», поэтому технический прогресс и переход к «быстрому миру», в котором сражаются «компьютер против компьютера», не увеличивает безопасность, а вводит на новом уровне факторы случайности и непредсказуемости в сферу силового противостояния государств.

В работе [16] было введено понятие «барьера Лема». Это переход к системам управления в настолько быстром времени, в котором адекватный ответ требует исключения человека из контура принятия решения. Очевидно, в этом случае масштабный или даже глобальный конфликт может стать результатом несовершенства используемых программ или компьютерной ошибки. Барьер Лема не должен переходиться – об этом уже сейчас следует вести переговоры до того, как оружие такого класса будет создано.

В свое время от выдвинутой президентом Рейганом программы «звездных войн» отказались во многом из-за гигантской работы по созданию программного обеспечения для системы такого класса. По сделанным тогда оценкам эта работа должна была потребовать десятков миллионов человеко-лет деятельности квалифицированных программистов. На том рубеже здравый смысл взял верх, и сверхдержавам удалось заблокировать это направление развития. Сейчас мы вновь находимся в точке бифуркации, в которой определяется вектор развития, в том числе и в военной сфере.



Прогресс систем искусственного интеллекта, проекты цифровизации реальности и четвертой промышленной революции породили множество иллюзий о возможностях компьютеров и «Боге из машины». Поэтому важно, чтобы ра-

бота по оценке пределов цифровизации и связанных с ней рисков была продолжена и не откладывалась в долгий ящик.

Работа поддержана РФФИ проекты 19-01-00602 и 18-01-00619.

### Список литературы

1. Шваб, К. Четвертая промышленная революция/ К. Шваб // Top Business Awards. – М.: Издательство «Э», 2017. – 208 с.
2. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» – Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р.
3. Введение в криптографию / Под ред. В.В.Яценко/ 3-е изд. – М.: МЦНМО: «ЧеРо», 2000. – 288 с.
4. Комаров, М. М. Физическое проектирование субмикронных СБИС. Проблемы, задачи, алгоритмы/ М. М. Комаров// Будущее прикладной математики: Лекции для молодых исследователей. От идей к технологиям. – М.: КомКнига, 2008. С.230-254.
5. Владимиров, В. А. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика./ В. А. Владимиров, Ю. Л. Воробьев и др./ М.: Наука, 2000. – 432 с. – (Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения)
6. Тьюринг, А. Может ли машина мыслить?/ А. Тьюринг// Саратов: Колледж, 1999. – 100 с.
7. Ли, К. Ф. Сверхдержавы искусственного интеллекта: Китай, Кремниевая долина и новый мировой порядок / К. Ф. Ли// М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. – 240 с.
8. Князатов, С.А., Малинецкий Г.Г. Решение задачи распознавания блефа в игре «верю – не верю» с помощью алгоритмов обучения с подкреплением// Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша. 2018, №170. – 21 с.
9. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б., Подлазов А.В. Нелинейная динамика: Подходы, результаты, надежды/ Изд.степеотип. – М.: URSS, 2016. – 280 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему. №28)
10. Тихонов, А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1974. – 224 с.
11. Кнут, Д. Искусство программирования для ЭВМ: Т.2. Получисленные алгоритмы. – М.: Мир, 1977. – 728 с.
12. Самарский, А. А., Попов Ю.П. Разностные схемы газовой динамики. – М.: Наука, 1975. – 352 с.
13. Режимы с обострением. Эволюция идеи: Законы коэволюции сложных структур/ Сборник статей/ Ред. Г.Г.Малинецкий. – М.: Наука, 1998. – 255 с. – (Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения)
14. Платонов, А. К. Проблемы и перспективы робототехники/ Будущее прикладной математики. Лекции для молодых исследователей. – М.: Эдиториал УРСС, 2005. С.315 342.
15. Лем, С. Библиотека XXI века. – М.: АСТ, 2003. – 602 с. – (Philosophy)
16. Малинецкий, Г. Г. Риски цифровой реальности/ Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности. Вып.2. – М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2019. С.228-249.

