

ISSN 2518-1092

# НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

RESEARCH RESULT. INFORMATION TECHNOLOGY

7(4) 2022

16+

Сайт журнала:  
[rinformation.ru](http://rinformation.ru)  
сетевой научный рецензируемый журнал  
online scholarly peer-reviewed journal



Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)  
Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл. № ФС77-69101 от 14 марта 2017 г.

The journal has been registered at the Federal service for supervision of communications information technology and mass media (Roskomnadzor)  
Mass media registration certificate El. № FS 77-69101 of March 14, 2017



Том 7, № 4. 2022

СЕТЕВОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 2016 г.

ISSN 2518-1092



Volume 7, № 4. 2022

ONLINESCHOLARLYPEER-REVIEWED JOURNAL

First published online: 2016

ISSN 2518-1092

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:** **Черноморец А.А.**, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.

**ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:** **Жихарев А.Г.**, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных и робототехнических систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.

**ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:** **Болгова Е.В.**, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.

**РЕДАКТОР АНГЛИЙСКИХ ТЕКСТОВ СЕРИИ:** **Ляшенко И.В.**, кандидат филологических наук, доцент

**ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:**

**Басов О.О.**, доктор технических наук (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО), г. Санкт-Петербург)

**Белов С.П.**, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород)

**Волчков В.П.**, доктор технических наук, профессор (Московский технический университет связи и информатики, г. Москва)

**Дмитриенко В.Д.**, доктор технических наук, профессор (Харьковский национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков, Украина)

**Иващук О.А.**, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород)

**Калмыков И.А.**, доктор технических наук, профессор (Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь)

**Корсунов Н.И.**, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород)

**Косыкин А.В.**, доктор технических наук, профессор (Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, г. Орел)

**Ломазов В.А.**, доктор физико-математических наук, профессор (Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, г. Белгород)

**Маторин С.И.**, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород)

**Таранчук В.Б.**, доктор физико-математических наук, профессор, (Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь)

**EDITORIAL TEAM:**

**EDITOR-IN-CHIEF:** **Andrey A. Chernomorets**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Belgorod State National Research University

**DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:** **Alexander G. Zhikharev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Belgorod State National Research University

**EXECUTIVE SECRETARY:** **Evgeniya V. Bolgova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Belgorod State National Research University

**ENGLISH TEXT EDITOR:** **Igor V. Lyashenko**, Ph.D. in Philology, Associate Professor

**EDITORIAL BOARD:**

**Oleg O. Basov**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Sergey P. Belov**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Valery P. Volchikov**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Valery D. Dmitrienko**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Ukraine)

**Olga A. Ivaschuk**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Igor A. Kalmykov**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Nikolay I. Korsunov**, Honoured Science Worker of Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Alexander V. Koskin**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Vadim A. Lomazov**, Doctor of Physico-mathematical Sciences, Professor (Russia)

**Sergey I. Matorin**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Valery B. Taranchuk**, Doctor of Physico-mathematical Sciences, Professor (Belarus)

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Издатель: НИУ «БелГУ». Адрес издателя: 308015 г. Белгород, ул. Победы, 85.

Журнал выходит 4 раза в год

Founder: Federal state autonomous educational establishment of higher education  
«Belgorod State National Research University»

Publisher: Belgorod State National Research University

Address of publisher: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

Publication frequency: 4 /year

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

### INFORMATION SYSTEM AND TECHNOLOGIES

<b>Гайворонский В.А., Трубицына Д.И.</b> Классификация методов и средств формирования объемных панорамных изображений	<b>3</b>	<b>Gaivoronskiy V.A., Trubitsyna D.I.</b> Classification of methods and means of forming three-dimensional panoramic images	<b>3</b>
<b>Бондарев В.Г., Мигаль Л.В.</b> Компьютерное моделирование структуры материальных объектов. Часть I. Пространство-время	<b>14</b>	<b>Bondarev V.G., Migal L.V.</b> Computer modelling of material objects' structure. Part I. Space-time	<b>14</b>
<b>Агха Х.Р., Таха А.Т.</b> Методы математического моделирования распространения эпидемий	<b>25</b>	<b>Agha H.R., Taha A.T.</b> Methods of the epidemics spread mathematical modeling	<b>25</b>

### АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

### AUTOMATION AND CONTROL

<b>Маслова М.А.</b> Риски IT-инфраструктуры и методы их решения	<b>34</b>	<b>Maslova M.A.</b> IT infrastructure risks and methods for their solution	<b>34</b>
<b>Коптелова Л.В., Дмитриева Ю.В., Нечипоренко Г.Г.</b> Применение дистанционных образовательных технологий	<b>41</b>	<b>Koptelova L.V., Dmitrieva Yu.V., Nechiporenko G.G.</b> The distance educational technologies using	<b>41</b>
<b>Кузьминых Е.С., Маслова М.А.</b> Анализ возможностей виртуальной и дополненной реальности	<b>50</b>	<b>Kuzminykh E.S., Maslova M.A.</b> Analysis of the possibility of virtual and augmented reality	<b>50</b>

### ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

### ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DECISION MAKING

<b>Надейкина В.С., Лагуткина Т.В.</b> Анализ способов реализации системы многофакторной аутентификации	<b>59</b>	<b>Nadeikina V.S., Lagutkina T.V.</b> Analysis of ways to implement a multi-factor authentication system	<b>59</b>
<b>Урсол Д.В., Болгова Е.В., Черноморец Д.А., Черноморец А.А.</b> Об алгоритме распознавания звуков основе косинус преобразования	<b>67</b>	<b>Ursol D.V., Bolgova E.V., Chernomorets D.A., Chernomorets A.A.</b> About the sounds recognition algorithm based on the cosine transform	<b>67</b>

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ  
INFORMATION SYSTEM AND TECHNOLOGIES**

УДК 004.932.2

DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-1

Гайворонский В.А.<sup>1</sup>  
Трубицына Д.И.<sup>2</sup>**КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ФОРМИРОВАНИЯ  
ОБЪЕМНЫХ ПАНОРАМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**<sup>1</sup>) ООО «Промышленные электронные системы», ул. Михайловское шоссе 121а, г. Белгород, 308000, Россия<sup>2</sup>) Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
ул. Победы д. 85, г. Белгород, 308015, Россия*e-mail: vitalii.g@mail.ru***Аннотация**

В связи с развитием технологий панорамной съемки в рамках одного устройства сегодня существует достаточно ограниченный список устройств регистрации панорамных изображений, большинство из них производят только съемку отдельных кадров с каждого оптического модуля, а в последующем, сшивку производит либо специально обученный человек, или же специально разработанное программное обеспечение, работающее вне устройства съемки. Многокамерные системы позволяют получать панорамные фото и видео данные, на основе которых предполагается построение объемных моделей. Продемонстрированы существующие структуры хранения панорамных изображений. Рассмотрены устройства получения панорамных изображений. Представлены методы получения данных о глубине пространства. В данной статье предлагается проанализировать существующие методы и средства формирования объемного панорамного изображения и предложить их классификацию, которая в дальнейшем необходима при разработке устройств построения цифровой модели пространства в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** техническое зрение; компьютерное зрение; панорамное изображение; карты глубины; стереозрение; многокамерные системы

**Для цитирования:** Гайворонский В.А., Трубицына Д.И. Классификация методов и средств формирования объемных панорамных изображений // Научный результат. Информационные технологии. – Т.7, №4, 2022. – С. 3-13. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-1

Gaivoronskiy V.A.<sup>1</sup>  
Trubitsyna D.I.<sup>2</sup>**CLASSIFICATION OF METHODS AND MEANS  
OF FORMING THREE-DIMENSIONAL PANORAMIC IMAGES**<sup>1</sup>) Industrial Electronic Systems LLC, 121a Mikhailovskoe shosse, Belgorod, 308000, Russia<sup>2</sup>) Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia*e-mail: vitalii.g@mail.ru***Abstract**

Due to the development of panoramic shooting technologies within a single device, today there is a fairly limited list of panoramic image recording devices, most of them only shoot individual frames from each optical module, and subsequently, the stitching is done either by a specially trained person, or by specially developed software working outside the shooting device. Multi-camera systems allow you to obtain panoramic photo and video data, on the basis of which it is assumed to build three-dimensional models. The existing structures for storing panoramic images are demonstrated. Devices for obtaining panoramic images are considered. Methods of obtaining data on the depth of space are presented. In this article, it is proposed to analyze the existing

methods and means of forming a three-dimensional panoramic image and propose their classification, which is necessary in the future when developing devices for constructing a digital model of space in real time.

**Keywords:** technical vision; computer vision; panoramic image; depth maps; stereo vision; multi-camera systems

**For citation:** Gaivoronskiy V.A., Trubitsyna D.I. Classification of methods and means of forming three-dimensional panoramic images // Research result. Information technologies. – Т.7, №4, 2022. – P. 3-13. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-1

### АНАЛИЗ

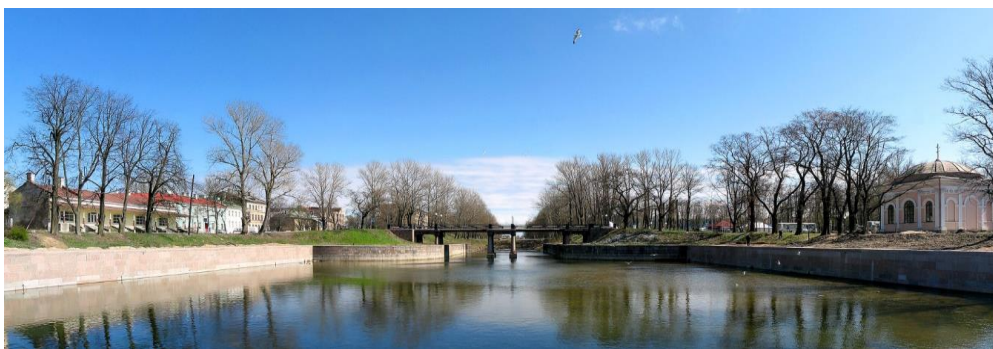
Панорамным изображением называются все типы снимков подходящее под одно из следующих описаний:

- 1) Изображения с углом обзора, превышающие человеческий (чаще всего это снимки с углом обзора в 180 градусов и выше);
- 2) Снимки, с использованием «вытянутого» формата, где соотношение сторон соответствует 1х2, 1х3 и выше;
- 3) Изображения, полученные путем соединения отдельных кадров в общую панораму, где каждый кадр имеет стандартный угол обзора и соотношение сторон.

Далее панорамы подразделяются на два типа, это планарная панорама и виртуальная панорама.

Планарная панорама может проецироваться целиком на экран монитора или распечатана на бумажном носителе. Для данной проекции используются прямолинейная панорама [1, 5, 7, 11].

Прямолинейная панорама – панорама, в которой сохраняется геометрия объектов, т.е. прямые линии остаются прямыми. Минусом данных панорам является угол обзора, поскольку при его увеличении, по краям происходит сильное искажение объектов. Угол зрения таких панорам составляет порядка 90-110 градусов (Рисунок 1).



*Рис. 1. Прямолинейная панорама  
Fig. 1. Rectilinear panorama*

Для получения таких панорам используются методы:

- 1) Выделение области кадра, не имеющей ярко выраженной дисторсии.
- 2) Панорамный фотоаппарат с объективом, не имеющим вращения.

В свою очередь, виртуальные панорамы предназначены для демонстрации панорамных изображений с использованием специальных устройств и программного обеспечения, которые, например, за счет очков виртуальной реальности с использованием встроенного гироскопа, позволяют пользователю за счет вращения головой управлять панорамой, достигая эффекта погружения. В основном такие панорамы имеют сферический и цилиндрический вид.

К виртуальным панорамам относятся следующие виды проекций: цилиндрическая, сферическая, кубическая.

Цилиндрическая проекция – проецирование на боковую часть цилиндра. Достигает охват по горизонтали до 360 градусов, по вертикали имеет более существенные ограничения, в основном зависящие от вертикального угла обзора камеры [3, 12].



а



б

Рис. 2. Цилиндрическая панорама, а – свернутая, б – развернутая

Fig. 2. Cylindrical panorama, a – collapsed, b – expanded

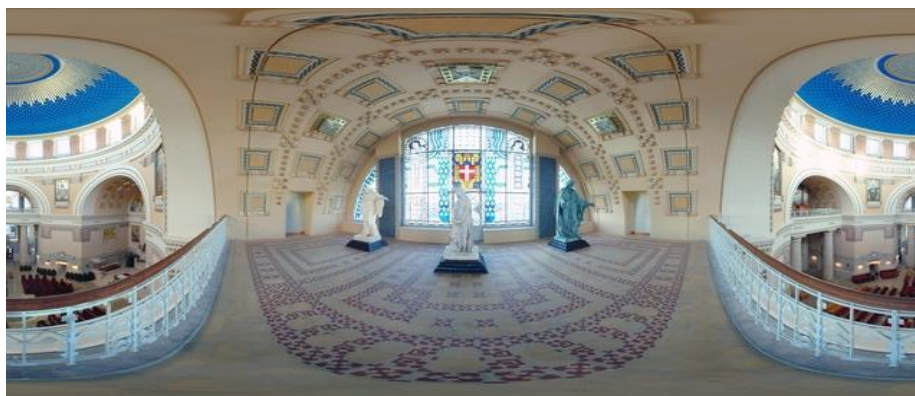
Отличительной особенностью таких панорам (Рисунок 2) является выгибание горизонтальных линий. Длинные прямые объекты в проекции будут иметь вид изогнутых, в следствии, в архитектурной съемке практически не применяются.

Ярко выраженным устройством, для съемки цилиндрических панорам является отечественный фотоаппарат «Горизонт», который, за счет вращения объектива, позволяет одним кадром получить цилиндрическую панораму. Минусом данного фотоаппарата является отсутствие возможности съемки с углом обзора в 360 градусов.

Сферическая (эквидистантная) проекция – следующий тип виртуальных панорам, получается за счет разворота сферы на плоскость. В основе данной проекции лежит собранное изображение, из отдельных кадров в эквидистантную (сферическая панорама, развернутая на плоскости) проекцию. Данная проекция позволяет отобразить изображение с охватом 360x360 градусов, но при этом на проекции будут видны существенные искажения. Данная проекция используется для демонстрации различных виртуальных туров, рекламной демонстрации павильонов и так далее.

Данный вид панорам позволяют снимать обычные фотоаппараты с использованием специального вращающегося штатива, все современные смартфоны поддерживают технологию съемки и последующей сшивки сферических панорам, а также использование специальных устройств, которые позволяют снимать сферическую панораму «одним щелчком», за счет использования большого количества объективов на устройстве.

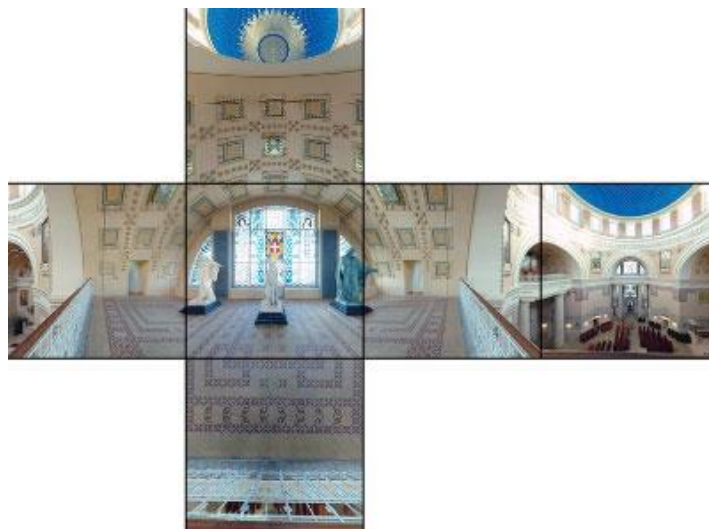
Ниже (Рисунок 3) представлена развертка сферической панорамы.



*Рис. 3. Развертка сферической панорамы*  
*Fig. 3. Scan of a spherical panorama*

К преимуществам сферической проекции можно отнести полноту охвата пространства и возможное использование всего 2 широкоугольных оптических модулей, но при этом, при построении развертки (Рисунок 3) возможна потеря данных о пикселях, что усложнит процесс построения объемного изображения при использовании данного вида проекции.

Следующим типом является кубическая проекция (Рисунок 4). В данном виде проекции происходит отображение сферы на 6 граней куба, по факту, 6 кадров, снятых с использованием прямолинейной проекции. Сегодня это один из самых распространенных методов построения панорамы.



*Рис. 4. Кубическая проекция*  
*Fig. 4. Cubic projection*

Для просмотра данных проекции используются различные методы отображения панорамных изображений. Самым простым методом просмотра является отображение любого типа панорамы на экране устройства, без специальных устройств просмотра и обеспечения свертки панорам. Данный метод несет в себе большие искажения, что мешает пользователю понять реальную геометрию объектов [3, 5, 8].

Далее рассмотрим методы получения данных о глубине пространства. На сегодняшний день известно несколько методов реконструкции объемного объекта:

- построение на основе вращения оптического модуля вокруг объекта;
- построение на основе стереозрения;
- структуры из освещенности
- проецирование на объект;
- построение карт глубины на основе фокусировки (пленоптическая камера).

К активным методам относятся методы проецирования на объект (инфракрасная проекция, структурированный свет), к пассивным методам относятся методы на основе вращения, стереозрения и системы на основе фокусировки.

Системы проецирования на объект являются наиболее точными системами, суть их работы заключается в том, что на объект проецируется инфракрасная (Рисунок 6), лазерная сетка, или структурированный свет (Рисунок 5).

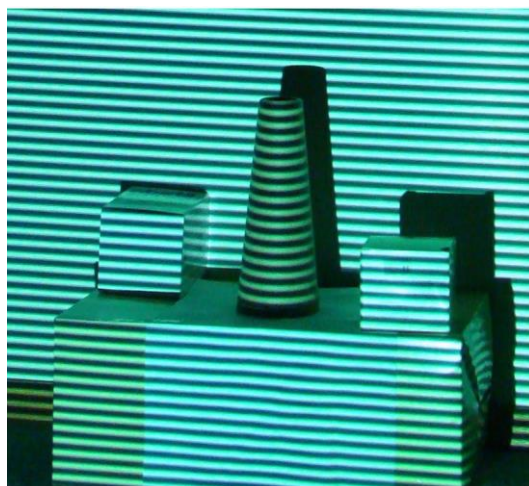
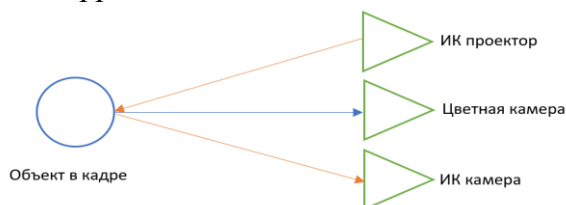
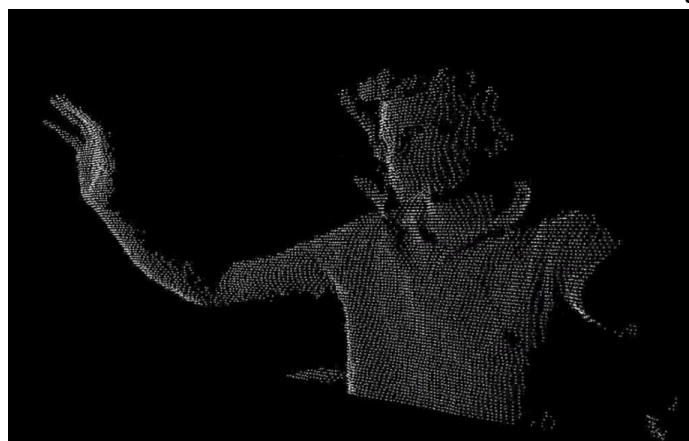


Рис. 5. Излучение структурированного света  
Fig. 5. Structured light emission

На объект проецируется инфракрасная сетка или шаблон из светлых и темных линий. На основе инфракрасной сетки, помимо снимка, передается информация о расположении точек в пространстве – глубина каждого пикселя. На основе данного метода построены такие популярные системы как Microsoft Kinect, Apple FaceID.



а



б

Рис. 6. а – Модель работы инфракрасного проецирования для получения данных о глубине (ИК проектор, оптический модуль, ИК камера), б – пример получения данных ИК проектора  
Fig. 6. а – Model of infrared projection operation for obtaining depth data (IR projector, optical module, IR camera), б – example of obtaining IR projector data



К преимуществам данного метода можно отнести скорость работы, точность построения и более низкие требования к вычислительным ресурсам. Недостатком метода является дальность использования, и активный метод проецирования, что исключает использование в системах безопасности и неприменимо при использовании оптических модулей без инфракрасного фильтра, так как проецируемая сетка будет отображаться на снимках.

При использовании структурированного света производится расчет на основе искривления линий. Так как известны начальные данные о шаблоне, на основе искривлений появляется возможность рассчитать форму объекта и расстояние до него. К недостаткам стоит отнести отсутствие работы данного метода при ярком освещении, и использование самого проектора.

Системы построения глубины на основе пленоптической камеры (Рисунок 7) позволяют получать данные о глубине за счет использования микролинз перед матрицей.

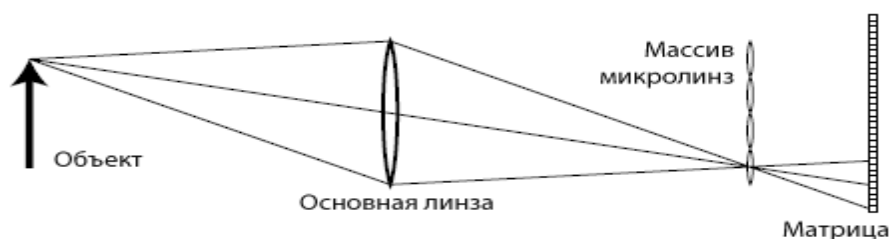
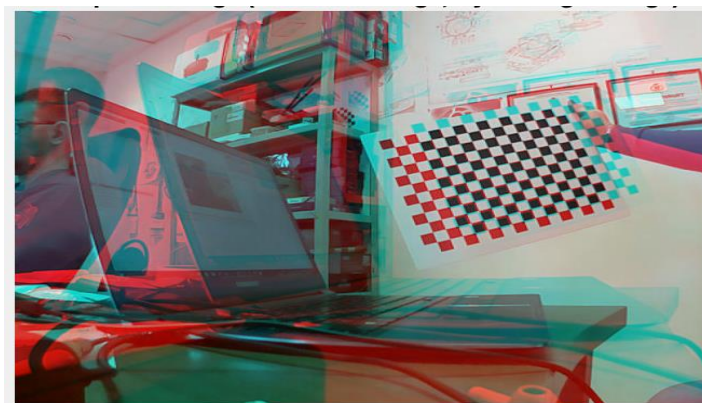


Рис. 7. Пример пленоптической камеры  
Fig. 7. Example of a plenoptic camera

В классической камере свет, приходящий с разных точек линзы в одну точку матрицы, интегрируется и сохраняется как значение яркости пикселя в этой точке. В пленоптической же камере перед матрицей стоит массив микролинз, каждая микролинза распределяет пришедшие в неё световые лучи в разные участки матрицы, за счет чего все объекты находятся в фокусе.

Недостатком данной системы является использование специальных оптических модулей, где точность построения обуславливается количеством микролинз, используемых в модуле для получения данных о глубине. Так, например, в современных устройствах чаще всего встречается массив линз, состоящий из двух элементов, позволяющий на близком расстоянии определить объект на переднем плане, но для получения корректных данных о глубине этого будет недостаточно. При использовании большего массива линзкратно возрастает цена конечного устройства [6, 9].

Стереозрение и системы на основе вращения являются наиболее интуитивными, схожими (так как вращение камеры является частным случаем стереозрения, где камеры расположены на дуге вращения). Данные методы интуитивно понятны и используют систему получения данных о глубине, схожей с человеческим зрением. Данный метод использует минимум две камеры, направленные на объект, необходимо знать расположение камер относительно друг друга, на основе пересечения на снимках, могут быть найдены соответствия на снимках, которые являются заведомо одним и тем же объектом в пространстве. Данные об объеме получаются за счет того, что объекты находятся на разном расстоянии от оптических модулей и имеют различное угловое смещение (Рисунок 8), чем ближе объект к оптическому модулю, тем больше смещение. Зная данные о камерах и их расположение можно рассчитать относительные расстояния от оптического модуля до каждого из объектов и построить карту глубины.



*Рис. 8. Пример совмещенных снимков, полученных с двух камер*  
*Fig. 8. Example of combined images taken from two cameras*

Данный метод является оптимальным, так как он является пассивным, нет необходимости использовать дополнительные системы для получения данных о глубине, данный класс устройств уже широко представлен на рынке, при использовании разрабатываемого метода появляется возможность использовать потребительские системы для получения объемного изображения. Точность построения объемной модели можно повысить за счет увеличения количества оптических модулей, за счет расположения под разными углами относительно объекта и увеличение количества данных об объекте.

### **КЛАССИФИКАЦИЯ**

В ходе анализа были рассмотрены методы получения панорамных снимков. На основе анализа устройства для съемки сферических панорам подразделяются на несколько типов: устройства с широкоугольным объективом, смартфоны (с возможностью вести съемку за счет перемещения устройства, или многокамерные встроенные системы), камеры позволяющие производить съемку одним объективом и производить сшивку встроенным программным обеспечением, а также камеры, поддерживающие от двух и более оптических модулей с возможностью одновременной съемки (Рисунок 9) [2].

Ниже приведены сравнение характеристик и возможностей применения каждого из классов устройств.

К первому классу устройств относятся фото и видео аппаратура, с использованием широкоугольных объективов, более 110 градусов (угол зрения человека). Данные устройства предполагают достаточно простой сценарий использования, без каких-либо операций соединения полученных снимков в единую панораму. К плюсам данного класса устройств можно отнести:

- скорость работы;
- качество съемки;
- отсутствие дополнительной обработки.

К минусам следует отнести следующие факторы:

- невозможность получить полную сферическую панораму;
- искажение объектов за счет угла обзора;
- дороговизна устройств.

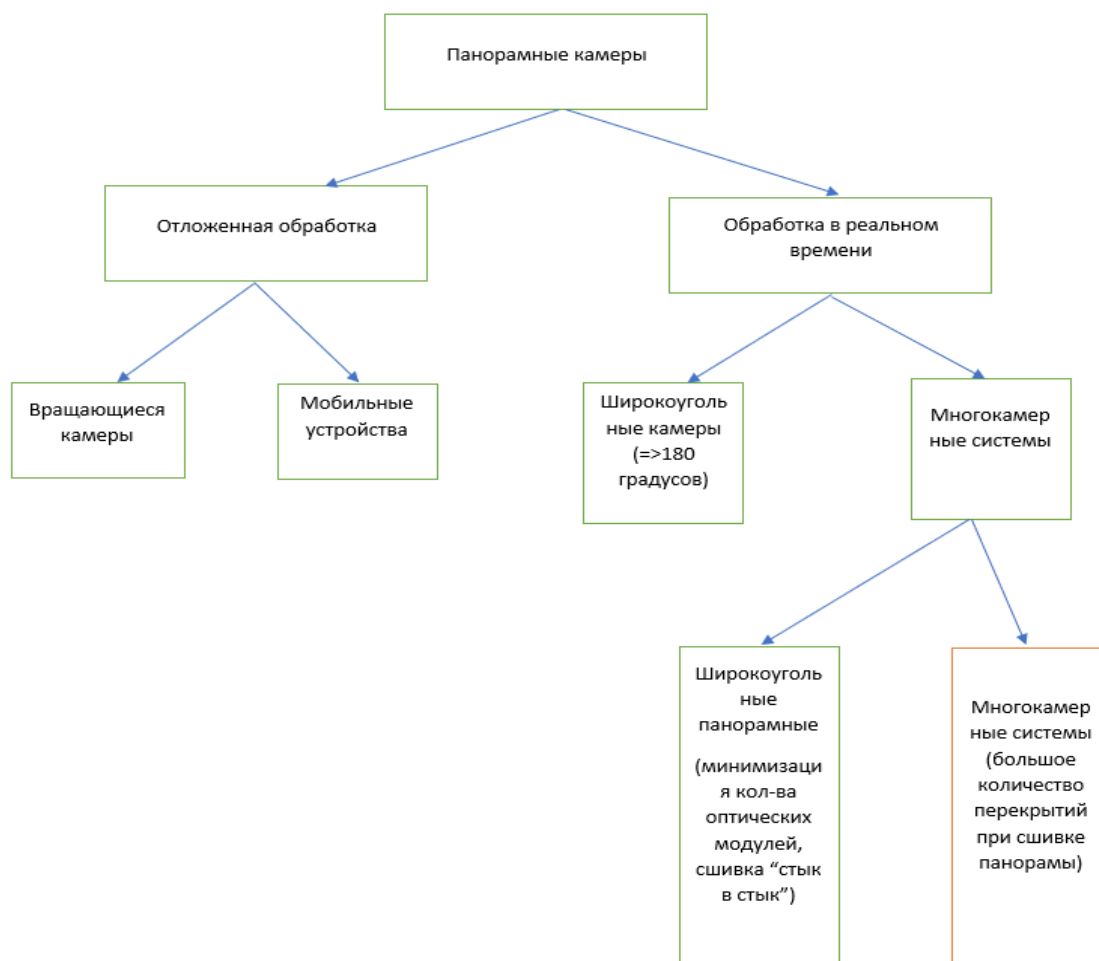


Рис. 9. Классификация устройств регистрации панорамных изображений  
Fig. 9. Classification of panoramic image recording devices

Вторым классом устройств являются смартфоны и камеры с возможностью сшивки полученных снимков за счет встроенного программного обеспечения. Данный класс устройств на данном этапе является самым массовым на рынке, каждый потенциальный пользователь имеет возможность производить панорамную съемку имея лишь смартфон и специальное программное обеспечение.

Основной идеей этого класса устройств является ПО, которое делает большое количество снимков, размещая их внутри плоскости цилиндра, тем самым сшивая их за счет показаний гироскопа (он позволяет точно обозначить в каком положении устройства был произведен снимок, для его правильного размещения).

Плюсами являются:

- доступность технологии;
- отсутствие специальных навыков съёмки;
- отсутствие привязки к устройству.

К минусам следует отнести:

- отсутствие режима видеосъемки;
- панорама снимается в течение длительного времени (из-за использования одного оптического модуля);
- качество полученного снимка.

Третий класс устройств является достаточно молодым и на сегодняшний день только развивается, порой не имея конкурентов по определенным параметрам. Данные устройства имеют от двух оптических модулей, обычно при использовании минимального количества оптических модулей, используются максимально широкие углы обзора – 180 градусов, при этом, используя большее количество оптических модулей, снижается необходимость использовать широкоугольные объективы, и как было сказано ранее, снижаются искажения, полученные им же.

