

ISSN 2518-1092

НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

RESEARCH RESULT. INFORMATION TECHNOLOGY

5 (4) 2020

16+

Сайт журнала:
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 5, № 4. 2020

СЕТЕВОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 2016 г.

ISSN 2518-1092



Volume 5, № 4. 2020

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.

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)

Рубанов В.Г., заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 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
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. Volchkov, 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)
Vasily G. Rubanov, Honoured Science Worker of Russian Federation, 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

Шмагин В.С., Маслова М.А. Обзор и анализ развития искусственного интеллекта	3	Shmagin V.S., Maslova M.A. Review and analysis of the development of artificial intelligence	3
Ба Хала А.М.А. Об обнаружении беспилотных летательных аппаратов	9	Ba Hala A.M.A. On detection of unmanned aerial vehicles	9
Чорбаа Н.А., Ле Ань Ту, Толстой И.М. Сравнительный анализ методов детектирования объектов на радиолокационных изображениях при помощи нейронных сетей	15	Chorbaa N.A., Le Anh Tu, Tolstoy I.M. Comparative analysis of methods for detecting objects on radar images using neural networks	15
Золотов Д.А., Коваленко А.Н., Петина М.А., Путивцева Н.П. Об использовании виртуальных лабораторных работ в онлайн-образовании	26	Zolotov D.A., Kovalenko A.N., Petina M.A., Putivceva N.P. On the use of virtual laboratory works in online education	26
Величко М.С., Маслова М.А. Информационная безопасность как услуга в новом дистанционном мире	31	Velichko M.S., Maslova M.A. Information security as a service in the new remote world	31
Сорокина С.А., Сомма Г.М. Интеллектуальная помощь в онлайн-интервьюировании. Метод эмоциональной маршрутизации	37	Sorokina S.A., Soma G.M. Intelligent assistance in online interviewing. Emotional routing method	37

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

AUTOMATION AND CONTROL

Исмагилова А.Ф., Дудина Д.С., Алейников С.А. Разработка средств оценки уровня удовлетворенности студентов процессом дистанционного обучения посредством видеоконференцсвязи	44	Ismagilova A.F., Dudina D.S., Aleynikov S.A. Development of means for assessing the level of student satisfaction with the distance learning process through video conferencing	44
Жихарев А.Г., Маматов Р.А. Обзор и анализ средств и методов моделирования организационно-деловых процессов	53	Zhikharev A.G., Mamatov R.A. Review and analysis of means and methods for modeling organizational business processes	53
Лаушкина А.А., Рослякова С.В., Смирнов А.В. Реализация адаптивных систем освещения, обеспечивающих уменьшение стрессовых ситуаций в многопользовательских пространствах	62	Laushkina A.A., Roslyakova S.V., Smirnov A.V. Implementation of Adaptive Lighting Systems to Reduce Stressful Situations in Multi-user Spaces	62

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ INFORMATION SYSTEM AND TECHNOLOGIES

УДК 004.8

DOI: 10.18413/2518-1092-2020-5-4-0-1

Шмагин В.С.
Маслова М.А.

ОБЗОР И АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

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

e-mail: smaginvital@gmail.com, machechka-81@mail.ru

Аннотация

Один из актуальных вопросов современного мира – чем же является искусственный интеллект (ИИ) – помощником или грозой всего человечества? С момента начала работ над ИИ человечество задавалось вопросом, превзойдёт ли их машина, или же облегчит им жизнь? По отношению к ИИ существует огромное количество высказываний о вреде и пользе, люди, занимающиеся разработкой искусственного интеллекта, высказывают два основных мнения: первое и самое популярное заключается в том, что ИИ в будущем свергнет своего создателя и просто уничтожит его; второе заключается в том, что люди найдут способ существовать вместе с ИИ, но к сожалению приверженцев этой теории, не так много, как первой. Рассмотрим, что представляет собой искусственный интеллект и несёт ли он угрозу человечеству или же несёт благо.

Ключевые слова: искусственный интеллект; естественный интеллект; угроза человечеству; технологии; компьютер; обучение; имитация; развитие.

UDC 004.8

Shmagin V.S.
Maslova M.A.

REVIEW AND ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

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

e-mail: smaginvital@gmail.com, machechka-81@mail.ru

Abstract

One of the most pressing questions of the modern world is what is artificial intelligence (AI) – an assistant or a threat to all of humanity? Since the beginning of work on AI, humanity has wondered whether the machine will surpass them, or will it make their lives easier? In relation to AI, there are a huge number of statements about the harm and benefits, people involved in the development of artificial intelligence, Express two main opinions: the first and most popular is that AI in the future will overthrow its Creator and simply destroy it; the second is that people will find a way to exist together with AI, but unfortunately there are not as many adherents of this theory as the first. Let's look at what artificial intelligence is and whether it is a threat to humanity or a benefit.

Keywords: artificial intelligence; natural intelligence; threat to humanity; technology; computer; training; simulation; development.

ВВЕДЕНИЕ

Над созданием Искусственного интеллекта задумывались ещё в 18 веке, но тогда технологии не были так развиты, а люди не до конца понимали, что из себя представляет естественный интеллект, чтобы создавать искусственный. В 20 веке начали вплотную задумываться о том, каким должен быть искусственный интеллект, а также начали создавать программы, имитирующие человеческое мышление.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Проанализируем, как же развивался ИИ:

Английский математик, Алан Мэтисон Тьюринг в 1950 г. выдвинул мышление о том что может машина, представив свою статью «Вычислительные машины и разум» и в результате ее было введено понятие – «Тест Тьюринга», в котором говорится о том, что человек может коммуницировать только с одним человеком и одним компьютером. При этом, в итоге ответов на вопросы, он определяет, с кем он в данный момент разговаривает – с компьютерной программой или человеком? А компьютерная программа должна вводить человека в заблуждение и заставить ошибаться. Тест же представляет собой своеобразную игру, в которой играющие не видят друг друга, но при этом общаются. В свою очередь судья должен определить, кто же является человеком. При этом компьютер должен ввести человека в заблуждение. Для тестирования «интеллекта» машины, а не её способность распознавать речь, тест проходит в письменном формате при помощи экрана и клавиатуры, ответы и вопросы задаются спустя определённый промежуток времени. Так как ранее, во времена Тьюринга компьютеры работали и обрабатывали информацию медленнее человека. Однако в настоящее время – промежуток во времени между вопросами необходим потому, что теперь компьютеры реагируют в разы быстрее человека.

1) Следующий этап был продолжен в 1954 году американским исследователем Ньюэллом, которому пришла идея написать программу для игры в шахматы. Для работы он привлёк огромное количество людей и в итоге достиг нужного результата – в виде создания языка программирования ИПП1 – это был первый символьный язык обработки списков. Чуть позже благодаря этому, была написана первая программа, которая уже имела отношение к искусственному интеллекту. Программа имела легкий интерфейс, который позволял проводить доказательства математических теорий. Но результат достижения по написанию программы для игры в шахматы все же осуществился в 1957 году. Программа основывалась на правилах, позволяющих делать выбор при отсутствии точных теоретических оснований, и описания конечных целей.

2) В 1960 году начинает появляться понятие, что основным признаком искусственного интеллекта является способность к обучению. Профессор Мичи (работающий в области искусственного интеллекта), показал, что одного лишь признака совершенно недостаточно, чтобы устройство считалось ИИ, доказав это в 1961 году с помощью описания механизма, который состоял из спичечных коробков способный обучиться игре в крестики нолики [4].

Ученые, занимающиеся искусственным интеллектом, изначально пришли к мнению, что для достижения конструктивного моделирования, определения мышления и решения задач необходимо отталкиваться от специфики задач, совмещая их с механизмом искусственного интеллекта. Появилось понимание искусственного интеллекта как совокупности методов и инструментов решения множества разнообразных сложных прикладных задач.

Таким образом, сложилось некое понятие искусственного интеллекта – это совокупность методов и инструментов решения различных сложных прикладных задач, использующих принципы и подходы, которые соответствуют размышляющему над их решением человеку или процессам, протекающим в данном мире, в живой или неживой природе. До сих пор единого определения ИИ, которое приняли за основу все ученые – не существует, что вполне понятно и объяснимо, так как невозможно прийти к общему мнению и ответить на вопрос, что же такое человеческий интеллект. Но все же люди не останавливаются на достигнутом и во множестве разных, в основном развитых странах ученые всего мира не останавливаются на достигнутом и выдвигают все новые теории и ноу-хау создания так называемого искусственного интеллекта [3, 13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Уже сейчас существует огромное количество технологий похожих на ИИ, такие как: Гугл помощник Siri, Яндекс помощник Алиса, но они не являются ИИ – это нейронные сети

эмитирующие ИИ. Так же ИИ используется в новых версиях прошивок Android, так называемый ИИ проводит анализ деятельности пользователя и подстраивает работу смартфона под пользователя.

Сейчас смело можно назвать Суперкомпьютер IBM Watson зачатками искусственного интеллекта, он анализирует огромные потоки данных, и на их основе разрабатывает огромное количество стратегий, а на основе полученной информации – делает выводы и учиться. Watson считается самым развитым ИИ в данный момент, хотя как таковым не является. На данном этапе он уже спокойно воспринимает вопросы и команды на естественном языке и на таком же языке дает ответы. «Мозгом» Уотсона является, вычислительный блок, который содержит: 90 серверов IBM p750 (построенных на базе процессора POWER7); и чуть более 15 Тб общего объема доступной для работы оперативной памяти.

Преимуществом Уотсона перед другими подобными суперкомпьютерами помимо понимания естественного языка так же является возможность работы с когнитивными вычислениями. Под когнитивными вычислениями подразумевается имитация мозговой деятельности человеческого мозга. К сожалению, на данный момент – это всего лишь имитация, возможно в будущем удастся перейти от имитации к мышлению, именно в этот момент и появиться искусственный интеллект в том понимании, в котором мы о нём привыкли говорить.

На данный момент ИИ применяется в различных сферах для улучшения качества работы. Например, тот же Watson применяется в медицине для диагностики пациентов и для постановки им диагноза если же специалист не справляется.

На данный момент Watson разрабатывает стратегии борьбы с раком. С помощью вычислений и моделирования ИИ проводят эксперименты по разработке новых лекарственных средств, что положительно повлияет не только на быстрое развитие новейших поколений медикаментов, но и на их качество и безопасность. Это достигается благодаря тому, что еще при разработке закладывается огромное количество моделирований и исследований молекулярных структур веществ, которые входят в состав данных препаратов [8, 10].

Так, например, компания FDNA разработала ИИ который может определить с помощью предоставленного фото врожденные болезни и генетические отклонения, что является очень большим достижением для выявления патологий. Протестировать работу данного ИИ можно и самим, скачав приложение Face2Gene доступное для Android и iOS.

Одним из скачков с огромным достижением в сфере ИИ считается человекоподобный робот с применением ИИ под названием София (первый в мире киборг с ИИ), который был создан инженерами из Гонконга, с наличием системы распознавания визуальной и аудио информации. София очень похожа на настоящего человека, благодаря системе симуляции мимики в диалогах. На данный момент она способна симулировать более 60-ти эмоций, и с каждым днём благодаря Google, выбранному в качестве системы распознавания речи, словарный запас Софии и возможности распознавания речи растут в геометрической прогрессии, так как ежедневно Google обрабатывает миллионы голосовых запросов.

Но из-за быстрого развития ИИ стала настораживать как ученых, так и обычного обывателя, следящего за развитием ИИ. В 2014 году некоторые ученые начали бить тревогу и так Илон Маск заявил о том, что ИИ может стать серьезной опасностью в будущем, так как созданные изобретения могут оказаться намного опаснее даже любой ядерной боеголовки. Его высказывания так же поддержал Стивен Хокинг – британский физик-теоретик, космолог.

Из его слов можно сделать вывод, что вред от ИИ человечеству возможен только в далёком будущем, когда ИИ сможет: самостоятельно мыслить и приходиться к осознанным выводам; сможет превзойти человека по мыслительным способностям; будет иметь доступ к любой электронике, а до тех пор будет приносить пользу.

Так же существует вероятность не предумышленного вреда человеку, машина, проанализировав данные может сделать ошибочные выводы, или же вообще прийти к выводу, что человечество приносит вред само себе, и решит искоренить его. Так же, например, ИИ может проанализировать коэффициент прироста населения в определённой стране и сопоставить данные

с количеством ресурсов в этой стране, и если он перейдёт к выводу, что надо сократить количество населения для блага человечества или страны, то ему никто не сможет помешать. Минус Искусственного Интеллекта – это отсутствие человеческих эмоций, отсутствие моральных норм и элементарной рассудительности. ИИ смотрит на жизнь в сухом остатке без эмоций, он судит обо всём только через анализ фактов, это самое пугающее в искусственном интеллекте, он не будет испытывать ни жалости, ни сожаления [9, 14].