### References

1. Schwab K. Shaping the fourth industrial revolution. Portfolio Penguin, 2018.
2. Decree of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 #1632-r. Programma "Cifrovaja ehkonomika Rossijskoj Federacii".
3. Vvedenie v kriptografiju.Ed. V.V.Jashhenko. MCNMO, 2000.
4. Komarov M. M. Fizicheskoe proektirovanie submikronnykh SBIS. Problemy, zadachi, algoritmy. Budushhee prikladnoj matematiki: Lekcii dlja molodykh issledovatelej. Ot idej k tekhnologijam. KomKniga, 2008.
5. Vladimirov V.A., Vorobev Yu.L. et al. Upravlenie riskom. Risk, ustojchivoe razvitie, sinergetika. Nauka, 2000.
6. Turing A.M. (1950) Computing machinery and intelligence. Mind LIX(236), pp. 433–460.
7. Lee K. F. AI Superpowers: China, Silicon Valley, and the New world order. – Houghton Mifflin Harcourt, Boston New York, 2018.
8. Knyazyatov S.A., Malinetskiy G.G. The solution of the problem of bluff detection in the game "I-doubt-it" based on reinforcement learning// KIAM Preprint. 2018, #170. [In Russian]
9. Malinetskiy G.G., Potapov A.B., Podlazov A.V. Nelinejnaja dinamika: Podkhody, rezul'taty, nadezhdy. URSS, 2016.
10. Tikhonov A.N., Arsenin V.Ya. Metody reshenija nekorrektnykh zadach. Nauka, 1974.
11. Knuth D.E. The art of computer programming: Vol.2. Seminumerical Algorithms. Addison-Wesley, 1969.
12. Samarskiy A.A., Popov Yu.P. Raznostnye skhemy gazovoj dinamiki. Nauka, 1975.
13. Rezhimy s obostreniem. Ehvoljucija idei: Zakony koehvoljucii slozhnykh struktur.Ed. G.G.Malinetsiy. Nauka, 1998.
14. Platonov A.K. Problemy i perspektivy robototekhniki/ Budushhee prikladnoj matematiki. Lekcii dlja molodykh issledovatelej. URSS, 2005. P.315 342.
15. Lem S. Weapon systems of the twenty first century or the upside-down evolution. 1983.
16. Malinetskiy G.G. The risks of digital reality. Proektirovanie budushhego. Problemy cifrovoj real'nosti. Is.2. KIAM, 2019. P.228-249. [In Russian]

Received: 07.02.2020

Поступила: 07.02.2020

## Автоматическая колоризация изображений на основе свёрточных нейронных сетей

**Л. В. Серебряная**, к. т. н., доцент, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий

E-mail: L\_silver@mail.ru

ORCID ID: 0000-0001-7189-7378

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, ул. П. Бровки, д. 6, 220013, г. Минск, Республика Беларусь

**В. В. Потараев**, м. т. н., аспирант кафедры программного обеспечения информационных технологий

E-mail: vic229@rambler.ru

ORCID ID: 0000-0002-1531-047X

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, ул. П. Бровки, д. 6, 220013, г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Выполнен анализ методов и средств колоризации изображений. Обоснован выбор модели искусственной нейронной сети для обработки графической информации. Сформулирована задача автоматической колоризации произвольных изображений. Приведены исходные данные, условия и ограничения, необходимые для модели колоризации. В результате классификации изображений получен набор гиперколонок нейронной сети для каждого обрабатываемого изображения. Создана модель колоризации, которая позволяет по набору гиперколонок определить цвет каждого пикселя изображения. Данная модель состоит из двух связанных между собой частей: классификатора и колоризатора. Классификатор основан на использовании свёрточной нейронной сети, а колоризатор – на использовании хеш-таблицы, хранящей соответствие гиперколонок и цветов. Предложен алгоритм применения данной модели для колоризации изображений. Выполнено сравнение результата колоризации для разработанной и существующей моделей. Создано программное средство, которое позволяет осуществлять обучение различных нейронных сетей и колоризацию графической информации. Эксперименты показали, что разработанная модель достаточно корректно определяет цвет изображения. Предложенный алгоритм позволяет использовать свёрточную нейронную сеть для раскрашивания черно-белых изображений, цветокоррекции цветных рисунков и др.

**Ключевые слова:** искусственная нейронная сеть, свёртка, классификация данных, колоризация изображений, гиперколонки

**Для цитирования:** Серебряная, Л. В. Автоматическая колоризация изображений на основе свёрточных нейронных сетей/ Л. В. Серебряная, В. В. Потараев// Цифровая трансформация. – 2020. – № 2 (11). – С. 58–64. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-1-58-64>



© Цифровая трансформация, 2020

## Automatic Image Colorization Based on Convolutional Neural Networks

**L. V. Serebryanaya**, Candidate of Sciences (Technology), Associate Professor, associate professor of Information Technologies Software Department

E-mail: L\_silver@mail.ru

ORCID ID: 0000-0001-7189-7378

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 6 P. Brovka st., 220013, Minsk, Republic of Belarus

**V. V. Potaraev**, Master of Science (Technology), Ph.D. Student of Information Technologies Software Department

E-mail: vic229@rambler.ru

ORCID ID: 0000-0002-1531-047X

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 6 P. Brovka st., 220013, Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** Analysis of methods and tools for image colorization was performed. It was explained why artificial neural network model was chosen for graphics information processing. The task of automatic colorization of arbitrary images was formulated. Initial data, conditions and constraints necessary for colorization model are listed. As a result of text classification, set of neural network hypercolumns was retrieved for each image processed. Colorization model was created which allows to determine color of each pixel based on hypercolumns set. In fact, this model consists of two related parts: classifier and colorizer. Classifier is based on using convolutional neural network, and colorizer is based on hash table which stores mapping of hypercolumns and colors. Algorithm of using this model for image colorization is proposed. Comparison of colorization results for developed and existing models was performed. Software tool was created which allows to perform learning of different neural networks and colorization of graphical information. Experiments shown that developed model determines image color quite correctly. Proposed algorithm allows to use convolutional neural network for colorizing black-and-white images, for color correction of pictures, etc.