Плюсами данных устройств являются:

- компактность;
- простота использования;
- отсутствие постобработки (на некоторых моделях);
- полная сферическая панорама.

Но в связи с недавним появлением, данный класс устройств имеет и достаточно весомые минусы:

- не все устройства умеют снимать в высоком качестве;
- съемка и сшивка видео производится не внутри устройства;
- необходимы навыки обработки и сшивки полученных изображений.

Далее, на основании анализа методов получения данных о пространстве, проведена классификация, представленная на рисунке 10.

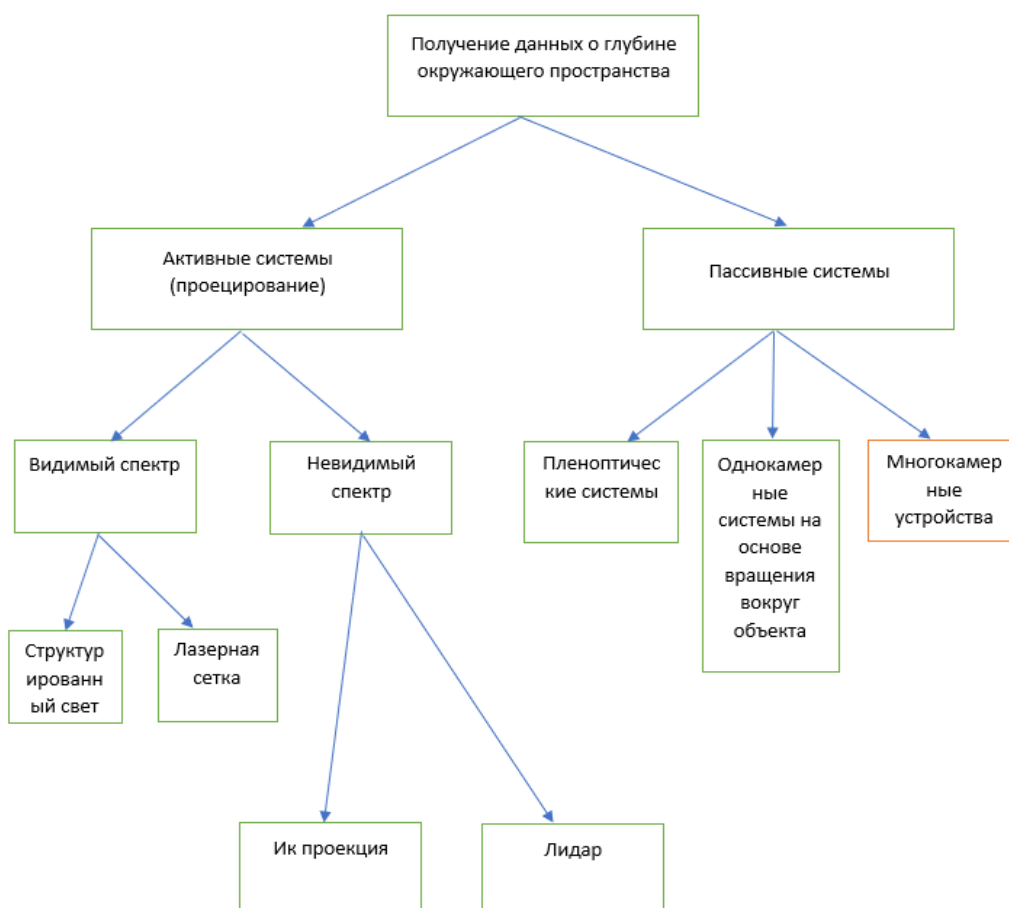


Рис. 10. Классификация методов получения данных глубины пространства  
Fig. 10. Classification of methods for obtaining space depth data

На основе анализа и классификации для решения поставленных задач наиболее приемлемым является пассивный метод получения данных о пространстве на основе многокамерных систем. Данный метод является оптимальным, так как он является пассивным, нет необходимости

использовать дополнительные системы для получения данных о глубине, данный класс устройств уже широко представлен на рынке, при использовании разрабатываемого метода появляется возможность использовать потребительские системы для получения объемного изображения. Точность построения объемной модели можно повысить за счет увеличения количества оптических модулей, за счет расположения под разными углами относительно объекта и увеличение количества данных об объекте.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенного анализа была построена классификация устройств получения данных о пространстве, были выявлены их недостатки и преимущества и был выбран подход, основанный на использовании пассивного метода получения данных о пространстве, за счет применения исключительно оптических модулей многокамерной системы и отсутствия активных источников получения данных о пространстве. Исходя из методов получения данных о пространстве, выделяются два метода: активный и пассивный. Активный метод является наиболее простым, так как данные о глубине берутся непосредственно из отдельного устройства, но при этом, главным недостатком является невозможность использования в устройствах без активного датчика (лидар, проектор и т.д.) и не применим в различных сценариях, например, нельзя использовать в системах безопасности, так как активная система будет сразу визуально определена. Пассивные системы позволяют использовать существующие устройства, при приемлемой точности, при этом сохраняя как “невидимость” для пользователя, так и уменьшая себестоимость конечного устройства.

Были так же классифицированы системы получения панорамных изображения, для исследования возможности их применения для построения данных о пространстве. Был сделан вывод, что многокамерные системы, наиболее подходящий класс устройств, для получения данных о пространстве в реальном масштабе времени, так как при использовании таких систем данные со всех источников принимаются одновременно, тем самым позволяя организовать синхронизации снимков и организовать их параллельную обработку.

### **Список литературы**

1. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. 1983. Распознавание и цифровая обработка изображений. М.: Высшая школа.
2. Гайворонский В.А. 2022. Подход к созданию объемного панорамного изображения на основе пассивных методов определения карт глубины. Информационные системы и технологии. с. 24-29.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. 2006. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера.
4. Журавель И.М. 1999. Краткий курс теории обработки изображений. М.
5. Кравченко В., Басараб М., Волосюк В., Горячкин О., Зеленский А., Ксендзук А., Кутуза Б., Лукин А., Тоцкий А., Яковлев В. 2007. Цифровая обработка сигналов и изображений. М.: ФИЗМАТЛИТ.
6. Красильников Н.Н. 2011. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: Учебное пособие. СПб.: БХВ-Петербург.
7. Рудаков П.И., Сафонов И.В. 2000. Обработка сигналов и изображений. М.: Диалог-МИФИ.
8. Савельева И.П. 2011. Панорамное фото. М.
9. Сергиенко А.Б. 2002. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие для студентов вузов. СПб.: Питер.
10. Шапиро Л., Стокман Дж. 2006. Компьютерное зрение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний.
11. Яншин В.В. 1995. Анализ и обработка изображений: принципы и алгоритмы. М.: Машиностроение.
12. Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Rubcov K.A., Maslakov Y.N. 2016. Algorithms in Portable Digital Device UHDTV Panoramic Image Formation. Application of information and communication - AICT2016: Conference proceedings. Baku, Azerbaijan. P. 449-451.

13. Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Rubcov K.A., Maslakov Y.N., Gaivoronskiy V.A. 2018. Method For Improving Image Recognition In Portable Panoramic Video Capture Devices. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, Volume 10, Issue 10 Special Issue. P. 1871-1878.

### References

1. Anisimov B.V., Kurganov V.D., Zlobin V.K. 1983. Recognition and digital image processing. Moscow: Higher School.
2. Gaivoronskiy V.A. 2022. An approach to creating a three-dimensional panoramic image based on passive methods for determining depth maps. Information systems and technologies. pp. 24-29.
3. Gonzalez R., Woods R. 2006. Digital image processing. Moscow: Technosphere.
4. Zhuravel I.M. 1999. A short course in the theory of image processing. M.
5. Kravchenko V., Basarab M., Volosyuk V., Goryachkin O., Zelensky A., Ksenzuk A., Kutuza B., Lukin A., Totsky A., Yakovlev V. 2007. Digital signal and image processing. M.: FIZMATLIT.
6. Krasilnikov N.N. 2011. Digital processing of 2D and 3D images: A textbook. St. Petersburg: BHV-Petersburg.
7. Rudakov P.I., Safonov I.V. 2000. Signal and image processing. Moscow: Dialog-MEPhI.
8. Savelieva I.P. 2011. Panoramic photo. M.
9. Sergienko A.B. 2002. Digital signal processing: A textbook for university students. St. Petersburg: Peter.
10. Shapiro L., Stockman J. 2006. Computer vision. M.: BINOM. Laboratory of knowledge.
11. Yanshin V.V. 1995. Image analysis and processing: principles and algorithms. M.: Mechanical Engineering.
12. Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Rubcov K.A., Maslakov Y.N. 2016. Algorithms in Portable Digital Device UHD TV Panoramic Image Formation. Application of information and communication – AICT2016: Conference proceedings. Baku, Azerbaijan. P. 449-451.
13. Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Rubcov K.A., Maslakov Y.N., Gaivoronskiy V.A. 2018. Method For Improving Image Recognition in Portable Panoramic Video Capture Devices. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, Volume 10, Issue 10 Special Issue. P. 1871-1878.

**Гайворонский Виталий Александрович**, инженер-программист

**Трубицына Диана Игоревна**, кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий

**Gaivoronskiy Vitaliy Alexandrovich**, software engineer

**Trubitsyna Diana Igorevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies

UDC 531.111+539.122:123

DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-2

Bondarev V.G.  
Migal L.V.

COMPUTER MODELLING OF MATERIAL OBJECTS'  
STRUCTURE. PART I. SPACE-TIME

Belgorod State National Research University,  
85, Pobeda str., Belgorod, 308015, Russia

*e-mail: Bondarev@bsu.edu.ru*

**Abstract**

Present paper considers a structure model of discrete space-time, the properties of which are determined by the substrate. As a substrate a 2-dimensional plane under no matter is chosen, the surfaces of which are space and anti-space. A new concept called spacetrone, considered as a spatial element of the substrate, which is the basis for the subsequent formation of 4-dimensional space-time, is proposed. Upper-level spacetrone are a hexagonal 2-dimensional packing, with spacetrone of other levels (first, second, etc.) placed between them, followed by their identification with electron-positron pairs, neutrinos and electromagnetic field quanta. It is shown how the connectivity of space-time is determined by completely filling the substrate space with spacetrone of different sizes, which allows us to consider the resulting 4-dimensional space-time as a quasi-continuous medium. It is shown that in the case of contact interaction of space-time substrate spacetrone, all of them can be given a spherical shape by partitioning the upper level spacetrone into linked objects, called a lovetone, which is a three-dimensional object, and an anti-lovetone, which is an anti-space object.

Within the framework of the computer model the mechanism of the appearance of matter in space-time is considered. The appearance of matter takes place under the influence of energy perturbations of space-time structural elements, causing the appearance of both free lovetone (anti-lovetone) and other material objects.

Based on the analysis of the geometric position and dimensions of the substrate features responsible for the formation of elementary particles and the electromagnetic field quantum spectrum, the estimated masses of a number of elementary particles are determined and the known particle masses are assigned to them. The masses of free lovetone and neutrinos are evaluated on the basis of geometric relations between the sizes of particles on the basis of electron masses. At least three varieties of neutrinos, which can be regarded as types of high-energy  $\gamma$ -quanta, are identified. The results of the work are valid and reliable because they are based on known approaches of relativity theory and quantum physics, as well as on the application of approximations adequate to the phenomena under study.

**Keywords:** space; substrate; spacetrone; lovetone; anti-space; mass; electron; neutrino; electromagnetic field quantum

**For citation:** Bondarev V.G., Migal L.V. Computer modelling of material objects' structure. Part I. Space-time // Research result. Information technologies. – Т.7, №4, 2022. P. 14-24. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-2

Бондарев В.Г.  
Мигаль Л.В.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ  
МАТЕРИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ.  
ЧАСТЬ I. ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
ул. Победы д. 85, г. Белгород, 308015, Россия

*e-mail: Bondarev@bsu.edu.ru*

**Аннотация**

В представленной работе рассмотрена модель структуры дискретного пространства-времени, свойства которого определяются подложкой. В качестве подложки выбрана 2-мерная плоскость в отсутствие материи, поверхностями которой являются пространство и

антипространство. Предложено новое понятие, получившее название спейстрон (spacetron), рассматриваемого как пространственный элемент подложки, являющийся основой для последующего формирования 4-мерного пространства-времени. Спейстроны верхнего уровня представляют собой гексагональную 2-мерную упаковку, с размещением между ними спейстронов других уровней (первого, второго и т.д.), с последующим проведением их идентификации с электрон-позитронными парами, нейтрино и квантами электромагнитного поля. Показано, как связность пространства-времени определяется путем полного заполнения подложки пространства спейстрономы различных размеров, что позволяет считать возникающее 4-мерное пространство-время квазинепрерывной средой. Показано, что в случае контактного взаимодействия спейстронов подложки пространства-времени всем им может быть придана сферическая форма при разделении спейстронов верхнего уровня на связанные между собой объекты, получившие названия лавтон (loveton), являющегося пространственным объектом, так и антилавтон, представляющего собой объект антипространства. В рамках компьютерной модели рассмотрен механизм возникновения материи в пространстве-времени. Появление материи происходит под воздействием энергетических возмущений структурных элементов пространства-времени, вызывающих появление как свободных лавтонов (антилавтонов), так и других материальных объектов.

На основе анализа геометрического положения и размеров элементов подложки, отвечающих за образование элементарных частиц и спектра квантов электромагнитного поля, определены оценочные массы ряда элементарных частиц, которым в соответствие поставлены известные массы частиц. Массы свободных лавтонов и нейтрино оценены исходя из геометрических соотношений между размерами частиц на основе учета массы электрона. Выявлено, по крайней мере, три разновидности нейтрино, которые можно рассматривать как виды высокоэнергетических  $\gamma$ -квантов. Результаты работы являются обоснованными и достоверными, поскольку их получение основано на известных подходах теории относительности и квантовой физики, а также применении приближений, адекватных исследуемым явлениям.

**Ключевые слова:** пространство; подложка; спейстрон; лавтон; антипространство; масса; электрон; нейтрино; квант электромагнитного поля

**Для цитирования:** Бондарев В.Г., Мигаль Л.В. Компьютерное моделирование структуры материальных объектов. Часть I. Пространство-время // Научный результат. Информационные технологии. – Т.7, №4, 2022 – С. 14-24. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-2

## **INTRODUCTION**

The theory of relativity and quantum mechanics are considered to be the basis of the modern physical picture of the world, and are directly related to changes in the fundamental concepts of space, time and matter [1]. Within the framework of Einstein's general theory of relativity [2], it is believed that the structure of space depends on the distribution of masses of material objects, and the properties of space are determined by its geometry. As a rule, the space-time in question is considered as a continuum. At the same time, in a number of works [3], space and time have come to be perceived as attributes of matter, determined by its relations and interactions. However, nowadays, both in physics and in philosophy, it has been established that space is also an entity independent of material bodies, as it can exist empty, in the absence of physical bodies [4].

In the general theory of relativity, when considering 4-dimensional space-time, it is not accepted to take into account possible quantum effects. All known attempts to construct a model of both only continuous or only discrete space and time have encountered contradictions, the solution of which has not been found so far. It testifies rather to a certain tendency to the unity of continuous and discrete space-time and consequently speaks not about wrongness of space and time continuity concepts, but about necessity of synthesis of the last ones with discrete space-time concepts [5]. Clarification of space-time essence at the present time is one of the most important tasks of fundamental physics.

In philosophy, it is customary to define space as a form of matter being, which expresses the extent, structure, order of coexistence and ranking of material objects [6]. It should be noted that a fundamentally



important problem in the study of space-time is the relation of space and time to matter. There are two concepts on this question: substantive and relational [7]. The substantive concept assumes that space is an independent entity, as if a special kind of substance, existing along with time, substance and physical fields. According to the relational concept, space and time are not independent entities, but are formed by the interaction of material objects [8]. The philosophical approach in the development of various ideas about space-time and various aspects of this line of research can be found in Vyaltsev's monograph [9].

To describe space-time in terms of quantum physics a number of models have been proposed too, in particular - string theory and loop gravitation [10, 11]. At the same time string theory has shown that space-time is not a mathematical abstraction, necessary to describe the state of material objects, but an entity which participates in interactions with objects located in space, while these objects, in turn, change the parameters of space-time [12, 13]. However, recognizing that elementary particles may eventually be the manifestation of the dynamics of some more fundamental objects, in most cases, continues to consider space-time as separate from the rest of the matter, as something external, in which it is customary to place matter. An important advantage of string theory is that there are no free parameters that need to be adjusted to ensure agreement, as, for example, is required in the Standard Model [13].

The most developed and fruitful application of discrete space-time has turned out to be the construction of the theory of loop quantum gravitation, where the assumption of one-dimensional physical excitations of space-time on Planck scales is put forward [14]. According to this theory, space-time, in contrast to its representation in the theory of relativity, is discrete. Space-time is considered to consist of quantum cells, which are connected to each other, and by bundles of knots and entanglements form elementary particles. Thus ribbon structures, for example in the Bilson-Thompson model [15], are represented as entities consisting of the same matter as space-time itself, indicating belonging to the unity of nature of space-time and matter. From the point of view of discrete space-time, the latter can also be represented in the form of a crystal lattice, and both the speed of light and Planck's constant have been theorized using this approach [16].

Of particular interest is David Bohm's idea [17] of imagining the universe as a holographic structure in which the hidden order of the new deep reality is analogous to the order of a hologram which needs to be deciphered and deployed in space as a three-dimensional image. According to Mark Van Raamsdonk [18] the infinite Anti-de-Sitter space-time (AdS- space-time) has an infinity boundary [18]. To represent it, it is customary to use a distorted length scale allowing compressing infinite distance into finite one. The boundary is similar to the surface of a continuous cylinder. In the latter case, the boundary has two dimensions: spatial (the cylinder guide) and time (the cylinder form). The two-dimensional boundary contains an implicative order, because the image encoded in interference patterns is a latent completeness rolled up in space. The hologram, projected by the two-dimensional plane, already has an explicative order, because it is an unfolded and visible version of the image.

David Bohm's view that space is real and there are many processes going on in it, as in the matter moving in it, was developed in his ideas of an implicative ocean of energy. Matter does not exist independently of this ocean, from so-called empty space, it is itself part of space. Matter is inseparable from this ocean of energy and acts as a pattern of excitation. As Bohm [17] states: "This pattern of excitation is relatively autonomous and produces relatively stable and repetitive visible projections in our three-dimensional explicative order".

The proposed approach was continued in the work of Gerard 't Hooft [19]. His main idea is called the holographic principle. According to this principle, whatever happens in the domain that we use as space, can be represented as taking place on the surface surrounding that space. What is more, a description of the world that exists on this boundary is not a quantum theory, but a deterministic theory, which he is certain, will replace the quantum concept. A similar idea has also been proposed by Louis Crane [20] in the context of background-independent approaches to quantum gravity. Crane suggested that quantum mechanics is not a static description of the system, but a record of information that one subsystem of the universe can have near the other through their interaction. He further suggested that there is a quantum mechanical description associated with each way the universe is divided into two parts. Quantum states do not live in one part or the other of space-time, but at the boundary between them.

An attempt to unify space-time and matter in the framework of five-dimensional space was the mathematical model of Theodor Kaluza [21], which contained the hypothesis of five-dimensionality of physical space. Kaluza supposed that his theory points to the possibility of interpreting gravitation and electricity as manifestations of some universal field. A supplement to Kaluza's hypothesis, was the formulation of the conditions for the secrecy of the fifth dimension, expressed by Oskar Klein [22]. He suggested that the structure of the physical space can contain both "extended" and "contracted" dimensions. In this case additional (to three visible) dimensions are convolved to small dimensions.

When analysing these theories of space-time structure, it is easy to find associations that allow space to be seen as some entity formed on the basis of another fundamental object. In other words, the emergence of space-time points to its secondary nature. In this case, the structure of space-time is defined by constructing it on a substrate [23]. The substrate must exist on the basis of something else. Consequently, the substrate is a form of state of matter, which is considered not manifested and, therefore, being in a passive state. Thus in [24] space-time is considered as a phenomenon appearing in a special sub-quantum medium preceding it. At the same time matter cannot fill up space in any way, as it is a form of existence of space itself [25]. In John Wheeler's quantum geometrodynamics [26] space-time also arises. But with Wheeler, space is fundamental and space-time arises from it. However, in his opinion, a 4-metric arises from a 3-metric defined on a 3-dimensional smooth manifold which acts as a substrate in Wheeler-DeWitt's quantum gravity theory [27].

Concluding the analysis of space-time and matter interrelations it is possible to quote Einstein [28]: "We come to a strange conclusion: it now begins to seem to us that space plays a primary role, while matter must be derived from space, so to speak, at the next stage. Space absorbs matter. We have always regarded matter as primary and space as secondary. Space, figuratively speaking, is now taking revenge and 'eating' matter. We can add to this statement that it is not even fully understood what matter consists of and how it arises. For this reason, the aim of the presented paper is to develop a model of discrete 4-dimensional space-time and matter that could accurately reflect the nature of the real world.

### **1. RESEARCH OBJECTIVE**

The main components of the proposed model are space, time and matter. As an object of study, in this case, we can consider real physical space-time, including its substrate.

At statement of the problem we will proceed from a number of known facts, as well as certain conditions and restrictions:

1. Space-time is discrete and consists of elements which may differ in size and between which there is a certain relation organized on the basis of redistribution of quanta of energy.
2. At research of space-time structure issues related to permeability of matter, as well as charge dependence of elementary particles are excluded from consideration.
3. The construction of the model of space-time structure is carried out without taking into account dynamic effects.
4. On the basis of the chosen substrate, as which space can be considered if there is no matter, it is possible to place its elements completely filling "voids" in order to form a quasi-continuous space.

The main task facing us is to choose the right structure of a 4-dimensional space substrate and then analyze the placement of spatial elements on it. Detailed formulation of the formulated problem allows us to give a logically consistent description of the model of space-time and matter as a whole. Moreover, it admits a variant in which matter, consisting of matter and fields forming our world, is not an independent physical reality, but a specific structure included in the space-time substance itself.

### **2. MODELING**

In our modeling, we will assume that a possible way of combining space-time and matter into a single object is to consider a representation of space in which its geometric properties are defined according to the choice of substrate.

## 2.1 PRIMARY SPACE (SUBSTRATE)

First, let us pay attention to the fact that the space-time model of general relativity theory allows a limiting transition to the case in which there is no matter, i.e. to the presence of empty space. Such solutions of the Einstein equations [29] are obtained when the energy-momentum tensor in the considered region of space is identically equal to zero. In this case, the curved space-time of general relativity transforms to the flat space of the special theory of relativity - the Minkowski space.

Let's assume that the empty space must have no more than three dimensions. In other words, we should choose either 2-dimensional or 3-dimensional space as a substrate. Immediately note that it is undesirable to use one-dimensional space due to the lack of possibility of obtaining unambiguous relations between its elements. On the basis of this solution to the Einstein equations, let us choose a 2-dimensional plane as a substrate [30]. We assume that the surfaces of this plane can contain two layers, one referring to space and the other to anti-space. This choice of the substrate as a given plane is schematically illustrated in figure 1, which shows a flat space that is infinitely extended (only part of it is shown).



*Fig. 1.* Layout of a part (region) of primary space (on a cross section of this plane two layers can be seen, one referring to space and the other to anti-space)

*Рис. 1.* Макет части (области) первичного пространства (на поперечном срезе данной плоскости видны два слоя, один из которых относится к пространству, а другой – к антипространству)

## 2.2 "FILLING IN" THE SUBSTRATE

Let us assume that the basis of the space chosen as the substrate is discrete elements into which the entire 2-dimensional plane provided by them is divided. As such discrete elements we choose disks of different sizes, each of which, hereinafter referred to as a spacetron (Fig. 2).



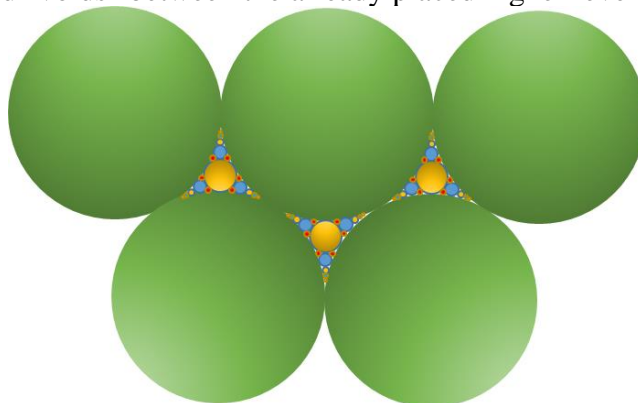
*Fig. 2* Graphical representation of the spacetron (shown with tilt for ease of presentation of the spatial layers)

*Рис. 2* Графическое представление спейстро́на (для удобства представления пространственных слоев показано с наклоном)

The spacetron introduced as a substrate element will be defined as a massless object with a boundary between the spatial and anti-spatial layers inside, with interaction with other spacetrans by contacting them with each other.

We divide the spacetrans, depending on their position and size, into separate levels. We assign the largest spacetrans to the top level, the first level to those with a slightly smaller size, the second level to

those with a smaller size, and so on. The upper level is the main one and represents a set of spacetrans forming a dense hexagonal packing of elements in the form of disks. The first level consists of spacetrans located in between the upper level spacetrans in such a way that they must necessarily touch at least three upper level spacetrans. Subsequent smaller spacetrans, in a similar manner, sequentially fill all remaining unoccupied "voids" between the already placed higher level spacetrans (Fig. 3).



*Fig. 3. Schematic spacetrans arrangement forming a quasi-continuous medium (shown without anti-space)*

*Рис. 3. Схема расположения спейстронов, формирующих квазинепрерывную среду (показано без учета антипространства)*

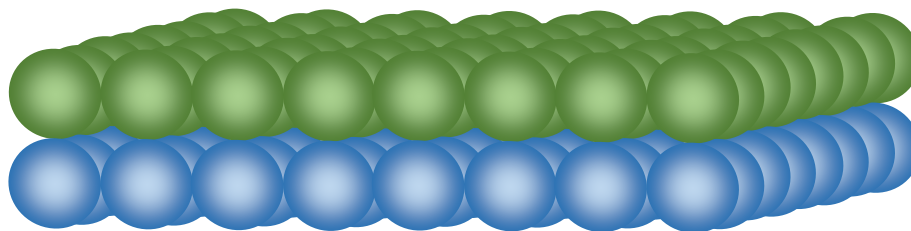
Consistently dividing the substrate into spacetrans of lower levels, we can lead the situation to an almost complete filling of the entire plane forming the substrate of the space-time being formed.

Thus, we introduce a principally new model of the structure of the space-time substrate which, on the one hand, is discrete in its structure and, on the other hand, due to a complete filling of the provided region on the substrate, it can be considered as a quasi-continuous medium.

### **2.3 THE MANIFESTATION OF SPACE-TIME**

Between all the objects making up the various levels of spacetrans, we can make identification according to real physical entities. Thus, we will a priori define the first-level spacetrans as virtual electron-positron pairs, while the spacetrans from the second to the fourth level will be regarded as neutrino-antineutrino pairs. The rest of the set of spacetrans allows us to attribute them to the elements generating quanta of the electromagnetic field.

Each of the upper-level spacetrans, in turn, can be subdivided into two independent objects, one of which we will call a loveton, represented as an element of space, and the other as an anti-loveton, already an element of anti-space. It is the appearance of lovetons as elements of space-time, which are already arranged in explicative order, that transforms the 2-dimensional plane into 4-dimensional space-time, and the lovetons themselves, together with anti-lovetons, form a dense cubic lattice [31], making space-time discrete with a unit cell size comparable to the size of lovetons (anti-lovetons) themselves (Fig. 4).



*Fig. 4 Layout of a 4-dimensional space-time domain (in 3-dimensional representation without the holographic component)*

*Рис. 4 Макет области 4-мерного пространства-времени (в 3-мерном представлении без учета голографической составляющей)*

In the bound state, the lovetons together with anti-lovetons form structural units of space-time consisting of contacting loveton-anti-loveton pairs. It is such loveton-anti-loveton pairs that are the basis for manifestation of the holographic space-time component. It is more correct to consider that in our representation of space-time structure, being in a state with no matter and, accordingly, must be stationary, since in this case the space is absolutely empty. However, it is possible [32] that in such space-time state too virtual particles already appear, which, in turn, can turn into real particles and antiparticles if there is some sufficient energy interaction.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

To confirm the results of the performed simulation of the space-time structure, we first define the ratio of the space-time radii for both particles and quanta of the electromagnetic field. For this purpose we will connect the mass of an  $n$ -particle  $m_n$  with its dimension  $r_n$  in 4-dimensional space [31]

$$m_n = \rho \frac{\pi^2}{2} r_n^4 \quad (1)$$

where  $\rho$  is the particle density.

Here the lack of particle density data does not allow us to use formula (1) directly to calculate particle masses, but at the same time we can use the results of calculations of the ratio of the masses of the  $i$ -th and  $j$ -th particles

$$m_i = m_j (r_i/r_j)^4 \quad (2)$$

On the basis of the above mentioned approach let us try to obtain estimates of the masses of the particles in question. For this purpose, as has been suggested earlier, we shall assume that the first level spacetrion is an electron-positron pair. As the basis we take the mass of the electron (positron), which has a value of about 0.511 meV. Now, using Descartes' formula [33] for the particle curvature one can determine the ratio of the electron radius  $r_e$  and the loveton radius  $r_L$ :  $r_e/r_L = 0.1547$  (here we take the loveton radius to be unity). In this case the loveton has a mass according to formula (2) equal to  $m_L = 892.18$  meV. The obtained value of the loveton mass is quite close to the experimental value of the proton mass, which is a value of about 938 meV [34]. It is instructive to recall that the proton is considered a compound particle; hence, the mass of the loveton must be somewhat less than the proton mass, which is the case in our case.

Similarly, for the largest neutrino (let's denote it as neutrino-2, according to its level) we obtain a value of about 7.9 eV. The value obtained is of nearly the same order of magnitude as is known for the upper bound of the neutrino mass estimate, which is close to 1.1 eV according to present data [34]. Let's pay attention to the existence of two more spacetrion levels with radii close to neutrino-2 for which one can similarly calculate their masses, obtaining values of 0.68 eV and 0.11 eV, respectively. These neutrinos can be designated neutrino-3 and neutrino-4.