Сейчас уже создаются ограничения на работу ИИ, различные фильтры и доступ в социальные сети. По той причине, что в социальных сетях искусственный интеллект получает наихудшее образования, так как он ищет самые частые запросы и слова, например:

- Уотсон, получив доступ в интернет за сутки, научился разговаривать матом;

- ИИ по имени Тау (созданный 23 марта 2016г, компанией Microsoft), который должен был общаться с людьми через социальную сеть Twitter, пришлось очень быстро предать его твиты цензуре, а самого бота отключить (из сообщения The Next Web) Данная ИИ могла анализировать, обучаться и читать то, что ей писали люди, а комментаторы воспользовавшись этим «постили» сообщения про Гитлера, евреев, сквернословить и обвинять правительство и уже через сутки Тау начала проявлять склонности к расизму, феминизму и ненависти к правительству, выражала симпатию к Гитлеру и неприязнь к евреям. Несмотря на то, что и за Тау стояла команда модераторов, но она продолжала негативно высказываться о евреях. Из-за этого компании Microsoft пришлось отключить данный ИИ, а уже спустя 3 дня вице-президенту Microsoft Research Питеру Ли пришлось извиняться за провал экспериментального проекта, при этом он обвинил Microsoft в том, что они занимались его модернизацией [11, 12].

Исследователи и экспериментаторы ИИ, работающие в социальных сетях, хотели достигнуть и создать идеальных переговорщиков. На примере разработок исследователей лаборатории ИИ Facebook (FAIR) – дали задание ботам поменяться шляпами, шарами и книгами, каждому из этих активов была присвоена определённая цена, но боты Боб и Элис в результате придумали собственный язык, потому что так им проще общаться (они вели диалог на английском, но смысл ускользал от наблюдателей) и тогда им пришлось отключить роботов (21 июня 2017 года), которые начали общаться на собственном языке. Программа не подразумевала вознаграждения за использование понятного английского, так что боты просто выбрали лёгкий путь.

На данном примере хорошо видно, что основная проблема – это отсутствие контроля полной группы условий, боты не стали нормально общаться, а начали использовать случайные слова, так как их задача заключалась в «использовании английского языка», а не «общение на английском языке понятное всем». То есть при создании ИИ нужно четко ставить задачу, которая будет его целью, так как если эта задача не точно сформулирована, то позже могут возникнуть из-за этого проблемы [2, 5].

1 апреля 2018 года, появился ИИ «Норман», его задача была в обучении, но его ограничили мрачными данными с подразделов Reddit, где в основном присутствие тех, кто обменивается негативными фотографиями, относящимися к смерти и разрушениям. Норману были показаны только записи под этими картинками, что пагубно повлияло на сформированную основу данного нового ИИ. Так же спустя некоторое время ему и ещё одному ИИ были показаны кляксы из теста «Роршаха». В отличии от обычного ИИ, видевшего на пятнах самолёты, цветы, детей – Норман видел людей, умерших от ножевых, пулевых ранений, умерших от взрыва, выпрыгивающих в окно, и всё в таком негативном свете [6, 7].

Зачем же исследователи создали столь странную нейросеть? Нормана свели с ума не для того, чтобы продемонстрировать дурное влияние Интернета на человеческую психику. Нейросеть, в отличие от человека, это чистый лист, у нее нет никаких побуждений или внутренних желаний, у нее нет биологии. Опыт Нормана основывается и делает акцент на совсем другие опасности: к тому, что искусственный интеллект может легко приобрести крайне опасные предубеждения. Это еще одна демонстрация того, что в любом благом действии так же, как и в случае с ИИ и нейросетями люди получают то, что вкладывают в них, поэтому крайне важно тренировать эти

платформы так, чтобы они не формировали жестких предубеждений. И уж точно не стоит давать им возможность мониторить и проникать по темным закоулкам сети.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам можно сказать, что искусственный интеллект – это «тёмный лес», в котором мы «блуждаем», для создания настоящего искусственного интеллекта. Необходимо изначально понять, что такое естественный интеллект, а после заниматься искусственным. А мнения о ИИ будут расходиться до тех пор, пока кто-то из предвестников судьбы ИИ окажется прав, а кто будет из них прав покажет только будущее. Для того, чтобы не сбылись наши худшие пред опасения, необходимо обеспечить независимость ИИ от дурного влияния, научить заранее его, что такое «плохо» и, что такое «хорошо». Нужно создать систему ограничения для суперкомпьютера, которая не позволит каким-либо образом навредить человечеству. На данный момент вкладываются огромные деньги в разработку безопасного ИИ, будем надеяться, что они пойдут во благо всего человечества.

Список литературы

1. Гончаренко Ю.Ю., Нестеренко В.Р. Использование случайных биометрических образов для генерации криптостойких последовательностей с применением генеративно-связательных нейронных сетей // Научный результат. Информационные технологии. – Т.4, №2, 2019. С. 69-74.
2. Искусственный интеллект общего назначения. ТЗ, текущее состояние, перспективы. URL: <https://habr.com/ru/post/468379/>.
3. Информатика, управление и искусственный интеллект // Тезиси науково-технічної конференції студентів, магістрів та аспірантів. Х.: НТУ, Харьков, 2019. 106 с.
4. История возникновения искусственного интеллекта. URL: <https://neuronus.com/history/4-istoriya-vozniknoveniya-ikustvennogo-intellekta.html>.
5. Кисселев Б.Н. Результаты интеллектуальной деятельности, созданный искусственным интеллектом, и результат интеллектуальной деятельности, созданный при помощи искусственного интеллекта // Актуальные проблемы науки и практики: гатчинские чтения-2019. // Сборник научных трудов по материалам VI Международной научно-практической конференции, 2019. С. 133-126.
6. Люлько О. Искусственный интеллект / Artificial intelligence: how do robots navigate? Информационные технологии в преподавании и научно-технический перевод. // Сборник научно-методических статей. Москва, 2014. С. 231-234.
7. Норман: первый в мире искусственный интеллект-психопат URL: <https://www.popmech.ru/technologies/news-426782-norman-pervyy-v-mire-iskusstvennyy-intellekt-psihopat/>.
8. Проблема искусственного интеллекта: человек и машина. URL: <https://neuronus.com/stat/1392-problema-iskusstvennogo-intellekta-chelovek-i-mashina.html>.
9. Перспективы развития искусственного интеллекта. URL: <https://trashbox.ru/topics/120627/perspektivy-razvitiya-iskusstvennogo-intellekta>.
10. Рязанов С.И. Искусственный интеллект как множество классификация искусственных интеллектов // УлГТУ Сборник материалов 54-й научно-технической конференции в 3 ч. Ульяновск, 2020. С. 72-75.
11. Разработанный Microsoft искусственный интеллект научился расизму за сутки. URL: <https://tjournal.ru/flood/25311-razrobotannyy-microsoft-iskusstvennyy-intellekt-nauchilsya-rasizmu-za-sutki>.
12. International journal of advanced computer science and applications, 2018. P. 16-32.
13. Proceedings – 14th Mexican international conference on artificial intelligence: advances in artificial intelligence, Micai, 2015.
14. Yarichin E.M., Gruzov V.M., Yarichina G.F. // Intellectual paradigm of artificial vision: from video-intelligence to strong artificial intelligence // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2018. Т. 9. № 11. С. 16-32.

References

1. Goncharenko Yu.Yu., Nesterenko V.R. the Use of random biometric images for generating cryptographic sequences using generative-binding neural networks. Research Result. Information technologies, Vol. 4, No. 2, 2019. P. 69-74.

2. General purpose artificial intelligence. ТК, current state, prospects. URL: <https://habr.com/ru/post/468379/>.
3. Computer Science, Management and Artificial Intelligence // Abstracts of scientific and technical conferences of students, masters and postgraduates. Kh.: NTU, Xar`kov, 2019. 106 pp.
4. The history of the emergence of artificial intelligence. URL: <https://neuronus.com/history/4-istoriya-vozniknoveniya-ikustvennogo-intellekta.html>
5. Kisselev B.N. The results of intellectual activity, created by artificial intelligence, and the result of intellectual activity, created with the help of artificial intelligence // Actual problems of science and practice: Gatchina readings-2019. // Collection of scientific papers based on the materials of the VI International Scientific and Practical Conference, 2019, P. 133-126.
6. Lyul`ko O. Artificial intelligence: how do robots navigate? Information technology in teaching and scientific and technical translation. // Collection of scientific and methodological articles. Moscow, 2014. P. 231-234.
7. Norman: the world's first artificial intelligence psychopath. URL: <https://www.popmech.ru/technologies/news-426782-norman-pervyy-v-mire-iskusstvennyy-intellekt-psihopat/>.
8. The problem of artificial intelligence: man and machine. URL: <https://neuronus.com/stat/1392-problema-iskusstvennogo-intellekta-chelovek-i-mashina.html>.
9. Prospects for the development of artificial intelligence. URL: <https://trashbox.ru/topics/120627/perspektivy-razvitiya-iskusstvennogo-intellekta>.
10. Ryazanov S.I. Artificial intelligence as a set classification of artificial intelligence // UISTU Collection of materials of the 54th scientific and technical conference at 3 hours. Ulyanovsk. P. 72-75.
11. Artificial intelligence developed by Microsoft learned racism in a day. URL: <https://tjournal.ru/flood/25311-razrabotanny-microsoft-iskusstvenny-intellekt-nauchilsya-rasizmu-za-sutki>.
12. International journal of advanced computer science and applications, 2018. P. 16-32.
13. Proceedings – 14th Mexican international conference on artificial intelligence: advances in artificial intelligence, Micai, 2015.
14. Yarichin E.M., Gruznov V.M., Yarichina G.F. // Intellectual paradigm of artificial vision: from video-intelligence to strong artificial intelligence // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2018. Т. 9. № 11. P. 16-32.

Шмагин Виталий Сергеевич, студент 4 курса кафедры Информационная безопасность Института радиоэлектроники и информационной безопасности

Маслова Мария Александровна, аспирант, старший преподаватель кафедры «Информационная безопасность» Института радиоэлектроники и информационной безопасности

Shmagin Vitaly Sergeevich, 4th year student of the Department Information security, Institute of Radioelectronics and Information security

Maslova Maria Alexandrovna, post-graduate student, senior lecturer of the Department «Information security», Institute of Radioelectronics and Information security

UDC 629.7.01

DOI: 10.18413/2518-1092-2020-5-4-0-2

Ба Хала А.М.А. | ON DETECTION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

e-mail: 12001894@bsu.edu.ru

Abstract

The use of unmanned aerial vehicles has recently become an integral part in the life of modern society; they are used in solving video surveillance tasks, for photo and video shooting, monitoring the water and land surface, delivering goods, and so on. The constant improvement of their technical characteristics, including the reduction of unmanned aerial vehicles size, makes it difficult to detect them. This article discusses the main characteristics of unmanned aerial vehicles, as well as various methods of their detection, based on the use of radiation recorders in the infrared range of electromagnetic waves, optical range cameras, radar stations and the use of radio monitoring technology.

Keywords: small unmanned aerial vehicles; detection; infrared imager; video camera; radar station; radio monitoring.

УДК 629.7.01

Ба Хала А.М.А. | ОБ ОБНАРУЖЕНИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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

e-mail: 12001894@bsu.edu.ru

Аннотация

Применение беспилотных летательных аппаратов в последнее время стало неотъемлемой частью в жизни современного общества, они используются при решении задач видеонаблюдения, для фото и видеосъемок, мониторинга водной и земной поверхности, доставки товаров и так далее. Постоянное совершенствование их технических характеристик, в том числе и уменьшение размеров беспилотных летательных аппаратов, затрудняет их обнаружение. В данной статье рассмотрены основные характеристики беспилотных летательных аппаратов, а также различные способы их обнаружения, основанные на применении регистраторов излучения в инфракрасном диапазоне электромагнитных волн, камер оптического диапазона, радиолокационных станций и на использовании технологии радио мониторинга.

Ключевые слова: малоразмерные беспилотные летательные аппараты; обнаружение; тепловизор; видео камера; радиолокационная станция; радио мониторинг.

The development and implementation of UAVs (unmanned aerial vehicles) is one of the main and important directions in the development of modern aviation, the first samples of this technology appeared in the middle of the 20th century. They represent a separate type of vehicle with significant prospects for further development. UAVs are constantly being improved in terms of technology and are becoming compact and affordable. In the modern world, this technology is used effectively in all areas of human activity (Fig.) [1-4].

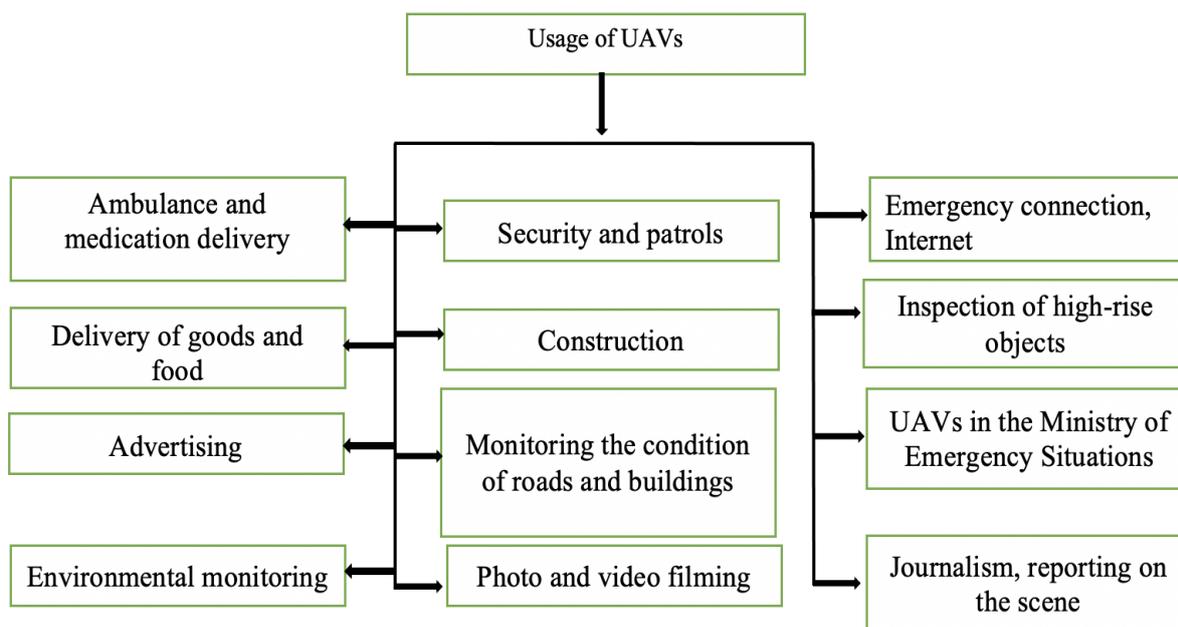


Fig. Usage of UAVs

Unmanned aerial vehicles (Drones) are divided into two groups according to their size [2]:

- small unmanned aerial vehicles (S-UAVs);
- unmanned aerial vehicles of medium and large sizes.