**Key words:** artificial neural network, convolution, data classification, image colorization, hypercolumns

**For citation:** Serebryanaya L. V., Potaraev, V. V. Automatic Image Colorization Based on Convolutional Neural Networks. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2020, 2 (11), pp. 58–64 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-2-58-64>

© Digital Transformation, 2020

**Введение.** Одно из направлений информационных технологий, связанных с обработкой изображений, относится к его колоризации. Раскрашивание черно-белых фильмов, архивных фото, эскизов, восстановление цвета после преднамеренного превращения изображения в полутоновое, цветокоррекция цветных изображений – это лишь небольшая часть задач, где колоризация нашла свое применение [1]. В связи с актуальностью задачи колоризации и ее автоматизации, в последнее десятилетие ведется активная работа по поиску новых и совершенствованию существующих методов ее решения.

Главным назначением колоризации является улучшение каких-либо характеристик изображения для его восприятия человеком или компьютером, а также извлечение полезной информации. Несмотря на использование компьютера, колоризация остается сложным и трудоемким процессом, поэтому его автоматизация является актуальной задачей.

Приведем несколько популярных подходов, применяемых для колоризации изображений: графические редакторы, цветовая маркировка, эталонное изображение. Наряду с преимуществами каждого из подходов, их общим недостатком является отсутствие автоматизации процесса выполнения. Если обратиться к обзору программных продуктов данного направления, то можно перечислить следующие: *ColorizePhoto*, *CODIY Pro*, *AKVIS Coloriage*, *Colorful Image Colorization*. Только последний автоматизирует процесс раскрашивания изображений, но не всегда обеспечивает необходимое качество получаемого результата.

В последние годы появляется всё больше работ, в которых описывается использование сверточных нейронных сетей для колоризации изображений.

**Особенности автоматической колоризации изображений.** Данная работа посвящена автоматической колоризации изображений. В результате анализа методов и средств колоризации в качестве математической модели была выбрана искусственная нейронная сеть (ИНС). При использовании ИНС для раскрашивания объектов на изображении не ставится задача точного определения цветов, но требуется их правдоподобие для получения реалистичной цветной копии.

Главными преимуществами модели на основе ИНС являются полное отсутствие участия пользователя и одноразовое обучение сети с последующим многократным ее использованием. К недостаткам можно отнести необходимость большого набора обучающих данных и, как следствие, медленный процесс обучения ИНС. Кроме того, невозможно обучить сеть для раскрашивания всего многообразия объектов окружающего мира.

В данном способе колоризации преобразование изображения из монохромного в цветное формируется автоматически на основе заранее отобранных примеров – это процесс обучения, который является обязательным. Применение ИНС в контексте данной задачи удобно тем, что довольно легко получить множество чёрно-белых изображений путём обесцвечивания цветных. Эти изображения можно использовать в качестве обучающей выборки. Результат на выходе ИНС сравнивается с исходным цветным изображением, после чего или продолжается обучение, или осуществляется переход к колоризации тестовых наборов изображений. Решение о готовности модели к использованию принимается при выполнении хотя бы одного из следующих условий:

– ошибка в работе сети достигла заранее определенного малого значения;

- ошибка в работе сети перестала уменьшаться;
- прошло определенное число итераций обучения.

Замечательной возможностью ИНС является ее способность к абстрагированию. Поэтому, при недостатке информации, сеть может прибегнуть к обобщению, но для этого она должна определить, какие именно объекты присутствуют на поданном на вход изображении. Для этого в данной работе предварительно решается задача отнесения изображений к определенным классам. Они классифицируются по признакам объектов, которые на них присутствуют. Признаки должны совпадать у объектов одного класса. По завершении процедуры классификации, когда появляется информация о классах объектов и множестве допустимых цветов для них, переходят к колоризации объектов на изображении.

В результате изложенного подхода можно выделить три этапа решения задачи колоризации изображений: обучение модели, её тестирование, раскрашивание тестовых образов.