In the analysis of lower level spacetrions, which we will also consider as space elements, there may appear particles which are transitional between neutrinos and  $\gamma$ - particles. Such particles have a Compton wavelength intermediate between neutrino-4 and  $\gamma$ - particles. Let's pay attention to the number of possible particles of a given level. As the number of particles of a given radius increases according to the formula:  $N = 3^n$ , where  $n$  is the level number, the number of these particles will already exceed the value of a few hundred with respect to the lovetons and electrons, and their masses are estimated to be two orders of magnitude smaller than the masses of the previously considered neutrinos. Consequently, these particles can already be considered more related to  $\gamma$ - particles than to neutrinos. Of course, it must be taken into account that the masses of the loveton and neutrinos obtained from the proposed geometrical considerations, as well as those similarly determined for the electromagnetic field quanta, may represent only approximate values due to the presence of any additional physical properties, such as the elasticity property.

All next levels of spacetrions, as it has been mentioned before, we will refer to the particles of the electromagnetic field spectrum. If we take into account that  $\gamma$ -particles, like neutrinos, have a large

penetrating power, it is possible to consider the possibility that neutrinos can be specific high-energy  $\gamma$ -quanta, devoid of the electric component [35]. Thus, let us compare the value of the top value of the Compton wavelength of  $\gamma$ -particles with the value of the spacestrons of the fifth and further levels. At present, the experimentally determined maximum energy of  $\gamma$ -quanta is 1.42 PeV, which is a value of the order of  $2 \cdot 10^{-20}$  m [36], for the upper limit of the Compton wavelength [36]. To estimate the masses of quanta of electromagnetic fields we can use the expression for the mass of the  $i$ -th quantum  $m_k$  of the electromagnetic field

$$m_k = h/c\lambda_k \quad (3)$$

where  $h$  is Planck's constant,  $\lambda$  is the Compton wavelength,  $c$  is the speed of light.

All the results of calculations of the masses of the considered elementary particles and gamma-quanta have been summarized in one general table (Table).

Masses of elementary particles and gamma rays quantum

Table

Таблица

Массы элементарных частиц и гамма-квантов

№ level	Particle	Ratio of particle radii, $r_n/r_e$	Estimated particle mass, meV	Experimental particle mass, meV	Number of contacts, $N$
0	Loveton	1.0	892.18	938.3	
1	Electron	0.1547	0.511	0.511	3
2	Neutrino-2	0.0628	$7.94 \cdot 10^{-6}$	$<1.1 \cdot 10^{-6}$	9
3	Neutrino -3	0.0340	$0.68 \cdot 10^{-6}$		18
4	Neutrino-4	0.0213	$0.11 \cdot 10^{-6}$		81
5	Neutrino-5 / Gamma-5	0.0109	$7.25 \cdot 10^{-9}$	$<0.7 \cdot 10^{-11}$	243
6	Gamma-6	0.0037	$9.25 \cdot 10^{-11}$		729
7	Gamma-7	0.0018	$5.61 \cdot 10^{-12}$		2187
8	Gamma-8	0.0006	$7.81 \cdot 10^{-14}$		6561

\* The number of contacts is undetermined for the top-level loveton.

From the results of the study one can state a number of corollaries which allow one to compare them with the currently known facts. First, the number of existing types of neutrinos associated with leptons is probably randomly close to the number of neutrino variants proposed in this model. Secondly, the nature of the birth and annihilation of elementary particles, in the framework of this model, can be seen as a breaking of the bond between the loveton-anti-loveton or electron-positron pair. Third, considering that the dimensions of the loveton and electron differ only about six times, perhaps their real linear dimensions are small enough to be comparable to the Planck length and not to the proton size. Fourth, the existing Standard Model is possibly responsible for a deeper level of electromagnetic interaction. This is indicated by the presence of fractional values of charges in it and also by the existence of the confinement phenomenon which does not allow for the decay of lovetons and electrons.

#### 4. CONCLUSION

In the present paper a model of space-time structure is considered, representing it as a quasi-continuous medium, whose properties are determined by the presence of primary space (substrate). A flat 2-dimensional space in the absence of matter was chosen as a substrate. The proposed model made it possible, by partitioning the substrate structure into separate spatial elements (spacestrons), to both obtain a set of lovetons and identify the elements composing them with the elementary particle masses and electromagnetic field quanta.

The main results of the work are as follows:

1. The presented model of the structure of quasi-continuous space-time is based on the hypothesis about the presence of a 2-dimensional substrate of space in no matter.

2. It is shown that in the case of contact interaction all elements of space can be given either disk (spacestrons) or spherical (lovetons) shape.

3. New notions, such as spacestrons and lovetons, are proposed. Upper-level spacetrans can be represented in the form of a hexagonal packing, followed by the placement between them of spacetrans of other levels having different dimensions and relating to the possibility of their identification with the electron-positron pairs, neutrinos and quanta that make up the electromagnetic field.

4. Based on the analysis of the geometric positions and dimensions of the substrate elements responsible for the formation of elementary particles and the electromagnetic field quanta spectrum, were determined the estimated masses of a number of elementary particles, which correspond to the known masses of particles.

5. The existence of at least three varieties of neutrinos is revealed.

The obtained results allow us to hope to consider the whole spectrum of masses of subnuclear particles and electromagnetic field quanta, based on the energy interaction of such elements as lovetons and electrons, which are the basis of the structure of space-time. This concept can be confirmed in that on the basis of this concept it is possible to see in a new way the nature of elementary particles and, as will be shown later, to determine their masses with sufficiently high accuracy.

The elucidation of the essence of space-time is one of the most important problems of fundamental physics. The solution to this problem will, in the future, help to determine ways to solve some of the problems of physics and give the key to a new physical theory.

### References

1. Greene B. The Fabric of the Cosmos: Space, Time, and the Texture of Reality. – New York: A.A. Knopf, 2004. – 569 p.
2. Einstein A. Collection of scientific works. Vol. 1. – M.: Nauka, 1965. – 704 p. (in Russian)
3. Heisenberg W. Physik und Philosophie. – Frankfurt am Main: S. Hirzel, 1959. – 201 p.
4. Akhundov M.D. Concepts of space and time. – M.: Nauka, 1982. – 224 p. (in Russian)
5. Shutyy A.M. Discreteness of space and its consequences // Questions of philosophy. – 2021, No.9. – PP. 132-141. (in Russian)
6. Philosophy of modern natural science / Edited by S.A. Lebedev. – M.: Grand-FAIR, 2004. – 304 p. (in Russian)
7. Philosophy of Science / Edited by A.I. Lipkin. – M.: Eksmo, 2007. – 608 p. (in Russian)
8. Mostepanenko A.M., Mostepanenko M.V. Four-dimensionality of space and time. – M.-L.: Nauka, 1966. – 190 p. (in Russian)
9. Vyaltsev A.N. Discrete space-time. – M.: KomKniga, 2007. – 400 p. (in Russian)
10. Baez J. The Quantum of Area? // Nature, Vol.421, 2003. – PP. 702–703.
11. Penrose R. Structure of space-time. – New York-Amsterdam: W.A. Benjamin Inc., 1968. – 521 p.
12. Polchinski J. String theory (2 Volumes). – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2005. – 424, 552 p.
13. Dreyer O. Quasinormal modes, the area spectrum, and black hole entropy // Physical Review Letters, 2003, Vol. 90(8), 081301. – PP. 1-4.
14. Smolin L. Three roads to quantum gravity. – NY: Basic Books, 2001. – 255 p.
15. Bilson-Thompson S.O. A topological model of composite preons // arXiv:hep-ph/0503213v2. – PP. 1-6.
16. Danielewski M. The Planck-Kleinert Cristal // Z. Naturforsch., 62a, 2007. – PP. 564-568.
17. Bohm D. Wholeness and the Implicate Order. – Routledge Classics, 1983. – 240 p.
18. Van Raamsdonk M. Building up spacetime with quantum entanglemen // <https://arxiv.org/pdf/1005.3035v1.pdf>.
19. 't Hooft G. The Cellular Automaton Interpretation of Quantum Mechanics. – Springer, 2016. – 316 p.
20. Crane L. Clock and category: is quantum gravity algebraic // J. Math. Phys., Vol. 36, 1995. – PP. 6180-6193.
21. Kaluza T. Zum unitäts problem in der physik. – Sitzungsber: Preuss. Akad. Wiss. Berlin (Math. Phys.), K1, 1921. – P. 966-972.
22. Klein O. Quanten theorie und fün-dimensionale relativitäts theorie // Z. Phys., A37(12), 1926. –

PP. 895-906.

23. Guts A.K. Teorii prostranstva-vremeni. Prostranstvo, vremya i fundamental'nye vza imodeistviya, 2019, no. 4, pp. 23-47. (in Russian)
24. Castro P., Gatta M., Croca J.R., Moreira R. Spacetime as an emergent phenomenon: A possible way to explain entanglement and the tunnel effect // *J. Appl. Math. and Phys.* – 2018, Vol. 6. – PP. 2107-2118.
25. Hawking R., Penrose S. *The Nature of Space and Time.* – Princeton: Princeton University Press, 1996. – 160 p.
26. Wheeler J.A. *Geometrodynamics.* – New York: Academic Press, 1962. – 334 p.
27. Hamber H.W., Toriumi R., Williams R.M. Wheeler-DeWitt Equation in 2+1 Dimensions // *Physical Review D*. 84 (10): 104033. arXiv: 1109.2530/
28. Einstein A. *Collection of scientific works. Vol. 2.* – M.: Nauka, 1966. – 878 p. (in Russian)
29. Kramer D., Stephani H., MacCallum M., Herlt E. *Exact Solutions of the Einsteins Field Equations.* – Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1980. – 409 p.
30. Landau L.D., Lifshits E.M. *Field theory.* – Moscow: Nauka, 1988. – 512 p. (in Russian)
31. Conway J., Sloane N.J.A. *Sphere Packings, Lattices and Groups.* – New York: Springer, 2010. – 706 p.
32. Plotnitsky, A. *The Principles of Quantum Theory. From Planck's Quanta to the Higgs Boson.* – New York: Springer, 2016. – 313 p.
33. Lagarias J.C., Mallows C.L., Wilks A.R. Beyond the Descartes circle theorem // *The Amer. Math. Monthly.* – 2002, Vol. 109. – PP. 338-361.
34. Nuclear Wallet Cards, USA National Nuclear Data Center – NNDC, URL: <http://www.nndc.bnl.gov/wallet/wccurrent.html>.
35. Vasiliev B.V. Neutrino as specific magnetic  $\Upsilon$ -Quantum // *Journal of Modern Physics*, Vol. 8, No.3, 2017. – PP. 338-348.
36. Stenkin Yu.V. Outstanding achievements of the LHAASO experiment in the field of ultrahigh-energy gamma-ray astronomy // *JETF*, 2022, Vol. 161(4). – PP. 461-465.

#### Список литературы

1. Greene B. *The Fabric of the Cosmos: Space, Time, and the Texture of Reality.* – New York: A.A. Knopf, 2004. – 569 p.
2. Эйнштейн А. *Собрание научных трудов. Т. 1.* – М.: Наука, 1965. – 704 с.
3. Heisenberg W. *Physik und Philosophie.* – Frankfurt am Main: S. Hirzel, 1959. – 201 p.
4. Ахундов М.Д. *Концепции пространства и времени.* – М.: Наука, 1982. – 224 с.
5. Шутый А.М. Дискретность пространства и ее следствия // *Вопросы философии.* – 2021, № 9. – С.132-141.
6. *Философия современного естествознания / Под ред. С.А. Лебедева.* – М.: Гранд-ФАИР, 2004. – 304 с.
7. *Философия науки / Под ред. А.И. Липкина.* – М.: Эксмо, 2007. – 608 с.
8. Мостепаненко А.М., Мостепаненко М.В. *Четырехмерность пространства и времени.* – М.-Л.: Наука, 1966. – 190 с.
9. Вяльцев А Н *Дискретное пространство-время.* – М.: КомКнига, 2007. – 400 с.
10. Baez J. The Quantum of Area? // *Nature*, Vol.421, 2003. – PP. 702–703.
11. Penrose R. *Structure of space-time.* – New York-Amsterdam: W.A. Benjamin Inc., 1968. – 521 p.
12. Polchinski J. *String theory (2 Volumes).* – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2005. – 424, 552 pp.
13. Dreyer O. Quasinormal modes, the area spectrum, and black hole entropy // *Physical Review Letters*, 2003, Vol. 90(8), 081301. – PP. 1-4.
14. Smolin L. *Three roads to quantum gravity.* – NY: Basic Books, 2001. – 255 p.
15. Bilson-Thompson S.O. A topological model of composite preons // arXiv:hep-ph/0503213v2. – PP. 1-6.
16. Bohm D. *Wholeness and the Implicate Order.* – Routledge Classics, 1983. – 240 p.
17. Van Raamsdonk M. Building up spacetime with quantum entanglemen. – <https://arxiv.org/pdf/1005.3035v1.pdf>.
18. 't Hooft G. *The Cellular Automaton Interpretation of Quantum Mechanics.* – Springer, 2016. – 316 p.
19. Crane L. Clock and category: is quantum gravity algebraic // *J. Math. Phys.*, Vol. 36, 1995. – PP. 6180-6193.
20. Kaluza T. Zum unitäts problem in der physik. – *Sitzungsber: Preuss. Akad. Wiss. Berlin (Math. Phys.)*, K1, 1921. – P. 966-972.



21. Klein O. Quanten theorie und fün-dimensionale relativitäts theorie // Z. Phys., A37(12), 1926. – PP. 895-906.
22. Danielewski M. The Planck-Kleinert Cristal // Z. Naturforsch, 62a, 2007. – PP. 564-568.
23. Гуц А. К. Теории пространства-времени // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. – 2019, № 4. – С. 23-47.
24. Castro P., Gatta M., Croca J.R., Moreira R. Spacetime as an emergent phenomenon: A possible way to explain entanglement and the tunnel effect // J. Appl. Math. and Phys. – 2018, Vol. 6. – PP. 2107-2118.
25. Penrose S., Hawking R. The Nature of Space and Time. – Princeton: Princeton University Press, 1996. – 160 p.
26. Wheeler J.A. Geometrodynamics. – New York: Academic Press, 1962. – 334 p.
27. Hamber H.W., Toriumi R., Williams R.M. Wheeler-DeWitt Equation in 2+1 Dimensions // Physical Review D. 84 (10): 104033. arXiv: 1109.2530/
28. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – М.: Наука, Т.2, 1966. – 878 с.
29. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. – М.: Наука, 1988. – 512 с.
30. Kramer D., Stephani H., MacCallum M., Herlt E. Exact Solutions of the Einsteins Field Equations. – Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1980. – 409 p.
31. Conway J., Sloane N.J.A. Sphere Packings, Lattices and Groups. – New York: Springer, 2010. – 706 p.
32. Plotnitsky, A. The Principles of Quantum Theory. From Planck's Quanta to the Higgs Boson. – New York: Springer, 2016. – 313 p.
33. Lagarias J.C., Mallows C.L., Wilks A.R. Beyond the Descartes circle theorem // The Amer. Math. Monthly. – 2002, Vol. 109. – PP. 338-361.
34. Nuclear Wallet Cards, USA National Nuclear Data Center – NNDC, URL: <http://www.nndc.bnl.gov/wallet/wccurrent.html>.
35. Vasiliev B.V. Neutrino as specific magnetic  $\Upsilon$ -Quantum // Journal of Modern Physics, Vol. 8, No.3, 2017. – PP. 338-348.
36. Стенькин Ю.В. Выдающиеся достижения эксперимента LHAASO в области гамма-астрономии сверхвысоких энергий // ЖЭТФ, 2022, Том 161 (4). – С. 461-465.

**Bondarev Vladimir Georgiyevich**, teacher of the CEC of general education disciplines, Candidate of technical sciences, associate professor

**Migal Larisa Vladimirovna**, associate professor of information and robotic systems, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor

**Бондарев Владимир Георгиевич**, преподаватель ЦИК общеобразовательных дисциплин, кандидат технических наук, доцент

**Мигаль Лариса Владимировна**, доцент кафедры информационных и робототехнических систем, кандидат физико-математических наук, доцент

UDC 005

DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-3

Agha H.R.<sup>1</sup>  
Taha A.T.<sup>2</sup>

**METHODS OF THE EPIDEMICS SPREAD MATHEMATICAL MODELING**

<sup>1)</sup> University of Mosul, 41002, Al Majmoaa Street, Mosul, Iraq

<sup>2)</sup> Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

*e-mail: israaqa83@gmail.com*

**Abstract**

Modelling the mechanisms of epidemic spread and predicting its evolution can significantly reduce the damage caused by a pandemic. This paper presents a review of SIR mathematical models used for Epidemics modelling over the past years. Mathematical modelling of epidemic spread makes an important contribution to disease control. In this review, we focus on show that mathematical models can be used to predict the future of an epidemic process; however, models may also have a more theoretical use as explanatory tools elucidating fundamental principles of transmission and the factors driving epidemic behaviour. One of the simplest and most fundamental of all epidemiological models is the so-called SIR model which is based upon calculating.

**Keywords:** mathematical modeling; COVID-19; SIR; epidemic; pandemic

**For citation:** Agha H.R., Taha A.T. Methods of the epidemics spread mathematical modeling // Research result. Information technologies – T.7, №4, 2022. – P. 25-33. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-3

Агха Х.Р.<sup>1</sup>  
Таха А.Т.<sup>2</sup>

**МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭПИДЕМИЙ**

<sup>1)</sup> Университет Мосула, 41002, улица Аль-Маджмуа, Мосул, Ирак

<sup>2)</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы д. 85, г. Белгород, 308015, Россия

*e-mail: israaqa83@gmail.com*

**Аннотация**

Моделирование механизмов распространения эпидемии и прогнозирование ее эволюции может значительно уменьшить ущерб, причиняемый пандемией. В этой статье представлен обзор математических моделей SIR, использовавшихся для моделирования эпидемий за последние годы. Математическое моделирование распространения эпидемии вносит важный вклад в борьбу с болезнями. В этом обзоре мы сосредоточимся на том, чтобы показать, что математические модели могут быть использованы для прогнозирования будущего эпидемического процесса; однако модели могут также иметь более теоретическое применение в качестве объяснительных инструментов, разъясняющих фундаментальные принципы передачи и факторы, определяющие эпидемическое поведение. Одной из самых простых и фундаментальных из всех эпидемиологических моделей является так называемая модель SIR, которая основана на расчете доли населения в каждом из трех классов (Восприимчивые - Больные - Вылеченные) и определении темпов перехода между этими классами. Представлены модели эпидемий SIR, которые являются классической эпидемической моделью, разработанной для инфекционных заболеваний.

**Ключевые слова:** математическое моделирование; COVID-19; SIR; эпидемия; пандемия

**Для цитирования:** Агха Х.Р., Таха А.Т. Методы математического моделирования распространения эпидемий // Научный результат. Информационные технологии. – Т.7, №4, 2022. – С. 25-33. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-3

## INTRODUCTION

COVID-19 is a pandemic respiratory illness. The disease spreads from human to human and is caused by a novel coronavirus SARS-CoV-2. The coronavirus COVID-19 was founded in almost every country in the world. In December 2019, a pneumonia outbreak took place in Wuhan (China), as a result of which a COVID-19 strain was first detected in a nucleic acid analysis in a patient with the pneumonia. By the end of June 2020, the pandemic captured 188 countries, with more than 10 million of detected infection cases, and 505,500 people have died. The 2020th year will be remembered for a long time thanks to the emergence of a new coronavirus – COVID-19. According to the cases detected, the Russian Federation is the third in ranking of infected countries, behind the United States and Brazil, with 484,630 infection cases by June 9, 2020 (see Table 1). At the Russian Federation, the rapid spread of coronavirus infection COVID-19 was also recorded in. Despite the relatively low number of infected, COVID-19 was recorded in all regions of Russia Although a peak of the disease in the world seems to have been passed, no decrease in the number of detected cases has been observed for a sufficiently long period [1, 2].

Table

COVID-19 statistics for five leading countries in the number of cases detected by June 9, 2020 [20]

Таблица

Статистика COVID-19 по пяти странам-лидерам по количеству случаев, выявленных к 9 июня 2020 года [20]

Country	Infected		Deaths	Cured
	Total	New cases		
USA	1961,185	17,250	111,007	524,855
Brazil	707,412	15,654	37,134	396,737
Russia	485,253	8,595	6,141	241,917
Great Britain	288,834	1,213	40,680	1,257

In particular, the first attempt to model and hence predict or explain patterns dates back over 100 years, although it was the work of Kermack and McKendrick that established the basic foundations of the subject [3].

The SIR model developed by Kermack and McKendrick is widely used to describe epidemics, which is based on a scheme of epidemic transition of basic variables from one category to another. The variables used as basic variables are those that denote the number of individuals: those susceptible (S) become infected (I), then recover (R). The SIR model is represented by a system of 1st order coupled differential equations that describe the time dependence of the underlying concepts, where the coupling is given by conditions that stipulate the sum of the variables and their derivatives. Models which implement the concept of epidemic transition have gained wide popularity and development, so the SIR class of models today also contains varieties: SIRS, SEIR, SIS, MSEIR, etc. [4].

## MATHEMATICAL MODELING

The COVID-19 hit the world hard. Much research is still ongoing to study the effect and spread of COVID-19 along with producing the vaccine and cure. Over the last years, an intensive worldwide effort is speeding up the developments in the establishment of a global surveillance network for combating pandemics of emergent and re-emergent infectious diseases. Scientists from different fields extending from medicine and molecular biology to computer science and applied mathematics have teamed up for rapid assessment of potentially urgent situations. Toward this aim mathematical modeling plays an important role in efforts that focus on predicting, assessing, and controlling potential outbreaks [5]. Mathematical modeling has become a powerful and important tool to understand infectious disease dynamic behavior and to improve control of the disease in a population. These models are often described by many forms such as: *SI*, *SIS*, *SIR*, or *SIRS* models, where *S* stands for susceptible subpopulation, *I* is infected subpopulation, and *R* is recovered subpopulation, as shown in figure.

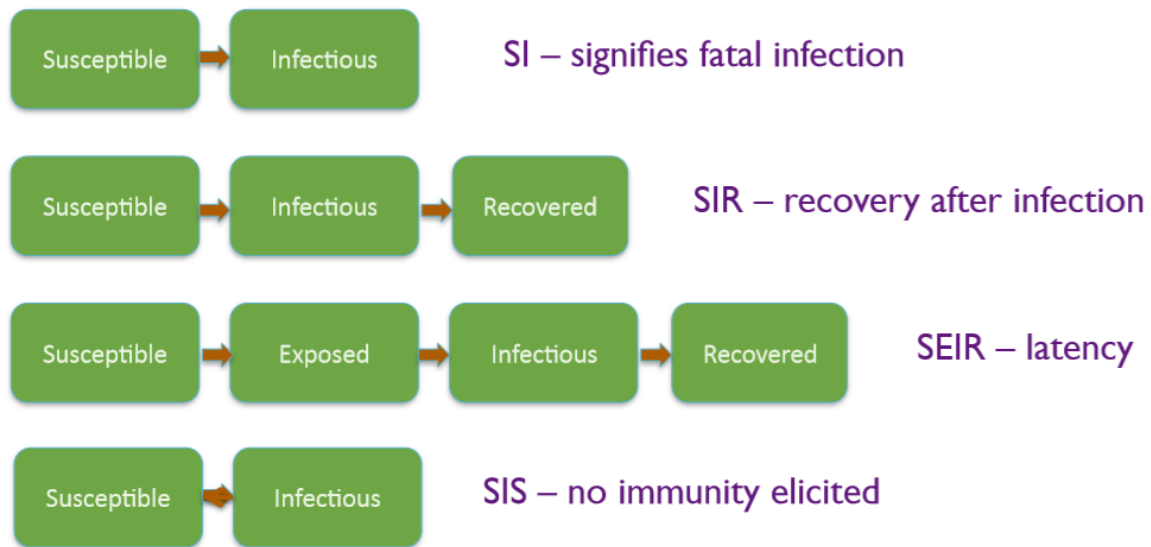


Fig. SIR Models Structure  
Рис. Структура моделей SIR

### THE SIR MODEL

One of the simplest, yet powerful, disease models is the standard Susceptible-Infected Recovered (SIR) model, which was first introduced by Kermack and McKendrick. For decades, the standard SIR model has been extended to various forms by adding different compartments to suit the biological, spatiotemporal and social aspects of the disease dynamics or to study the impact of intervention strategies on the disease transmission dynamics in different communities. For instance, it has been extended to SIR models with diffusion, contaminated environment, delay terms, several strains of infection, and multiple routes of infection [6].

The SIR model is a classical model of disease transmission within a population. It can be modified to account for several important population dynamics, such as death rate, immigration or birth rate, recovery, and immunity - but even the most basic model has powerful public health applications. Here we examine the most basic model, a good starting point for further study. We assume disease spread depends on population size; infection is instantaneous; no one is resistant to the disease at the start; immunity, once gained, is permanent; and that the disease is not fatal.

The fundamental relation of the SIR model is the following:

$$N = S(t) + I(t) + R(t), \quad (1)$$

where  $N$  is the total population size, taken to be constant;  $S(t)$  is the size of the susceptible population;  $I(t)$  is the size of the infected population; and  $R(t)$  is the size of the removed population.

The SIR model works by placing all individuals in the population into one of three classes at any given time: individuals susceptible to disease, infected individuals, and "removed" individuals. The removed class counts those individuals that are not infected and not susceptible; in other words, immune, quarantined, or dead individuals. The SIR model can be modified to account for change in overall population over time; here, however, we look at a model with a constant population. This assumption is reasonable for low mortality epidemics which run their course much faster than a human population can reproduce [7].

In a standard SIR model, the host population is divided into susceptible, infected and recovered individuals, denoted by  $S(t)$ ,  $I(t)$  and  $R(t)$ , respectively. These quantities track the numbers of individuals in each compartment over different time periods. The standard SIR model without birth and death is represented by the set of ordinary differential equations:

$$\frac{dS}{dt} + \frac{dI}{dt} + \frac{dR}{dt} = 0, \quad (2)$$

The SIR model is a classical model of disease transmission within a population. It can be modified to account for several important population dynamics, such as death rate, immigration or birth rate, recovery, and immunity - but even the most basic model has powerful public health applications. Here we examine the most basic model, a good starting point for further study. We assume disease spread depends on population size; infection is instantaneous; no one is resistant to the disease at the start; immunity, once gained, is permanent; and that the disease is not fatal.

The SIR model works by placing all individuals in the population into one of three classes at any given time: individuals susceptible to disease, infected individuals, and "removed" individuals. The removed class counts those individuals that are not infected and not susceptible; in other words, immune, quarantined, or dead individuals. The class is significant; in other SIR model variants, it can account for both permanent or temporary immunity acquired from vaccination or from having the disease. Again, however, we choose to use the simplified model where immunity (or lack of susceptibility) is permanent, and describe the recovery rate as the parameter  $\sigma$ . Our assumption is a reasonable one for diseases like u, for which vaccines have been developed only recently and which generally do not afflict an individual more than once in the course of an epidemic. Individuals may move from one class to another; for example, an individual may move from the infected class to the removed class upon recovery. Thus, the model accounts for the interdependency of the different classes within the population. The SIR model can be modified to account for change in overall population over time; here, however, we look at a model with a constant population. This assumption is reasonable for low mortality epidemics which run their course much faster than a human population can reproduce [7].

In a standard SIR model, the host population is divided into susceptible, infected and recovered individuals, denoted by  $S(t)$ ,  $I(t)$  and  $R(t)$ , respectively. These quantities track the numbers of individuals in each compartment over different time periods. The standard SIR model without birth and death is represented by the set of ordinary differential equations:

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt}(t) &= -\beta S(t)I(t) \\ \frac{dI}{dt}(t) &= \beta S(t)I(t) - \gamma I(t) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\frac{dR}{dt}(t) = \gamma I(t)$$

Where  $\beta$  is the average number of susceptible individuals infected by one infectious individual per contact per unit of time (the transmission rate), and  $\gamma$  is the average number of infected individuals recovered per unit of time (recovery rate) [8].

### **A SHORT REVIEW**

[2] to create proper scenarios of disease development in Moscow (the largest number of detected cases in Russia) and Novosibirsk region (moderate detection rate) is an important step in taking appropriate measures to curb the epidemic in the regions. inverse problems of finding un known parameters of mathematical models SEIR-HCD and SEIR-D of COVID-19 spread is investigated with additional information about the number of detected cases, mortality, self-isolation coefficient, for the city of Moscow and Novosibirsk region. In SEIR-HCD the population is divided into seven groups, and in

SEIR-D into five groups with similar characteristics and transition probabilities depending on the specific region of interest. An identifiability analysis of SEIR-HCD is made to reveal the least sensitive unknown parameters as related to the additional information and the parameters are corrected by minimizing some objective functional which is made by stochastic methods (simulated annealing, differential evolution, and genetic algorithm).

[4] for mathematical modelling of the spread of the Covid-19 epidemic, the application of specific Covid-19 propagation functions is considered, based on constrained growth functions. The Covid-19 spread functions show high accuracy in approximating statistical data, which demonstrates the good adequacy of these functions in principle. Application of the Covid-19 propagation functions makes it possible to quantitatively describe the basic concepts of the epidemic and conduct a comparative parametric analysis of the epidemic's spread and predict the development of the epidemic. Comparison of parameter values makes it possible to identify differences in indicators and growth rates, based on which the results of epidemic control can be assessed.

[8] the accuracy of such dynamics can be significantly is improved by including global effects of host movements in disease models. The extended SIR model was parameterized using a two-step model-fitting algorithm. The extended SIR model significantly outperformed the standard SIR model and revealed oscillatory behaviors with an increasing trend of infected individuals. The extended SIR model assumes three possibilities for susceptible individuals traveling outside of their community:

- They can return to the community without any exposure to the infection.
- They can be exposed and develop symptoms after returning to the community. as a result of this model, the analytics and predictive accuracy of disease models can be significantly improved by incorporating the global dynamics of the infection.

[9], propose a model of the spread of COVID-coronavirus infection in Moscow and in regional Russia to choose a simplest nonlinear discrete equation describing logistic growth was chosen as the model which contains only two parameters that are chosen based on statistical data at the initial stage of the epidemic. The first parameter is a rate of the increase in the number of cases, the second parameter is a normalization multiplier that only estimates the maximum potential number of residents who may become ill. Four different scenarios of the epidemic development are proposed for Moscow and regional Russia. For each scenario, the growth rates of the population infected with COVID-19 coronavirus were founded, the peak time was calculated, the maximum increase in cases at the peak and the total number of cases during the epidemic were found. Mathematical modeling of the dynamics of the spread of coronavirus infection in the regions of Russia showed that it is delayed by 6 days compared to Moscow, and the growth rates of the number of cases is slightly less than the growth rate in Moscow. The simulation results were compared with the spread of coronavirus in China, in a number of European and Asian countries, and the United States to check the adequacy of the mathematical model.