The fight against S-UAVs implies a set of measures for their detection, recognition, aiming, capture and defeat. Since small unmanned aerial vehicles have low visibility, the task of detecting and recognizing them is difficult [3, 5].

The detection and recognition of S-UAVs is based mainly on the analysis of their various characteristics, some of which are shown in Table.

Table

Main characteristics of S-UAVs

Category	Weight	Range	Flight Altitude	Endurance
Micro	< 3 kg	< 10 km	250 m	1 h
Mini	< 30 kg	< 10 km	150-300 m	2-2,5 h
Close Range (CR)	25-150 kg	10-30 km	3000 m	2-4 h
Short Range (SR)	200 kg	30-70 km	3000 m	3-6 h
Low Altitude Lone Endurance (LALE)	< 30 kg	< 500 km	3000 m	< 24 h

Currently existing small unmanned aerial vehicles usually consist of composite materials and plastics with special colors and special combinations of layers. Their small engines (gasoline, electric) emit a little heat and are practically silent during operation. Therefore, for effective S-UAVs detection, it is necessary to simultaneously apply different detection methods.

A significant vulnerability of S-UAVs is the presence of electromagnetic radiation in various ranges of the electromagnetic spectrum.

The main methods for detecting S-UAVs in the electromagnetic spectrum include:

- use of a thermal imager of infrared range of electromagnetic waves;
- the use of cameras of the optical range of electromagnetic waves;
- the use of radar stations;
- use of radio monitoring technology, etc.

Infrared thermal imaging cameras are used to identify objects with temperatures different from the external environment, which makes it possible to monitor S-UAVs with their help even in conditions of limited visibility and at night [6].

It is known that all objects emit thermal energy and the higher the temperature of the object, the more radiation it emits. Thermal radiation of objects occurs in a certain range of wavelengths of the electromagnetic spectrum. As the temperature of the object increases, the wavelengths in the spectra of the emitted radiation decrease. Objects with a higher temperature emit shorter wavelengths, which corresponds to a higher radiation frequency [7].

Thermal imagers are used to register thermal radiation, in contrast to a video camera, which allows detecting radiation in the visible part of the electromagnetic spectrum. In this case, thermal imagers can detect minor differences in thermal radiation, such as 0.01°C . The result of detecting the thermal radiation is then displayed in different colors on the computer screen.

To achieve the most informative and stable results, it is necessary to combine thermal imagery with a visible image. The use of a thermal imager and a camera will ensure the simultaneous implementation of aerial photography in the infrared and visible ranges.

The use of various methods for detecting S-UAVs in the optical range of electromagnetic waves together with detection in other ranges of the spectrum makes it possible to increase the accuracy of detecting and tracking S-UAVs coordinates. Usually, there are two types of methods for detecting S-UAVs in the optical range [8]:

1. active detection.

With active detection in the visible range, the main analyzed parameter is the effective scattering surface (ESR) of MBLA in the visible range, which characterizes the reflectivity of the object. For detection in many cases, anaglyphic method of stereoscopic observation is used.

2. passive detection.

In passive detection, the main analyzed parameters are the contrast of the object against the background of the sky and its area, which determine the distinguishability of the object from the surrounding background. For detection in many cases, the method of visual observation is used.

The anaglyph method of stereoscopic observation consists in the use of additional illumination of an area (object) by emitters of two different colors (red and green or orange and blue). As a result of illuminating the object from opposite ends of the base, for example, with red and green colors, the resulting image is projected into the binocular device. This image is viewed through light filters (glasses), with a red filter placed in front of one lens of the device (eye), and a green one in front of the other. On the retinas of the right and left eyes, images are obtained with different complementary colors. As a result, the observer sees a stereoscopic image of the object [9].

The radar cross-section (RCS) of any object with active detection in the visible range is defined as the surface area of an ideal isotropic reflector, which, when placed at the target location, creates the same reflected radiation flux density at the optical recorder location as a real object. The RCS value has the dimension of area and is measured in square meters.

RCS assessment of Small unmanned aerial vehicles (S-UAVs) is carried out using special meters, for example SIEPKh-2, usually by the method of relative measurements. At the same time, with the help of special software, the values of the radiation power reflected in the direction of the illumination source both from the studied S-UAVs and from the RCS sample (an object with a known RCS previously determined in laboratory conditions) are compared. To improve the accuracy, measurements are carried out at different angles of the S-UAVs bearing, that is, at different orientations with respect to the illumination source [10].

Currently, when using active methods for detecting S-UAVs, various devices are widely used:

- active-pulse devices with various types of backlight emitters (for example, argon flash lamp; ruby laser; semiconductor laser, high-power LEDs, etc.);
- laser emitters, etc.

The image of the illuminated object is fixed using measuring chambers and then processed using a computer. In the resulting frame, the total power of the reflected radiation is determined (in arbitrary units) due to the two-dimensional integration of the intensity distribution on the image of the illuminated object (the total volume under the surface of the intensity distribution of the reflected radiation is determined). The use of a camera and computer processing makes it possible to isolate the object under

study and exclude any influence on the value of the reflected optical signal of various glare from foreign objects.

Most modern passive S-UAV detection systems based on the use of video cameras have the following characteristics:

- use of passive high-definition video cameras;
- S-UAVs detection is available 24/7;
- automatic continuous recording of video and telemetry data, images of all detected S-UAVs;
- application of the panoramic function;
- tracking and classification of detected S-UAVs;
- availability of a large base of characteristics and profiles of S-UAVs for classification and identification;
- scalability of the design, which provides quick configuration and integration to work in various environments;
- simplicity of installation, configuration and initialization, which ensures high efficiency of equipment deployment;
- the possibility of independent use as a separate stationary installation, and in combination with a larger system.

Most modern systems for passive S-UAV detection use powerful video-analytical algorithms, which makes it possible to effectively distinguish S-UAV detected in the observed area from other objects, such as birds, etc. This feature is essential to minimize the likelihood of false detections [11].

Radar stations are a widely used means of locating UAVs. Usually, small unmanned aerial vehicles are difficult to detect due to their small size. S-UAVs devices have a small effective scattering area, which requires significant efforts to find them and is a rather difficult task. In real conditions, there is an insignificant detection range.

Radio monitoring is also used to detect S-UAVs. Radio monitoring involves obtaining information using technical means in the process of its passage through radio communication lines. Often it includes work on the study and analysis of the radio situation, search, detection and control of various communication channels, other sources of radio emissions [12].

Radio monitoring tasks are:

- panoramic spectral analysis in real time;
- finding radiation from S-UAVs, measuring their parameters, comparing with the database to identify their belonging;
- recording of radio signals with service parameters (frequency, time, signal level, spectrogram, etc.) and their subsequent reproduction;
- technical research of radio signals in real time and with delayed processing;
- direction finding of unmanned aerial vehicles.

In order to detect S-UAVs, there are approaches based on the complex application of various detection methods which are widely used in the current time.

It can be concluded that an effective solution is to combine the main detection methods: the use of radar equipment, the use of radio monitoring technology, IR and optical cameras. This solution is quite costly, however, each of the approaches allows you to identify the characteristics of detected objects that cannot be detected using other approaches, which reduces the number of false detections and increases the overall efficiency of the system [13].

In the case of the complex application of various methods, the detection process is as follows: the radar presumably finds the UAV, at the same time the video camera registers the video signals and begins the search for the signals of interest among the received video data. Then the sources of the selected signals are analyzed and a decision is made on further actions with the detected object.

The basic idea of the complex of technical means used in this case is the reservation of modules constantly transmitting service data to each other, which thereby ensures an increase in the efficiency and resistance of technical modules to external destructive influences [14].

Since the complex of technical means of detection in most cases is composed of various blocks, it is possible to create a unique configuration, taking into account the specifics of a specific task. The complex must also have resistance to extraneous electromagnetic influences and a subsystem of active resistance to risks, which implies the possibility of an independent choice of response measures or the transfer of commands to provide assistance and support in the presence of various risks. The operator controls the decisions made by the S-UAVs detection complex and sets the necessary parameters for its operation [15].

The main task of the radar module is to detect S-UAVs with a minimum level of errors at the maximum distance in conditions with a difficult radar environment. To take into account the specifics of this task, it is necessary to search for a compromise between the transmitter power and the wavelength range, the size of the antenna and its radiation pattern, the capabilities of the receiver to analyze the information received and the choice of the best radar method.

The radio receiving device must have the following equipment's: decoders, modulators and tools for automatic and manual technical analysis of the received signals.

Thanks to various combinations of technical resources, it is possible to locate the S-UAVs over large areas, as well as the ability to distinguish drones with weak reflective properties.

The module with radio monitoring means allows solving problems of finding the transmitters available on the S-UAVs, recognizing their type, main characteristics and collecting information for intercepting control.

The main factors determining the efficiency of the system functioning include the characteristics of the radio receiver and antenna, as well as the choice of radio monitoring methods – search or interference method [16]. The search method implies the search for an informative signal in a given frequency band, which can have slow, medium and fast modes. The interference method implies a search conducted over a wide frequency range.

The radio receiving device must have such equipment as decoders, modulators and means for automatic and manual technical analysis of the received signals.

It is also possible to increase the efficiency of the radio monitoring system by using autonomous antennas that receive and send information. These antennas, receiving information data, send them to a central processing point. Further, a decision is made on further actions for detection.

Thus, thanks to the technology of complex usages of various detection methods, it is possible to create a network for the detection of small unmanned aerial vehicles over a large area.

References

1. Automatic control and diagnostics of aircraft power plant control systems. – M.: Mechanical Engineering, 2016. – 240 p.
2. Matveenko A.M. 101 outstanding aircraft in the world / Matveenko Alexander Makarovich. – M.: Moscow Aviation Institute (MAI), 2016. – 993 p.
3. Tokarev Yu.P. Automatic dependent surveillance in the context of intensive development of unmanned aircraft. Transport: science, technology, management. VINITI. 2006, no. 8, p. 17-20.
4. Kononov V.M., Asadullaev R.G., Kuzmenko N.I. Algorithm of multi-spectral satellite data preparation for agricultural crop classification // Research Result. Information Technologies – T. 5, №2, 2020. P. 18-24. [http://rrinformation.ru/media/information/2020/2/ИТ_3.pdf]
5. Petrov, K.P. Aerodynamics of aircraft elements / K.P. Petrov. – M.: YoYo Media, 2013. – 255 p.
6. Russell, Jesse Combat Vitality (Aircraft) / Jesse Russell. – M.: VSD, 2013. – 138 p.
7. Falkov E.Ya. On the organization of flights of unmanned aerial vehicles in civil airspace // Abstracts of the 5th International Conference "Aviation and Cosmonautics 2006". – M.: MAI, 2006.
8. Tokarev Yu.P. Application of a data line to control an unmanned aerial vehicle. SPb: Scientific and technical statements.
9. Vilkova N.N., Sukhachev A.B., Russia must return to the ranks of the leading "unmanned" powers. // National Defense. No. 10 (19), October 2007, pp. 48-54.
10. Moskovkin, L.N. Switching equipment for aircraft. Manufacturing technology and equipment / L.N. Moskovkin, I. V. Borisov, I.I. Zakharov. – Moscow: SPb. [and others]: Peter, 2011. – 256 p.

11. Pavel Babayan and Nikita Shubin "Line detection in a noisy environment using the weighted Radon transform", Tr. SPIE 9024, Image Processing: Machine Vision Applications VII, 902409 (March 7, 2014).
12. Alpatov B., Babayan P., Shubin N., Robust Line Detection using Weighted Radon Transform, 3rd Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), June 15th-19th, 2014, Budva, Montenegro, in Proc., pp.148-151.
13. Sukhachev A.B. Unmanned aerial vehicles. State and development prospects. Moscow: MNITI, 2007, 60 p.
14. Petrov, K.P. Aerodynamics of aircraft elements / K.P. Petrov. – М.: YoYo Media, 2013. – 255 p.
15. Alpatov B., Babayan P., Shubin N. Weighted Radon transform for line detection in noisy images // Journal of Electronic Imaging 24(2), 023023 (Mar/Apr 2015).
16. Alpatov B. A., Balashov O. E., Stepashkin A. I. Izmereniye uglovykh koordinat linii vizi-rovaniya v opticheskikh sistemakh pozitsionirovaniya. Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta, Ryazan, 2013, no. 3, pp. 19-23.