Входными данными для модели колоризации являются файлы изображений в определенных форматах. На этапах обучения и тестирования модели данные представлены черно-белыми (полутонными) изображениями с одним каналом яркости и их цветными копиями с тремя каналами яркости (RGB). Анализ обучающей выборки позволяет определить количество классов для предложенных образов. На этапе колоризации на вход модели подаются только полутонные изображения.

Выходными данными на этапе тестирования модели является количество успешных и ошибочных результатов в процентном соотношении, а также заключение о том, может ли предложенная модель успешно использоваться для тестовых изображений.

Выходными данными этапа колоризации являются цветные изображения с тремя каналами яркости RGB, представленные в заданных форматах.

Для обработки изображений наиболее широкое применение получили *свёрточные нейронные сети* (СНС). Одним из преимуществ данного типа сети для решения задачи колоризации является автоматическое выделение признаков разных порядков на изображении, что считается важным для успешной классификации и последующего раскрашивания изображения. Свёрточная ИНС состоит из следующего набора слоев: вход-

ной, свёрточные, нелинейные, субдискретизации, полносвязные, выходной [2].

Свёрточные слои являются основой данного типа ИНС. Они применяют необходимые фильтры к входным для них данным, выполняя операцию свёртки данных с выбранным ядром. Если свёрточных слоев несколько, каждый из них может иметь своё ядро. Сегодня в традиционной СНС принято перемежать свёрточные слои нелинейными, которые отвечают за отсечение ненужных деталей при выделении признаков.

**Модель классификации изображений.** Поскольку процессу колоризации изображений предшествует их классификация, выбирается подходящая для этого модель классификации образов. Она имеет следующий общий вид:

$$IN \rightarrow [[ CONV \rightarrow ACT ] * N \rightarrow POOL] * M \rightarrow \rightarrow [FC \rightarrow ACT] * L, \quad (1)$$

где  $IN$  – входы СНС;  $CONV$  – свёрточный слой;  $ACT$  – слой активации;  $POOL$  – опциональный слой субдискретизации или пуллинга;  $FC$  – полносвязный слой. Параметры повторения принимают следующие значения:  $0 < N < 3$ ,  $M > 0$ ,  $0 < L < 3$ .

Слой пуллинга вычисляет одно значение матрицы на основе некоторой области исходного изображения, которая может иметь разные размеры, например,  $2 \times 2$ .

В данном случае ИНС представляет собой стек из нескольких чередующихся слоев свёртки и активации, за которыми может следовать слой пуллинга. Затем идут полносвязные слои, последний из которых является выходом сети.

На рисунке 1 приведён пример модели, используемой для классификации. Она содержит пять свёрточных блоков для более точного выделения признаков, позволяющих определить отличия объектов. Размер ядра свёртки  $3 \times 3$  для всех слоев. Каждый такой блок завершается операцией пуллинга, сокращающей размер матрицы признаков, которая будет передана на вход следующего блока. Окончательную классификацию выполняют полносвязные слои.

При описании свёрточных слоев обязательное задание ряда параметров свёртки, к которым относятся:

- количество фильтров, определяющее глубину слоя;
- размер ядра свёртки;
- шаг, с которым будет выполняться свёртка, в модели он (1,1) по координатам (x, y) для всех слоев;

– параметр, определяющий, что изображение будет дополняться по краям нулями для сохранения исходного размера после прохождения свёрточных слоев.

Каждый фильтр свёрточного слоя нейронной сети отвечает за определение некоторого признака в изображении [3].

После определения последовательности слоев требуется выбрать нелинейную функцию активации для каждого из слоев, где это необходимо. В работе используется функция «выпрямитель», которая реализует пороговый переход в нуле и имеет вид:

$$f(x) = \max(0, x). \quad (2)$$

Преимуществом этой функции перед другими возможными функциями активации является то, что она легко вычисляется, не требуя выполнения ресурсоемких операций, что имеет существенное значение для обучения нейронной сети на больших объемах данных.

Для последнего полносвязного слоя сети, который отвечает за конечный результат классификации, может быть использована экспоненциальная функция «softmax».

$$f_j(x) = \frac{e^{x_j}}{\sum_{k=1}^K e^{x_k}}. \quad (3)$$

Данная функция позволяет определить вероятность отнесения объекта к каждому из  $K$  заданных классов, что приводит к получению результата классификации в виде вектора вероятностей размерности  $K$ .

Модель колоризации обычно имеет вид, подобный модели классификации, но с использованием только свёрточных преобразований признаков. За счёт способности нейронной сети к абстрагированию возможно использование цвета, отсутствовавшего на изображениях, использованных для обучения модели. Например, введение цвета менее насыщенного, чем на оригинальном.