[10] the local and global dynamics of SIR model has been studied with saturated treatment rate and Beddington-DeAngelis type incidence rate. The analysis of the SIR model shows that there exists only two non-negative equilibrium points (disease free equilibrium (DFE) and endemic equilibrium (EE)). The presence of endemic equilibrium point that is not only globally asymptotically stable but is also independent of the initial values of the susceptible and infected individuals. This refers to the restriction of the disease within endemic zone. The existence of Hopf bifurcation of model is investigated by using Andronov-Hopf bifurcation theorem. Further, numerical simulations are done to exemplify the analytical studies. It has been observed that the number of infected individuals decreases as the treatment rate increases and a decrease in infected individuals with both decline in incidence rate  $\alpha$  and an enhancement of inhibition rate (preventive measures) i.e.,  $\beta$ . The disadvantage is the limitation on resource increases, this means that for effective treatment the resource limitation should be minimized.

[11] a new mathematical model is proposed that considers the infected individuals using various rate coefficients such as transmission, progression, recovery, and vaccination. By performing stability analysis, the equilibrium with proofs, the local and global behavior of the model is discussed. Since the mathematical model cannot precisely predict the real details of transmission and a better understanding of the variations in trends of different compartments after the outbreak of the disease, so, the simulations

with the available data is running. It is concluded that vaccination is one of the best effective strategies or solutions that is to be adopted so as to have the spread or transmission of epidemic in control.

[12] In order to determine the most efficient strategy that reduce the infection rate to a minimum level while optimizing the cost deploying a therapy and preventive vaccine that is used to control the disease progression. The optimal control in epidemics for a SIR model governed by an ODE system with time delay (representing the incubation period) is developed. Two control strategies in the optimal control model is used namely: the vaccination and treatment strategies. The optimal control is derived to show the effectiveness as well as the applicability of the model for different values of the time delay, the first-order necessary conditions. Also, to show that the model is sensitive to the delays representing the incubation period, a numerical simulation is performed.

[13], a delayed SIR model with generalized incidence function and distributed delay is analyzed as the contact between infected individuals and healthy ones does not result in an immediate infection to reflect the time that it takes to have an infection after the contact. The model also included the two main types of disease control measures: vaccine and treatment. when the disease is endemic, in the absence of the vaccination and treatment, then there are two possible scenarios: (a) if the number of susceptible population is below the threshold, then the disease can be controlled by vaccination and treatment; (b) if the susceptible population is above the threshold, then the disease will persist in the population. This finding reflects the limited capability of the control measure to eradicate the disease if the population is too large.

[14] an SIR model as an extension of the model presented in the work of Ghersheen et al19 is designed and observed the effect of density dependence population regulation on disease dynamics. The complete local and global stability analysis of two boundary equilibrium points revealed that, for small carrying capacity, the disease-free equilibrium point is always stable so a disease cannot persist in a small population, but for relatively large carrying capacity under some conditions, we have one globally stable endemic equilibrium point. The existence of an endemic equilibrium point guarantees the persistence of the disease with a possible future threat of any outbreak in the population. Because the equilibrium point loses its stability and bifurcates to the coexistence equilibrium point, it is worthwhile to show the existence of the coexistence equilibrium in that case to understand the complete dynamics of the disease.

[15], a mathematical model of COVID-19 is formulated and discuss the disease free state and endemic equilibrium of the model. Based on the sensitivity indexes of the parameters, control strategies are designed to reduce the densities of the infected classes but don't satisfy the criteria of threshold condition of the global stability of disease free equilibrium. It is concluded that the disease cannot be eradicated with present resources and the human population needs to learn how to live with corona because the endemic equilibrium of the disease is globally asymptotically stable. For validation of the results, numerical simulations are obtained using fourth order Runge-Kutta method. it is recommended to address the effect of vaccination on the global stability of disease free state.

[16] David and Lang developed a mathematical model (SIR), for the spread of infectious in a given population over a time but some more realistic factors have not been accounted for in their model. Their realistic assumptions will give better understanding of the modelling epidemics if included. The model gives a reasonable and sound results incorporating the assumptions to enhance the analysis of the spread of diseases under different conditions. The results show that the modified model proved to be more efficient than the existing SIR model. However, due to the inclusion of new assumptions to the existing model, the modified model shows faster decrease in infected population and high recovery rate than the existing SIR model.

[17] adopted a new COVID-19 SIR model in the form of differential equations containing three classes; Susceptible  $S(t)$ , Infected  $I(t)$ , and Recovered  $R(t)$  with the Convex incidence rate and calculate the disease-free and endemic equilibrium. Also, the basic reproduction number  $R_0$  is derived for the model. Furthermore, the Global Stability is calculated using the Lyapunov Function construction, while the Local Stability is determined using the Jacobian matrix. The numerical simulation is calculated using the Non-Standard Finite Difference (NFDS) scheme. In the numerical simulation, the data from Pakistan

to simulate how  $S(t)$ ,  $I(t)$ , and  $R(t)$  protection, exposure, and death rates affect people with the elapse of time [15]

[18] a discrete logistic equation describing the increase in the number of cases is used to model the spread of COVID-19 coronavirus in Russian regions and in Moscow, the simulation results were compared with the spread of coronavirus in China, in a number of European and Asian countries, and the United States to check the adequacy of the mathematical model. A comparative analysis of growth rates of COVID-19 infected population for different countries and regions is presented. Various scenarios of the spread of COVID-19 coronavirus in Moscow and in the regions of Russia are considered. For each scenario, curves for the daily new cases and graphs for the increase in the total number of cases were obtained, and the dynamics of infection spread by day was studied. Peak times, epidemic periods. As a result, the number of infected people at the peak and their growth were determined.

[19] propose a mathematical model is STQIR (Susceptible, Traced, Quarantine, Infectious, Recovered) model. The form of the model is a nonlinear differential system with five variables. The step of the method i.e., compute the variables positivity, boundedness of solutions, and the basic reproduction number that computed using next generation matrix. Then the basic reproduction number will be used for testing the local stability of the disease free equilibrium using Routh Hurwitz criteria to examine its epidemiological relevance. This work also investigate the sensitivity of the model with respect to the variation of each one of its parameters and is tested in application to the recent data on Covid-19 outbreak in Central Java Province, Indonesia.

[20] the possibility to predict the spread of COVID-19 in Russia is studied to predict the time instant when the number of infected achieves its maximum (peak). Such a partial prediction allows one to use simple epidemics models: SIR and SEIR. The prediction is carried out according to public WHO datasets from March 10 to April 20, 2020. Comparison of forecast results by SIR and SEIR models are given. In both cases, the peak number of infected persons while maintaining the current level of quarantine measures is forecasted at the end of May 2020 or later. It coincides with the real data obtained in May-June, 2020. The results confirm usefulness of simple nonlinear dynamical models for partial prediction of complex epidemic processes

[21] use a modified system of differential equations constructed according to the SIR compartmental model. The optimal values of the model parameters, that describe the statistical data precisely, were found. The analysis of the current situation of the COVID-19 coronavirus epidemic in China was made, which led to the efficiency mark of the existing measures to struggle against the virus.

### CONCLUSION

Epidemic situation analysis with its theoretical back round, decision making, treatment strategies and many other related things can never be complete without the influence of the analysis made with numerical data and probabilistic values of the parameters involved. The models may be designed with the accurate statistics or random data, the associated models determine the measures with analytical and/or numerical results to deal with a unique model either deterministic or stochastic with an appropriate method to derive and solve the mathematical formulation of the problem. The SIR family of models are powerful and flexible tools form understanding the spread of disease and staging public health interventions. Even the most basic of these models, can give us crucial figures. We can find whether the epidemic even occurs, the maximum number of infected individuals at any point in time and hence the severity of the epidemic, and the total number of individuals who get sick over the course of the epidemic. such as the law of mass action (indicating that disease spread is proportional to the population), the complete lack of immunity at the beginning of the epidemic, instantaneous infection (no latency period), and the short duration of the disease relative to lifespan.



## References

1. Khrapov P.V., Loginova A.A. Comparative analysis of the mathematical models of the dynamics of the coronavirus COVID-19 epidemic development in the different countries. *International Journal of Open Information Technologies* ISSN: 2307-8162 vol. 8, no.5, 2020.
2. Krivorot'ko O.I., Kabanikhin S.I., Zyat'kov N.Yu., Prikhod'ko A.Yu., Prokhoshin N.M., Shishlenin M.A. *Mathematical Modeling and Forecasting of COVID-19 in Moscow and Novosibirsk Region.* ISSN 1995-4239, *Numerical Analysis and Applications*, 2020, Vol. 13, No. 4, pp. 332–348.
3. Keeling M.J., Danon L. *Mathematical modelling of infectious diseases.* *British Medical Bulletin* 2009; 92: 33–42, DOI:10.1093/bmb/ldp038.
4. Molodetskaya K. and Tymonin Yu. *Mathematical Modelling of an Epidemic Based on Covid-19 Spread Functions.* *IDDM-2021: 4th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine*, November 19–21, 2021 Valencia, Spain.
5. Siettos C.I., Russo L. *Mathematical modeling of infectious disease dynamics.* To cite this article: Constantinos I. Siettos & Lucia Russo (2013) *Mathematical modeling of infectious disease dynamics*, *Virulence*, 4:4, 295-306, DOI: 10.4161/viru.24041.
6. Azrul Azim Mohd Yunus, Arif Asraf Mohd Yunus and Muhammad Safwan Ibrahim. *Future of Mathematical Modelling: A Review of COVID-19 Infected Cases Using S-I-R Model.* *Baghdad Science Journal*. 2021, Vol. 18 No.1 (Suppl. March).
7. Alger C., Todd K. *The SIR Model of Disease Spread.* December 2015.
8. Hadeel AlQadiID, Majid Bani-Yaghoub. *Incorporating global dynamics to improve the accuracy of disease models: Example of a COVID-19 SIR model.* Editor: Yury E. Khudyakov, *Centers for Disease Control and Prevention, UNITED STATES PLOS ONE* | <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265815> April 8, 2022.
9. Koltsova E.M., Kurkina E.S., Vasetsky A.M. *Mathematical Modeling of the Spread of COVID-19 in Moscow and Russian Regions.* <https://www.researchgate.net/publication/340826395>. April 2020.
10. Dubey B., Dubey P., Dubey U.S. *Dynamics of an SIR Model with Nonlinear Incidence and Treatment Rate.* *Applications and Applied Mathematics: An International Journal (AAM).* Available at <http://pvamu.edu/aam>. *Appl.* Vol. 10, Issue 2 (December 2015), pp. 718–737.
11. Jonnalagadda J.M. *Epidemic Analysis and Mathematical Modelling of H1N1 (A) with Vaccination.* *Research Article.* <https://doi.org/10.1515/msds-2020-0143> Received August 28, 2021; accepted January 3, 2022.
12. Moussa Barro, Aboudramane Guiro and Dramane Ouedraogo. *Optimal control of a SIR epidemic model with general incidence function and a time delays.* *CUBO A Mathematical Journal.* Vol.20, No 02, (53–66). June 2018.
13. Lamrani Alaoui E.A., Tilioua M., Tridane A. *Global stability analysis for a generalized delayed SIR model with vaccination and treatment.* <https://doi.org/10.1186/s13662-019-2447-z>. 2019:532.
14. Gherseen S., Kozlov V., Tkachev V., Wennergren U. *Mathematical analysis of complex SIR model with coinfection and density dependence.* <https://doi.org/10.1002/cmm4.1042>. *Comp and Math Methods.* 2019;1:e1042. [Wiley online library.com/journal/cmm4](http://www.wiley.com/journal/cmm4) © 2019 John Wiley & Sons, Ltd.
15. Zamir M., Nadeem F., Alqudah M.A., Abdeljawad T. *Future implications of COVID-19 through Mathematical modeling.* *Journal Pre-proof.* DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2021.105097> Reference: RINP 105097. 27 November 2021.
16. Adamu H.A., Muhammad M., Jingi A.M., Usman M.A. *Mathematical modelling using improved SIR model with more realistic assumptions* *International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)* ISSN: 2394-3661, Volume-6, Issue-1, January 2019.
17. Rahim ud Din, Algehyne E.A. *Mathematical analysis of COVID-19 by using SIR model with convex incidence rate.* Available online 19 February 2021. 2211-3797/© 2021 The Authors. Published by Elsevier B.V.
18. Koltsova E.M., Kurkina E.S., Vasetsky A.M. *Mathematical Modeling of the Spread of COVID-19 in Moscow and Russian Regions.*
19. Sutimin W., Sasongko P.S. *Mathematical modeling and analysis of COVID-19 transmission dynamics in Central Java Province, Indonesia.* *ISNPINSA 2020. Journal of Physics: Conference Series* 1943 (2021) 012139. *IOP Publishing* doi:10.1088/1742-6596/1943/1/012139.
20. Tomchin D., Fradkov A. *Partial Prediction of the Virus COVID-19 Spread in Russia Based on SIR and SEIR Models.* doi: <https://doi.org/10.1101/2020.07.05.20146969>. July 7, 2020.
21. Khrapov P.V., Loginova A.A. *Mathematical modelling of the dynamics of the Coronavirus COVID-19 epidemic development in China.* *International Journal of Open Information Technologies* ISSN: 2307-8162 vol. 8, no.4, 2020.

**Agha Hothayfa Rabea**, Assistant, College of Engineering, Department of Computer Engineering, University of Mosul  
**Taha Asraa Tariq**, postgraduate student of the Department of Mathematical and Software Information Systems

**Агха Хотайфа Рабеа**, ассистент, инженерный колледж, кафедра компьютерной инженерии, университет Мосула  
**Таха Асраа Тарик**, аспирант кафедры математического и программного обеспечения информационных систем

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ AUTOMATION AND CONTROL

УДК 004.056

DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-4

Маслова М.А.<sup>1,2</sup> | РИСК ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

<sup>1)</sup> Севастопольский государственный университет, ул. Университетская, д. 33, г. Севастополь, 299053, Россия

<sup>2)</sup> Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), ул. Большая Садовая, д. 69, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия

*e-mail: mashechka-81@mail.ru*

### Аннотация

Изменения мировых трендов в ИТ–инфраструктуре в бизнесе не стоит на месте и одним из развивающихся направлений есть периферийные и облачные вычисления. Так последние годы на российские рынки из-за санкций многие компании были интегрированы или полностью ушли с рынка, то появилась острая необходимость изменения, доработки и создание новых ИБ-сервисов, которые требуют грамотную, постоянную защиту всей обрабатываемой информации. Необходимо грамотные финансовые вложения в защиту данного направления. В данной работе будут рассмотрены плюсы и минусы использования облачных сервисов, а также возможные риски, решения и направления развития облачных ИБ-сервисов.

**Ключевые слова:** риски; ИБ-сервисы; кибератаки; информационная безопасность; облако; ИТ-инфраструктура; кражи

**Для цитирования:** Маслова М.А. Риски ИТ-инфраструктуры и методы их решения // Научный результат. Информационные технологии. – Т.7, №4, 2022. С. 34-40. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-4

Maslova M.A.<sup>1,2</sup> | IT INFRASTRUCTURE RISKS AND METHODS  
FOR THEIR SOLUTION

<sup>1)</sup> Sevastopol state University, 33 Universitetskaya St., Sevastopol, 299053, Russia

<sup>2)</sup> Rostov State Economic University (RINH), 69 Bolshaya Sadovaya St., Rostov-on-Don, 344002, Russia

*e-mail: mashechka-81@mail.ru*

### Abstract

Changes in global trends in IT infrastructure in business do not stand still, and one of the developing areas is peripheral and cloud computing. So in recent years, many companies have been integrated into the Russian markets due to sanctions or completely left the market, then there is an urgent need to change, refine and create new information security services that require competent, constant protection of all processed information. It is necessary to make sound financial investments in the protection of this direction. This paper discusses the pros and cons of using cloud services, as well as possible risks, solutions and directions for the development of cloud information security services.

**Keywords:** risks; information security services; cyber attacks; information security; cloud; IT infrastructure; theft

**For citation:** Maslova M.A. IT infrastructure risks and methods for their solution // Research result. Information technologies. – Т.7, №4, 2022. – P. 34-40. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-4

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе работы любого предприятия, неотъемлемой его частью работы есть защита от рисков при обмене информацией. Организации имеют корпоративную тайну, государственную тайну и при этом используют в своей работе сети передачи данных, хранение информации на

облачных сервисах, которое используется все в большей мере [1-3]. Информация передается не только корпоративная, финансовая, а и обрабатывается личная информация, которая чаще всего поддается кибератакам, кражам, перепродажам и ее «сливам». Поэтому будь то частная или государственная структура – необходимо заботиться о конфиденциальности и качественной защите при расположении ее на сервисах, что является одной из проблем в данное время. Многие сервисы стремятся только заработать, а вот качественные услуги очень «хромают».

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ (MAIN PART)**

Интернет вещи – это одно из продвинутых направлений сегодня, используемое все большим количеством людей на планете, так как это удобно, прогрессивно и самое главное дает дополнительную возможность обезопасить и защитить себя, свой дом, данные от различных угроз и атак, как в повседневной жизни, больших компаниях и разного рода бизнеса.

Всю обрабатываемую и сохраняемую информацию необходимо постоянно контролировать и защищать, так как киберугрозы, появляющиеся атаки, постоянный рост различных рисков не убывает, а наоборот только возрастает [4].

Использование облачного хранения данных услуга очень удобна и мобильна – в любой момент, с любой точки мира пользователь может получить свои данные, зная логин и пароль зайдя с любого устройства, даже если у вас с собой нет своего компьютера; ваши данные не потеряются, если вдруг устройство испортиться или потеряется; постоянное обновление данных выполняется прямо в «облаке», а также возможность распределить и разделить информацию, которой можно делиться с друзьями или коллегами для работы в онлайн-режиме; бесплатное хранение данных до определенного размера, в зависимости от сервиса или за небольшую плату предоставление большего размера, что очень удобно.

Применение облачных сервисов, хранение и обмен информацией на облаке стало одним из обычных способов, т.к. это очень удобно и мобильно, но обратная сторона медали то, что это все равно - опасно. Все чаще в средствах массовой информации мы видим новости и данные статистики по утечки конфиденциальной информации пользователей, их логинов и паролей, и различной корпоративной информации разных организаций, даже их финансовых данных и отчетов. Это все приводит к новым уязвимостям и рискам как по отношению к пользователям, так и падению репутации и финансовой составляющей организаций. При этом что пользователи, что организации продолжают хранить данные на «облаке». И по статистике 85% компаний планирует и дальше использовать облачные технологии [5].

Во время опроса 81 % опрошенных компаний заявили, что считают облачные технологии надежным, защищенным сервисом для хранения своих данных и является одним из доступных решений, мотивируя это тем, что оно защищено хорошо на всех уровнях: дата – центр, защита персональных данных, а также защита от DDoS-атак [12].

Если рассмотреть плюсы использования облачных сервисов, и хранения данных в облаке, то они включают в себя:

- Минимальные затраты на технику – благодаря использованию облака отпадает необходимость вкладывать большие деньги в составляющие компьютера, память, т.к. все вычисления и хранения данных можно делать на облаке;

- Увеличение производительности ПК – программы требуют больших затрат ресурсов ПК, с помощью облака запуск будет производиться удаленно – это снизит нагрузку на ПК в несколько раз;

- Обслуживание ПК и минимизация затрат на покупку ПО – меньше затрат на установку, обновление необходимых программ, все настроено на облаке, нет необходимости в приобретении новых программ;

- Увеличение эффективности ИТ-инфраструктуры с уменьшением затрат – в организациях обычно есть свои сервера, и они либо не используются даже на треть своей мощности или наоборот ее не хватает. Поэтому при использовании облачных вычислений данная проблема

становится не актуальной. Если организация хочет иметь свое облачное хранилище для более защищенной работы, то она может его приобрести.

- Обновление программ – отпадает необходимость иметь в штате специального сотрудника, который будет следить за обновления программ, с использованием облака - любой сотрудник может запустить любую программу удаленно и быть спокоен о безопасности и обновлении т.к. все настроено и проверено;

- Увеличение мощностей – нет необходимости покупать мощные компьютеры и постоянно их усовершенствовать;

- Неограниченное количество памяти – ПК всегда имеет ограничения памяти, а тем более ноутбук и приходится покупать дополнительные жесткие диски и т.д. На облаке неограниченное количество памяти, которое можно изменять в зависимости от нужд пользователя или организации;

- Совместимость с ОС – при работе с облаком пользователь неограничен и может пользоваться, и обмениваться информацией независимо от того Windows, Unix или это Mac, т.к. доступ к программам происходит через Web – браузер, которые идентично устанавливаются на любую ОС;

- Совместимость форматов документов – просто необходим ПК с Web – браузером;

- Доступ к документам 24/7 – для организации большой плюс, т.к. к любым документам доступ круглосуточно;

- Упрощение совместной работы – постоянное обновление документов, которые видят сразу все рабочие организации;

- Полная доступность – неважно каким гаджетом вы пользуетесь и где вы находитесь в данный момент – подключение с любого устройства в любое время с наличием интернета;

- Защита потери данных или их кражи – при отправке данных на облако, происходит их автоматическое сохранение и создание копий на запасных серверах.

Но как бы ни было все «облачно и прекрасно», всегда есть минусы:

- Доступ к документам 24/7 – для рабочих не всегда является плюсом, т.к. работа также становится круглосуточной если есть интернет;

- Интернет – самая важное условие пользование облаком - наличие постоянной интернет-связи, в противном случае доступ будет только к документам, которые были загружены на локальный компьютер. При этом интернет должен быть качественным и быстрым;

- Медленная работа облачных программ – при передаче больших объемов данных процесс может быть медленным, так же на это может влиять плохой интернет;

- Техника – любая техника – это уже риск, поломка, выход из строя каких-либо элементов; сбой в системе; отключение света или интернета – все ведет к простоям работы и финансовым затратам;

- Программы – к сожалению еще не все программы могут работать удаленным способом;

- Безопасность – все знают, что нет исключительной 100 % безопасности. Поэтому при выборе облака необходимо обращать внимание, на метод защиты, шифрование, которое оно использует и на возможность постоянных резервных копий;

- Потеря данных в облаке – это очень сложно, но всегда возможно.

Плюсов в использовании облачных сервисов намного больше, чем минусов, поэтому все больше пользователей и организаций выбирают их использование. Но как дополнительная безопасность данных – резервное копирование, должно быть обязательным, если данные важные и дорогие. Работу резервного копирования необходимо настроить постоянную, с определенным периодом сохранения и хранения, а также удаления, т.к. это огромное количество информации, которое обязательно надо фильтровать, т.к. это большая нагрузка на сеть.

Очень часто организации стали использовать для хранения информации гибридное облако – в 80% случаях. Компании и организации готовы инвестировать в защищенные облака из-за роста новых угроз, которые направлены на критические системы. По опросам экспертов Stack Group за

последний год общий сегмент облачных ИБ-сервисов по защите данных возрастет до 40 процентов [12].

Если же рассматривать, например, глобальную критическую информационную инфраструктуру (КИИ), то нарушение их работоспособности из-за кибератак или рискованных ситуаций могут принести не только колоссальные ущербы, но и угрозу жизни людей.

Необходимо помнить о возможных рисках, некоторые из них уже были рассмотрены выше в минусах использования облачных сервисов – отключение электроэнергии, поломка ПК или др. устройства для работы; наличие постоянного интернета и онлайн-доступа ко всем сервисам и программам; а также другие возможные риски – человеческий фактор, разглашение умышленное или неумышленное информации; DDoS-атаки, фишинг – атаки, НСД; проникновение злоумышленников в незащищенные сети; отсутствие периметра облака; разрыв договоров на обслуживание; санкции и т.д. [6-10].

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Все имеющиеся средства защиты дорабатываются и совершенствуются по мере появления новых рисков и атак. Например, таргетированные атаки, для них необходимы более новые разработки и защиты в ИБ. Применение аналитических систем, которые будут включать в себя базы знаний по различным существующим индикаторам и техникам, которые применяются в данный момент и внедряются новыми нарушителями, так же обязательно обращая внимание на то, что будет защищаться. Компании, предприятия должны одним из первых шагов определить и проранжировать главные ИБ-риски, методики их определения, управления и защиты от них.

При разработке новых сервисов, защиты и т.д. необходимо помнить о стороне закона, о нормативных актах РФ для той страны, для которой будет разрабатываться и применяться сервис или защита, различных применяемых методик моделирования угроз, безопасности и защите персональных данных. За последние годы в РФ произошло значительное усиление государственных требований в направлении защиты ПД, кибербезопасности, КИИ. Поэтому одним из правил есть то, что бизнес должен обязательно соблюдать нормы регуляторов рынка при применении любых решений для защищенного облака на уровне серверов и виртуализации и тогда это приведет к его устойчивости и непрерывности бизнес-процессов.

Развитие интернета вещей так же дает направление и необходимость принятия новых правовых, нормативных актов регулирования в данной области. Так как различие на рынке типов устройств для интернета вещей так же требуют определенное соответствие нормативным актам от видов используемого устройства, что пока мало реализуемо и поэтому немного затормаживает данный процесс. Для решения данной проблемы необходимо чтоб устройства имели градации и требования защиты в зависимости от использования, имели хорошую систему надежной защиты коммуникаций и защищенные каналы связи от утечек личных данных. Лучшее решение – это комплексный подход, включающий в себя различные решения защиты: межсетевые экраны; брокеры безопасного доступа в облако; DLP системы, которые будут размещены или в инфраструктуре провайдера или локально [2].

Любое соединение должно быть защищено, т.к. существует множество известных рисков, а также и те, о которых пользователь или сотрудник может даже не догадываться и это является одной из главных проблем обеспечения ИБ. Поэтому необходимо в первую очередь читать соглашения или политику использования, дабы не дать добровольное согласие на хранение и использование ваших личных или хранимых данных на облаке, так как условия у всех разные: одни прописывают, что после удаления учетную записи они удаляют ваши данные сразу - по статистике таких поставщиков всего 13,3%, остальные же хранят их еще год, а некоторые провайдеры - бессрочно.

Но если для определенного устройства, для интернета вещей или личного пользования защиту можно быстро адаптировать, заменить, усовершенствовать, то, например, для государственных сервисов или КИИ полную модификацию или установку лучшей защиты выполнить доставляет достаточно много трудностей, так как это невозможно вывести из строя на

долго или полностью остановить рабочий процесс. Поэтому при разработки таких средств защиты для крупных структур или КИИ необходимо закладывать на будущее улучшенные средства защиты и продумывать их быструю замену или модификацию. Так, как только наличие самого подключения к интернету уже является главным риском для любого предприятия. Уязвимости появляются все новые и риски становятся всеобъемлемыми, поэтому очень важно постоянно хотя бы раз в полгода или раз в год усовершенствовать защиту. Также на государственном уровне необходимо чаще дополнять и разрабатывать политику безопасности, обновлять акты и законодательную базу по защите информационной безопасности. В РФ стали уделять большое внимание средствам защиты, разработки в развитии отраслевых стандартов информационной безопасности и периферийных облачных вычислениях, создании центров разработки, мониторинга и реагирования на инциденты информационной безопасности, а также разработку и усовершенствование правовой и нормативной базы ИБ для различных сфер деятельности и информационных технологий.

При организации работы необходимо заботиться о защите от утечек и угроз во время работы и обмена данных с провайдерами облачных услуг. Обязательно проверять уровень защиты, смотреть наличие шифрования, мер и сервисов, предоставляемых провайдером. Конечно, наличие всех параметров для обычного пользователя, коммерческой компании, большой организации или КИИ будет иметь разные требования и условия [11].

Основные меры защиты от угроз и рисков необходимо выполнять и постоянно регулировать: окупаемость и рентабельность устанавливаемой защиты, защита от НСД, надежность, наличие многоступенчатости, комплексность. Так же защита должна обязательно одна перекрывать другую. Необходимо помнить, что какую бы защиту мы не устанавливали есть один самый важный ключевой фактор – это человеческий.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Все имеющиеся средства защиты дорабатываются и совершенствуются по мере появления новых рисков и атак. Например, таргетированные атаки, для них необходимы более новые разработки и защиты в ИБ. Применение аналитических систем, которые будут включать в себя базы знаний по различным существующим индикаторам и техникам, которые применяются в данный момент и внедряются новыми нарушителями, так же обязательно обращая внимание на то, что будет защищаться. Если грамотно и качественно развивать и обеспечивать безопасность в сфере облачных решений в РФ, то использование и покупка их будет расти и даст хорошие перспективы для их использования так как организация информационной безопасности для КИИ, интернет вещей, облачных и периферийных вычислений несет большую значимость для предприятий, которые используют устройства для интернета вещей, эксплуатируют критические инфраструктуры.

### **БЛАГОДАРНОСТИ**

Работа выполнена в рамках Соглашения от 30.06.2022 г. № 40469-21/2022-к.

### **Список литературы**

1. Нестеренко В.Р. Современные вызовы и угрозы информационной безопасности публичных облачных решений и способы работы с ними / В.Р. Нестеренко, М.А. Маслова // Научный результат. Информационные технологии. 2021. Т. 6. № 1. С. 48-54.
2. Ожиганова М.И. Методы и средства проведения анализа угроз локальной вычислительной сети предприятия / М.И. Ожиганова, А.О. Шейко, Е.М. Исакова, А.О. Миронова // в сборнике: цифровая трансформация науки и образования. Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции. 2021. С. 264-270.
3. Миронова А.О. Применение методики оценки угроз безопасности информации / А.О. Миронова, Ю.Ю. Гончаренко, А.С. Гоголь, А.Н. Фролова // Энергетические установки и технологии. 2021. Т. 7. № 4. С. 71-75.

4. Маслова М.А. Проблемы облачных сервисов и методы защиты от рисков и угроз / М.А. Маслова, Е.С. Кузьминых // Научный результат. Информационные технологии. 2022. Т. 7. № 3. С. 14-22.
5. Kucheroва Н. Modeling the stakeholder's behavior on the base of online inquiries about tertiary / Н. Kucheroва, D. Ocheretin, Y. Honcharenko, O. Mykoliuk // В сборнике: 2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2021 - Proceedings. 11. 2021. С. 35-40.
6. Аверьянов В.С. Оценка защищенности киберфизических систем на основе общего графа атак / В.С. Аверьянов, И.Н. Карцан // Южно-Сибирский научный вестник. 2022. № 1(41). С. 30-35.
7. Савельев Р.Н. Основные методы выявления нарушения информационной безопасности по данным мониторинга наземного комплекса управления спутниковой сети / Р.Н. Савельев, И.Н. Карцан // В сборнике: Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2021. С. 405-408.
8. Гончаренко Ю.Ю. Качественная оценка методик разработки автоматизированных средств / Ю.Ю. Гончаренко, Г.С. Погуляй, В.В. Пелись, М.Г. Щербаченко // Энергетические установки и технологии. 2022. Т. 8. № 2. С. 79-86.
9. Рябушей Ю.Н. Применение искусственных нейронных сетей в области защиты информации / Ю.Н. Рябушей, А.В. Леbedенко, Ю.Ю. Гончаренко // В сборнике: Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций "РТ-2017". 2017. С. 284.
10. Жуков А.О. Информационная безопасность для проекта "Умный город" / А.О. Жуков, И.Н. Карцан, В.С. Аверьянов // Информационные и телекоммуникационные технологии. 2021. № 51. С. 39-45.
11. Серёдкин, С. П. Безопасность критической информационной инфраструктуры (краткий обзор современных подходов) // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. 2021. № 4 (12). С. 30-38.
12. Главные угрозы безопасности в облаке (tadviser.ru) [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%93%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5\\_%D1%83%D0%B3%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%8B\\_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8\\_%D0%B2\\_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D0%B5](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%93%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%83%D0%B3%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%8B_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8_%D0%B2_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D0%B5).