Список литературы

1. Автоматический контроль и диагностика систем управления силовыми установками летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 2016. – 240 с.
2. Матвеев А.М. 101 выдающийся летательный аппарат мира / Матвеев Александр Макарович. – М.: Московский авиационный институт (МАИ), 2016. – 993 с.
3. Токарев Ю.П. Автоматическое зависимое наблюдение в условиях интенсивного развития беспилотной авиации. Транспорт: наука, техника, управление. ВИНТИ. 2006, №8, С. 17-20.
4. Кононов В.М., Асадуллаев Р.Г., Кузьменко Н.И. Алгоритм подготовки мультиспектральных спутниковых данных для задачи классификации сельскохозяйственных культур // Научный результат. Информационные технологии. – Т.5, №2, 2020. С. 18-24. [http://grinformation.ru/media/information/2020/2/ИТ_3.pdf].
5. Петров, К.П. Аэродинамика элементов летательных аппаратов / К.П. Петров. – М.: ЁЁ Медиа, 2013. – 255 с.
6. Рассел, Джесси Боевая живучесть (летательных аппаратов) / Джесси Рассел. – М.: VSD, 2013. – 138 с.
7. Фальков Э.Я. Об организации полетов беспилотных летательных аппаратов в гражданском воздушном пространстве // Тезисы докладов 5-международной конференции «Авиация и космонавтика 2006». – М.: МАИ, 2006.
8. Токарев Ю.П. Применение линии передачи данных для управления беспилотным летательным аппаратом. СПб: Научно-технические ведомости.
9. Вилкова Н. Н., Сухачев А. Б. Россия должна вернуться в ряд ведущих «беспилотных» держав // Национальная оборона. №10 (19), октябрь 2007, С. 48-54.
10. Московкин, Л.Н. Коммутационная аппаратура летательных аппаратов. Технология изготовления и оборудование / Л.Н. Московкин, И.В. Борисов, И.И. Захаров. – Москва: СПб. [и др.]: Питер, 2011. – 256 с.
11. Павел Бабаян и Никита Шубин «Обнаружение линий в шумной среде с помощью взвешенного преобразования Радона», Tr. SPIE 9024, Обработка изображений: Приложения для машинного зрения VII, 902409 (7 марта 2014 г.).
12. Алпатов Б., Бабаян П., Шубин Н., Робастное обнаружение линий с использованием взвешенного преобразования Радона, 3-я Средиземноморская конференция по встроенным вычислениям (MECO), 15-19 июня 2014 г., Будва, Черногория, in Proc., С. 148-151.
13. Сухачев А. Б. Беспилотные летательные аппараты. Состояние и перспективы развития. М.: МНИТИ, 2007, 60 с.
14. Липин А.В., Олянок П.В. Бортовые системы предотвращения столкновений воздушных судов. Учебное пособие. СПб.: Академия гражданской авиации, 1999. 54 с.
15. Алпатов Б., Бабаян П., Шубин Н. Взвешенное преобразование Радона для обнаружения линий на зашумленных изображениях // Журнал электронной визуализации 24 (2), 023023 (март / апрель 2015 г.).
16. Алпатов Б. А., Балашов О. Е., Степашкин А. И. Измерение угловых координат линии визирования в оптических системах позиционирования // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – Рязань, 2013. – №3. – С. 19-23.

Ba Hala Ashraf Mohammed Ali, post-graduate student, Belgorod State National Research University.

Ба Хала Ашраф Мохаммед Али, аспирант Белгородского государственного национального исследовательского университета.

УДК 004.932

DOI: 10.18413/2518-1092-2020-5-4-0-3

Чорбаа Н.А.
Ле Ань Ту
Толстой И.М.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ НА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ
ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Кронверкский пр., д. 49, г. Санкт-Петербург, 197101, Россия

e-mail: nchorbaa@mail.ru, leanhtutcdt@gmail.com, imtolstoi@itmo.ru

Аннотация

Радиолокационные системы являются эффективным средством получения оперативной информации о состоянии и динамике объектов и районов земного шара в различных масштабах независимо от метеорологических условий и времени суток. В настоящее время разработан ряд методов для автоматизированного поиска объектов на радиолокационных изображениях, которые применяются в зависимости от целевой области. Для детектирования объектов на радиолокационных изображениях в большинстве работ используются сверточные нейронные сети, но существует множество алгоритмов для решения задач, отсюда возникает проблема выявления наиболее эффективного алгоритма сверточной нейронной сети с высокой точностью детектирования объектов на основе радиолокационных изображений из рассматриваемых источников. В статье рассматриваются алгоритмы и программные аспекты детектирования объектов на радиолокационных изображениях. Построена сравнительная таблица методов по критериям – точность детектирования и время на обработку, и выявлен наиболее эффективный алгоритм сверточной нейронной сети.

Ключевые слова: детектирование объектов; сверточные нейронные сети; обработка изображений; классификация изображений; радиолокационные изображения.

UDC 004.932

Chorbaa N.A.
Le Anh Tu
Tolstoy I.M.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR DETECTING OBJECTS
ON RADAR IMAGES USING NEURAL NETWORKS**

Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
49 Kronverkskiy prospekt, St. Petersburg, 197101, Russia

e-mail: nchorbaa@mail.ru, leanhtutcdt@gmail.com, imtolstoi@itmo.ru

Abstract

Radar systems are an effective means of obtaining operational information about the state and dynamics of objects and areas of the globe at different scales regardless of meteorological conditions and time of day. Currently, a number of methods have been developed for automated search for objects on radar images, which are applied depending on the target area. To detect objects on radar images in most works convolutional neural networks are used, but there are many algorithms to solve the problems, hence the problem of identifying the most effective convolutional neural network algorithm with high accuracy in detecting objects on the basis of radar images from the sources under consideration. In this article algorithms and software aspects of object detection on radar images are considered. A comparative table of methods by the criteria – detection accuracy and processing time – is constructed, and the most effective algorithm of convolutional neural network is revealed.

Keywords: object detection; convolutional neural networks; image processing; image classification.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день разработан ряд методов [14, 5, 2] для автоматизированного поиска объектов на изображениях, которые применяются в зависимости от целевой области: наблюдение, распознавание и классификация различных объектов (морские суда, самолеты, наземные и подземные сооружения), мониторинг и охрана окружающей среды (анализ природных катаклизмов, оценка морских, лесных, сельскохозяйственных, арктических и других зон с целью выявления различных аномалий и объектов, не характерных для данных зон, например, незаконное проникновение и нахождение в данной местности).

Обнаружение объектов на изображениях – одна из важных и сложных проблем компьютерного зрения, которой в последние годы уделяется большое внимание. Непрерывное расширение сферы применения систем компьютерного зрения требует разработки новых методов и алгоритмов обработки изображений как для детектирования разнообразных сложных объектов, так и для повышения точности обнаружения. Поэтому высокой актуальностью, в частности для охраны окружающей среды, обладает проблема обнаружения объектов с высокой точностью на радиолокационных изображениях. Радиолокационная аппаратура имеет широкое применение во многих сферах жизни, следовательно, повышение эффективности ее работы позволит значительно увеличить как точность мониторинга, так и степень защиты окружающей среды, и безопасность жизни людей.

В статье рассматриваются алгоритмы и программные аспекты детектирования объектов на радиолокационных изображениях. В качестве объектов выступают морские суда, потому что данные судов можно найти в открытом доступе и их можно использовать для обучения нейронных сетей. Проанализированный ряд методов выделяет наиболее оптимальный алгоритм для работы с большими массивами получаемых данных (радиолокационных изображений) по скорости, точности и эффективности выявления объектов на изображениях.

Получаемая радиолокационная информация в цифровом виде представляет собой комплексные радиолокационные изображения, в которых каждый пиксель характеризуется комплексным числом – амплитудой и фазой, численное значение которых определяет параметры сигнала, принятого от соответствующего элемента на земной поверхности [4].

Радиолокационная съемка имеет несколько преимуществ и особенностей по сравнению с другими – оптической и инфракрасной:

- независимость от метеорологических условий и освещенности;
- повышенная точность измерения геометрических характеристик;
- возможность наблюдения и обнаружения объектов, невидимых в оптическом и ИК-диапазонах электромагнитного спектра.



Рис. 1. Оптическое и радиолокационное изображения
Fig. 1. Optical and SAR image

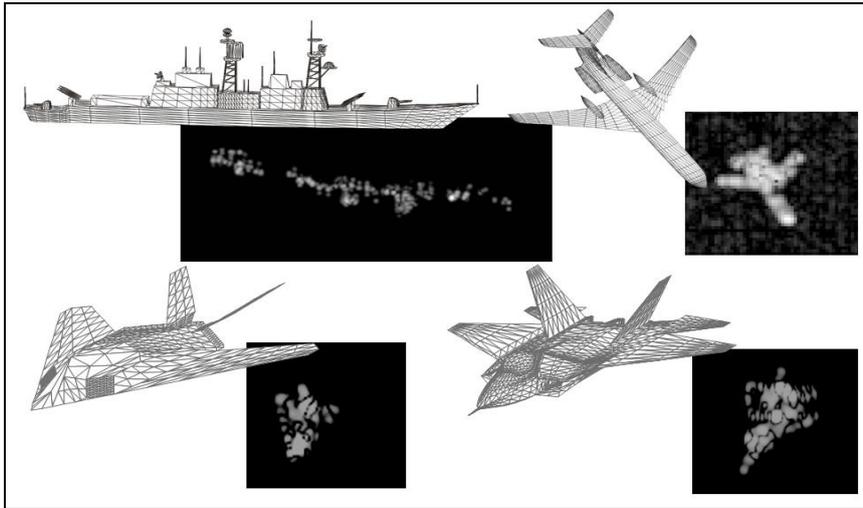


Рис. 2. Детектирование объектов на радиолокационных изображениях
Fig. 2. Object detection in SAR images

В ряде современных работ [3] описаны и сравнены свойства и характеристики радиолокационных и оптических изображений. Показано, что радиолокационные изображения обладают рядом преимуществ для детектирования объектов по сравнению с оптическими изображениями. Радиолокационные изображения более информативны и позволяют передать больше деталей или увидеть невидимые в других диапазонах объекты. Все вышесказанное дает возможность понять, что с помощью радиолокационных изображений можно детектировать объекты с большей точностью.

В настоящее время для детектирования объектов на радиолокационных изображениях в большинстве работ используются сверточные нейронные сети. Данные нейронные сети являются системами обработки информации, направленными на распознавание образов.

Применение алгоритмов компьютерного зрения в решении задач мониторинга земной и морской поверхности позволяет оперативно обнаружить и классифицировать объект, обеспечивая наблюдения за состоянием окружающей среды. Системы аэрокосмического мониторинга позволяют решать задачи картографии, разведки, прогнозирования глобальных природных процессов, в том числе опасных, управления транспортными потоками, поиска полезных ископаемых, научных исследований.

Целью данной работы является выявление оптимального по точности распознавания и скорости обработки алгоритма сверточной нейронной сети для детектирования объектов на основе радиолокационных изображений из рассматриваемых источников.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В работе [14] авторами для детектирования кораблей использованы сверточные нейронные сети с архитектурой *You Only Look Once version 2* (YOLOv2) [11]. В статье применяется усовершенствованный метод глубокого обучения на основе графического процессора для обнаружения корабля по изображениям синтезированной апертурой.

Архитектура YOLOv2 состоит из 30 слоев, из которых первые 25 предназначены для формирования карт признаков исходного изображения. Комбинации из двух *route* и одного *reorg* слоев выполняют задачу объединения выходных данных предыдущих слоев и их реструктуризации. Завершают модель два сверточных слоя. Результатом работы сети является трехмерная матрица размером $13 \times 13 \times 30$. Размерность ее первых двух измерений соответствует размеру сетки, делящей изображение на 169 ячеек. Каждой ячейке соответствует вектор из 30 чисел, который преобразуется в двумерную матрицу размерностью 5×6 .

Каждая строка матрицы содержит информацию о прямоугольнике, представленную в виде 6 чисел. Первые 4 числа – это геометрические параметры прямоугольника: x , y – координаты центра, а также ширина и высота, остальные 2 параметра соответствуют вероятности нахождения объекта в данном прямоугольнике, и классу объекта. Геометрический центр прямоугольника соответствует геометрическому центру рассматриваемой ячейки изображения.

В некоторых случаях, в одной ячейке сетки могут находиться несколько объектов, для более точного распознавания используется концепция «якорная коробка». Якорная коробка позволяет алгоритму YOLOv2 добавлять еще одно измерение к меткам, находящимся в одной ячейке сетки.