Неотъемлемой частью данной модели является классификатор. При этом признаки, которые автоматически выделяются в ходе его работы, поступают на вход колоризатора. Признаки выделяются постепенно, от слоя к слою. Чтобы иметь возможность учитывать при колоризации все признаки, используются гиперколонки [4]. Гиперколонка представляет собой вектор выходов всех свёрточных слоев для каждого отдельного пикселя изображения, как показано на рисунке 2. Множество таких векторов для всех пикселей будет определять карту признаков всего изображения.

Пример чёрно-белого изображения и соответствующего результата работы такой модели колоризации представлен на рисунке 3.

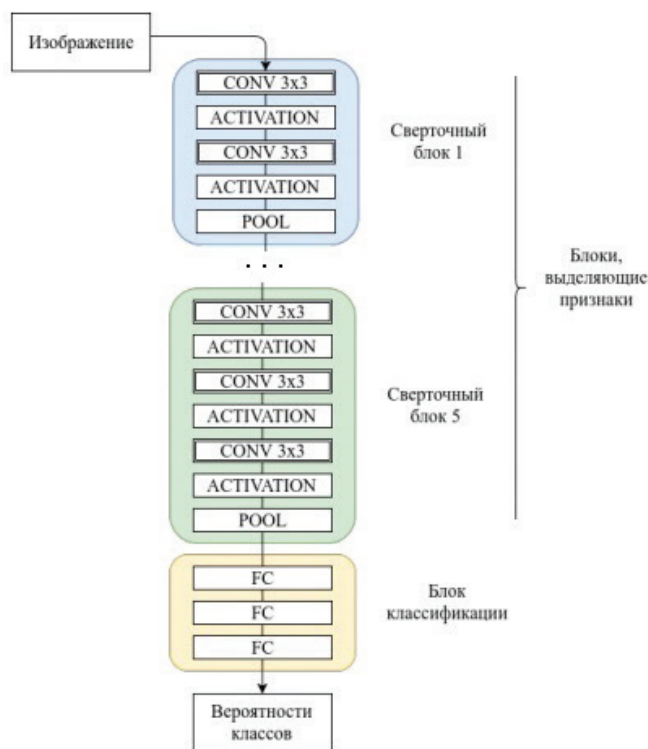


Рис. 1. Структура модели классификации на основе СНС  
 Fig. 1. Structure of classification model based on convolutional neural network

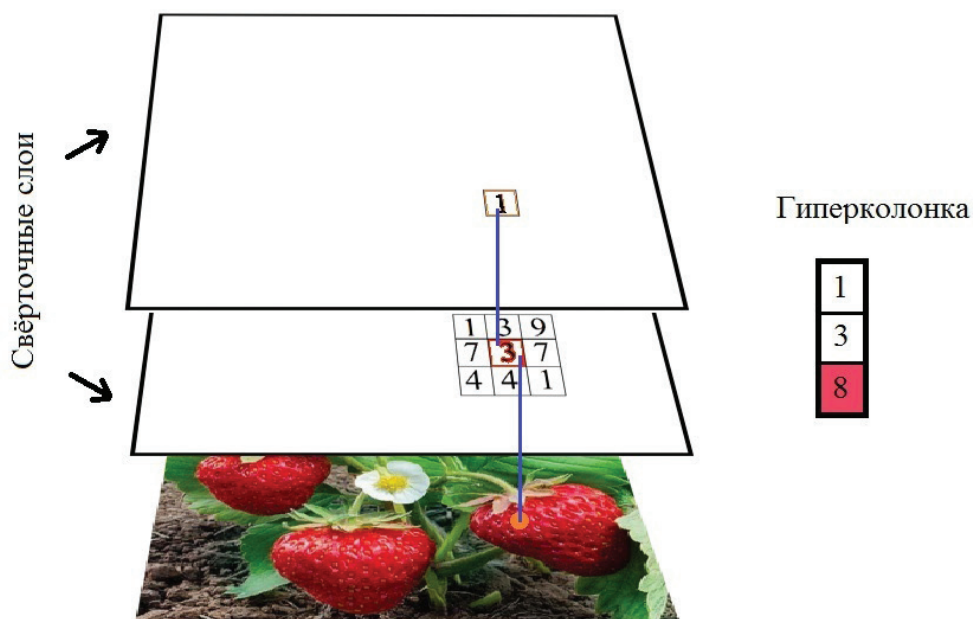


Рис. 2. Процесс извлечения гиперколонок  
Fig. 2. Hypercolumns extraction process



Рис. 3. Пример работы модели колоризации на основе двух ИНС  
Fig. 3. Sample of work result for colorization model based on two neural networks

Необходимо отметить, что существуют разные способы колоризации изображений, основанные на использовании сигналов в слоях СНС. Помимо использования специальной ИНС, преобразующей гиперколонки в цвета изображения, современным способом колоризации является остаточный кодировщик (Residual Encoder) [5]. Он основан на преобразовании выходных сигналов в слоях классифицирующей ИНС и не использует гиперколонки.