### References

1. Nesterenko V.R. Modern challenges and threats to the information security of public cloud solutions and ways of working with them / V.R. Nesterenko, M.A. Maslova // Scientific result. Information technology. 2021. Т. 6. № 1. P. 48-54.
2. Ozhiganova M.I. Methods and means of analyzing threats to the local computer network of the enterprise / M.I. Ozhiganova, A.O. Sheiko, E.M. Isakova, A.O. Mironova//in the collection: digital transformation of science and education. Collection of scientific works of the II International Scientific and Practical Conference. 2021. P. 264-270.
3. Mironova A.O. Application of the methodology for assessing threats to information security / A.O. Mironova, Yu.Yu. Goncharenko, A.S. Gogol, A.N. Frolova // Energy installations and technologies. 2021. Т. 7. № 4. P. 71-75.
4. Maslova M.A. Problems of cloud services and methods of protection against risks and threats / M.A. Maslova, E.S. Kuzminykh // Research result. Information technology. 2022. Т. 7. № 3. P. 14-22
5. Kucheroва Н. Modeling the stakeholder's behavior on the base of online inquiries about tertiary / Н. Kucheroва, D. Ocheretin, Y. Honcharenko, O. Mykoliuk // В сборнике: 2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2021 – Proceedings. 11. 2021. P. 35-40.
6. Averyanov V.S. Assessment of the security of cyberphysical systems based on the general attack graph / V.S. Averyanov, I.N. Kartsan // South Siberian Scientific Bulletin. 2022. № 1(41). P. 30-35.
7. Savelyev R.N. The main methods of detecting information security violations according to monitoring data of the satellite network ground control complex / R.N. Savelyev, I.N. Kartsan // In the collection: Actual problems of aviation and cosmonautics. 2021. P. 405-408.
8. Goncharenko Yu.Yu. Qualitative assessment of methods for the development of automated means / Yu.Yu. Goncharenko, G.S. Pogulyay, V.V. Pelis, M.G. Shcherbachenko // Energy installations and technologies. 2022. Т. 8. № 2. P. 79-86.
9. Ryabushey Yu.N. Application of artificial neural networks in the field of information protection / Yu.N. Ryabushey, A.V. Lebedenko, Yu.Yu. Goncharenko // In the collection: Modern problems of radio electronics and telecommunications "RT-2017." 2017. P. 284.



10. Zhukov A.O. Information security for the Smart City project / A.O. Zhukov, I.N. Kartsan, V.S. Averyanov // Information and telecommunication technologies. 2021. № 51. P. 39-45.

11. Seredkin S.P. Security of critical information infrastructure (a brief overview of modern approaches) // Information technologies and mathematical modeling in the management of complex systems. 2021. № 4 (12). P. 30-38.

12. Cloud Top Security Threats (tadviser.ru) [Electronic Resource]: - Access Mode: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%93%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5\\_%D1%83%D0%B3%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%8B\\_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8\\_%D0%B2\\_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D0%B5](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%93%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%83%D0%B3%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%8B_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8_%D0%B2_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D0%B5)

**Маслова Мария Александровна**, старший преподаватель кафедры Информационная безопасность Института информационных технологий, аспирант, младший научный сотрудник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ)

**Maslova Maria Alexandrovna**, Senior Lecturer of the Department Information security Institute of Information Technologies, postgraduate student, junior researcher Rostov State Economic University (RINH)

УДК 004.9:378

DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-5

Коптелова Л.В.  
Дмитриева Ю.В.  
Нечипоренко Г.Г.

**ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

АНО ВО «Белгородский университет кооперации, экономики и права»,  
ул. Садовая, д. 116 а, г. Белгород, 308015, Россия

*e-mail: koptelov2a@mail.ru*

**Аннотация**

В статье представлены результаты анализа электронной информационно-образовательной среды АНО ВО БУКЭП в составе пяти сегментов. Целью исследования является изучение электронной образовательной среды образовательной организации для организации образовательного процесса в связи с переходом на дистанционный формат обучения. Именно поэтому пристальное внимание уделяется сегментам электронной информационно-образовательной среды, приведены примеры их практического использования в образовательном процессе, реализуемом на основе дистанционных технологий. Рассмотрена актуальность использования электронных информационных ресурсов АНО ВО БУКЭП в составе: электронные библиотеки, тематические обучающие порталы и иные образовательные сайты, для организации методического процесса обучающихся. Перечисленные в статье практические примеры использования сегментов электронной информационно-образовательной среды

АНО ВО БУКЭП направлены на активизацию образовательной деятельности студентов на основе диалоговых форм взаимодействия с опорой на имеющийся опыт и такие личностные качества, как самостоятельность, коммуникативность, рефлексивность; способствуют овладению соответствующими социально-психологическими и профессиональными знаниями; формированию личностных и профессионально значимых качеств и умений, а также их диагностики и коррекции, позволяют сформировать у обучающихся профессиональные и жизненные навыки, вывести их на высоких компетентностный уровень.

**Ключевые слова:** образование; цифровизация; электронная информационно-образовательная среда; образовательная онлайн-платформа; онлайн-курс; образовательный облачный сервис

**Для цитирования:** Коптелова Л.В., Дмитриева Ю.В., Нечипоренко Г.Г. Применение дистанционных образовательных технологий // Научный результат. Информационные технологии. – Т.7, №4, 2022. – С. 41-49. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-5

Koptelova L.V.  
Dmitrieva Yu.V.  
Nechiporenko G.G.

**THE DISTANCE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES USING**

ANO VO "Belgorod University of Cooperation, Economics and Law",  
116 a Sadovaya str., Belgorod, 308015, Russia

*e-mail: koptelov2a@mail.ru*

**Abstract**

The article presents the results of the analysis of the electronic information and educational environment of the ANO IN BUKEP as part of five segments. The purpose of the study is to study the electronic educational environment of an educational organization for the organization of the educational process in connection with the transition to a distance learning format. That is why close attention is paid to the segments of the electronic information and educational environment, examples of their practical use in the educational process implemented on the basis

of distance technologies are given. The relevance of the use of electronic information resources of the ANO IN BUKEP as part of: electronic libraries, thematic training portals and other educational sites for the organization of the methodological process of students is considered. The practical examples of the use of segments of the electronic information and educational environment listed in the article ANO IN BUKEP are aimed at activating the educational activities of students on the basis of dialogical forms of interaction based on existing experience and personal qualities such as independence, communication, reflexivity; contribute to the acquisition of relevant socio-psychological and professional knowledge; the formation of personal and professionally significant qualities and skills, as well as their diagnosis and correction, allow the formation of professional and life skills of students, bring them to a high competence level.

**Keywords:** education; digitalization; electronic information and educational environment; online educational platform; online course; educational cloud service

**For citation:** Koptelova L.V., Dmitrieva Yu.V., Nechiporenko G.G. The distance educational technologies using // Research result. Information technologies. – Т.7, №4, 2022. – P. 41-49. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-5

### **ВВЕДЕНИЕ**

Процесс цифровизации учебного процесса в образовательных организациях направлен на использование новых образовательных технологий, данный процесс реализуется в рамках национального проекта «Цифровая экономика», который рассчитан на период с 2019 по 2024 годы, реализуется федеральный проект «Кадры для цифровой экономики», направленный на достижение цели, определенной Президентом России в Указе от 07 мая 2018 г. № 204 в части решения задачи по обеспечению подготовки высококвалифицированных кадров.

В рамках проекта «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы», утвержденного Указом Президента РФ от 09.05.2017 г. № 203, предусматривается развитие человеческого потенциала, в том числе за счет использования и развития различных образовательных технологий, в т. ч. дистанционных, в процессе реализации образовательных программ. В рамках организации образовательного процесса в формате дистанционного обучения в АНПО «Колледж Белгородского Университета Кооперации, Экономики и Права» (Колледжа АНО ВО БУКЭП) создана электронная информационно-образовательная среда да обучающихся и профессорско-преподавательского состава.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Электронная информационно-образовательная среда Колледжа АНО ВО БУКЭП состоит из пяти сегментов (рис. 1):

- электронные информационные ресурсы;
- технологические средства;
- информационные ресурсы;
- электронные образовательные ресурсы;
- телекоммуникационные ресурсы.

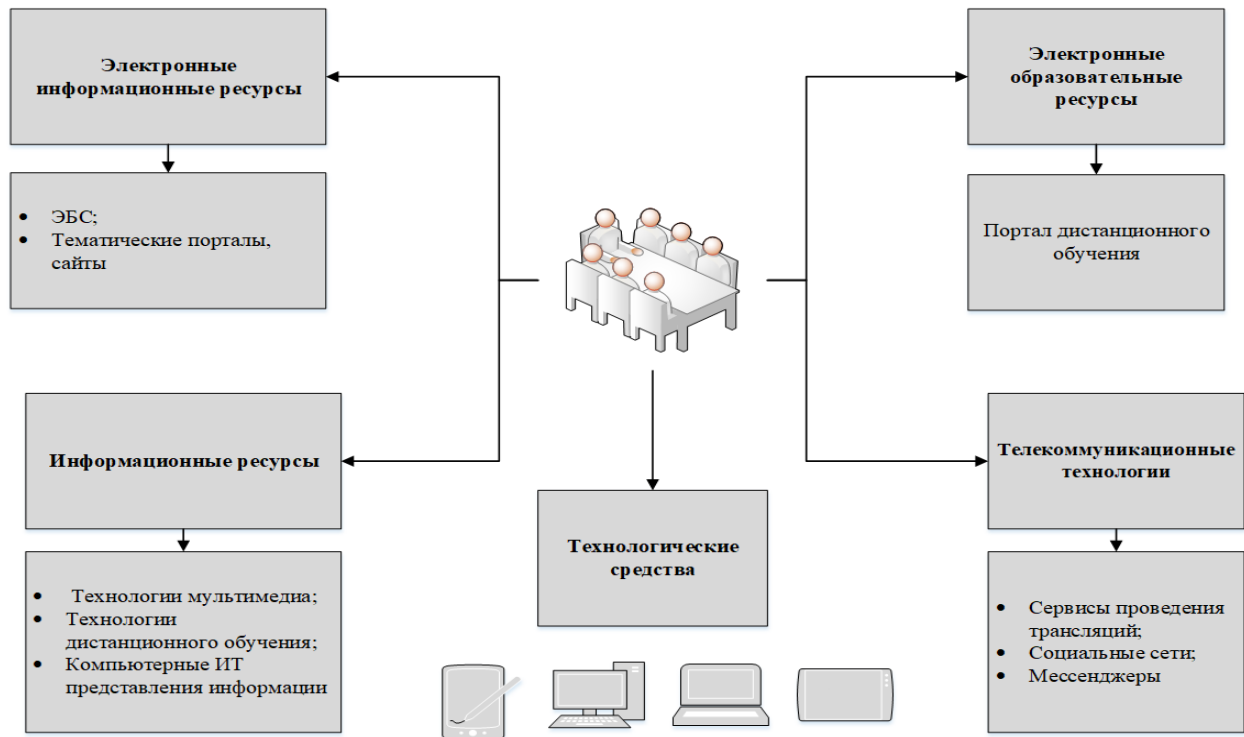


Рис. 1. Электронная информационно-образовательная среда АНО ВО БУКЭП  
Fig. 1. Electronic information and educational environment of ANO IN BUKER

В состав электронных информационных ресурсов АНО ВО БУКЭП входят электронные библиотеки, тематические обучающие порталы и иные образовательные сайты. Необходимо отметить, что образовательная организация ежегодно подливает подписки для доступа пользователей к электронным библиотечным системам. На наш взгляд, наиболее востребованной ЭБС для подготовки студентов ИТ-специальностей является библиотека «BOOK.ru» (рис. 2).

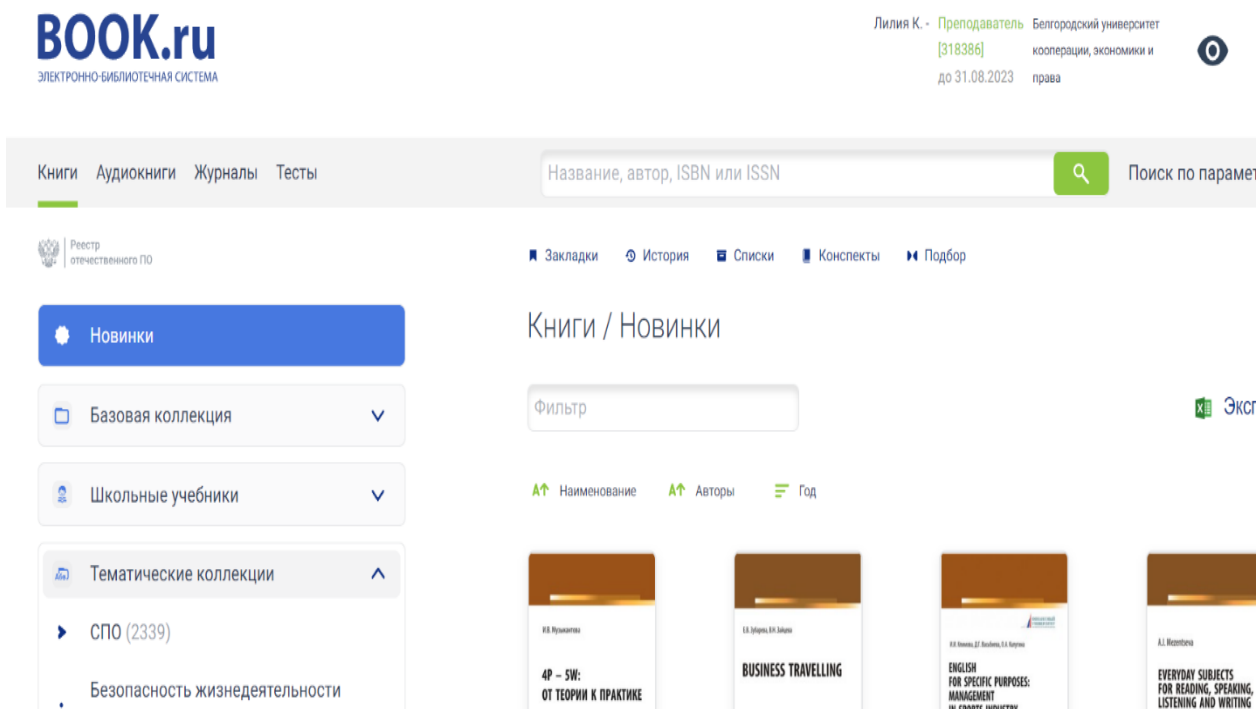


Рис. 2. Электронная библиотека BOOK.RU  
Fig. 2. Electronic library BOOK.RU

Для организации методического обеспечения образовательного процесса используются методические разработки, размещенные на портале данной ЭБС. С помощью встроенных механизмов обучающиеся могут самостоятельно формировать конспект учебных материалов путем его копирования для дальнейшего изучения.

Если говорить о тематических образовательных порталах, то необходимо отметить, что для организации образовательного процесса профессорско-преподавательский состав для ряда дисциплин или отдельных тем использует площадку «Open.Vuker» (рис. 3).

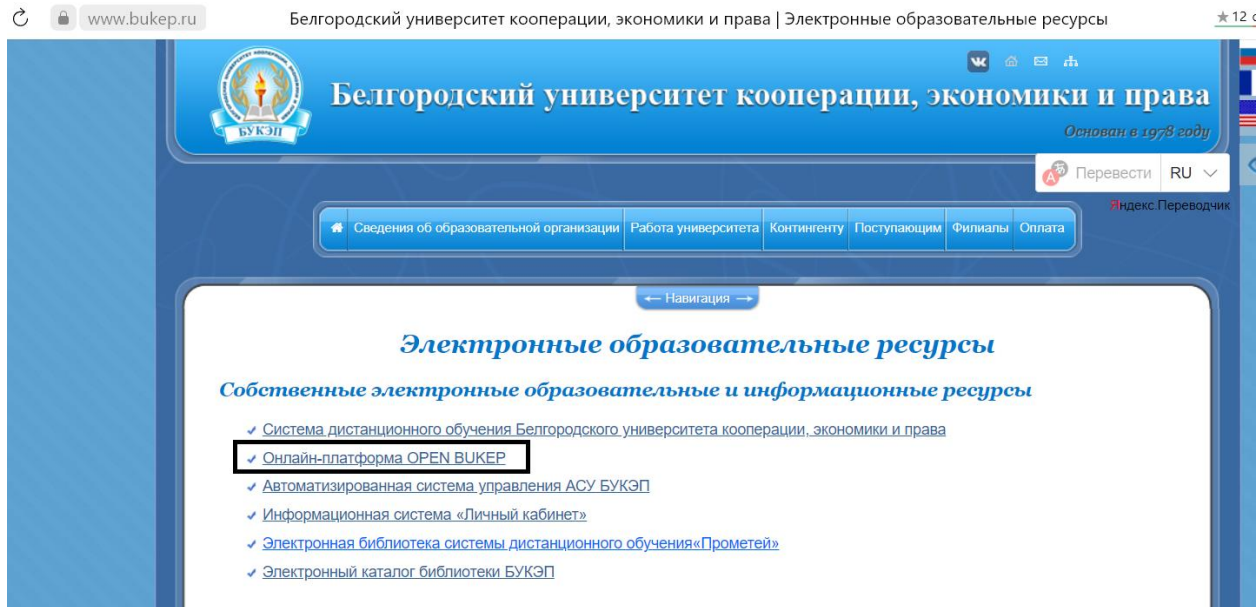


Рис. 3. Электронные образовательные ресурсы  
Fig. 3. Electronic educational resources

Данный портал является собственной разработкой АНО ВО БУКЭП.

В разработке учебных курсов по дисциплинам кафедры «информационных систем и технологий» преподавательский состав активно использует образовательный портал «Универсариум.ру» (рис. 4).

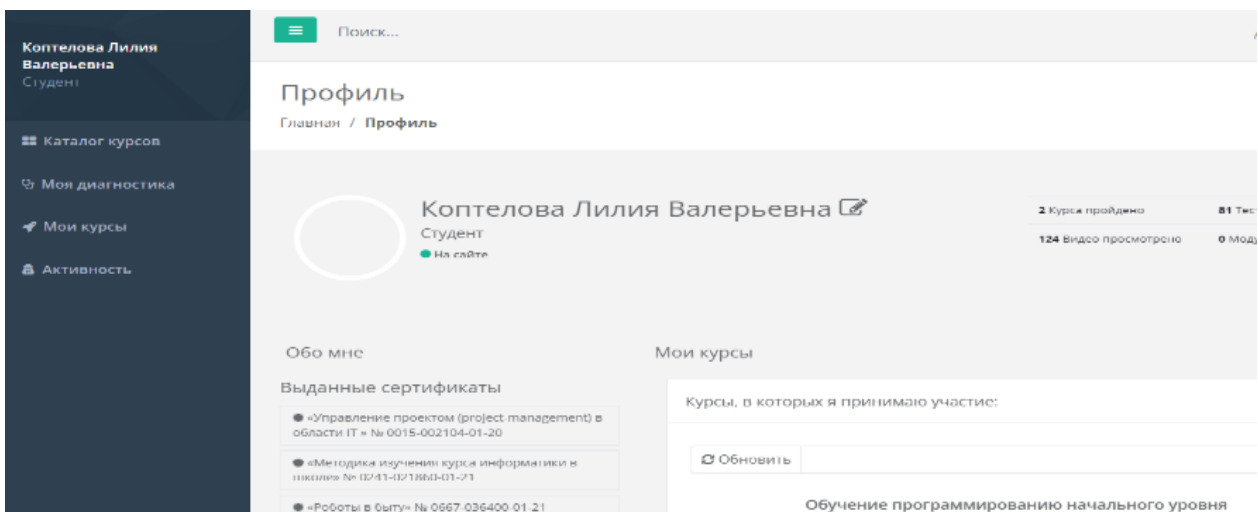
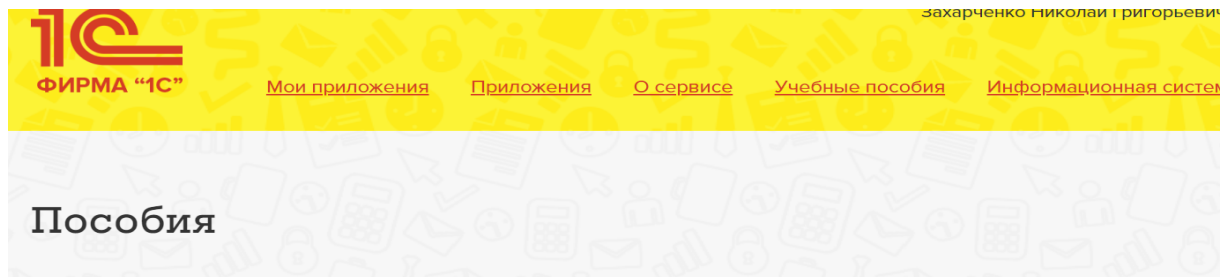


Рис. 4. Межвузовская образовательная площадка «Универсариум»  
Fig. 4. Interuniversity educational platform "Universarium"

Данный образовательный портал является межвузовской площадкой, обеспечивающий профильную подготовку и целевое профильное обучение. Личный кабинет курсов включает список курсов и сертификаты, полученные пользователем за весь период обучения.

К дополнительным сервисам электронной информационно-образовательной среды Колледжа АНО ВО БУКЭП следует отнести также образовательный сервис «edu.1cfresh.ru», который предоставляет пользователям доступ к конфигурациям, реализованным на платформе «1С: Предприятие», а также для организации методического обеспечения практических и лабораторных работ обучающихся (рис. 5).



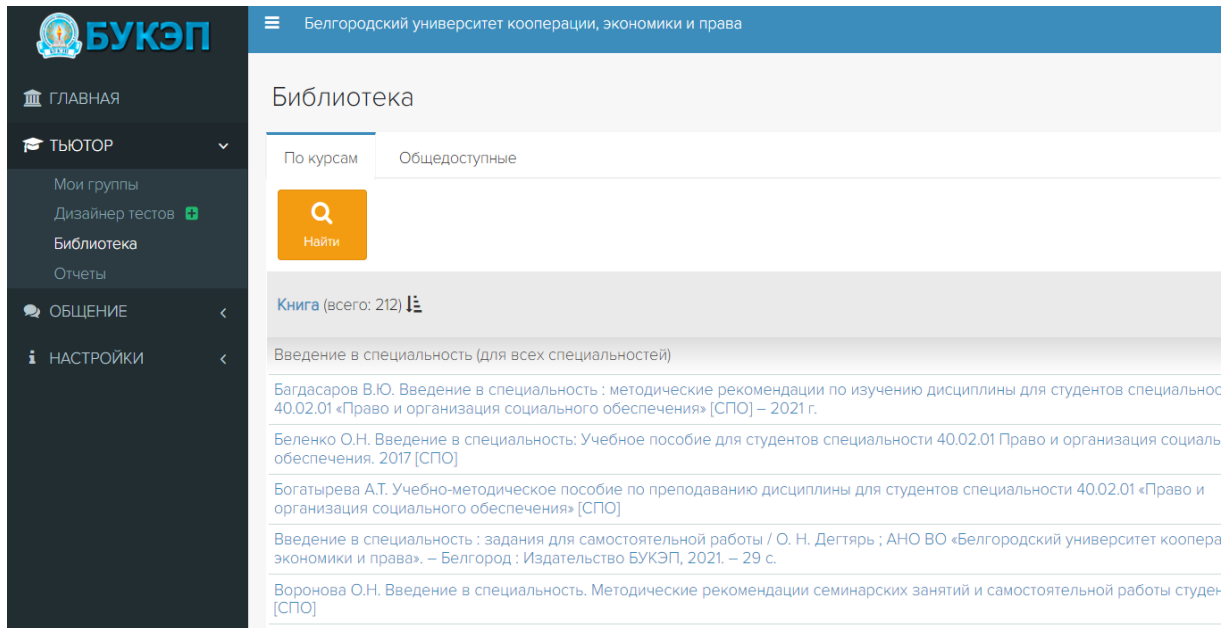
- [Инструкция по работе преподавателей и студентов в облачных версиях программ "1С:Предприятие 8"](#)
- [Регламентированный учет в прикладном решении "1С:ERP Управление предприятием 2.4"](#)
- [Использование конфигурации "Бухгалтерия предприятия". Редакция 3.0](#)
- [Оперативное управление в "1С:Управление небольшой фирмой 8". Редакция 1.6](#)
- [Оперативное управление в "1С:Управление нашей фирмой 8" Редакция 1.6](#)
- [Использование конфигурации "Зарплата и управление персоналом". Редакция 3.0](#)

*Рис. 5. Сервис «1С: Предприятие 8» для учебных заведений*

**Fig. 5. Service "1C: Enterprise 8" for educational institutions**

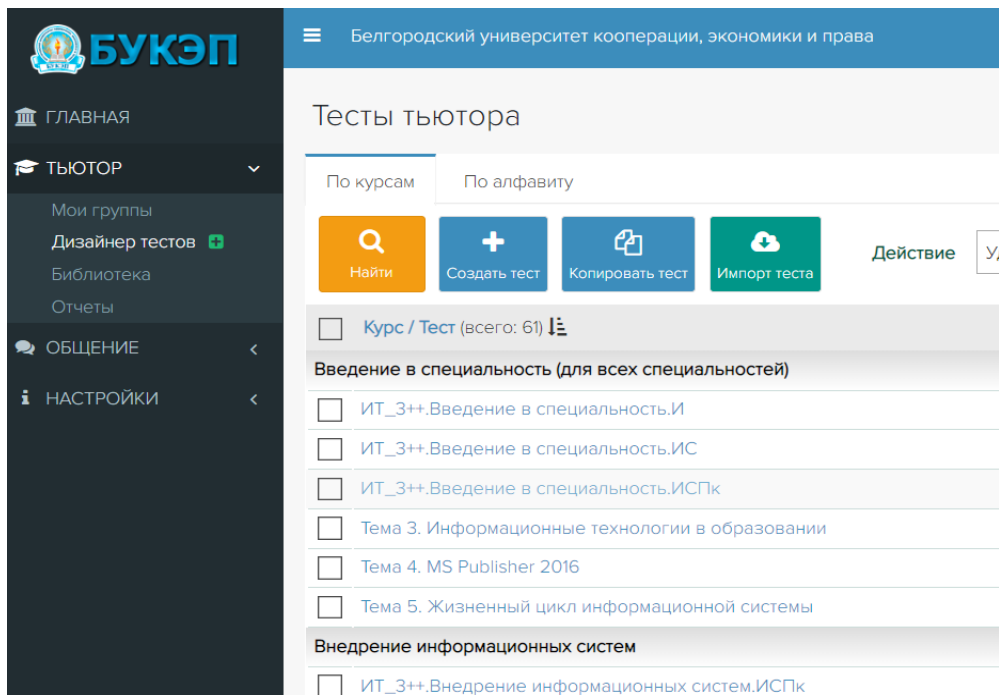
Данный сервис в условиях дистанционного обучения в настоящее время является достаточно актуальным для организации выполнения практических/лабораторных работ. Удаленно пользователи под свои логином с любого устройства через браузер могут работать с подключенными типовыми конфигурациями, в том числе и для подготовки студентов к демонстрационному экзамену.

Электронные образовательные ресурсы также представлены на портале «СДО.Прометей». Данный портал предоставлен слушателям доступ к учебно-методическим разработкам профессорско-преподавательского состава АНО ВО БУКЭП (рис. 6).



*Рис. 6. СДО. Прометей. Раздел «Библиотека»*  
*Fig. 6. SDO. Prometheus. The "Library" section*

Для контроля знаний используется раздел «Тьютер / Тестирование» (рис. 7).



*Рис. 7. СДО. Прометей. Тьютер / Тестирование*  
*Fig. 7. SDO. Prometheus. Tutor / Testing*

В качестве сервиса для проведения онлайн-трансляций учебных занятий используется образовательная платформа «Сферум».

Для общения со студентами, выставления посещаемости и их успеваемости занятий используется образовательная среда «МУ.ВУКЕР», данный сервис доступен обучающимся и их родителям по индивидуальному логину|паролю (рис. 8).

МОЙ БУКЭП Коптело

- Расписание
- Учебный план
- Зачетная книжка
- Журнал обучающегося
- Журнал успеваемости
- Домашняя работа
- Фактическая нагрузка
- Анкетирование
- Почта
- Портфолио
- Антиплагиат
- СДО "Прометей"

Журнал успеваемости по дисциплине Информационные технологии в профессиональной деятельности группы Э-201

[Перейти к журналу посещаемости](#)

Основные оценки

Показывать среднее значение

[Добавить Пр. занятие](#) [Добавить Сем. занятие](#) [Добавить Контр. точки](#)

Студент	Лабораторные занятия			Домашняя работа 1
	Лаб. 1	Лаб. 2	Лаб. 3	
Поиск				
Бурашова Александра Николаевна	5	5	5	4
Галеев Ярослав Русланович				
Гудова Валерия Анатольевна				4
Далгыджева Дарья Тимуровна	5	5	5	5

*Рис. 8. Образовательная среда «MY.BUKER»  
Fig. 8. Educational environment "MY.BUKER"*

### ВЫВОДЫ

Использование рассмотренных элементов электронной образовательной среды интерактивных методов обучения АНПОО «Колледж Белгородского Университета Кооперации, Экономики и Права» способствует активизации образовательной деятельности студентов на основе диалоговых форм взаимодействия с опорой на имеющийся опыт и такие личностные качества, как самостоятельность, коммуникативность, рефлексивность; способствует овладению соответствующими социально-психологическими и профессиональными знаниями; формированию личностных и профессионально значимых качеств и умений, а также их диагностики и коррекции, позволяет сформировать у обучающихся профессиональные и жизненные навыки, вывести их на высоких компетентностный уровень.

### Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», далее – Указ № 204
2. Всемирный банк (2016а). Развитие цифровой экономики в России. URL: <http://www.vsemirnyjbank.org/ru/events/2016/12/20/developing-the-digital-economy-in-russia-international-seminar-1> (дата обращения: 17.11.2022).
3. Буканова, А.А. Проблема организации привлечения школьников к активной социальной жизни / А.А. Буканова, С.М. Филоков, В.И. Полников // Молодой ученый. – 2016. – №10. – С. 1181-1184.
4. Григорьева, Д.Р. Применение информационных технологий в социальной сфере / Д.Р. Григорьева, А.С. Попченко // Молодой ученый. 2015. – № 11 (91). – С. 177-179.
5. Дмитриева Ю.В. Современные методы проектного управления для выявления конкурентных преимуществ IT-компаний / Ю.В. Дмитриева, Л.В. Коптелова // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2019. – №2 (75). – С. 334-343.
6. История психологии: хрестоматия / Министерство культуры Российской Федерации, ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет культуры и искусств», Кафедра педагогики и психологии; сост. Н.А. Бугрова. – Кемерово: КемГУКИ, 2014. – 207 с.
7. Каталог профессий. Атлас новых профессий. – URL: <https://atlas100.ru> (дата обращения 27.11.2021г.). – Текст: электронный.
8. Кашина Е.А. Прогнозирование структуры интегрированного курса информатики: дис. ... канд. пед. наук // Екатеринбург, 1997. – 187 с.



9. Колос Н.В. Мобильность инновационных решений в сфере информационных технологий и электронной коммерции / Н.В. Колос, Ю.В. Кузьмина // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2016. – № 1 (57). – С. 140-148.
10. Мавлютова Г.А. Цифровизация в современном высшем учебном заведении // Научно-практический журнал. Экономическая безопасность и качество. 2018. № 3 (32). – С. 5-7.
11. Никулина Т.В. Информатизация и цифровизация образования: понятия, технологии, управление / Т.В. Никулина, Е.Б. Стариченко // Педагогическое образование в России. – 2018. – № 8. – С. 107 – 113.
12. Осипова Н.В. Современные тенденции профессиональной ориентации на профессии будущего / Н.В. Осипова // Профессиональное образование и занятость молодежи: XXI век. Подготовка кадров для цифровой экономики. – Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Кемерово. – 2019. – С. 120-121
13. Постановление Правительства РФ от 02.03.2019 N 234 (ред. от 21.08.2020) «О системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения 01.11.2021). – Текст электронный.
14. Прижигалинская, Т.Н. Влияние инфраструктурного потенциала как источника формирования устойчивых конкурентных преимуществ на выбор модели развития вуза в условиях цифровизации экономики / Т.Н. Прижигалинская, Н.В. Шевцова, Г.Г. Нечипоренко // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2021. – № 1 (86). – С. 9-25.
15. Тарасова Е.Е., Прушковская Е.Е., Ефимова Н.А. Теоретико-методологические аспекты разработки маркетинговой стратегии вуза для продвижения образовательных услуг // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2019. – № 4 (77). – С. 278-289.

#### References

1. Decree of the President of the Russian Federation dated May 7, 2018 No. 204 “On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024”, hereinafter – Decree No. 204
2. World Bank (2016a). Development of the digital economy in Russia. URL: <http://www.vsemirnyjbank.org/ru/events/2016/12/20/developing-the-digital-economy-in-russia-international-seminar-1> (Accessed 11/17/2022).
3. Bukanova, A.A. The problem of organizing the involvement of schoolchildren in an active social life / A.A. Bukanova, S.M. Filyukov, V.I. Polnikov // Young scientist. – 2016. – No. 10. – P. 1181-1184.
4. Grigorieva, D.R. Application of information technologies in the social sphere / D.R. Grigorieva, A.S. Popchenko // Young scientist. 2015. – No. 11 (91). – P. 177-179.
5. Dmitrieva Yu.V. Modern methods of project management to identify the competitive advantages of IT companies / Yu.V. Dmitrieva, L.V. Koptelova // Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. - 2019. - No. 2 (75). – S. 334-343.
6. History of psychology: reader / Ministry of Culture of the Russian Federation, Kemerovo State University of Culture and Arts, Department of Pedagogy and Psychology; comp. ON. Bugrov. - Kemerovo: KemGUKI, 2014. – 207 p.
7. Catalog of professions. Atlas of new professions. – URL: <https://atlas100.ru> (accessed 11/27/2021). – Text: electronic.
8. Kashina E.A. Forecasting the structure of an integrated informatics course: dis. ... cand. ped. Sciences // Yekaterinburg, 1997. – 187 p.
9. Kolos N.V. Mobility of innovative solutions in the field of information technology and e-commerce / N.V. Kolos, Yu.V. Kuzminov // Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. – 2016. – No. 1 (57). – P. 140-148.
10. Mavlyutova G.A. Digitalization in a modern higher educational institution // Scientific and Practical Journal. Economic security and quality. 2018. No. 3 (32). – P. 5-7.
11. Nikulina T.V. Informatization and digitalization of education: concepts, technologies, management / T.V. Nikulina, E.B. Starichenko // Pedagogical education in Russia. – 2018. – No. 8. – P. 107-113.
12. Osipova N.V. Modern tendencies of professional orientation to the professions of the future / N.V. Osipov // Vocational education and youth employment: XXI century. Training for the digital economy. – Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference. – Kemerovo. – 2019. – P. 120-121

13. Decree of the Government of the Russian Federation of March 2, 2019 N 234 (as amended on August 21, 2020) “On the management system for the implementation of the national program “Digital Economy of the Russian Federation”. URL: <http://www.pravo.gov.ru> (accessed 11/01/2021). – Electronic text.

14. Prizhigalinskaya, T.N. Influence of infrastructural potential as a source of formation of sustainable competitive advantages on the choice of a university development model in the context of digitalization of the economy / T.N. Prizhigalinskaya, N.V. Shevtsova, G.G. Nechiporenko // Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. – 2021. – No. 1 (86). – P. 9-25.

15. Tarasova E.E., Prushkovskaya E.E., Efimova N.A. Theoretical and methodological aspects of developing a university marketing strategy for promoting educational services // Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. – 2019. – No. 4 (77). – P. 278-289.

**Коптелова Лилия Валерьевна**, старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий  
**Дмитриева Юлия Викторовна**, старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий  
**Нечипоренко Галина Геннадьевна**, старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий

**Koptelova Lilia Valeryevna**, Senior Lecturer, The Information Systems and Technologies Department  
**Dmitrieva Yulia Viktorovna**, Senior Lecturer, The Information Systems and Technologies Department  
**Nechiporenko Galina Gennadievna**, Senior Lecturer, The Information Systems and Technologies Department

УДК 004.056

DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-6

Кузьминых Е.С.<sup>1</sup>  
Маслова М.А.<sup>1,2</sup>

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВИРТУАЛЬНОЙ  
И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

<sup>1</sup>) Севастопольский государственный университет, ул. Университетская, д. 33, г. Севастополь, 299053, Россия

<sup>2</sup>) Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), ул. Большая Садовая, д. 69, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия

*e-mail: egor2014ru@mail.ru, mashechka-81@mail.ru*

**Аннотация**

Технологии развиваются достаточно быстро, «новые умы» несут мобильность в жизнь людей, улучшая качество и минимизируя затраченное время. Создается большое количество разнообразных технологий для различных сфер деятельности, которые направлены не только на потребление, но и на развлечения людей. Каких только развлечений не придумали, но, наверное, одно из самых лучших есть система виртуальной реальности (VR). Ее реализация и приобретение дорогостоящая, но зато сколько эмоций можно получить от полного погружения в виртуальный мир и насладиться всеми прелестями жизни. VR система используется не только для развлечения, но и для полезных дел, например: архитекторов, рекламы разных продуктов, автомобилей, военной направленности, обучении, онлайн тренажерах и др. Есть более дешёвая версия виртуальной реальности — дополненная реальность (AR), она может быть использована в повседневной жизни, её можно встретить на билбордах в виде анимированной рекламы, воспользоваться приложением для билетов на концерт (чтобы увидеть анимированное шоу) и т.д. Благодаря данным технологиям, такие впечатления становятся более яркими, лучше «откладываются» в голове и помогают компаниям в своей борьбе за популярность. Потенциал VR и AR ещё полностью не раскрыт и постепенно развивается. В данной работе рассмотрим отличие данных технологий, их преимущества и применение в разных областях.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность; дополненная реальность; реальность; виртуальный мир; VR; AR; технологии; новая эра; маркетинг; технологии медицины; анимированная реклама; анимации; полное погружение

**Для цитирования:** Кузьминых Е.С., Маслова М.А. Анализ возможностей виртуальной и дополненной реальности // Научный результат. Информационные технологии. – Т.7, №4, 2022. – С. 50-58. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-6

Kuzminykh E.S.<sup>1</sup>  
Maslova M.A.<sup>1,2</sup>

**ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF VIRTUAL  
AND AUGMENTED REALITY**

<sup>1</sup>) Sevastopol state University, 33 Universitetskaya St., Sevastopol, 299053, Russia

<sup>2</sup>) Rostov State Economic University (RINH), 69 Bolshaya Sadovaya St., Rostov-on-Don, 344002, Russia

*e-mail: egor2014ru@mail.ru, mashechka-81@mail.ru*

**Abstract**

Technologies are developing quite quickly, "new minds" bring mobility to people's lives, improving quality and minimizing the time spent. A large number of various technologies are being created for various fields of activity, which are aimed not only at consumption, but also at people's entertainment. They didn't come up with any kind of entertainment, but probably one of the best is the virtual reality (VR) system. Its implementation and acquisition is expensive, but how many emotions you can get from complete immersion in the virtual world and enjoy all the delights of life. The VR system is used not only for entertainment, but also for useful things, for example: architects, advertising of various products, cars, military orientation, training, online simulators, etc. There is a cheaper version of virtual reality - augmented reality (AR), it can be used in everyday life, it can be found on billboards in the form of animated advertising, use the application for tickets to a concert (to see an animated show), etc. Thanks to these technologies,

such impressions become more vivid, better "deposited" in the head and help companies in their struggle for popularity. The potential of VR and AR has not yet been fully revealed and is gradually developing. In this paper, we will consider the difference between these technologies, their advantages and application in different areas. Thanks to these technologies, such impressions become more vivid, better "deposited" in the head and help companies in their struggle for popularity. The potential of VR and AR has not yet been fully revealed and is gradually developing. In this paper, we will consider the difference between these technologies, their advantages and application in different areas.

**Keywords:** virtual reality; augmented reality; reality; virtual world; VR; AR; technology; new era; marketing; medical technology; animated advertising; animations; total immersion

**For citation:** Kuzminykh E.S., Maslova M.A. Analysis of the possibility of virtual and augmented reality // Research result. Information technologies. – Т.7, №4, 2022. – P. 50-58.

DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-6

## **ВВЕДЕНИЕ**

Если рассмотреть прогресс технологий на данный момент и сравнить их хотя бы с 2000 годом, разница будет колоссальной и слоган «дорогу молодым» приобретает новый смысл, т.к. каждое новое поколение приходит с новыми идеями, как облегчить и улучшить жизнь обществу от банальных до глобальных.

Существует огромное количество разновидностей мобильных телефонов, компьютеров, ноутбуков, автомобилей и многого другого, из-за недавней пандемии и перехода населения на «дистанционную деятельность» произошёл большой скачок развития онлайн магазинов, особенно магазинов одежды, ведь гораздо удобнее просмотреть в интернете сотни вариантов, заказать несколько из них и выбрать понравившийся, чем ходить по магазинам целый день, потратив множество времени и не найти нужного товара. То же самое можно отнести и к технике, машинам и др. постоянно просматриваемым и приобретаемым вещам. Данные технологии позволяют не только быстро найти любой продукт, но и, например, почитать к нему комментарии других людей о качестве товара и продавца; также они снижают обман – например при покупке автомобиля уже стало меньше возможности обмануть покупателя о качестве, состоянии машины, ее фактах аварии, или др. серьёзных проблем; поделиться своими рисунками и подать их в интернете не выходя из дома и т.д.

С развитием технологии виртуальной реальности, появились возможности: поиграть в разные игры – спортивные, теннис, гольф, побегать от зомби и многое другое, что может человек сделать в любое время самостоятельно; помощь в повседневной жизни - реалистичные билборды с красивой рекламой; виртуальное экскурсия по музеям или выборе автомобиля рассмотрев его изнутри; примерка новой одежды, часов, стрижки и многое другое. Всё это очень удобно, красиво, мобильно и до сих пор впечатляет все больше людей. В работе рассмотрим и углубимся в виртуальную и дополненную реальность и выясним, так ли проста эта сфера и где можно было бы применить данные технологии помимо повседневной жизни.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Рассмотрим VR и AR, а также их отличие. Виртуальная реальность — созданный с помощью технического и программного обеспечения виртуальный мир, передающийся человеку через зрение, слух, осязание, в редких случаях обоняние. Все эти воздействия на чувства человека есть интерактивный мир, т.е. виртуальный мир представляет собой пространство, смоделированное с помощью компьютерных технологий, в который человек может погрузиться с помощью специальных сенсорных устройств, VR систем. Существуют конкретные критерии оценки VR пространства, которые приведены в [1]:

- правдоподобность — человек должен поверить, что всё реально;
- свобода изучения — не должно быть ограничений в пространстве, мир должен быть огромен для изучения;

- отсутствие ошибок и сбоев в отключении, что дарует бесперебойную работу без ошибок;
- должна иметься возможность взаимодействия с предметами и персонажами;
- ощущение присутствия — должен создаваться эффект взаимодействия с окружающим миром, что из-за действий человека что-то будет меняться.

VR среда проработана настолько хорошо, что способна с высокой точностью имитировать воздействия виртуальной окружающей среды на человека, для этого разработаны сложные крайне процессы, просчитываются все процессы синтеза, анализируются и выводятся в качестве поведения в реальном времени.

При взаимодействии с виртуальной средой есть три основных компонента:

- голова (на неё надевается шлем), благодаря ее движениям и положениям отслеживается и двигается картинка в соответствии с тем, как пользователь двигает головой.
- глаза – картинка движется не только благодаря считыванию положения головы, но и при движении глаз, картинка движется вместе с движениями глаз, что позволяет максимально погрузиться в виртуальную реальность.
- движения – их считывание происходит благодаря дополнительным джойстикам, например, движения рук, (например, чтобы играть в теннис нужны джойстики для рук) и они будут передавать движения рук.

Виртуальные пространства делятся на несколько типов:

- Виртуальная реальность с полным погружением. Происходит полное погружение в виртуальный мир, что достигается посредством правдоподобности симуляции мира, реагирование программы на действия человека и специальное оборудование, которое считывает движения пользователя и передаёт их программе. Такое погружение необходимо для игр и специальных обучающих симуляций.
- Виртуальная реальность без погружения. Некоторые среды не требуются в полном погружении, там хватает качественной картинки, звука и контроллера, который будет передавать действия человека. Сюда могут относиться симуляции для создания 3D домов, или простые игры, где нет нужды реагировать на все действия пользователя.
- Виртуальная реальность с совместной инфраструктурой. Относится к играм, где не хватает эффекта погружения в среду и отсутствия эффекта «полного присутствия», отсутствует взаимодействие с другими пользователями.

На (рис. 1) девушка погружена в прекрасный мир и любуется природой благодаря специальной гарнитуре.



*Рис. 1. Погружение в VR*

*Fig. 1. Immersion in VR*

Дополненная реальность (AR) — это всё тот же реальный мир, но дополненный некоторыми виртуальными слоями, люди всё также могут взаимодействовать с миром, а

устройство будет показывать виртуальные картинки. Эта технология используется, для помощи в повседневных делах, к примеру выбрать новую причёску, аксессуары, одежду, новый автомобиль, или мебель для своей комнаты. Хороший пример - в Южной Корее, магазин Tesco установил баннеры с изображением своих продуктов и их QR кодами прямо в метро, чтобы люди, пока ждут свой поезд, могли выбрать продукты и заказать их доставку на дом (рис.2) – это и удобство людям и хороший заработок для магазина.



*Рис. 2. Баннер продуктов в метро Кореи  
Fig. 2. Korea subway food banner*

Дополненная реальность также может использоваться в разных сферах деятельности, помимо помощи в повседневной жизни, перечислим некоторые:

- помощь в образовании – возможность показать какие-то исторические события, например, в одной из японских школ есть приложение на телефон, которое показывает персонажей на картинках из книги, или приложение, оживляющее 100-ую и 200-ую купюру РФ выпущенные к событию присоединения Крыма к России и постройке Крымского моста;

- в медицине – врачи смогут посмотреть строение скелета, органы и многое другое. Так же есть прекрасные разработки для слабовидящих, очки, помогающие при тестировании зрения установить с высокой точностью диоптрию, необходимую для покупки очков. Или же сами очки, которые регулируются под каждый глаз по-своему. Одна из самых ярких разработок - OrCam MyEye, данные очки не только помогают видеть картинку лучше, но и считывают текст, который перед глазами и зачитывают текст в ухо пользователя, помимо этого они умеют считывать лица, распознавать цвета, штрих-коды и многое другое [2];

- в военной сфере создали шлем, который считывает движения головы пользователя и проецирует картинку с камеры ночного видения;

В будущем обещают, что технологии AR будут внедрены повсюду и будут так же популярны, как банальные повседневные вещи.

Можно выделить некие проблемы развития VR и AR технологий:

- большие размеры и неудобство в использовании гарнитур в VR реальности и их дизайн;
- касаясь AR – реальности пользователи также выделяют некие неудобства по отношению использования очков;

- качество контента еще не достигло хорошего качества, оно однообразное и несовершенно в реализации;

- стоимость – очень высока. Компании используют в основном приобретение полноценных носимых устройств (очки, шлемы), потому что использование для данных целей мобильных устройств является еще несовершенным и маломощным.

– юридическая сторона – защита конфиденциальных данных и кибербезопасность. Постоянные изменения и более тщательная защита данных регламентом и законами.

– конкуренция – очень высока со стороны других разработчиков в процессе сотрудничества с компаниями, ищущими проекты в сфере, дополненной и виртуальной реальностей или готовыми инвестировать в такие проекты» [10].

Проанализировав сферы виртуальной реальности можно сделать вывод, что AR более популярна из-за её меньшей сложности и затратности, ведь пользователь может увидеть дополненную реальность где угодно, с мобильного, проходя по улице, увидев рекламный билборд и многое другое, что не скажешь о VR, где необходима специальная гарнитура для полного погружения, но сравнивать их между собой по полезности не правильно, AR облегчает повседневную жизнь, а VR делает жизнь более красочной и весёлой, погружая пользователя в виртуальный мир и благодаря которому он сможет забыться. В [3] была проанализирована сфера AR, по которой видно, какое колоссальное количество пользователей использует AR через мобильные устройства и как быстро это число растёт (рис. 3).

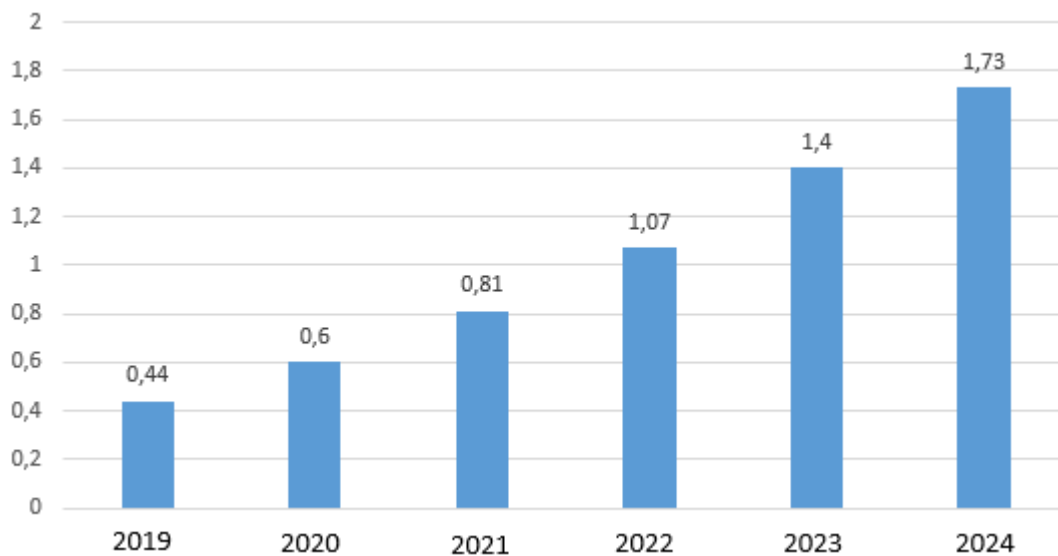


Рис. 3. Количество активных пользователей мобильной AR по всему миру в млрд.

Fig. 3. Number of active mobile AR users worldwide in billions

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Рассмотрим подробнее использование данных технологий.

Виртуальная реальности, её можно использовать во многих сферах жизни, чтобы облегчить её функциональность:

– развлечения. В основном используется для виртуальных игр, ведь это так реалистично, популярно и очень впечатляюще;

– обучение сотрудников. Крайне полезно смоделировать виртуальную рабочую среду, где сотрудник сможет протестировать свои навыки, это очень актуально в медицине, чтобы провести виртуальную операцию и научить интернов их будущей профессии, или же пожарников провести тушение виртуального пожара в экстренной ситуации; вождение самолета, отработка военной снаровки и т.д. [4];

– наука. В виртуальной реальности учёный сможет гораздо легче проводить исследования, можно грубо говоря двигать атомами, как в конструкторе и исследовать новые вершины;

– астрономия. Виртуальный космос со звёздами будет интересен не только ученым, но и пользователям от мало до велика;

– архитектура. Несколько десятков лет назад архитекторы делали чертежи руками, на что нужно было потратить уйму времени и нервов, теперь же они могут делать чертежи и 3D чертежи в специальных программах, моделирование и постройка дома и т.д., все что облегчит жизнь и работу [5];

– реклама – перешла в новую эпоху благодаря технологиям AR, компании гиганты продолжают инвестировать в новые проекты, например один только Facebook владеет 11-ю AR/VR компаниями, как и другие бизнес-гиганты. На (рис. 4) предоставлен график объёма мирового рынка в млн. долларов, данные собраны относительно: визуального поиска, facebook, snapchat, tiktok, web AR, in-game, другое [6].

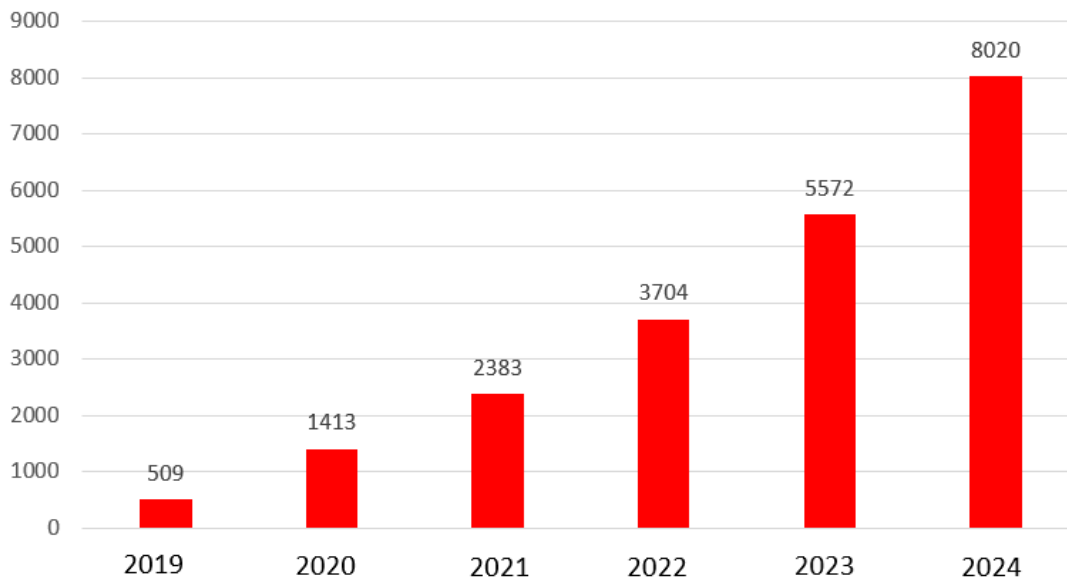


Рис. 4. Объём мирового рынка мобильной дополненной реальности в млн. долларов  
Fig. 4. The volume of the global market for mobile augmented reality in millions of dollars

Дополненная реальность. Рассмотрим примеры использования AR технологии в маркетинге:

– решение Siemens. Компания сделала AR-приложение, благодаря которому любой клиент мог выбрать себе элемент кухонной мебели, как он будет смотреть именно на их кухне благодаря камере телефона, или планшета показывает виртуальную картинку будущего интерьера;

– решение IKEA. Создали приложение IKEA Place, благодаря которому и камере телефона можно «примерить» любой элемент мебели в своей квартире, будь то кресло, диван, или кровать, можно посмотреть всё что угодно, что очень удобно [7, 12];

– инструкции, которыми часто многие пренебрегают, дизайнер Адам Пикард разработал приложение, которое визуализирует сборку мебели из IKEA по инструкции, благодаря чему сборка мебели становится гораздо легче и приятнее;

– оживающие принты – часто на разные праздники дарят кружки с принтом, а что, если бы принт мог двигаться? Компания BeaversBrothers разработала довольно оригинальный вид поздравлений, установив на телефон приложение и наведя камеру на кружку с принтом можно увидеть прекрасную анимированную картинку, что ярко запомнится и будет крайне оригинальным подарком;

– всё постепенно переходит в цифровую жизнь и бумажки никому не нужны, но билеты на концерты по-прежнему печатаются, и компания BeaversBrothers сделали оригинальные билеты для певицы Елены Темниковой, при наведении камеры на билет появлялся 3D куб, начинался отрывок песни, и певица своим голосом приглашала пользователя на концерт. В результате гости получили заряд эмоций и ещё до концерта прониклись атмосферой концерта. То же самое они сделали для одной автомобильной компании, при выходе нового автомобиля была разослана реклама, скачав



специальное приложение можно было посмотреть анимированную презентацию автомобиля, что очень красочно выглядело и наглядно демонстрировало все плюсы автомобиля, такая реклама отложится в памяти у пользователей.

Хотя AR технологии не требуют больших затрат, их рекламу довольно легче создать и показать пользователям, а реклама на VR устройствах хоть и будет довольно дорогая, но, с другой стороны, будет в разы красивее и гораздо лучше запомнится [8].

– Компания Volvo решила выпустить люксовый автомобиль Volvo XC 90 и что бы собрать пред заказы по максимуму применили VR рекламу, и брендированные очки на базе Google Cardboard. Пользователи могли окунуться в виртуальный тест драйв на данном авто, что помогло достигнуть поставленной цели и увеличение дохода.

– Кто бы ни хотел, проходя по торговому центру немного отдохнуть и расслабиться, данную задумку реализовала компания Merrell, они установили интерактивную сцену в одном из торговых центров на основе VR игры, где можно было пройти по горам и развлечься в новых кроссовках, выпущенных этой компанией. Пользователь мог полюбоваться рекламой и расслабиться. Благодаря такому маркетинговому ходу потенциальные покупатели могли протестировать новую обувь в «полевых» условиях ещё до покупки, а фирма повысить свои доходы.

– Многие хотели бы побывать на заводе по производству их любимых сладостей, особенно дети, но большинство заводов в принципе не проводят экскурсии, или же они находятся очень далеко от места жительства и путешествие туда становится невозможным. Компания Oreo решила провести небольшую экскурсию по своему заводу и провести анимированный VR-тур по созданию их нового вида печенья, что произвело огромное впечатление на покупателей. Видео в формате 360 градусов собрало более 3 млн. просмотров за несколько месяцев.

– Компания General Electric пошла дальше и показала не обычную анимацию по созданию своей продукции, а провела настоящую VR экскурсию по их цеху и показала пошагово, как создаются их турбины.

– Выбирать мебель для своей комнаты с помощью «мобильника», конечно, очень удобно, но можно и купить квартиру с помощью VR-приложения. Оно позволяет походить по виртуальным квартирам и осмотреть их, не выходя из дома, что очень поможет и облегчит выбор будущего места жительства [9].

– С помощью AR можно также прорабатывать разные ситуации ЧС для обучения школьников и развития критического мышления за счёт «прожитого» опыта.

Помимо обучения школьников также полезно будет развиваться в сторону обучения специалистов, хоть такие проекты уже существуют, их ещё мало и, следовательно, рынок не занят, что дает возможность конкурировать с различными компаниями.

В 2020 году продажи очков дополненной реальности составили 250 тыс. ед., к концу 2022 года их количество вырастет более чем 410 тыс. ед. По прогнозам в 2024 году будет продано 3,9 млн ед. подобных устройств, что в 15 раз больше, чем в 2020 году.

Согласно прогнозам, технология виртуальной реальности (AR и VR), приносящая до пандемии 7,9 млрд долларов США в 2018 году, выйдет на уровень до 44,7 млрд долларов США к 2024 году. Мировой рынок дополненной реальности, виртуальной реальности и смешанной реальности достигнет 30,7 млрд долларов США в 2021 году, а к 2024 году вырастет почти до 300 млрд долларов США. Объем рынка дополненной реальности в 2020 году составил 12,56 млрд долларов США, при этом расходы на AR-решения увеличиваются.

В 2024 году планируется резкий скачок объема рынка AR и VR до 12,19 млрд долларов США. Сейчас же всего 3,89 млрд долларов США (2020 год) уходит на технологии виртуальной реальности [11, 13].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Развитие технологий на данный момент является самым главным для человечества, не только для облегчения повседневной жизни, но и выживания, медицины, обучения, военных и т.д. Виртуальная реальность и дополненная реальность ускоренно развивается, что есть большим плюсом. Виртуальная реальность была придумана в основном для развлечений, теперь же она используется и для обучения профессиональными навыками высококвалифицированных специалистов, что в настоящее время крайне необходимо. Так как, например, гораздо лучше медику потренироваться в виртуальном пространстве провести операцию, чем тренироваться на манекенах, или следить за самим процессом операции со стороны. Так же и дополненная реальность, хоть она и используется в основном для красивой рекламы, её потенциал тоже очень велик и полностью ещё не раскрыт.

Все мы видели фильмы из будущего, где летают авто, люди созваниваются по голограммам, всё это возможно и рано, или поздно будет тоже реализовано и тогда это уже не будет реальностью, а пока это выглядит и звучит как сказка.