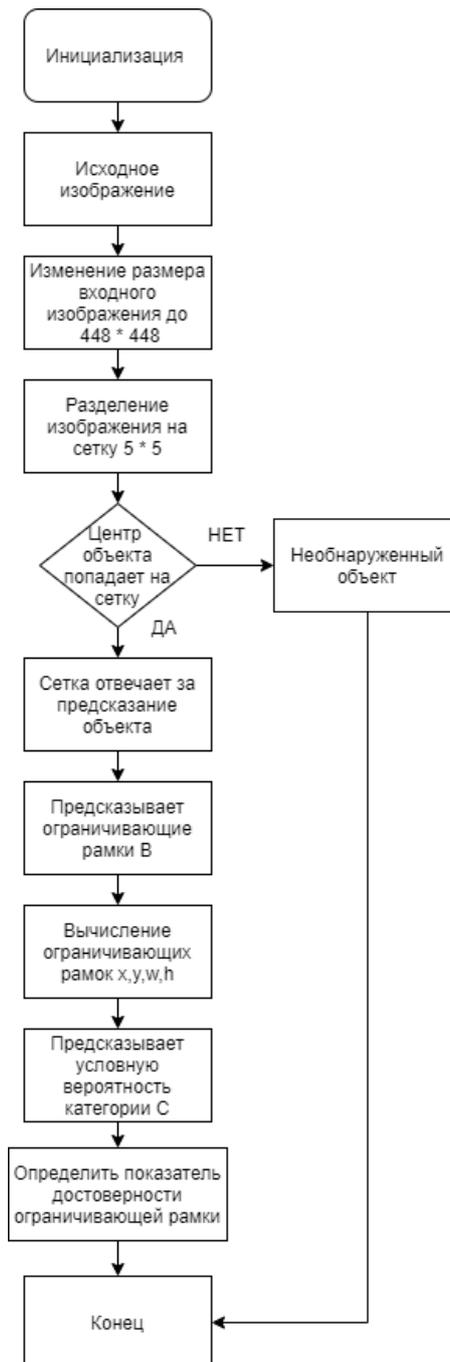


Рис. 3. Блок-схема алгоритма YOLOv2
Fig. 3. Block diagram of the YOLOv2 algorithm

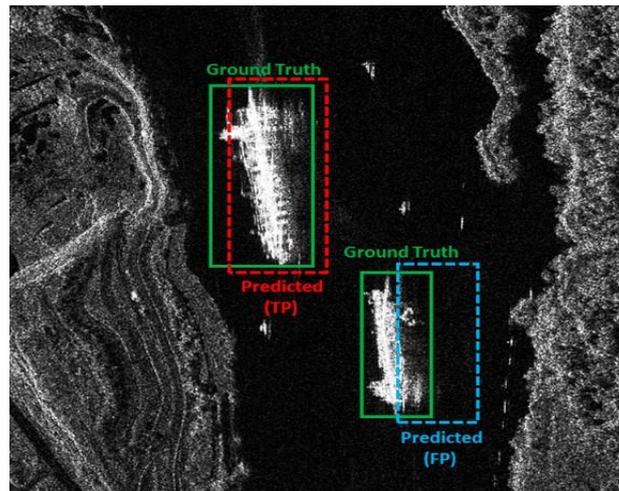


Рис. 4. Пример обнаружения кораблей

(TP – истинно-положительное решение; FP – ложноположительное решение)

Fig. 4. Example of ship detection (TP – true positive decision; FP – false positive decision)

На рисунке 2, пунктирные линии красного и синего цвета означают ограничительные рамки распознавания кораблей, а сплошными линиями зеленого цвета выделены распознанные суда.

Для обучения и оценки точности детектирования кораблей на радиолокационных изображениях авторы использовали две базы данных: база данных обнаружения судов (SSDD) и разнообразный набор данных по поиску и обнаружению судов (DSSDD) [14]. Первая база состоит из 1160 изображений, на которых в общей сложности содержится 2456 кораблей. Вторая база данных собрана из нескольких источников: RadarSat-2 [10], TerraSAR-X [16] и Sentinel-1. В результате авторами получено 50 изображений высокого разрешения, которые впоследствии разделены на меньшие изображения. Таким образом, общий размер второй базы данных составил 1174 РЛИ. Авторы исследования проводили эксперимент сравнивая сети Faster-R-CNN и YOLOv2 (Таблица 1).

Таблица 1

Точность определения судов и сравнение скорости

Table 1

Accuracy of ship detection and speed comparison

Методы	Точность детектирования, %	Время на обработку, мс
Faster-R-CNN	70,1%	198
YOLOv2	90,05%	25

В результате экспериментов авторами исследования получены следующие данные: 70,1 % точности для Faster-R-CNN и 90,05 % точности для YOLOv2.

Из экспериментальных результатов можно сделать вывод, что архитектура YOLOv2 требовала меньше вычислительного времени, чем Faster-R-CNN и обладает высокой точностью обнаружения.

Рассмотрим еще один пример успешного применения сверточной нейронной сети. В статье [5] авторы анализируют преимущества сети Faster-R-CNN [9] в области компьютерного зрения и ее модификации. Сеть Faster-R-CNN в отличие от предыдущей версии сети Fast-RCNN [6] использует вместо блока, реализующего алгоритм selective search [13], сверточную нейронную сеть для выявления регионов-кандидатов, содержащих искомые объекты.

В данной работе авторы считают, что сеть Faster-R-CNN несмотря на то, что получает высокую точность на нескольких наборах данных, не дает идеальных результатов по обнаружению кораблей. Данный факт обусловлено тем, что Faster-R-CNN имеет проблемы с

детектированием маленьких объектов на больших изображениях. Причина заключается в том, что слои ROI-оповещения строят объекты только из последних карт, вследствие, детектору сложно предсказать класс объекта и местоположение ограничивающего ящика. Основываясь на преимуществах Faster-R-CNN, авторы предлагают усовершенствованный метод архитектуры. Предложенный метод объединяет функции различных уровней для улучшения возможности обнаружения кораблей на радиолокационных изображениях: *feature fusion*, *transfer learning*, *hard negative mining*.

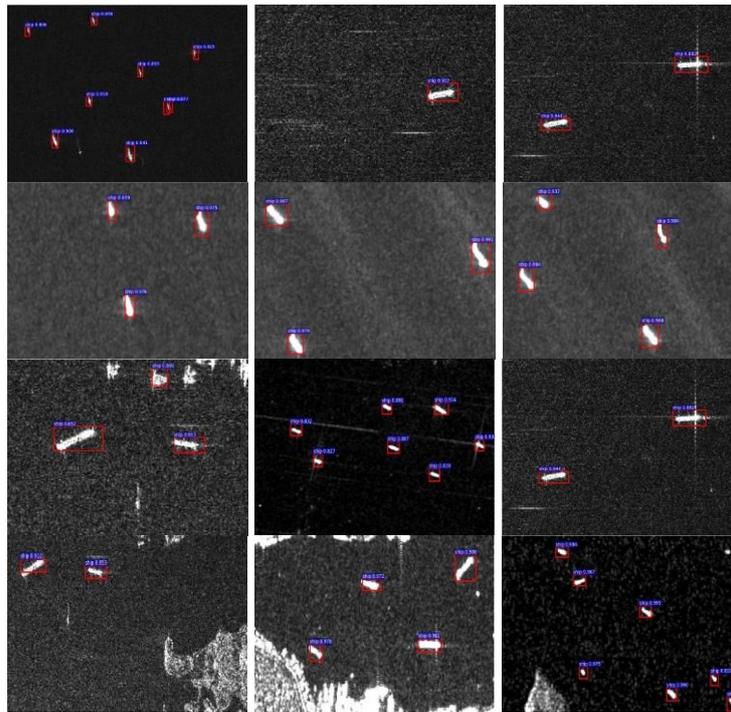


Рис. 5. Пример детектирования кораблей Faster-R-CNN
Fig. 5. Example of Faster-R-CNN ship detection

Сравнивая усовершенствованный метод с Faster-R-CNN и YOLOv2 авторами проведен эксперимент по детектированию объектов на радиолокационных изображениях. Результаты приведены в Таблице 2.

Таблица 2

Сравнение рассматриваемых архитектур

Table 2

Comparison of the architectures in question

Методы	Точность детектирования, %	Время на обработку, мс
Faster-R-CNN	70,1 %	198
YOLOv2	90,05%	25
Усовершенствованный метод	78,8 %	173

Среднее время обработки одного изображения на ЭВМ, оснащенной процессором Intel(R) Core(TM) i7-6770K @ 4.00 ГГц × 8 и видеокартой NVIDIA GTX1080, обладающей 8 Гб памяти, составило 198 мс и 173 мс для оригинальной и оптимизированной архитектур соответственно.

В ходе обучения модели с оптимизированной под решаемую задачу архитектурой получена нейронная сеть, точность которой при детектировании кораблей на радиолокационных изображениях составила 78,8 %, что на 8,7 % больше показателя сети с оригинальной

архитектурой, но меньше на 11,25 % по сравнению с YOLOv2. Время на обработку изображения уменьшилось от оригинального метода, а относительно YOLOv2 на порядок больше.

Еще одним примером распознавания морских объектов на радиолокационных изображениях является работа [2], где авторы рассматривают варианты обнаружения объектов на основе глубоких сверточных нейронных сетей, таких как Single Shot Detector (SSD) [6], YOLOv3 [13], RetinaNet [15].

В качестве набора радиолокационных данных применяется SAR Ship Dataset. Данная база сформирована из 102 РЛИ Gaofen-3 и 108 РЛИ Sentinel-1, значительно отличается от уже существующих наборов данных SAR Ship [8] и Open SAR Ship [12] по нескольким параметрам: объем данных и размеры изображений, размер окна обнаружения, типы разметки объектов, что имеет возможность применения его для обучения моделей на базе современных архитектур.

Авторами статьи проведены исследования рассматриваемых сверточных сетей по детектированию объектов и результаты представлены в Таблице 3.

Таблица 3

Характеристики тестируемых моделей

Table 3

Characteristics of the models being tested

Архитектура	SSD	YOLOv3	RetinaNet
Базовая сеть	ResNet-101	DarkNet-53	ResNet-101
Коэфф. сходства Жаккара	0,4	0,4	0,4
Время на обработку, мс	51	24	175
Точность детектирования, %	89,2	91,1	94,3

Из таблицы характеристик заметим, что коэффициент сходства Жаккара (отношение площади пересечения размеченного и предсказанного прямоугольников к их совокупной площади) одинаковые у всех моделей и составляет 40%.

Несмотря, на наибольшую точность детектирования 94,3%, модель RetinaNet является самой медленной на обработку изображения и занимает 175 мс. Оптимальным вариантом из списка рассматриваемых архитектур выделяется модель YOLOv3, которая обеспечивает точность 91,1% и наименьшее время выполнения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По итогам анализа всех источников была сделана сравнительная таблица (Таблица 4), где приведены особенности и полученные результаты каждого метода, которые в них рассмотрены.

Таблица 4

Сравнительная таблица методов

Table 4

Comparison table of methods

№	Архитектура нейронной сети	Особенности применяемых архитектур	Входные данные	Результат детектирования
1	YOLOv2	1. Применяется концепция «Якорная рамка», которая выделяет несколько объектов, находящихся в одной ячейке сетки, при этом увеличивая возможность более детально детектировать объекты.	База данных обнаружения судов (SSDD) -1160 изображений и 2456 кораблей	90,5 % [14]

Продолжение таблицы 4

№	Архитектура нейронной сети	Особенности применяемых архитектур	Входные данные	Результат детектирования
1	YOLOv2	2. Используется предварительно обученная модель Darknet-19, требующая 5,58 млрд операций (для сравнения: нейросеть CNN, использует фреймворк VGG-16 с 30,69 млрд операций)	Набор данных по поиску и обнаружению судов (DSSDD) – 1174 РЛИ.	89,13 % [14]
2	Faster-RCNN	Усовершенствование существующей архитектуры, объединяя различные уровни методов для повышения точности детектирования: 1) <i>feature fusion, transfer learning</i> – для детектирования как крупных, так и мелких кораблей; 2) <i>hard negative mining</i> – для увеличения показателей точности модели. Данная архитектура направлена на распознавание таких объектов, как люди, автомобили, животные.	Набор данных изображений с синтезированной апертурой (SSDD) В SSDD всего 1160 изображений и 2456 кораблей.	78,8 % [5]
3	SSD	1) SSD смешивает объекты с похожими категориями (например, животные), что делает точность детектирования низким. 2) SSD дает худшую производительность для небольших объектов, так как они могут отображаться не на всех картах объектов. Увеличение разрешения входного изображения облегчает эту проблему, но не решает ее полностью.	Набор данных SAR Ship Dataset Сформировано 210 РЛИ и получено 43820 изображений, на которых размечено 59536 объектов (кораблей)	89,2 % [2]
4	RetinaNet	1. Создана путем двух улучшений по сравнению с существующими одноэтапными моделями обнаружения объектов, такими как YOLO и SSD. 2. Использует магистраль Feature Pyramid Network (FPN) поверх архитектуры ResNet с прямой связью для создания богатой, многомасштабной пирамиды сверточных функций.	Набор данных SAR Ship Dataset Сформировано 210 РЛИ и получено 43820 изображений, на которых размечено 59536 объектов (кораблей)	94,3 % [2]

Окончание таблицы 4

№	Архитектура нейронной сети	Особенности применяемых архитектур	Входные данные	Результат детектирования
5	YOLOv3	1. Применяется базовая сеть Darknet-53, которая показывает высокую точность детектирования, при этом имея меньшее количество операций над изображениями, чем ResNet. Также данная сеть имеет удвоенную скорость при одинаковой производительности с ResNet. 2. Используются дополнительные ограничительные рамки, которые игнорируют другие объекты, не попадающие в выбранный порог (используется значение 0,7)	Набор данных SAR Ship Dataset Сформировано 210 РЛИ и получено 43820 изображений, на которых размечено 59536 объектов (кораблей)	91,1 % [2]

Из таблицы видно, что авторами каждой статьи применялись различные архитектуры нейронных сетей и в большинстве работ были получены высокие точности обнаружения объектов.