**Алгоритм колоризации изображений, основанный на хеш-таблицах.** Для преобразования гиперколонок в цвета изображения можно применять различные способы. Так, для хранения соответствия гиперколонок и цвета можно использовать стандартные структуры данных, например,

массивы или хеш-таблицы. В ходе исследований был разработан и реализован алгоритм колоризации изображений, основанный на СНС, которая выполняет классификацию изображений. Ее гиперколонки преобразуются в цвета без использования второй сети.

Последовательность шагов алгоритма:

1. Классифицировать обучающую чёрно-белую версию изображения с помощью СНС.

При этом необходимо сохранить выходные значения слоев СНС, кроме полносвязных и выходного слоя.

2. Рассчитать значения гиперколонок.

На данном этапе выполняется масштабирование выходных сигналов на слоях сети до размера входного сигнала.

3. Сохранить пары «гиперколонка – соответствующий цвет».

Если данная гиперколонка уже была сохранена, то к ней в соответствие ставится дополнительный цвет. Такую гиперколонку не рекомендуется в дальнейшем использовать для колоризации.

В качестве хранилища предлагается использовать хеш-таблицы. В роли хеш-функции может выступать некоторая простая функция от гиперколонки, например, взвешенная сумма её компонентов. Это позволяет получить выигрыш в скорости колоризации, по сравнению с использованием нейронной сети. По окончании обучения также можно построить упорядоченный список пар «гиперколонка – соответствующий цвет» на основе хеш-таблицы. Если предположить, что гиперколонки у каждого изображения уникальны, то размер требуемой памяти растёт линейно с ростом размера обучающей выборки (в отличие от нейронной сети, у которой количество нейронов фиксировано).

4. Повторять шаги 1–3 для всех изображений, используемых для обучения модели.

5. Классифицировать изображение с помощью той же нейронной сети, которая использовалась на первом шаге.

6. Для каждой полученной гиперколонки найти соответствие цвета в хеш-таблице. Если данной гиперколонки в ней нет, то найти наиболее близкую колонку и соответствующий ей цвет

методом бинарного поиска по упорядоченному списку.

В случае, если найденная колонка существенно отличается от искомой, принимается решение не раскрашивать соответствующий пиксель. Он остается исходного цвета.

7. Выполнить колоризацию изображения, используя найденные цвета.

8. Применить фильтр (например, медианный фильтр) для уменьшения шумов в полученном изображении.

Таким образом, данный алгоритм предполагает использование модели колоризации, содержащей классификатор на основе СНС, и колоризатор на основе хеш-таблицы.

Пример получившегося изображения представлен на рисунке 4. По сравнению с перечисленными ранее способами колоризации, есть потеря в равномерности определения цвета и зашумленности изображения, но полученный цвет является более насыщенным за счёт использования цветов обучающих изображений без изменений. Кроме того, имеется преимущество в скорости работы алгоритма благодаря использованию хеш-таблиц. Обработывались изображения размером 224x224 пикселей. Для улучшения чёткости может быть применено наложение полученного результата на исходное изображение.

Значения гиперколонок определяются структурой нейронной сети, использованной для классификации. Критериями для поиска опти-

Исходное изображение



Результат колоризации



Результат наложения

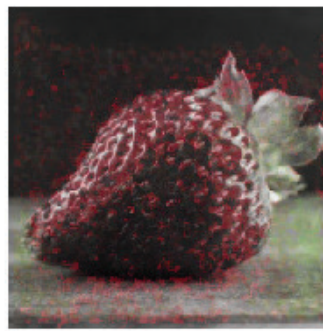


Рис. 4. Пример работы модели колоризации на основе ИНС и хеш-таблицы  
Fig. 4. Sample of work result for colorization model based on neural network and hash table

мальной модели являлись площадь колоризации, корректность выбора цвета и скорость вычисления гиперколонок (не более 15 минут).

В результате была выбрана модель, содержащая СНС со следующими слоями: CONV 1x1 (15 ядер), ACTIVATION, CONV 3x3 (25 ядер), POOL 2x2, CONV 5x5 (4 ядер), CONV 5x5 (4 ядер), POOL 2x2, CONV 7x7 (4 ядер), CONV 15x15 (4 ядер), POOL 2x2, FC.

При верификации модели вычисляется значение потерь и точности выдаваемого моделью результата для каждого тестового изображения, и возвращается отношение успешно пройденных тестов к общему их количеству. По завершении колоризации, которая включает в себя денормализацию полученного изображения, выполняется его преобразование из числового массива в объект изображения. Разработанная модель и алгоритм реализованы в программном средстве, которое выполняет обучение ИНС и колоризацию графической информации.