## **Список литературы**

1. Что такое виртуальная и дополненная реальность? Принцип работы VR и AR технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://mining-cryptocurrency.ru/vr-ar-virtualnaya-dopolnennaya-realnost/>
2. Помощь слабовидящим в XXI веке: новые устройства [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ochki.com/articles/pomoshh-slabovidyashhim-v-xxi-veke-novyye-ustrojstva>
3. Анализ и прогнозы дополненной реальности [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/future/226190-shokiruyushchie-cifry-grafiki-statistika-prognozy-dopolnennoy-realnosti>
4. AR и VR в маркетинге [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/marketing/126761-ar-i-vr-v-marketinge>
5. Удачные примеры использования AR и VR [Электронный ресурс]. URL: <https://wylsa.com/kak-ar-i-vr-pomogayut-prodavat-i-spasayut-zhizni-19-udachnykh-primerov/>
6. Технологии виртуальной и дополненной реальности [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Технологии\\_виртуальной\\_и\\_дополненной\\_реальности.\\_Обзор\\_TAdviser\\_2022](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Технологии_виртуальной_и_дополненной_реальности._Обзор_TAdviser_2022)
7. Различия технологий и сферы применения [Электронный ресурс]. URL: <https://dtf.ru/gamedev/75208-ar-vs-vr-vs-mr-razlichiya-tehnologiy-i-sfery-primeneniya>
8. Виртуальная и дополненная реальность [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/ua-hosting/blog/393835/>
9. История развития AR/VR [Электронный ресурс]. URL: <https://rb.ru/story/vsyo-o-vr-ar/>
10. Коннова З.И., Семенова Г.В. Технологии дополненной и виртуальной реальности: инновации в обучении иностранным языкам в вузе // Научный результат. Педагогика и психология образования. 2021. Т.7. №3. С. 53-67. DOI: 10.18413/2313-8971-2021-7-3-0-5. URL: [http://trinformation.ru/media/pedagogy/2021/3/Коннова\\_Семенова.pdf](http://trinformation.ru/media/pedagogy/2021/3/Коннова_Семенова.pdf)
11. Сарафанова А.Г., Сарафанов А.А. Технологии смешанной реальности в туристской сфере // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. Т. 7. № 4. 2021. С. 20-33. DOI: 10.18413/2408-9346-2021-7-4-0-3. URL: [http://trinformation.ru/media/business/2021/4/Бизнес\\_и\\_сервис-20-34.pdf](http://trinformation.ru/media/business/2021/4/Бизнес_и_сервис-20-34.pdf)
12. Маслова М.А. Принципы безопасности интернета вещей / М.А. Маслова // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. – 2018. – № 3(29). – С. 38-42.
13. Шмагин В.С. Обзор и анализ развития искусственного интеллекта / В.С. Шмагин, М.А. Маслова // Научный результат. Информационные технологии. – 2020. – Т. 5. – № 4. – С. 3-8.

## **References**

1. What is virtual and augmented reality? The principle of operation of VR and AR technologies [Electronic resource]. URL: <https://mining-cryptocurrency.ru/vr-ar-virtualnaya-dopolnennaya-realnost/>
2. Help for the visually impaired in the 21st century: new devices [Electronic resource]. URL: <https://www.ochki.com/articles/pomoshh-slabovidyashhim-v-xxi-veke-novyye-ustrojstva>

3. Analysis and forecasts of augmented reality [Electronic resource]. URL: <https://vc.ru/future/226190-shokiruyushchie-cifry-grafiki-statistika-prognozy-dopolnenney-realnosti>
4. AR and VR in marketing [Electronic resource]. URL: <https://vc.ru/marketing/126761-ar-i-vr-v-marketinge>
5. Good examples of using AR and VR [Electronic resource]. URL: <https://wylsa.com/kak-ar-i-vr-pomogayut-prodavat-i-spasayut-zhizni-19-udachnykh-primerov/>
6. Technologies of virtual and augmented reality [Electronic resource]. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Технологии\\_виртуальной\\_и\\_дополненной\\_реальности.\\_Обзор\\_TAdviser\\_2022](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Технологии_виртуальной_и_дополненной_реальности._Обзор_TAdviser_2022)
7. Differences in technology and scope [Electronic resource]. URL: <https://dtf.ru/gamedev/75208-ar-vs-vr-vs-mr-razlichiya-tehnologiy-i-sfery-primeneniya>
8. Virtual and augmented reality [Electronic resource]. URL: <https://habr.com/ru/company/ua-hosting/blog/393835/>
9. History of AR/VR development [Electronic resource]. URL: <https://rb.ru/story/vsyo-o-vr-ar/>
10. Konnova Z.I., Semenova G.V. Augmented and virtual reality technologies: innovations in teaching foreign languages at the university // Scientific result. Pedagogy and psychology of education. 2021. V.7. Number 3. pp. 53-67. DOI: 10.18413/2313-8971-2021-7-3-0-5. URL: [http://trinformation.ru/media/pedagogy/2021/3/Коннова\\_Семенова.pdf](http://trinformation.ru/media/pedagogy/2021/3/Коннова_Семенова.pdf)
11. Sarafanova A.G., Sarafanov A.A. Mixed technologies reality in the tourism sector // Scientific result. business technology and service. Т. 7. No. 4. 2021. P. 20-33. DOI: 10.18413/2408-9346-2021-7-4-0-3. URL: [http://trinformation.ru/media/business/2021/4/Бизнес\\_и\\_сервис-20-34.pdf](http://trinformation.ru/media/business/2021/4/Бизнес_и_сервис-20-34.pdf)
12. Maslova M.A. Security principles of the Internet of things / M.A. Maslova // Bulletin of the Ural Federal District. Security in the information sphere. – 2018. – No. 3 (29). – P. 38-42.
13. Shmagin V.S. Review and analysis of the development of artificial intelligence / V.S. Shmagin, M.A. Maslova // Scientific result. Information Technology. – 2020. – V. 5. – No. 4. – P. 3-8.

**Кузьминых Егор Сергеевич**, студент третьего курса кафедры Информационная безопасность Института информационных технологий

**Маслова Мария Александровна**, старший преподаватель кафедры Информационная безопасность Института информационных технологий, аспирант, младший научный сотрудник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ)

**Kuzminykh Egor Sergeevich**, Third-year Student of the Department Information security, Institute of Information Technologies

**Maslova Maria Alexandrovna**, Senior Lecturer of the Department Information security Institute of Information Technologies, postgraduate student, junior researcher Rostov State Economic University (RINH)

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ  
ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DECISION MAKING

УДК 004.056

DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-7

Надейкина В.С.  
Лагуткина Т.В.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ  
МНОГОФАКТОРНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ

Севастопольский государственный университет, ул. Университетская, д. 33, г. Севастополь, 299053, Россия

*e-mail: nice.nadeykina@mail.ru, lagutkina.tatiana@mail.ru*

**Аннотация**

Роль уязвимостей в защите информации занимает большую нишу, для традиционной однофакторной аутентификации является серьезной проблемой как для специалистов по безопасности и исследователей данной проблемы. Решений безопасности должны быть своевременными и продуктивными. В данном направлении были разработаны новые технологически продвинутые инструменты многофакторной аутентификации. Multi-factor Authentication (MFA). Данная технология сочетает в себе два или более типов аутентификации для обеспечения и улучшения дополнительных способов безопасности аутентификации пользователей. Рассмотрим и проанализируем некоторые способы реализации многофакторной аутентификации.

**Ключевые слова:** аутентификация; многофакторная аутентификация; принципы аутентификации; способы реализации многофакторной аутентификации; MFA

**Для цитирования:** Надейкина В.С., Лагуткина Т.В. Анализ способов реализации системы многофакторной аутентификации // Научный результат. Информационные технологии. – Т.7, №4, 2022. – С. 59-66. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-7

Nadeikina V.S.  
Lagutkina T.V.

ANALYSIS OF WAYS TO IMPLEMENT A MULTI-FACTOR  
AUTHENTICATION SYSTEM

Sevastopol state University, 33 Universitetskaya St., Sevastopol, 299053, Russia

*e-mail: nice.nadeykina@mail.ru, lagutkina.tatiana@mail.ru*

**Abstract**

The role of vulnerabilities in information security occupies a large niche, for traditional one-factor authentication is a serious problem for both security specialists and researchers of this problem. Security solutions must be timely and productive. In this direction, new technologically advanced multi-factor authentication tools have been developed. Multi-factor Authentication (MFA). This technology combines two or more types of authentication to provide and enhance additional security methods for user authentication. Consider and analyze some ways to implement multi-factor authentication.

**Keywords:** authentication; multi-factor authentication; authentication principles; ways to implement multi-factor authentication; MFA

**For citation:** Nadeikina V.S., Lagutkina T.V. Analysis of ways to implement a multi-factor authentication system // Research result. Information technologies. – Т.7, №4, 2022. – P. 59-66. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-7

**ВВЕДЕНИЕ**

С развитием Интернета стали доступны различные виды онлайн-сервисов. Однако Интернет не обеспечивает прямого взаимодействия между пользователями. Невозможно физически аутентифицировать пользователей для доступа к важным ресурсам. Поэтому аутентификация законных пользователей интернет-услуг имеет первостепенное значение.

Для аутентификации пользователей изначально использовали однофакторную аутентификацию, но с ростом уязвимостей и рисков стала острой необходимостью в ее более тщательной защите [1].

Несмотря на свою распространенность, системы защиты паролей достаточно слабы с точки зрения безопасности. Если обозначить строгие требования к паролю (пароли должны состоять из 8-16 символов, представлять собой псевдослучайную последовательность и содержать буквы разных регистров, цифры и специальные символы, при этом пароли необходимо менять каждые 3 месяца и использовать разные пароли для разных ресурсов), то это усложнит их запоминание. Предоставление общего доступа к паролю может быстро поставить вашу учетную запись под угрозу. Кроме того, неавторизованные пользователи могут попытаться получить доступ с помощью «атак методом перебора», «радужных таблиц», или методов социальной инженерии.

Компания, ведущая свою деятельность в сфере информационной безопасности, «Лаборатория Касперского» собрала анонимизированную статистику: 150 тысяч россиян за период с января по сентябрь 2022 года подверглись кибератакам, нацеленным на кражи паролей и логинов от учётных записей в мессенджерах, соцсетях, игровых сервисах, онлайн-банках.

Злоумышленники используют вирусы-стилеры (трояны) для кражи паролей и учетных данных из браузеров и мессенджеров для компьютеров. Эти вирусы находят информацию в системных файлах Windows или в реестре, затем отправляют данные мошенникам. [1]

С диверсификацией и изощренностью хакерских методов безопасность и аутентификация больше не зависят исключительно от ее идентификатора и аутентификации по паролю. Таким образом возникает потребность использования дополнительных факторов аутентификации.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Процесс однофакторной аутентификации имеет стандартное описание. Пользователь для своей идентификации опрашивает идентификатор –  $x$  в систему, которая проверяет его, вычисляя функцию  $F(x)$  на получение верного сохраненного значения  $y$ . Многофакторная аутентификация (MFA) — это метод идентификации пользователя, который сочетает в себе ряд аутентификаций разных типов.

О силе механизма аутентификации можно судить по тому, от скольких факторов он зависит, чем больше дополнительных уровней безопасности будет применено, тем эффективнее будет защита учетной записи от несанкционированного доступа к аккаунтам пользователей.

Фактор аутентификации – это категория учетных данных, используемых для проверки личности. Для MFA каждый дополнительный элемент предназначен для повышения уверенности в том, является ли подлинным идентификатор объекта, запрашивающего доступ к системе. Использование нескольких форм аутентификации может затруднить работу хакеров. Выделяют три основных фактора для многофакторной аутентификации (рис. 1) [2].

Первый фактор – фактор знания – информация, известная только пользователю. Это, например, пароли, секретные вопросы и ответы на них, кодовые слова, идентификационные номера (PIN-коды) и другое. Чтобы использовать фактор знаний для MFA, пользователь должен ввести информацию, которая соответствует сведениям, ранее сохраненным в базе данных.

Второй фактор – фактор владения – любые предметы, принадлежащие объекту аутентификации. К таким предметам относятся токены безопасности, смарт-карты для генерации одноразовых кодов, сим-карта мобильного телефона и другое.

Третий фактор – фактор свойства – к этому фактору относятся какие-либо биометрические данные (отпечатки пальцев, рисунок радужной оболочки глаза и сетчатки, геометрия кисти руки, очертания и размеры лица, тембры голоса, рисунок вен) или модель поведения [3, 4].

Помимо основных факторов MFA, используются также дополнительные (рис. 1). [5]

Факторы основанные на местоположении и времени – использование метаданных и параметров сети, координат GPS, а также распознавание аппаратных средств, с помощью которых совершается аутентификация.

Фактор на основе использования социальных сетей – использование данных веб-сайта, которому пользователь предоставил разрешение. Среди используемых данных – пароль и имя пользователя для совершения входа на онлайн-ресурс.

Фактор на основе рисков (адаптивная MFA) – сочетание адаптивной аутентификации и алгоритмов вычисления рисков. Эта аутентификация предназначена для уменьшения количества избыточных входов в систему [6].

Многофакторная аутентификация сочетает в себе два или более типов аутентификации, чтобы обеспечить лучший и безопасный способ аутентификации пользователей. Целью MFA является создание многоуровневой защиты, которая затрудняет несанкционированный доступ к цели – вычислительное устройство, сеть, база данных, физическое местоположение и даже компрометация одного фактора или его нарушение не даст ему доступа, а придется еще потратить время для преодоления еще нескольких барьеров для окончательного проникновения или взлома.



Рис. 1. Факторы аутентификации  
Fig. 1. Authentication factors

Рассмотрим некоторые из способов реализации MFA.

Биометрическая аутентификация. При таком типе аутентификации используется совокупность нескольких биометрических технологий. В современном подходе, биометрические характеристики можно разделить на два основных класса:

- физиологический класс представляет собой: отпечатки пальцев, распознавание лиц и радужной оболочки, геометрия рук, голос (поскольку у разных людей разные свойства голоса);
- поведенческий класс связан с моделью поведения человека - подпись, динамика нажатия клавиш и манера речи. Голос можно отнести и к физиологическому фактору [6 -8, 15].

Недавно была разработана новая тенденция, которая объединяет человеческое восприятие с компьютером – база данных в интерфейсе мозг-машина. Этот подход называют когнитивной биометрикой – основана на данных о специфической реакции мозга на раздражители, которые могут быть использованы для запуска поиска в компьютерной базе данных.

Биометрические системы могут выполнять две функции: верификацию и аутентификацию. Следовательно, используемые методы, должны быть достаточно надежными, чтобы можно было использовать обе эти возможности одновременно. В настоящее время разрабатываются когнитивные биометрические системы, которые используют реакцию мозга на обонятельные стимулы, распознавание лиц и умственные способности для поиска в портах и зонах повышенной безопасности.

Существуют другие стратегии разработки – ДНК, геометрия рук по отпечаткам ладоней, ходьбе, сетчатке, рисунке вен на руках, запахов, термограмме лица и ушном канале, которые внедряются все больше для решений различных угроз в информационной безопасности. Так как данные неповторимы использование биометрии помогает достигать высокой степени безопасности, которую еще нужно очень серьезно дорабатывать и развивать.

Риски компрометации распределенной базы данных биометрических данных, которые применяют в приложениях безопасности, имеют высокий уровень при определении конфиденциальности отдельных лиц и, следовательно, о неразглашении. Развития и пути решения в необходимости таких баз данных можно достичь путем грамотного применения биометрии без ущерба для безопасности

**Биометрическая криптография.** При таком способе данные защищены с использованием системы симметричного шифрования, в то время как системы с открытым ключом используются для цифровых подписей и для безопасного обмена ключами между пользователями. От пользователя требуется выбрать легко запоминающийся код доступа, который используется для шифрования криптографического ключа. Затем этот зашифрованный ключ может быть сохранен на жестком диске компьютера. Чтобы получить криптографический ключ, пользователю нужно ввести пароль, который затем будет использован для расшифровки ключа. [9, 10]

Есть разные применяемые методы для защиты ключа с помощью биометрии, например – удаленное сопоставление шаблонов и хранение ключей. Его проверяют путем захвата биометрического изображения и сравнивают с шаблоном, проверяется верификация пользователя – следовательно ключ высвобождается из безопасного хранилища. Данный метод удобен, так как не нужно запоминать свой пароль, и он отлично подходит для приложений физического доступа, в котором ключи, шаблоны хранятся в безопасном месте, т.к. отделены от устройства захвата изображения. При данном методе необходимо обеспечить защиту линий связи от подслушивающих устройств. Минусом является то, что при использовании данного метода на персональном компьютере, ключи чаще всего хранятся в открытом виде на жестком диске и это составляет опасность.

Следующий метод состоит в сокрытии криптографического ключа в самом шаблоне регистрации с помощью доверенного (секретного) алгоритма замены битов. Работа состоит в том, что после прохождения аутентификации данный алгоритм будет извлекать биты ключа из определенных мест и вставлять данный ключ в систему. Так как данный криптографический ключ всегда будет извлекаться из одного и того же местоположения при каждой аутентификации другого пользователя, следовательно, атакуемый сможет легко определить биты и их расположение, которые и определяют данный ключ, что даст возможность восстановить встроенный ключ из любого шаблона других пользователей системы.

Третий же метод использует данные, которые были получены из биометрического изображения, т.е. это биометрический шаблон, который используется в качестве криптографического ключа. Работа заключается в следующем, после регистрации процесс биометрического шифрования объединяет биометрическое изображение с цифровым ключом для создания защищенного блока данных (Bioscrypt), где цифровой ключ используется как криптографический ключ. Т.е. идет проверка биометрического шифрования, где извлекается криптографический ключ, объединяющий биоскрипт и биометрическое изображение. Т.е. процесс дает не краткие ответы при биометрическом шифровании – да или нет, а помогает легко получить выпуск ключа, путем извлечения его и воссоздания путем объединения Bioscrypt и биометрического изображения.

**Аппаратные токены.** Аппаратный аутентификатор – устройство, которое владелец носит с собой для получения разрешения на доступ к каким-либо сетевым ресурсам. Физические токены обеспечивают фактор владения для многофакторной аутентификации, улучшенной для банков и поставщиков приложений, которым необходимо защитить несколько приложений на одном устройстве, путем аутентификации с помощью одноразовых кодов [2]. Каждый токен имеет уникальный секретный криптографический ключ, хранящийся внутри него, используемый для

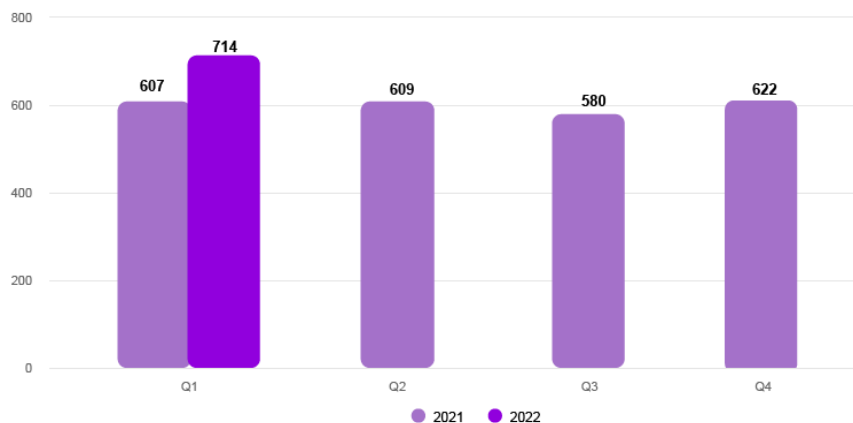
установления личности токена посредством «рукопожатия» (запрос-ответ). Сторона, устанавливающая аутентификацию, отправляет запрос, ответ на который вычисляется с использованием секретного ключа. Иногда вызов неявно принимается за текущее время. Секретный ключ никогда не должен покидать токен. Попытки взломать токен, чтобы восстановить ключ, должны привести к уничтожению ключа. Аутентификация пользователя по токену может быть основана на паролях в виде PIN-кода (личного идентификационного номера). С технической позиции лучшей комбинацией есть биометрическая аутентификация пользователей по токену с дальнейшей взаимной криптографической аутентификацией между системными службами и токеном.

Аутентификация на основе токенов сегодня является технической реальностью, но ей все еще не хватает значительного проникновения на рынок. Многие существующие системы используют настольную рабочую станцию в качестве «токена» для аутентификации с остальной частью сети. Криптографический ключ вычисляется рабочей станцией на основе пароля пользователя, на основе которой рабочая станция аутентифицирует в сети.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

На сегодняшний день роль цифровизации очень значительна и она большими темпами проникает во все направления современного общества. С постепенным исчезновением традиционного способа ведения бизнеса в реальном пространстве и соответствующим увеличением числа предприятий в киберпространстве наблюдается увеличение частоты, с которой пользователи должны идентифицировать себя онлайн. К сожалению, это также привело к соответствующему увеличению случаев киберпреступности, что создает проблему для уровней безопасности систем управления идентификацией.

По данным Positive Technologies в первом квартале 2022 года атаки направленные на частных лиц учетные данные достигли 46% случаев относящихся к общему объему похищенной информации; во втором с помощью постоянных атак на различные веб-ресурсы данные возросли до 22%, что в предыдущем квартале составляло 13%. За счет проведенных атак с помощью компроментации и подбора учетных данных на веб-ресурсах, соц.сетях и аккаунтах компаний [14].



*Рис. 2. Количество атак в 2021 и 2022 годах (по кварталам)  
Fig. 2. Number of attacks in 2021 and 2022 (quarterly)*

Следовательно необходимы надежные и безопасные системы управления идентификацией, которые контролируют все механизмы аутентификации, авторизации и аудита идентификационных данных пользователя – аутентификация является одним из таких ключевых средств обеспечения безопасности и применяется все чаще, например при управлении правами доступа, коммуникациями, онлайн-платежами.



Был проведен опрос среди студентов и преподавателей нашего университета, и приведена статистика - из 200 опрошенных студентов и преподавателей, 70% пользуются многофакторной аутентификации для получения доступа к интернет-ресурсам (рис. 3). Опрос также показал, что только 5% опрошенных, использующих MFA, подвергались краже учетных данных (рис. 4), в то же время среди опрошенных, не использующих MFA карже данных подвергались 20% (рис. 5).

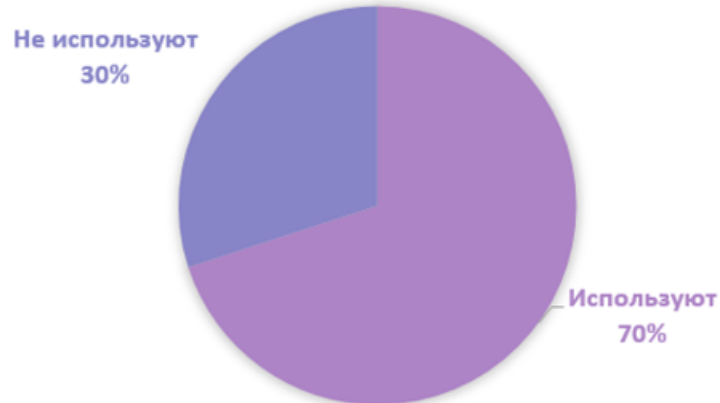


Рис. 3. Использование MFA

Fig. 3. Using MFA



Рис. 4. Подвержение учетных данных при использовании MFA

Fig. 4. Credential verification when using MFA



Рис. 5. Подвержение учетных данных не использующих MFA

Fig. 5. Credential verification for non-MFA users

Таким образом, использование многофакторной аутентификации уложняет злоумышленникам реализацию атаки, тем самым снижается риск потери данных.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Применение и значение аутентификации с каждым днем растет, так как в мире цифровых технологий пользователи все больше начинают отдавать приоритеты своим биометрическим данным относящимся к авторизации как дополнительный метод защиты при использовании парольной защиты от различных атак и несанкционированных действий. MFA дает пользователям простоту, защиту и большую безопасность при доступе к своим аккаунтам, своим конфиденциальным данным, исключая риски утечки и кражи информации. Многофакторная аутентификация является не стандартизированной и ее реализация может иметь различные формы, проблема лишь состоит в способности взаимодействия. При выборе, разработке, тестировании, внедрении, обслуживании системы управления полной идентификацией безопасности необходимо обращать тщательное внимание на различные аспекты, процессы и механизмы аутентификации непосредственно связанными с этим технологиями. В данной статье были рассмотрены и проанализированы различные способы возможно реализации многофакторной аутентификации и ее помощь в защите информации пользователей, которая уже есть неотъемлемой частью жизни любого человека. Данная технология имеет большое количество плюсов и конечно требует еще большего внимания и развития для еще большего увеличения безопасности пользователя в информационном пространстве.

### **Список литературы**

1. Kaspersky Lab has calculated how many times hackers have tried to steal passwords from Russians. URL: <https://clck.ru/32kJ6s>.
2. What is Multi-factor Authentication (MFA)? URL: <https://clck.ru/32kJ8w>.
3. Кузьминых Е.С., Маслова М.А. Анализ и сравнение биометрических способов идентификации личности человека // Научный результат. Информационные технологии. – 2021. – Т. 6. – № 4. – С. 13-19.
4. Девицына С.Н., Елецкая Т.А., Балабанова Т.Н., Гахова Н.Н. Разработка интеллектуальной системы биометрической идентификации пользователя // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2019. Т. 46. № 1. С. 148-160.
5. Fedotov A.S. Basic principles of implementing multi-factor authentication // 67th Scientific and Technical Conference of students, undergraduates and undergraduates, April 18-23, Minsk: collection of scientific papers: at 4 h. h. 4.
6. Маслова М.А. Анализ и определение рисков информационной безопасности // Научный результат. Информационные технологии. – 2019. – Т. 4. – № 1. – С. 31-37.
7. Troshkov A.M., Kondrashov A.V., Kondrashov Yu. V., Khlobystin N. S., Krylova L. A. Biometric characteristics of identity authentication and their protection system // Questions of defense technology. Series 16: Technical means of countering terrorism. Founders: Scientific and Production Association of Special Materials, FSUE "Scientific and Technical Center "Informtehnika" ISSN: 2306-1456.
8. Герасимов В.М., Маслова М.А. Возможные угрозы и атаки на систему голосовой идентификации пользователя // Научный результат. Информационные технологии. – 2022. – Т. 7. – № 1. – С. 32-37.
9. Bardaev S.E. Multifactorial biometric threshold cryptosystem // Izvestiya SFU. Technical sciences. Founders: Southern Federal University ISSN: 1999-9429eISSN: 2311-3103
10. Devitsyna S., Eletskaia T., Meshkov A.V. Developing facial recognition software to control access to campus facilities sbornike: CEUR Workshop Proceedings. 2. Ser. "InnoCSE 2019 – Proceedings of the 2nd Workshop on Innovative Approaches in Computer Science within Higher Education" 2019. P. 68-76.
11. Krotov A.V., Kutuzov A.V. Application of multi-factor authentication in order to protect EUT funds from unauthorized access // Modern scientific research and innovation. 2021. № 3.
12. Bogdanov D.S., Klyuev S.G. Classification and comparative analysis of multifactor authentication technologies in web applications // Modeling, optimization and information technology. Founders: Voronezh Institute of High Technologies eISSN: 2310-6018
13. Types Of Biometrics: A Complete Guide. URL: <https://clck.ru/32knZ3>.
14. Current cyber threats: The first quarter of 2022. URL: <https://clck.ru/32BQoD>

15. Маслова М.А. , Костиков В.А. Использование системы голосовой идентификации в качестве дополнительной защиты пользователя // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. – 2021. – № 4. – С. 223.

### References

1. Kaspersky Lab has calculated how many times hackers have tried to steal passwords from Russians. URL: <https://clck.ru/32kJ6s>.
2. What is Multi-factor Authentication (MFA)? URL: <https://clck.ru/32kJ8w>.
3. Kuzminykh E.S., Maslova M.A. Analysis and comparison of biometric methods for identifying a person // Research result. Information technology. – 2021. – Т. 6. – № 4. – P. 13-19.
4. Devitsyna S.N., Eletsкая T.A., Balabanova T.N., Gakhova N.N The development of intelligent biometric identification system user // Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies. 2019. Т. 46. № 1. P. 148-160.
5. Fedotov A.S. Basic principles of implementing multi-factor authentication // 67th Scientific and Technical Conference of students, undergraduates and undergraduates, April 18-23, Minsk: collection of scientific papers: at 4 h. h. 4.
6. Maslova M.A. Analysis and determination of information security risks // Research result. Information technology. – 2019. – Т. 4. – № 1. – P. 31-37.
7. Troshkov A.M., Kondrashov A.V., Kondrashov Yu.V., Khlobystin N.S., Krylova L.A. Biometric characteristics of identity authentication and their protection system // Questions of defense technology. Series 16: Technical means of countering terrorism. Founders: Scientific and Production Association of Special Materials, FSUE "Scientific and Technical Center "Informtehnika" ISSN: 2306-1456.
8. Gerasimov V.M., Maslova M.A. Possible threats and attacks on the user voice identification system // Research result. Information technology. – 2022. – Т. 7. – № 1. – P. 32-37.
9. Bardaev S.E. Multifactorial biometric threshold cryptosystem // Izvestiya SFU. Technical sciences. Founders: Southern Federal University ISSN: 1999-9429eISSN: 2311-3103.
10. Devitsyna S., Eletsкая T., Meshkov A.V. Developing facial recognition software to control access to campus facilities sbornike: CEUR Workshop Proceedings. 2. Ser. "InnoCSE 2019 – Proceedings of the 2nd Workshop on Innovative Approaches in Computer Science within Higher Education" 2019. P. 68-76.
11. Krotov A.V., Kutuzov A.V. Application of multi-factor authentication in order to protect EUT funds from unauthorized access // Modern scientific research and innovation. 2021. № 3.
12. Bogdanov D.S., Klyuev S.G. Classification and comparative analysis of multifactor authentication technologies in web applications // Modeling, optimization and information technology. Founders: Voronezh Institute of High Technologies eISSN: 2310-6018
13. Types Of Biometrics: A Complete Guide. URL: <https://clck.ru/32knZ3>.
14. Current cyber threats: The first quarter of 2022. URL: <https://clck.ru/32BQoD>
15. Maslova M.A., Kostikov V.A. Using the voice identification system as an additional user protection // Modern problems of radio electronics and telecommunications. – 2021. – № 4. – P. 223.