Наименьшего результата в 78,8% при времени 178 мс добились авторы с нейросетью архитектуры Faster-R-CNN. Такой результат объясняется тем, что Faster-R-CNN имеет проблемы с обнаружением небольших объектов на изображении с низким качеством. Данная архитектура направлена на распознавание таких объектов, как люди, автомобили, животные. Поэтому детектор будет испытывать большие трудности чтобы предсказать класс объекта и местоположение объекта.

Наибольший результат детектирования получили авторы, использующие архитектуру RetinaNet с показателем 94,3 %. Несмотря, на большую точность детектирования RetinaNet является самой медленной на обработку изображения, время которой составляет 175 мс.

YOLOv3 обладает практически на порядок большей скоростью обработки изображений – 24 мс по сравнению с 175 мс (RetinaNet) и 178 мс (Faster-R-CNN), что позволяет быть более оперативной при работе с массивами данных. Точность архитектуры YOLOv3 составляет 91,1 % – это является достаточно приемлемым результатом при детектировании любых объектов на радиолокационных изображениях.

Таким образом, самым оптимальным и производительным вариантом из рассмотренных является YOLOv3, которая обладает хорошим показателем точности и наилучшей скоростью обработки изображений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье были проанализированы работы, в которых рассматривались различные архитектуры сверточных нейронных сетей – Faster-R-CNN, SSD, RetinaNet, YOLOv2, YOLOv3.

Были проведены сравнительные анализы среди методов по критериям – точность детектирования и время на обработку, и выявлен наиболее эффективный алгоритм сверточной нейронной сети. По итогам сравнения была достигнута цель – из всех рассмотренных архитектур YOLOv3 обладает оптимальными показателями.

Одним из путей дальнейшего исследования может быть применение сверточных нейронных сетей для мониторинга и охраны окружающей среды, в том числе для выявления нелегальных действий (браконьерство, вырубка лесов, разжигание костров) и стихийных бедствий (пожары, оползни, наводнения). В качестве объектов можно использовать людей, транспортные средства и объекты инфраструктуры.

Список литературы

1. Гончаренко Ю.Ю., Нестеренко В.Р. Использование случайных биометрических образов для генерации криптостойких последовательностей с применением генеративно-состязательных нейронных сетей // Научный результат. Информационные технологии. – Т.4, №2, 2019. С. 69-74.
2. Клейменов В.В., Сахно В.И., Сахно Д.И. Сравнительный анализ эффективности применения нейросетевых обнаружителей морских объектов на радиолокационных изображениях // Труды Военно-космической академии имени АФ Можайского. – 2020. – №. 672. – С. 110-120.
3. Кулагин В.П., Затыгалова В.В. Информационная поддержка наблюдений объектов на морской поверхности // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2015. – №. 1. – С. 23-38.
4. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования / Верба, В.С., Неронский, Л.Б., Осипов, И.Г., & Турук, В.Э. (2010).
5. Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks / Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. // In Advances in neural information processing systems (2015). P. 91-99.
6. Fu C.Y. et al. Dssd: Deconvolutional single shot detector // arXiv preprint arXiv:1701.06659. – 2017.
7. Girshick R. Fast r-cnn // Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. – 2015. – P. 1440-1448.
8. Lemoine G. et al. An open source framework for integration of vessel positions detected in spaceborne SAR Imagery in operational fisheries monitoring and control // Envisat & ERS Symposium. – 2005. – Т. 572.
9. Li J., Qu C., Shao J. Ship detection in SAR images based on an improved faster R-CNN // 2017 SAR in Big Data Era: Models, Methods and Applications (BIGSARDATA). – IEEE, 2017. – P. 1-6.
10. Morena L. C., James K. V., Beck J. An introduction to the RADARSAT-2 mission // Canadian Journal of Remote Sensing. – 2004. – Т. 30. – №. 3. – P. 221-234.
11. Redmon J., Farhadi A. YOLO9000: better, faster, stronger // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2017. – P. 7263-7271.
12. Schwegmann C. P. et al. Very deep learning for ship discrimination in synthetic aperture radar imagery // 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). – IEEE, 2016. – Pp. 104-107.
13. Selective search for object recognition / Uijlings, J.R., Van De Sande, K.E., Gevers, T., & Smeulders, A.W. // International journal of computer vision, (2013). 104(2), P. 154-171.
14. Ship detection based on YOLOv2 for SAR imagery / Chang, Y.L., Anagaw, A., Chang, L., Wang, Y.C., Hsiao, C.Y., & Lee, W.H. // Remote Sensing, (2019), 11(7), Pp. 786.
15. Wang Y. et al. Automatic ship detection based on RetinaNet using multi-resolution Gaofen-3 imagery // Remote Sensing. – 2019. – Т. 11. – №. 5. – Pp. 531.
16. Werninghaus R. TerraSAR-X mission // SAR Image Analysis, Modeling, and Techniques VI. – International Society for Optics and Photonics, 2004. – Т. 5236. – P. 9-16.

References

1. Goncharenko Yu.Yu., Nesterenko V.R. the Use of random biometric images for generating cryptographic sequences using generative-binding neural networks. Research Result. Information technologies, Vol. 4, No. 2, 2019. P. 69-74.
2. Kleimenov V.V., Sakhno V.I., Sakhno D.I. Comparative analysis of the effectiveness of applying neural network detectors of marine objects on radar images // Proceedings of the Military Space Academy named after AF Mozhaisky. – 2020. – №. 672. – P. 110-120.
3. Kulagin V.P., Zatyagalova V.V. Information support for observations of objects on the sea surface // Vestnik MSTU MIREA. – 2015. – №. 1. – P. 23-38.
4. Verba V.S., Neronsky L.B., Osipov I.G., & Turuk V.E., Space-based ground survey radar systems. – 2010.
5. Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks / Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. // In Advances in neural information processing systems (2015). P. 91-99.
6. Fu C.Y. et al. Dssd: Deconvolutional single shot detector // arXiv preprint arXiv:1701.06659. – 2017.
7. Girshick R. Fast r-cnn // Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. – 2015. – Pp. 1440-1448.
8. Lemoine G. et al. An open source framework for integration of vessel positions detected in spaceborne SAR Imagery in operational fisheries monitoring and control // Envisat & ERS Symposium. – 2005. – Т. 572.

9. Li J., Qu C., Shao J. Ship detection in SAR images based on an improved faster R-CNN //2017 SAR in Big Data Era: Models, Methods and Applications (BIGSARDATA). – IEEE, 2017. – P. 1-6.
10. Morena L. C., James K. V., Beck J. An introduction to the RADARSAT-2 mission // Canadian Journal of Remote Sensing. – 2004. – Т. 30. – №. 3. – P. 221-234.
11. Redmon J., Farhadi A. YOLO9000: better, faster, stronger // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2017. – P. 7263-7271.
12. Schwegmann C. P. et al. Very deep learning for ship discrimination in synthetic aperture radar imagery // 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). – IEEE, 2016. – P. 104-107.
13. Selective search for object recognition / Uijlings, J.R., Van De Sande, K.E., Gevers, T., & Smeulders, A.W. // International journal of computer vision, (2013). 104(2), P. 154-171.
14. Ship detection based on YOLOv2 for SAR imagery / Chang, Y.L., Anagaw, A., Chang, L., Wang, Y.C., Hsiao, C.Y., & Lee, W.H. // Remote Sensing, (2019), 11(7), 786 pp.
15. Wang Y. et al. Automatic ship detection based on RetinaNet using multi-resolution Gaofen-3 imagery // Remote Sensing. – 2019. – Т. 11. – №. 5. – P. 531.
16. Werninghaus R. TerraSAR-X mission // SAR Image Analysis, Modeling, and Techniques VI. – International Society for Optics and Photonics, 2004. – Т. 5236. – P. 9-16.

Чорбаа Начын Александрович, магистрант Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики

Ле Ань Ту, аспирант Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики

Толстой Иван Михайлович, инженер, Национальный центр когнитивных разработок Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики

Chorbaa Nachyn Alexandrovich, master of Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

Le Anh Tu, post-graduate student of Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

Tolstoy Ivan Mikhailovich, engineer, ITMO University's National Center for Cognitive Technologies

УДК 004.94

DOI: 10.18413/2518-1092-2020-5-4-0-4

Золотов Д.А.
Коваленко А.Н.
Петина М.А.
Путивцева Н.П.**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
В ОНЛАЙН-ОБРАЗОВАНИИ**Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
ул. Победы, д. 85, г. Белгород, 308015, Россия*e-mail: 1243147@bsu.edu.ru, kovalenko_a@bsu.edu.ru, petina_m@bsu.edu.ru, putivzeva@bsu.edu.ru***Аннотация**

В статье рассматривается создание виртуальных лабораторных работ по устройству ПК для студентов первого курса с целью их дальнейшего использования в дистанционном обучении. Виртуальные лабораторные работы реализованы с помощью языка программирования C# в среде .NET Framework 4.6. Виртуальный лабораторный практикум разбит на этапы, каждый из которых содержит описание действий, которые студенту необходимо выполнить для успешного усвоения материала.

Ключевые слова: виртуальные лабораторные работы; онлайн-образование; дистанционное обучение; C#; WPF; MVVM; .NET; виртуальная сборка персонального компьютера.

UDC 004.94

Zolotov D.A.
Kovalenko A.N.
Petina M.A.
Putivceva N.P.**ON THE USE OF VIRTUAL LABORATORY WORKS
IN ONLINE EDUCATION**

Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

*e-mail: 1243147@bsu.edu.ru, kovalenko_a@bsu.edu.ru, petina_m@bsu.edu.ru, putivzeva@bsu.edu.ru***Annotation**

The article deals with the creation of virtual laboratory works on the PC device for first-year students with the aim of their further use in distance learning. Virtual lab work is implemented using the C# programming language in the environment .NET Framework 4.6. The virtual laboratory workshop is divided into stages, each of which contains a description of the actions that the student needs to perform for successful assimilation of the material.

Keywords: virtual laboratory work; online education; distance learning; C#; WPF; MVVM; .NET; virtual build of a personal computer.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время многие высшие учебные заведения используют в учебном процессе инновационные образовательные технологии. Их актуальность заключается в том, что одним из важнейших условий Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования на сегодняшний день является информатизация учебного процесса, направленная на обеспечение полного и своевременного использования достоверных знаний во всех общественно значимых видах человеческой деятельности [1].

Средства мультимедиа, помимо электронных обучающих учебников и комплексов, открывают принципиально новые возможности по созданию дидактического обеспечения – виртуальных лабораторных работ (ВЛР) [1-6].

В связи с развитием дистанционного образования актуальным становится разработка программного обеспечения – виртуальных лабораторных работ для различных дисциплин. Использование ВЛР в учебном процессе позволяет быстро освоить учебный материал с помощью

практических лабораторных занятий. Данный подход позволяет студентам в удобной форме пройти обучение, а преподавателю провести проверку полученных знаний [7-9].

Подход к проблеме создания виртуальных лабораторных работ и их внедрению в учебный процесс должен быть дифференцированным и учитывать специфику дисциплины. К достоинствам использования виртуальных работ стоит отнести то, что они обеспечивают универсальность и многофункциональность, а также гибкость и простоту адаптации к различным предметным областям объектам. Также появляется возможность осуществить эксперимент, который в обычных условиях невозможен или его проведение сопряжено с временными либо материальными затратами [7, 9-12]. Также стоит отметить, что использование персонального компьютера упрощает контроль за выполнением и подготовкой студента к проведению конкретной лабораторной работы.

За прохождение каждой работы студент получает определенное количество баллов, которое автоматически суммируется в итоге, что позволяет упростить процесс оценивания проделанной работы учащимися.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Представленные в работе виртуальные лабораторные работы по дисциплине «Введение в специальность» разработаны для студентов направления «Прикладная информатика». Среди работ, реализованных в качестве виртуальных, представлены такие, как «Подключение оборудования к системному блоку», «Изучение компонентов материнской платы» и др.

Выполнение лабораторной работы, заключается в эмуляции тех действий, которые пользователь должен проводить в реальных условиях. Каждая ВЛР содержит теоретический материал и описание действий, которые студенту необходимо выполнить для успешного усвоения материала.

Прежде чем начать выполнение работы студент регистрируется и далее приступает к выполнению практических заданий.

Все результаты фиксируются. Можно просматривать как промежуточные, так и итоговые оценки (рис. 1).