**Заключение.** В работе предложены модель и алгоритм колоризации изображений, основанные на ИНС и хеш-таблицах.

Преимуществами разработанной модели являются более насыщенные цвета и более высокая скорость получения результата по сравнению с рассмотренными моделями. Для раскрашивания она использует только те значения цветов, которые выбирались на изображениях из обучающей выборки. К минусам можно отнести большее количество шумов. Пока предложенная модель лучше справляется с небольшим количеством классов и небольшой обучающей выборкой. Планируется её улучшение с целью устранения названных недостатков.

Модель и алгоритм колоризации изображений, описанные в данной статье, могут быть использованы для раскрашивания черно-белых фильмов, архивных фото, эскизов, для цветокоррекции цветных изображений и др.

## Список литературы

1. Vieira, A. Introduction to deep learning business applications for developers / A.Vieira, B.Ribeiro. – New York: Apress, 2018. – 343 p.
2. Николенко, С. И. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С. И. Николенко, А. А. Кадурин, Е. В. Архангельская. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.
3. An Intuitive Explanation of Convolutional Neural Networks [Electronic resource]. – Mode of access: <https://ujjwalkarn.me/2016/08/11/intuitive-explanation-convnets/>. – Date of access: 20.04.2020.
4. Behnke, S. Hierarchical Neural Networks for Image Interpretation / S. Behnke. – Berlin: Springer, 2003. – 227 с.
5. Automatic Colorization [Electronic resource]. – Mode of access: <https://tinyclouds.org/colorize/>. – Date of access: 20.04.2020.

## References

1. A. Vieira, B. Ribeiro. Introduction to deep learning business applications for developers. New York: Apress, 2018. 343 p.
2. S. Nikolenko, A. Kadurin, E. Arhangelskaya. Glubokoe obuchenie. Pogruzhenie v mir nejronnyh setej [Deep learning. Immersion in the world of neural networks]. SPb.: Piter, 2018. 480 p. (in Russian).
3. An Intuitive Explanation of Convolutional Neural Networks. Available at: <https://ujjwalkarn.me/2016/08/11/intuitive-explanation-convnets/> (accessed: 20.04.2020).
4. S. Behnke. Hierarchical Neural Networks for Image Interpretation. Berlin: Springer, 2003. 227 p.
5. Automatic Colorization. Available at: <https://tinyclouds.org/colorize/> (accessed: 20.04.2020).

*Received: 25.04.2020*

*Поступила: 25.04.2020*



# ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ И ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ ДЛЯ ЖУРНАЛА «ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

В журнале «Цифровая трансформация» публикуются материалы по техническим и экономическим отраслям наук, имеющие определенное научное значение, теоретическую и практическую значимость, ранее не публиковавшиеся.

1. Научная статья — законченное и логически цельное произведение, посвященное конкретному вопросу, разрабатываемому исследователем. Научная статья раскрывает наиболее значимые результаты, полученные исследователем, требующие развернутого изложения и аргументации.

2. Объем научной статьи, учитываемой ВАК, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.).

3. Научная статья должна включать следующие элементы (в порядке расположения):

- индекс УДК;
- название статьи\* (оно должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким, содержать ключевые слова);
- фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, должность и место работы, ученую степень и ученое звание, e-mail, ORCID ID\*;
- аннотацию\*;
- ключевые слова\* (до 15 слов);
- введение (должно содержать цель работы, отражать ее новизну и актуальность);
- основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);
- заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;
- список цитированных источников\*.

4. Аннотация должна быть:

- информативной (не содержать общих слов);
- содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- структурированной (следовать логике описания результатов в статье);
- компактной, однако иметь достаточный объем для отражения содержания статьи (укладываться в объем от 100 до 300 слов).

В аннотации следует сформулировать цель исследования, выделить научную новизну работы (отличия от предыдущих исследований по данной теме), указать использованные методы исследования, описать основные результаты работы, а также фактические и возможные области их применения. Для описания исследования в аннотации следует использовать прошедшее время.

5. Статья направляется в редакцию на русском, белорусском или английском языках по электронной почте (на адрес [journal@unibel.by](mailto:journal@unibel.by)) или с помощью формы на сайте в формате текстового редактора Microsoft Word (название документа — заголовок статьи).

6. Параметры оформления основного текста статьи в Microsoft Word:

- верхнее и нижнее поля — 1,5 см;
- левое и правое поле — 2,5 см;
- междустрочный интервал — 1,5;
- гарнитура — Times;
- размер кегля — 14 пт;
- отступ абзаца — 1,25 см.

Параметры оформления дополнительного текста (информация об авторе, аннотация, ключевые слова, список цитированных источников, подрисуночные подписи, заголовки и текст таблиц и др.):

- междустрочный интервал — одинарный;
- гарнитура — Times;
- размер кегля — 12 пт.