**Надейкина Виктория Сергеевна**, студент третьего курса кафедры Информационная безопасность Института информационных технологий

**Лагуткина Татьяна Владимировна**, ассистент кафедры Информационная безопасность Института информационных технологий

**Nadeikina Victoria Sergeevna**, third-year student of the Department of Information Security of the Institute of Information Technologies

**Lagutkina Tatyana Vladimirovna**, Assistant of the Department of Information Security of the Institute of Information Technologies

УДК 004.93

DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-8

Урсол Д.В.<sup>1</sup>  
Болгова Е.В.<sup>2</sup>  
Черноморец Д.А.<sup>2</sup>  
Черноморец А.А.<sup>2</sup>

**ОБ АЛГОРИТМЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗВУКОВ  
НА ОСНОВЕ КОСИНУС ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

<sup>1)</sup> ООО «Промышленные электронные системы», ул. Михайловское шоссе 121а, г. Белгород, 308000, Россия

<sup>2)</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
ул. Победы д. 85, г. Белгород, 308015, Россия

*e-mail: chernomorets@bsu.edu.ru*

**Аннотация**

Данная статья посвящена решению задачи распознавания различных звуков в окружающей среде, что широко применяется в системах наблюдения и контроля и позволяет идентифицировать объекты различной природы, например, автомобиль, катер, самолет, животных, птиц и др. В работе предложен алгоритм распознавания звуков в звуковом сигнале на основе анализа частотных составляющих сигнала, соответствующих коэффициентам дискретного косинус преобразования фрагментов исследуемого сигнала. Дискретное косинус преобразование обеспечивает в отличие от преобразования Фурье разложение сигнала на вещественные частотные составляющие, что позволяет снизить вычислительные затраты при реализации алгоритма. В разработанном алгоритме на основе частотного анализа звукового сигнала, в качестве примера, определяются ноты различных октав. На этапе предварительной обработки в исходном сигнале выделяются фрагменты, соответствующие паузам, и формируются информативные фрагменты звукового сигнала, при анализе которых на следующем этапе алгоритма осуществляется распознавание нот. Вычислительные эксперименты с модельным звуковым сигналом продемонстрировали работоспособность разработанного алгоритма.

**Ключевые слова:** звуковой сигнал; дискретное косинус преобразование; частота дискретизации; частота сигнала; ноты; октавы

**Для цитирования:** Урсол Д.В., Болгова Е.В., Черноморец Д.А., Черноморец А.А. Об алгоритме распознавания звуков на основе косинус преобразования // Научный результат. Информационные технологии. – Т.7, №4, 2022. – С. 67-75. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-8

Ursol D.V.<sup>1</sup>  
Bolgova E.V.<sup>2</sup>  
Chernomorets D.A.<sup>2</sup>  
Chernomorets A.A.<sup>2</sup>

**ABOUT THE SOUNDS RECOGNITION ALGORITHM  
BASED ON THE COSINE TRANSFORM**

<sup>1)</sup> Industrial Electronic Systems LLC, 121a Mikhailovskoe shosse, Belgorod, 308000, Russia

<sup>2)</sup> Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

*e-mail: chernomorets@bsu.edu.ru*

**Abstract**

This article is devoted to solving the problem of recognizing various sounds in the environment, which is widely used in surveillance and control systems and allows you to identify objects of various nature, for example, a car, a boat, an airplane, animals, birds, etc. The paper proposes an algorithm for recognizing sounds in an audio signal based on the analysis of the signal frequency components corresponding to the discrete cosine transform coefficients of signal fragments. The discrete cosine transform provides, in contrast to the Fourier transform, the decomposition of the signal into real frequency components, which reduces computational costs when implementing the algorithm. In the developed algorithm, based on the frequency analysis of the audio signal, as

an example, notes of different octaves are determined. At the stage of preprocessing, fragments corresponding to pauses are allocated in the initial signal and the informative audio signal fragments are formed, during the analysis of which, at the next stage of the algorithm, notes are recognized. Computational experiments with a model sound signal demonstrated the developed algorithm.

**Keywords:** sound signal; discrete cosine transform; sampling rate; signal frequency; notes; octaves

**For citation:** Ursol D.V., Bolgova E.V., Chernomoretz D.A., Chernomoretz A.A. About the sounds recognition algorithm based on the cosine transform // Research result. Information technologies. – Т.7, №4, 2022. – P. 67-75. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-8

Распознавание звуков в окружающей среде является важным в различных сферах деятельности человека. Решение задачи распознавания звуков позволяет идентифицировать объекты различной природы (или оценить их состояние), такие как человек, животное, птица, отдельные устройства (автомобиль, катер, самолет) и др., что широко применяется в системах наблюдения и контроля [1-6].

В данной работе предлагается алгоритм распознавания звуков в звукозаписи, соответствующих отдельным нотам, на основе анализа частотных составляющих сигнала, соответствующих коэффициентам дискретного косинус преобразования [7-11] фрагментов исследуемого звукового сигнала.

Дискретное косинус преобразование (ДКП) связано с дискретным преобразованием Фурье [12-15]. Однако, ДКП обеспечивает в отличие от преобразования Фурье разложение сигнала на вещественные частотные составляющие (гармоники), что позволяет снизить вычислительные затраты при реализации разработанного алгоритма.

Для сигнала  $X = (x_n)$ ,  $n = 1, 2, \dots, n_x$ , содержащего  $n_x$  отсчетов, коэффициенты  $W = (w_m)$ ,  $m = 1, 2, \dots, n_x$ , дискретного косинус преобразования, в большинстве случаев, определяются следующим соотношением:

$$w_m = \sqrt{\frac{2}{n_x}} \sum_{n=1}^{n_x} x_n \cos \frac{\pi}{n_x} (n - \frac{1}{2})(m - 1), \quad m = 1, 2, \dots, n_x. \quad (1)$$

Предлагаемый алгоритм распознавания звуков состоит в следующем.

Исходными данными в предлагаемом алгоритме являются следующие величины:

- звуковой сигнал  $Y = (y_n)$ ,  $n = 1, 2, \dots, n_s$ , – вектор, содержащий значения  $n_s$  отсчетов сигнала (будем считать, что значения отсчетов сигнала находятся в интервале  $[-1, 1]$ ),

- частота дискретизации  $f_s$  – частота взятия отсчетов непрерывного по времени сигнала при его дискретизации (Гц).

Прецедентами в решаемой задаче распознавания являются ноты До, Ре, Ми, Фа, Соль, Ля и Си, которым соответствуют различные частоты  $F = \{f_{ij}\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, 7$ ,  $j = 1, 2, \dots, 9$ , в девяти октавах: Субконтроктава, Контроктава, Большая октава, Малая октава, Первая октава, Вторая октава, Третья октава, Четвертая октава и Пятая октава.

Частоты нот  $F = \{f_{ij}\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, 7$ ,  $j = 1, 2, \dots, 9$ , в соответствующих октавах имеют значения, приведенные в таблице 1 [16].

Таблица 1

Соответствие частот (Гц) и нот в различных октавах

Table 1

Matching of frequencies (Hz) and notes in different octaves

Октава	До	Ре	Ми	Фа	Соль	Ля	Си
Субконтроктава	16,352	18,354	20,602	21,827	24,500	27,500	30,368
Контроктава	32,703	36,708	41,203	43,654	48,999	55,000	61,735
Большая октава	65,406	73,416	82,407	87,307	97,999	110,000	123,470
Малая октава	130,810	146,830	164,810	174,610	196,000	220,000	246,940
Первая октава	261,630	293,660	329,630	349,230	392,000	440,000	493,880
Вторая октава	523,250	587,330	659,260	698,460	783,990	880,000	987,770
Третья октава	1046,3	1174,7	1318,5	1396,9	1568,000	1760,000	1975,500
Четвертая октава	2093,0	2349,3	2637,0	2793,8	3136,000	3520,000	3951,100
Пятая октава	4186,0	4698,6	5274,0	5587,7	6271,900	7040,000	7902,100

Исходными параметрами разработанного алгоритма также являются следующие величины:

- размер  $n_w$  отсчетов анализируемого на наличие пауз фрагмента сигнала (скользящее окно),
- пороговое значение  $h$ , используемое для обнаружения пауз при анализе значений отсчетов сигнала,
- погрешность  $\varepsilon$  обнаружения нот (применяется для оценивания отличия частот выделяемых в сигнале гармоник от значений, приведенных в таблице 1).

На этапе предварительной обработки предлагается выполнить сегментацию сигнала на фрагменты между паузами.

Первоначально на основе пороговой обработки с порогом  $h$  в сигнале выделяются промежутки, соответствующие паузам. Для этого анализируются различные положения скользящего окна при его перемещении по отсчетам сигнала.

В очередном положении скользящего окна размером  $n_w$  отсчетов предлагается вычислить среднее арифметическое значений модулей амплитуды отсчетов сигнала  $Y = (y_n)$ ,  $n = 1, 2, \dots, n_s$ , которые соответствуют текущему положению  $k$  окна ( $k$  – номер отсчета сигнала  $Y$ , которому соответствует первый отсчет скользящего окна в заданном положении),  $k = 1, 2, \dots, n_s - n_w + 1$ :

$$m_k = \frac{1}{n_w} \sum_{i=k}^{k+n_w-1} |y_i|.$$

Если выполняется условие:

$$m_k < h,$$

то выделенный с помощью скользящего окна фрагмент считается паузой (звук отсутствует).

Иначе – выделенный с помощью скользящего окна фрагмент считается информативным (содержит звук) и добавляется к списку информативных фрагментов, содержащих различные звуки.

Если в сигнале не обнаружены информативные фрагменты, то необходимо уменьшить размер скользящего окна и/или уменьшить значение порога и повторить этап удаления пауз из исходного сигнала.

На следующем этапе осуществляется распознавание нот, соответствующих звукам, содержащимся в выделенных информативных фрагментах звукового сигнала. Распознавание нот основано на частотном анализе сигналов в рамках дискретного косинус преобразования (1).

Для каждого выделенного фрагмента  $X = (x_n)$ ,  $n = 1, 2, \dots, n_x$ , содержащего  $n_x$  отсчетов, необходимо выполнить следующие действия:

1. Вычислить коэффициенты ДКП  $W = (w_m)$ ,  $m = 1, 2, \dots, n_x$ , на основании соотношения (1).

2. Построить график энергетического спектра фрагмента сигнала, указав вдоль оси абсцисс значения частот от нуля до  $f_s/2$  – половина частоты дискретизации сигнала, вдоль оси ординат – квадраты коэффициентов ДКП.

3. Упорядочить значения квадратов коэффициентов ДКП по убыванию. В данной работе предлагается анализировать не более первых 5 коэффициентов, что позволяет распознать в выделенном фрагменте сигнала до 5 различных нот.

4. Определить частоту  $f_l$ ,  $l=1,2,\dots,5$ , которая соответствует очередному упорядоченному коэффициенту ДКП, имеющему номер  $m_l$ ,  $l=1,2,\dots,5$ :

$$f_l = \frac{f_s}{2n_x}(m_l - 1). \quad (2)$$

5. Классифицировать звук по значению его частоты  $f_l$  (определить ноту, соответствующую звуку):

а) определить в матрице  $F = \{f_{ij}\}$ ,  $i=1,2,\dots,7$ ,  $j=1,2,\dots,9$ , (таблица 1) частоту  $f_{ij}^*$ , ближайшую к частоте  $f_l$ ,

$$f_{ij}^* = \min_{\substack{i=1,2,\dots,7 \\ j=1,2,\dots,9}} |f_{ij} - f_l|, \quad (3)$$

б) будем считать, что частота  $f_l$  определяет ноту, соответствующую частоте  $f_{ij}^*$ , если для погрешности  $\sigma$ ,

$$\sigma = |f_{ij}^* - f_l|, \quad (4)$$

выполняется следующее условие:

$$\sigma < \varepsilon. \quad (5)$$

Для проверки работоспособности разработанного алгоритма были проведены вычислительные эксперименты. В качестве анализируемого звукового сигнал был использован модельный сигнал длительностью 7 с, содержащий отдельные ноты, которые разделены паузами. Частота дискретизации анализируемого звукового сигнал – 8192 отсчетов/с.

На рисунке 1 приведен модельный звуковой сигнал и его энергетический спектр, вычисленный на основе дискретного косинус преобразования.

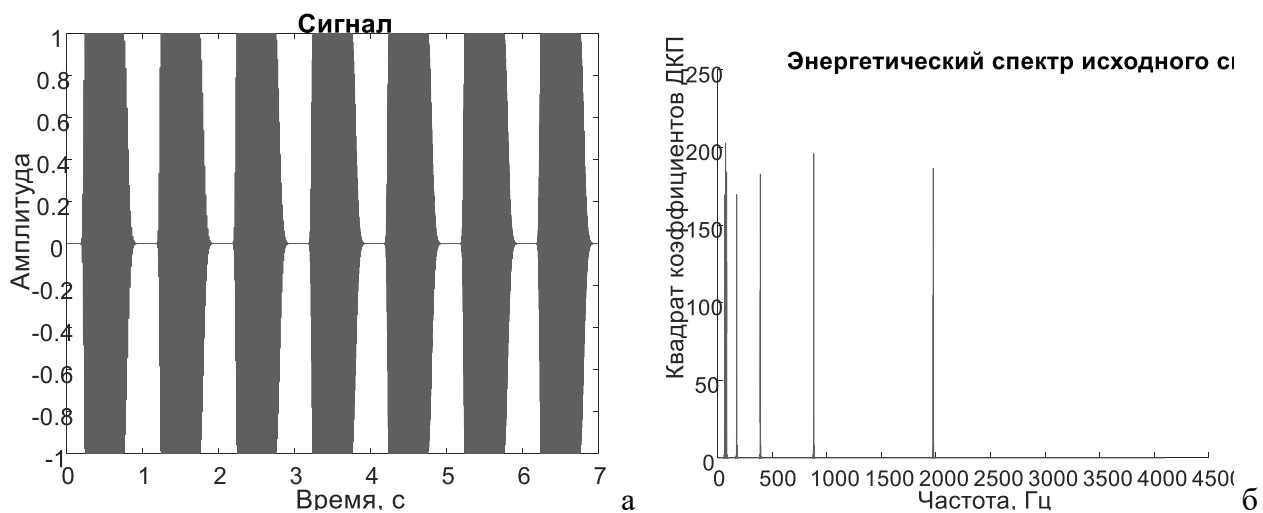


Рис. 1. Модельный сигнал:

а – значения отсчетов, б – энергетический спектр на основе ДКП

Fig. 1. Model signal: a – the samples values, b – the energy spectrum based on the DCT

Следует отметить, что энергетический спектр, приведенный на рисунке 1б, не позволяет определить фрагменты сигнала, которым соответствуют частоты, отображенные на графике энергетического спектра. В работе предложено выделить информативные фрагменты сигнала, соответствующие различным нотам.

Значения параметров алгоритма имеют следующие значения:

- размер  $n_w$  анализируемого на наличие пауз фрагмента сигнала – 128 отсчетов,
- пороговое значение  $h$ , применяемое для обнаружения пауз, – 0,2,
- погрешность  $\varepsilon$  обнаружения нот – 0,01.

Результат анализа исходного сигнала на наличие пауз приведен на рисунке 2. На данном рисунке отсчеты, соответствующие паузам, отмечены линиями.

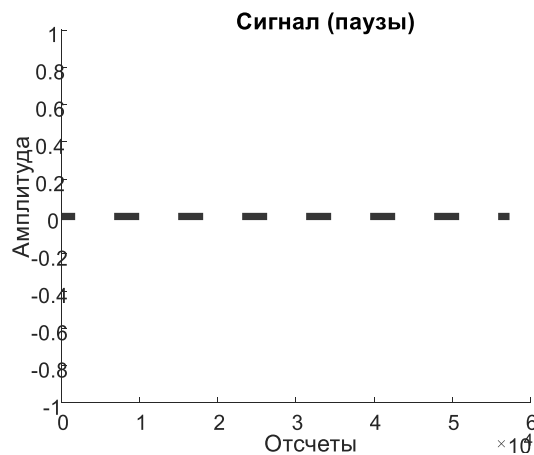
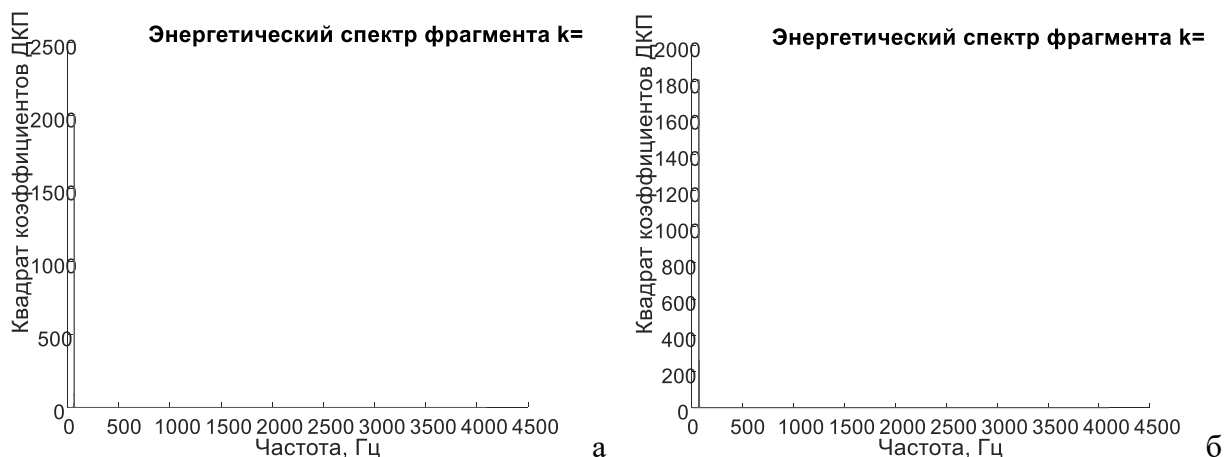


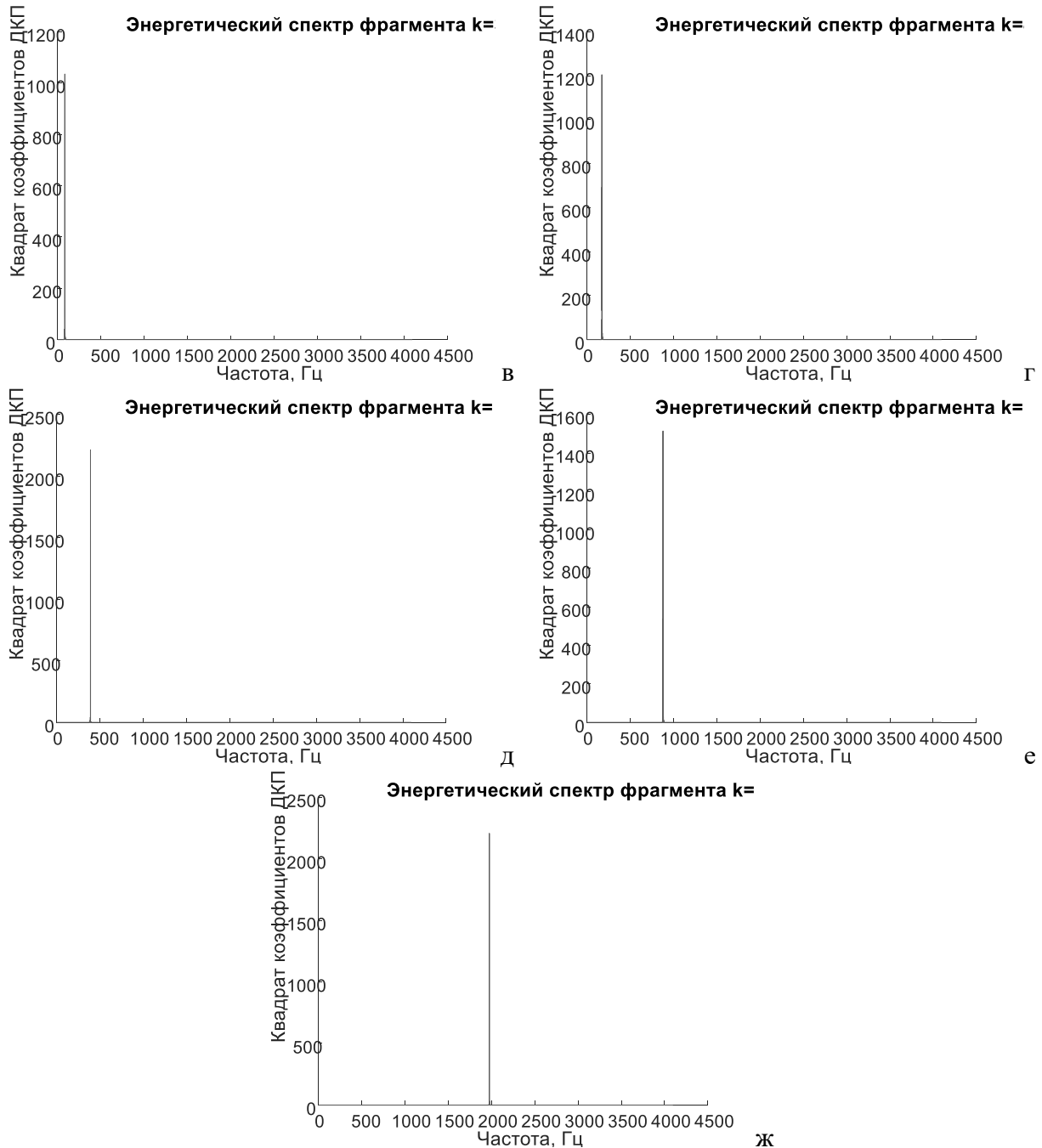
Рис. 2. Результат выделения пауз  
Fig. 2. The result of the pauses selection

В результате выделения пауз в исходном сигнале было выявлено 7 информативных фрагментов, содержащих звуки.

На рисунке 3 приведены графики спектров 7 выделенных информативных фрагментов анализируемого сигнала ( $k = 1, 2, \dots, 7$ ).







*Рис. 3. Энергетические спектры выделенных информативных фрагментов анализируемого сигнала: а – для фрагмента 1, б – для фрагмента 2, в – для фрагмента 3,*

*г – для фрагмента 4, д – для фрагмента 5, е – для фрагмента 6, ж – для фрагмента 7*

*Fig. 3. Energy spectra of the analyzed signal selected informative fragments:*

*a – for fragment 1, b – for fragment 2, c – for fragment 3,*

*d – for fragment 4, e – for fragment 5, f – for fragment 6, g – for fragment 7*

Результаты распознавания – выявления соответствия частот гармоник, приведенных на рисунке 3, и нот различных октав на основании соотношений (2)-(5), приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты распознавания нот в модельном сигнале

Table 2

The notes recognition results in the model signal

Номер фрагмента	Частота гармоники в фрагменте, Гц	Нота	Погрешность $\sigma$
1	65,641	Большая октава, нота До	0,0035
2	73,026	Большая октава, нота Ре	0,0053
3	82,872	Большая октава, нота Ми	0,0056
4	173,949	Малая октава, нота Фа	0,0038
5	392,205	Первая октава, нота Соль	0,0005
6	879,589	Вторая октава, нота Ля	0,0004
7	1975,795	Третья октава, нота Си	0,0001

Результаты распознавания нот в модельном сигнале, приведенные в таблице 2, демонстрируют работоспособность предложенного алгоритма.

Таким образом, в работе предложен алгоритм распознавания звуков на основе частотного анализа в рамках дискретного косинус преобразования. В разработанном алгоритме на основе анализа гармоник исследуемого сигнала, соответствующих коэффициентам ДКП, в качестве примера, определяются ноты различных октав, содержащихся в звуковом сигнале. Вычислительные эксперименты продемонстрировали работоспособность разработанного алгоритма. Следует отметить, что данный алгоритм при незначительных доработках может быть обобщен для решения задачи распознавания звуков произвольной природы.

#### Список литературы

1. Абрамов Г.В., Коробова Л.А., Ивашин А.Л., Матыцина И.А. Анализ и использование математических методов для распознавания звуковых сигналов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 2 (64). С. 61-65.
2. Данилов В.В., Салех Х.М. Исследование неисправностей беспилотных летательных аппаратов на основе распознавания звука агрегатов // Решение. 2018. Т. 1. С. 126-129.
3. Митянок В.В., Коновалова Н.В. Применение фазового анализа звуков речи для распознавания человека по его голосу // Техническая акустика. 2013. Т. 13. С. 4.
4. Припадчев А.А., Черный Е.В. Разработка системы для автоматизированного распознавания звуков критических ситуаций в потоке аудиосигнала / В сборнике: Альманах научных работ молодых ученых университета ИТМО. в 5 томах. 2016. С. 188-190.
5. Васильев Д.Е. Повышение эффективности распознавания звуков специального назначения с использованием искусственного интеллекта / В сборнике: Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации. Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции. Редколлегия: Бабаева З.Ш. [и др.]. Москва, 2022. С. 143-145.
6. Балабаев С.А., Лупин С.А. Ускорение работы метода определения голосов птиц / В сборнике: Передовое развитие современной науки как драйвер роста экономики и социальной сферы. Сборник II Всероссийской научно-практической конференции. Петрозаводск, 2020. С. 51-56.
7. Иванов А.Н., Киселев А.М. Защита аудиофайлов методом цифрового маркирования на основе дискретного косинусного преобразования и дискретного вейвлет-преобразования // Ученые заметки ТОГУ. 2019. Т. 10. № 3. С. 42-52.
8. Ракицкий В.А. Дискретное косинусное преобразование как средство компьютерной обработки информации // Проблемы информатизации и управления. 2019. Т. 2. № 62. С. 52-56.
9. Черноморец А.А., Болгова Е.В., Черноморец Д.А. Обобщенный субполосный анализ на основе унитарных преобразований // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2015. № 7 (204). С. 97-104.
10. Новиков К.Д. Программа для осуществления дискретного косинусного преобразования средствами GPU / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021611111, 21.01.2021. Заявка № 2021610330 от 13.01.2021.

11. Бумагин А.В., Гондарь А.В., Прудников А.А., Стешенко В.Б. Устройство для вычисления дискретного косинусного преобразования // Патент на изобретение RU 2430407 C1, 27.09.2011. Заявка № 2010115396/08 от 20.04.2010.
12. Паршин Б.Я., Жуков Д.О. Сравнение дискретного преобразования Фурье и модифицированного косинус-преобразования при сжатии аудиоинформации // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2010. № 5 (71). С. 12-18.
13. Жилияков Е.Г. Вариационные методы анализа и построения функций по эмпирическим данным: моногр. / Е.Г. Жилияков. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 160 с.
14. Жилияков Е.Г., Черноморец А.А., Болгова Е.В. О субинтервальных матрицах на основе унитарных преобразований // Научный результат. Информационные технологии. 2017. Т. 2. № 1. С. 55-63.
15. Лапаев Н.Г., Седов А.Н., Шевченко О.В. Определения параметров сигналов с использованием дискретного преобразования Фурье и вейвлет-преобразования // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2004. № 6. С. 140-148.
16. Конев А.А., Онищенко А.А., Костюченко Е.Ю., Якимук А.Ю. Автоматическое распознавание музыкальных нот // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2015. № 3 (60). С. 32-47.

### References

1. Abramov G.V., Korobova L.A., Ivashin A.L., Matytsina I.A. Analysis and use of mathematical methods for recognition of sound signals // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2015. No. 2 (64). pp. 61-65.
2. Danilov V.V., Salekh Kh.M. Investigation of malfunctions of unmanned aerial vehicles based on the recognition of the sound of aggregates // Decision. 2018. Vol. 1. P. 126-129.
3. Mityanok V.V., Konovalova N.V. Application of phase analysis of speech sounds to recognize a person by his voice // Technical Acoustics. 2013. Vol. 13. P. 4.
4. Pripadchev A.A., Cherny E.V. Development of a system for automated recognition of sounds of critical situations in an audio signal stream / In the collection: Almanac of Scientific Works of Young Scientists of ITMO University. in 5 volumes. 2016. P. 188-190.
5. Vasiliev D.E. Improving the efficiency of special purpose sound recognition using artificial intelligence / In the collection: Modern trends in the development of science and the world community in the era of digitalization. Collection of materials of the VII International scientific-practical conference. Editorial board: Babaeva Z.Sh. [and etc.]. Moscow, 2022, pp. 143-145.
6. Balabaev S.A., Lupin S.A. Accelerating the work of the method for determining the voices of birds / In the collection: Advanced development of modern science as a driver for the growth of the economy and the social sphere. Collection of the II All-Russian Scientific and Practical Conference. Petrozavodsk, 2020. P. 51-56.
7. Ivanov A.N., Kiselev A.M. Protection of audio files by digital marking method based on discrete cosine transform and discrete wavelet transform // Uchenye zametki TOGU. 2019. V. 10. No. 3. P. 42-52.
8. Rakitsky V.A. Discrete cosine transform as a means of computer processing of information // Problems of informatization and control. 2019. V. 2. No. 62. P. 52-56.
9. Chernomorets A.A., Bolgova E.V., Chernomorets D.A. The generalized subband analysis on the basis of unitary transformations // Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies. 2015. No. 7 (204). pp. 97-104.
10. Novikov K.D. Program for implementing discrete cosine transformation by means of GPU / Certificate of registration of the computer program 2021611111, 01/21/2021. Application No. 2021610330 dated 01/13/2021.
11. Bumagin A.V., Gondar A.V., Prudnikov A.A., Steshenko V.B. Device for calculating discrete cosine transform // Patent for invention RU 2430407 C1, 27.09.2011. Application No. 2010115396/08 dated 04/20/2010.
12. Parshin B.Ya., Zhukov D.O. Comparison of Discrete Fourier Transform and Modified Cosine Transform in Audio Information Compression. Bulletin of Computer and Information Technologies. 2010. No. 5 (71). pp. 12-18.
13. Zhilyakov E.G. Variational methods of analysis and construction of functions based on empirical data: monograph. / E.G. Zhilyakov. - Belgorod: Publishing House of BelSU, 2007. – 160 p.
14. Zhilyakov E.G., Chernomorets A.A., Bolgova E.V. About subinterval matrices based on unitary transformations // Research Result. Information Technology. 2017. V. 2. No. 1. P. 55-63.

15. Lapaev N.G., Sedov A.N., Shevchenko O.V. Determining the parameters of signals using the discrete Fourier transform and wavelet transform // Methods and devices for transmitting and processing information. 2004. No. 6. P. 140-148.

16. Konev A.A., Onishchenko A.A., Kostyuchenko E.Yu., Yakimuk A.Yu. Automatic recognition of musical notes // Scientific Bulletin of the Novosibirsk State Technical University. 2015. No. 3 (60). pp. 32-47.

**Урсол Денис Владимирович**, кандидат технических наук, инженер-программист

**Болгова Евгения Витальевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

**Черноморец Дарья Андреевна**, аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий

**Черноморец Андрей Алексеевич**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры прикладной информатики и информационных технологий

**Ursol Denis Vladimirovich**, Candidate of Technical Sciences, Software Engineer

**Bolgova Evgeniya Vitalievna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Informatics and Information Technologies

**Chernomorets Darya Andreevna**, postgraduate student of the Department of Information and Telecommunications Systems and Technologies

**Chernomorets Andrey Alekseevich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Applied Informatics and Information Technologies