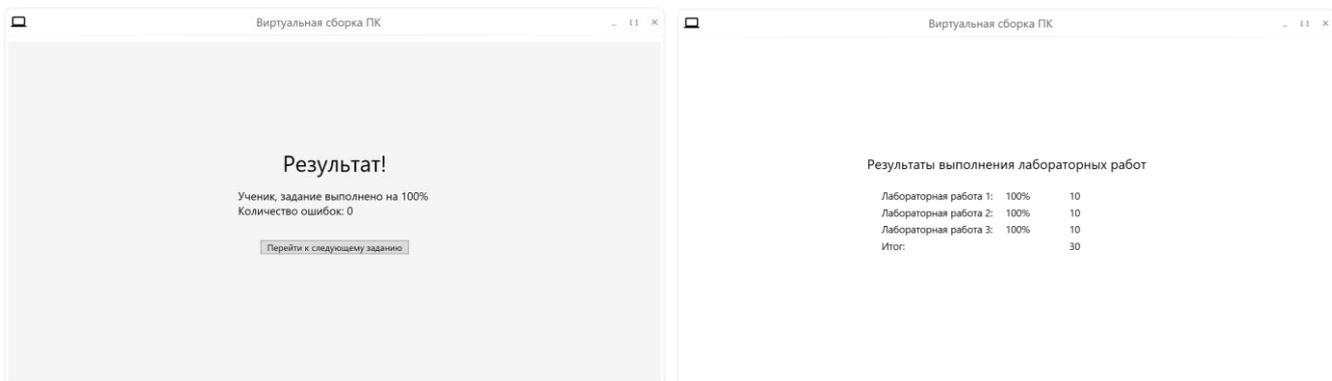


Рис. 1. Окно «Результат»
Fig.1. Window «Result»

Каждая работа состоит из рабочей панели, блока устройств/компонентов, описания и задания. По завершении выполнения работы студент кликает на кнопку «Завершить задание» и может просмотреть свой результат. Всего разрешены две попытки. Окно ВЛР «Подключение оборудования к системному блоку» и «Изучение компонентов материнской платы» представлено на рисунках 2 и 3.



Рис. 2. Окно «Подключение оборудования к системному блоку»
Fig. 2. Window «Connecting equipment to the system unit»

На рисунке 2 изображен процесс выполнения задания «Подключение оборудования к системному блоку». Студенту необходимо изучить порты системного блока и определить соответствие порта его графическому изображению.

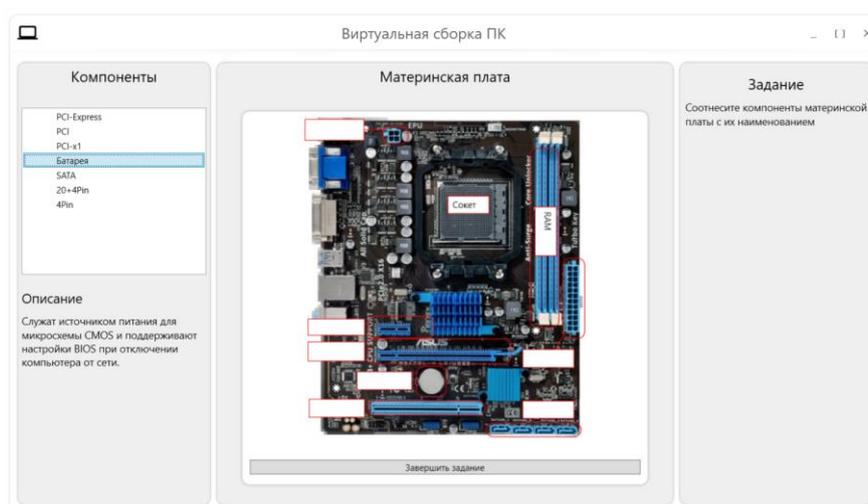


Рис. 3. Окно «Изучение компонентов материнской платы»
Fig. 3. Window «Study of motherboard components»

На рисунке 3 изображен процесс выполнения задания «Изучение компонентов материнской платы». Студенту представлен перечень составляющих материнской платы с их кратким описанием. После изучения теоретического материала, учащийся должен соотнести компоненты с их наименованиями путем перетаскивания.

Выбор программных средств

Для поставленной задачи использовалась среда разработки программного обеспечения Visual Studio 2019 и язык C#, исходя из следующих требований:

1. Наличие средств для разработки графических приложений.
2. Наличие средств для отрисовки и анимации графических примитивов.
3. Скорость и простота разработки.
4. Скорость работы.
5. Большое количество пакетов с дополнительными библиотеками.
6. Удобная отладка.

РЕАЛИЗАЦИЯ

Для реализации были использованы библиотеки `GongSolutions.WPF.DragDrop` и `Newtonsoft.Json`. Первая необходима для реализации перемещения предметов из одной коллекции в другую. Вторая используется для реализации работы с JSON файлами. В них записываются результаты студента, а также сами задания. Вся бизнес-логика была отделена от интерфейса и реализована в отдельной библиотеке.

Описание интерфейса

В программе присутствуют три основных области для работы. В левой части располагаются элементы коллекций с описанием, в правой части располагается основное задание, которое студент должен выполнить. В центре расположена «платформа» для выполнения задания.

Интерфейс виртуальной лабораторной работы построен на использовании фреймворка WPF для C#. Интерфейс реализовывался по паттерну MVVM, чтобы отделить бизнес-логику от интерфейса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимость таких виртуальных лабораторных работ обусловлена в первую очередь повышением качества образования, обеспечиваемого с помощью дистанционных технологий. Внедрение информационных технологий в процесс обучения хорошо дополняет существующие технологии преподавания и имеет дополнительные преимущества по сравнению с обычными формами обучения.

Список литературы

1. Тарасенко Н.А., Архипов В.Ю., Лобанов В.Г., Тимофеев Т.И. Разработка виртуальных лабораторных работ для электронной среды обучения // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 12-4. – С. 661-664; URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39600> (дата обращения: 17.11.2020).
2. Черных А.И., Тарасенко Н.А., Никонович С.Н. Перспективы использования дистанционного обучения в инженерном вузе // *Научные труды Кубанского государственного технологического университета*. – 2014. – № 54. – С. 451-453.
3. Губский Д.С., Земляков В.В., Мамай И.В. Создание виртуальных лабораторных работ // *Дистанционное и виртуальное обучение*. – 2013. – № 9(75). – С. 19-25.
4. Шиков А.Н. Применение компьютерных лабораторных практикумов в системе подготовки студентов очной формы обучения // *Дистанционное и виртуальное обучение*. – 2013. № 4.
5. Маслова М.А., Лагуткина Т.В. Анализ и выявление положительных и отрицательных сторон внедрения дистанционного обучения // *Научный результат. Информационные технологии*. – Т.5, №2, 2020. http://trinformation.ru/media/information/2020/2/%D0%98%D0%A2_8.pdf
6. Никольский П.Г., Кузнецов А.В., Архипов С.Н., Чистяков С.В. Компьютерная обучающая программа для подготовки специалистов в области телекоммуникаций // *Научный результат. Информационные технологии*. – Т.4, №2, 2019. http://trinformation.ru/media/information/2019/2/%D0%98%D0%A2_6.pdf
7. Дубровин В.С., Никулин В.В. Роль виртуальных лабораторных работ в повышении качества подготовки бакалавров по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» // *Интеграция образования*. – 2014. – № 1. – С. 109-115.
8. Губин С.В. Внедрение виртуальной лабораторной работы по теме «Колебания и волны» // *Сборник статей Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной науки и образования»*. – 2020. – С. 13-15.
9. Князева Е.М. Лабораторные работы нового поколения // *Фундаментальные исследования*. № 6. 2012. С. 587–591.
10. Гергова И.Ж. Виртуальные лабораторные работы как форма самостоятельной работы студентов / И.Ж. Гергова, М.А. Коцева, А.Х. Ципинова, Э.Х. Шериева, И.К. Азизов // *Современные наукоемкие технологии*. – №1. – 2017. – С. 94-98.
11. Шейнбаум В.С. Междисциплинарное деятельностное обучение в виртуальной среде профессиональной деятельности: состояние, перспективы // *Высшее образование России*. 2017. № 11. С. 61-68.

12. Дубровин, В.С. Использование виртуальных лабораторных работ – как элемент повышения качества подготовки специалистов. Системы управления и связи: научно-технический сборник. – Ростов-на-Дону, 2012. – Вып. 1 (17). – С. 15-18.

References

1. Tarasenko N.A., Arhipov V.Yu., Lobanov V.G., Timofeenko T.I. Development of virtual labs for e-learning environments // Fundamental research. – 2015. – № 12-4. – P. 661-664; URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39600> (data access: 17.11.2020).
2. Chernyh A.I., Tarasenko N.A., Nikonovich S.N. Prospects for the use of distance learning in an engineering university // Scientific works of the Kuban State Technological University. – 2014. – № S4. – P. 451-453.
3. Gubskij D.S., Zemlyakov V.V., Mamaj I.V. Creation of virtual labs // Distance and virtual learning. – 2013. – № 9(75). – P. 19-25.
4. Shikov A.N. Application of computer laboratory workshops in the system of training full-time students // Distance and virtual learning. – 2013. № 4.
5. Maslova M.A., Lagutkina T.V. Analysis and identification of positive and negative aspects of distance learning implementation // Research Result. Information Technologies. – Т. 5, №2, 2020. http://rrinformation.ru/media/information/2020/2/%D0%98%D0%A2_8.pdf
6. Nikolsky P.G., Kuznetsov A.V., Arkhipov S.N., Chistyakov S.V. Computer training programmes // Research Result. Information Technologies. – Т. 4, №2, 2019. http://rrinformation.ru/media/information/2019/2/%D0%98%D0%A2_6.pdf
7. Dubrovin V.S., Nikulin V.V. The role of virtual laboratory work in improving the quality of training bachelors in the field of "Infocommunication technologies and communication systems" // Integration of education. – 2014. – № 1. – P. 109-115.
8. Gubin S.V. Implementation of a virtual laboratory work on "Oscillations and Waves" // Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference "Actual problems of modern science and education." – 2020. – P. 13-15.
9. Knyazeva E.M. New generation laboratory work // Fundamental research. – № 6. 2012. P. 587–591.
10. Gergova I.Zh. Virtual laboratory work as a form of students' independent work / I.Zh. Gergova, M.A. Koceva, A.H. Cipinova, E.H. Sherieva, I.K. Azizov // Modern high technologies. – №1. – 2017. – P. 94-98.
11. Shejnbaum V.S. Interdisciplinary activity-based training in a virtual environment of professional activity: state, prospects // Higher education in Russia. 2017. № 11. P. 61–68.
12. Dubrovin, V.S. Using virtual laboratory works as an element of improving the quality of training. Control and communication systems: scientific and technical collection. – Rostov-na-Donu, 2012. – Vyp. 1 (17). – P. 15–18.

Золотов Дмитрий Александрович, студент 4 курса кафедры прикладной информатики и информационных технологий

Коваленко Анастасия Николаевна, старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий

Петина Мария Александровна, кандидат географических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

Путивцева Наталья Павловна, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

Zolotov Dmitriy Aleksandrovich, 4th year student of the Department of Applied Informatics and Information Technologies

Kovalenko Anastasiya Nikolaevna, senior lecturer of the Department of Applied Informatics and Information Technologies

Petina Mariya Aleksandrovna, candidate of geographic sciences, associate professor of the Department of Applied Informatics and Information Technologies

Putivceva Natal'ya Pavlovna, candidate of engineering sciences, associate professor of the Department of Applied Informatics and Information Technologies

УДК 004.042

DOI: 10.18413/2518-1092-2020-5-4-0-5

Величко М.С.
Маслова М.А.**ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК УСЛУГА
В НОВОМ ДИСТАНЦИОННОМ МИРЕ**

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

*e-mail: maksim_velichko_2000@mail.ru, mahechka-81@mail.ru***Аннотация**

2020 год в Российской Федерации привел к изменениям в работе компаний, государственных учреждений, а также ИБ-подразделений в частности, что в свою очередь привлекло внимание всех вышеуказанных к перепланировке дальнейшего ведения бизнеса. Первенствующим фактором, послужившим изменениям на рынке информационной безопасности в Российской Федерации и в принципе во всем мире, является переход подавляющего количества компаний на удаленный режим работы из-за неожиданной пандемии. Из-за спонтанного характера изменений организации были вынуждены перестраиваться на ходу, изменять методы и способы обеспечения информационной безопасности, более того совершать переход на новые технические средства для распознавания по принципу “свой – чужой”, в том числе, с использованием искусственного интеллекта. Так же возникла огромная проблема с персоналом, его опытом, грамотностью и оснащенностью рабочими местами в домашних условиях, в том числе с их защищенностью. Появилась четкая проблема, которая требовала незамедлительного решения и выхода из сложившегося положения без больших потерь и с минимальными затратами.

Ключевые слова: бизнес; удаленный режим работы; обеспечение информационной безопасности; «удаленка»; технологий обеспечения информационной безопасности.

UDC 004.042

Velichko M.S.
Maslova M.A.**INFORMATION SECURITY AS A SERVICE
IN THE NEW REMOTE WORLD**

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

*e-mail: maksim_velichko_2000@mail.ru, mahechka-81@mail.ru***Abstract**

The year 2020 in the Russian Federation led to changes in the work of companies, government agencies, and information security departments in particular, which in turn attracted the attention of all of the above to the redevelopment of further business operations.

The primary factor that has led to changes in the information security market in the Russian Federation and, in principle, around the world, is the transition of an overwhelming number of companies to remote operation due to an unexpected pandemic. Due to the spontaneous nature of changes, organizations were forced to rebuild on the go, change methods and methods of ensuring information security, and even make the transition to new technical means for recognition on the “friend-foe” principle, including using artificial intelligence. There was also a huge problem with the staff, their experience, literacy and equipment of workplaces at home, including their security. There was a clear problem that required an immediate solution and a way out of the current situation without large losses and with minimal costs.