Переносы в тексте должны быть отключены.

7. В отдельном документе необходимо указать сведения об авторе (ах):

- фамилия, имя, отчество (полностью);
- должность и место работы;

---

\* на русском (белорусском) и английском языках

- ученая степень и звание;
- почтовый адрес, номер контактного телефона, адрес электронной почты;
- подтверждение того, что материалы, содержащиеся в тексте статьи, не содержат информации ограниченного распространения и печатаются впервые.

При наличии нескольких авторов должно быть указано, кто отвечает за переписку.

8. Рисунки размещаются как в полном тексте работы, так и в виде отдельных файлов с разрешением не менее 300 dpi. Все рисунки должны иметь подписи\*.

Графики предоставляются в полном тексте работы и в отдельном файле в формате Microsoft Excel с цифровым материалом, по которому построены графики.

Формулы оформляются с помощью редактора формул Microsoft Equation.

Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь заголовок\*.

Все рисунки, формулы и таблицы должны быть пронумерованы.

9. Ссылки на литературу даются в квадратных скобках. Перечень источников в порядке появления в тексте приводится под заголовком «Список литературы» в конце статьи. Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1–2003.

Список литературы должен включать авторитетные научные публикации по теме статьи, в том числе на иностранном языке. Ссылки на собственные работы авторов не должны составлять более трети от общего числа публикаций, включенных в список литературы.

*Полные правила оформления и предоставления статей с примерами составления списков литературы на русском и английском языках представлены на сайте <http://dt.gias.by>.*

---

\* на русском (белорусском) и английском языках

## AUTHOR GUIDELINES OF THE JOURNAL "DIGITAL TRANSFORMATION"

The journal publishes materials on technical and economic sciences, having a certain scientific significance, theoretical and practical significance, previously not published.

1. The article should be submitted to the editors in Russian, Belarusian or English languages by e-mail [journal@unibel.by](mailto:journal@unibel.by) or by form on the site as a Microsoft Office Word document (\*.doc, \*.docx and \*.rtf formats).

2. The volume of scientific article should be at least 0.35 of the author's sheet (14,000 characters, including spaces between words, punctuation marks, numbers, etc.).

3. Scientific articles should include the following elements (in order of location):

– UDC index (see <https://teacode.com/online/udc/>);  
– title of the article\* (it should reflect the main idea of the research, be as brief as possible, contain keywords);

– name and initials of the author (authors) of the article, position and place of work, academic degree and academic title, e-mail, ORCID ID\* ;

– abstract\*;

– keywords\* (up to 15 words);

– introduction (it should contain the purpose of the work, reflect its novelty and relevance);

– the main part, including graphs and other illustrative material (if any);

– conclusion, concluded with clearly formulated conclusions;

– references\*.

4. The abstract should be:

– informative (should not contain common words);

– substantial (reflecting the main content of the article and the results of the research);

– structured (follow the logic of describing the results in the article);

– compact, but have enough volume to reflect the content of the article (fit into the volume from 100 to 300 words).

The abstract should state the purpose of the study, highlight the scientific novelty of the work (differences from previous studies on this topic), indicate the used research methods, describe the key research findings, as well as actual and possible areas of their application.

5. Settings for the main text of the article in Microsoft Word:

– margins — 2 cm;

– line spacing — 1,5;

– font — Times;

– font size — 14 pt;

– line spacing — 1.25 cm.

Options for additional text (information about the author, abstract, keywords, list of quoted sources, captions, headings and text of tables, etc.):

– line spacing — 1;

– font — Times;

– font size — 12 pt.

6. In a separate document it is necessary to indicate information about the author (s) (the form is attached):

– Surname, name, patronymic (in full);

– position and place of work;

– academic degree and title;

– postal address, contact phone number, e-mail address;

– confirmation that the materials contained in the text of the article do not contain information of limited distribution and are printed for the first time.

If there are several authors, a person responsible for the correspondence should be indicated.

The article provided in paper form must be signed by all authors.

7. Drawings should be placed both in the full text of the work, and as separate files with a resolution of at least 300 dpi.

The graphs should be provided in the full text of the work and in a separate file in Microsoft Excel format with digital material on which the graphs are built.

---

\* in Russian (in Belarusian) and in English

Formulas are formalized using the Equation Formula Editor.

Tables are located directly in the text of the article. Each table must have a header.

All figures, formulas and tables should be numbered.

8. References to the literature are given in square brackets. The list of sources in the order of appearance in the text is given under the heading "References" at the end of the article.

References should include authoritative scientific publications on the topic of the article, including papers in a foreign language. References to authors' own works should not constitute more than a third of the total number of publications included in the list of references.

*Full Author Guidelines in Russian and English are available at <http://dt.giac.by>.*