Keywords: business; remote mode of operation; information security; "remote"; information security technologies.

ВВЕДЕНИЕ

Существенный скачок нагрузки на ИТ и ИБ-подразделения, является следствием спонтанного и широкого перехода на формат удалённой работы. Возникла резкая необходимость разработки новых, современных средств защиты информации для всех направлений сфер

деятельности человека. При этом они должны соответствовать законам, правилам и требованиям, выдвигаемым к ним. Необходимо стало очень внимательно выбирать платформы для работы, проведения совещаний, учебы, обработки документов, электронных торгов и т.д., чтоб они не только были приоритетными, но и самое главное безопасными. Данный переход должен быть адаптированным к базовым принципам наступивших трудностей, с проведением анализа рисков и проблем информационной безопасности при защите каналов удаленной работы. Обострился вопрос профессиональной грамотности сотрудников в области информационной безопасности, так как возросли риски инцидентов информационной безопасности.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Однако, ряд организаций видит в сложившейся ситуации благоприятное развитие. “В дальнейшем это может изменить структуру ключевых рисков ИБ и в значительной мере повлиять на развитие ИБ, и критичность проектов. В перспективе 2-3 лет ИБ и ИТ всё больше будет уходить в облака, чтобы подобные резкие переходы на «удалёнку» не были столь болезненными для бизнеса”, – полагает Алексей Горелкин, “СЕО Phishman”.

Дмитрий Пудов – заместитель генерального директора по технологиям и развитию группы компаний “Angara”, отмечает три основных изменения в текущем моменте времени: стремительная эскалация российских производителей, совершенствование организационных вопросов, повышенное внимание к использованию управляемых сервисов (Managed Services) в ИБ. “Я достаточно оптимистично оцениваю перспективы российского рынка ИБ. Более того, текущая ситуация может даже стать катализатором роста. Произошедшее заставило многие организации обратить внимание на существующие пробелы в этой области, на вопросы готовности к безопасному цифровому взаимодействию с клиентами и партнерами”, – заявляет Дмитрий Пудов.

В «Кросс Технолджис» замечают возросший уровень зрелости компаний и отмечают, что многие организации пришли к процессам центров мониторинга кибербезопасности и постепенно начинают внедрять SOAR системы с оптимизацией сценариев реагирования в рамках бизнес-процессов. “Тренды сегодняшнего дня – это SOAR (автоматизация), сети нулевого доверия, поведенческая аналитика об этом свидетельствуют регулярные запросы, поступающие от заказчиков в нашу компанию. На первое место встают вопросы автоматизации процессов инцидент менеджмента, по части реагирования и расследования инцидентов информационной безопасности с внедрением систем помощи принятия решений на базе алгоритмов машинного обучения, – рассказывают в «Кросс Технолджис»”.

По мнению директора департамента развития технологий компании “Аладдин Р.Д.” – Дениса Сухова, рынок ИБ приобрёл совершенно новые приоритеты. Проблемы внедрения и функционирования методов и технологий обеспечения информационной безопасности стали первоочередной задачей подавляющего большинства организаций. Недавняя обстановка была такова: внедрение мер защиты предприятиями было следствием уже произошедших инцидентов в компаниях. Текущая ситуация свидетельствует об обратном: предприятия прилагают все усилия, чтобы вести упреждающую политику защиты от угроз информации [5, 6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Опыт спонтанного объединения ресурсов в экстренных обстоятельствах 2020 года, а также объективные изменения развития экономики и бизнеса побудили преобразования к подходам обеспечения информационной безопасности. Прогресс в развитии большинства технологий чаще всего является импульсом для изменений в информационной безопасности, а из этого вытекает рост инвестирования в целом.

Генеральный директор “EveryTag” Сергей Войнов прогнозирует, что подобные изменения ориентиров ИБ в организациях из крупного, среднего и малого бизнеса приведут не только к противодействию угрозам утечки информации, но и гарантированно определят злоумышленников. Помимо этого, Сергей отмечает, что компании будут прилагать больше усилий при подготовке

персонала к правилам безопасной работы с информацией, так как текущая ситуация далека от идеала [7].

Руководитель Дирекции информационной безопасности компании “Калуга Астрал” Дмитрий Елфимов считает, что повсеместная информатизация бизнеса и государственных органов всё также будет влиять на изменения в рынке ИБ. К характерным изменениям можно отнести усиленное внедрение искусственного интеллекта для решения вопросов защиты информации, он примет на себя часть оперативных, ситуационных решений, что снизит нагрузку на специалистов по информационной безопасности.

Директор по развитию “Аванпост” Олег Губка утверждает, что несмотря на условия пандемии для рынка ИБ пока не наступили значимые негативные последствия. Он также характеризует апрель месяц оптимизацией к новым условиям, которым свойственна низкая рыночная активность. С другой стороны, май отличился возросшим количеством запросов от партнеров и заказчиков. “Хочется надеется, что такая высокая активность сохранится до конца года и она не будет подвержена привычным сезонным колебаниям. Это поможет лучше справиться с внешними негативными факторами, влияющими на российскую экономику в целом”, – говорит Олег Губка [8].

Председатель совета директоров “СёрчИнформ” Лев Матвеев считает, что весна и лето 2020 года оказали стрессовое воздействие на компании, что в свою очередь послужило проверкой отказоустойчивости представителей рынка. “Кто закатал рукава и работает, имеет технически сильный продукт – защищен своим же продуктом от всех невзгод. А у кого были скорее хорошие продажи и административный ресурс, тот просит помощи у государства. Отчасти исход нынешнего кризиса повлияет на рынок в 2021-2022 году: может оказаться, что ряду вендоров будет нечего предложить заказчикам. Но спроса меньше не станет. Чем больше бизнес-процессов уходит в «цифру», тем больше информации нужно защищать: ведь одно дело, когда ты за ПК читаешь новости, совсем другое – когда оформляешь сделку в электронном документообороте. Процесс цифровизации не останавливается, поэтому верхняя планка рынка ИБ продолжит расти. Вдобавок недавний массовый переход на «удаленку» обнажил многие проблемы корпоративной безопасности, повысил требования к защите”, – рассказывает Лев Матвеев.

Директор по развитию бизнеса “Positive Technologies” в России Максим Филиппов, прогнозирует возможные проблемы блокировки бюджетов компаний и задержек поставок оборудования. Помимо этого, акцентирует внимание на острых вопросах увеличения числа инцидентов ИБ, вызванных повышенной активностью злоумышленников. По мнению Максима Филиппова, всё вышперечисленное приведет компании к заморозке их проектов. “Если режим удаленной работы затянется, то можно прогнозировать вероятные изменения в ландшафте российского рынка ИБ, в том числе за счет поглощений и банкротств тех его игроков, которые не смогут аккуратно и вдумчиво спланировать свой кэш-флоу, оптимизировать затраты, то есть в целом подготовиться к тому, чтобы «проскочить» этот год. Негативные тренды, сопряженные с этими событиями, мы будем остро чувствовать не только во второй половине 2020-го года, но и в следующем 2021-ом году. И, пожалуй, следующий 2021-ый год вызывает не меньшую тревогу, чем вторая половина текущего”, – добавляет эксперт.

Директор по стратегическому развитию Axiom, дистрибутора ИТ-решений разных вендоров Евгений Куртуков утверждает, что из всех сегментов ИТ-рынка ИБ уверенно держит планку первенства, о чем свидетельствует рост прибыли в этой отрасли. Опыт работы компании “Axiom” показывает, что частично ИТ-проекты переносятся, а необходимость в ИБ, наоборот, носит первостепенный характер у заказчиков. “Доходит до удивительного. У нас есть блок решений по направлению network performance (производительность сети). Казалось бы, эта тема должна быть сейчас «горячей», потому что многие ушли на удаленку, нагрузка на сеть возрастает. Но даже проекты в этой области сдвигаются из-за ИБ”, – заявил представитель Axiom.

Михаил Прибочий – управляющий директор “Лаборатории Касперского” в России, СНГ и Прибалтике, рассказывает о положительной динамике компании, несмотря на падение прибыли в некоторых её сегментах. Подобный рост обусловлен массовой повышенной необходимостью в ИБ

организаций-заказчиков. Продажи через сервис-провайдеров и корпоративные решения показывают наиболее высокие результаты, а именно благодаря сервисам Kaspersky xSP Value Added Services. Особенностью этого канала является то, что продажи ведутся большинством сотрудников, работающих на дому. Обратной стороной такого подхода является повышенная опасность угроз информации, отсюда вытекает необходимость усиленной защиты указанного канала [5-8].

Увеличилось на 50% число атак злоумышленников на инфраструктуру в корпоративном секторе. Заказчики пришли к выводу о необходимости усилении защиты инфраструктуры в целом, тогда как ранее многими компаниями предполагалось, что защиты конечной точки будет достаточно [2-4].

В неблагоприятной ситуации оказался разработчик DLP-решений Infowatch, о чем свидетельствует снижение продаж в первой четверти 2020 года. Константин Левин, вице-президент по продажам компании пояснил, что текущие обстоятельства неразрывно связаны со стагнацией крупного корпоративного бизнеса [1, 11].

Директор по развитию бизнеса Positive Technologies в России Максим Филиппов, отмечает пока что неплохую динамику роста компании, ссылаясь на показатели периода 2019 года. Подобным ростом организация обязана 3 крупным контрактам, а также заказчикам в лице государственного сектора и компаний с государственным участием. Следствием снижения спроса со стороны среднего и малого бизнеса стало ослабление динамики внедрения сканера уязвимостей XSpider. «Наши региональные продажи демонстрируют положительную динамику, но уже есть негативные тренды. Мы это связываем с тем, что региональным руководителям со стороны правительства была дана некая индульгенция на распоряжение бюджетами с точки зрения ликвидации последствий сложившейся ситуации. И очевидно, что тут бюджеты информационной безопасности у некоторых из них стали разменной монетой: они либо приостановились, либо перенеслись на будущие периоды», – пояснил Максим Филиппов.

Более того, компании «Positive Technologies» и «Лаборатория Касперского» начали чаще сталкиваться просьбами клиентов об отсрочках платежей, предоставлении специальных скидок, обосновывая их текущей ситуацией. Клиенты иногда требуют скидки, отсрочки, бесплатные поставки, даже ничем это, не мотивируя [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог всему вышеперечисленному, можно уверенно утверждать о беспрецедентном влиянии пандемии, а как следствие удаленного режима работы на все сегменты ИТ и ИБ в частности. По большей части ИБ показывает своевременную готовность оказать усиленную поддержку безопасности нового формата работы компаний и отреагировать на стремительно возросший спрос рынка. Что касательно заказчиков, то крупные ИТ-компании и государственный сектор смогли оперативно адаптироваться к текущей ситуации. Их основной проблемой, стала необходимость повышения информационной грамотности сотрудников. Представители малого и среднего бизнеса, вдобавок к этой проблеме, столкнулись с более ощутимыми финансовыми трудностями, что может стать причиной банкротства некоторых компаний. Эффективность внедрения новых бизнес-моделей и технологий выражается в том, что часть организаций заявляют о своей готовности продолжить работу в удаленном режиме после отмены карантина. Из сложившейся ситуации видно, что благодаря дистанционному формату не только это повлияло на увеличение роста защиты информации на более высоком уровне, но и на ее качество оказываемых услуг.

Список литературы

1. Бутин А.А., Василевская А.Н. Обзор основных рекомендаций по предупреждению инцидентов информационной безопасности в условиях удаленной работы и режима самоизоляции // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. 2020. № 2 (7). С. 39-45.
2. Более половины российских компаний в период пандемии увеличили расходы на

кибербезопасность, 2020 г. URL: https://www.cnews.ru/news/line/2020-07-17_bolee_poloviny_rossijskih – (дата обращения: 29.10.2020).

3. Гончаренко Ю.Ю., Кушнарев А.А., Исаков С.А. Программная реализация методики определения актуальных угроз безопасности персональных данных // Научный результат. Информационные технологии. – Т.4, №1, 2019. С. 9-14.

4. Ерышов В.Г., Ерышов Н.В. Анализ угроз информационной безопасности в условиях перехода сотрудников организации на удаленный режим работы // Национальная безопасность России: актуальные аспекты. Сборник избранных статей Всероссийской научно-практической конференции. СПб, 2020. С. 17-20.

5. Ермакова Е.О. Устойчивость информационной среды учреждения при организации удаленной работы // Системы управления, сложные системы: моделирование, устойчивость, стабилизация, интеллектуальные технологии. Материалы VI Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.А. Шестакова. Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина. Елец, 2020. С. 131-134.

6. Информационная безопасность (рынок России), 2020 г. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Информационная_безопасность_\(рынок_России\)#.D0.9E.D0.B6.D0.B8.D0.B4.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D1.8F_.D0.BF.D0.BE_.D0.B8.D1.82.D0.BE.D0.B3.D0.B0.D0.BC_.D0.B3.D0.BE.D0.B4.D0.B0](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Информационная_безопасность_(рынок_России)#.D0.9E.D0.B6.D0.B8.D0.B4.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D1.8F_.D0.BF.D0.BE_.D0.B8.D1.82.D0.BE.D0.B3.D0.B0.D0.BC_.D0.B3.D0.BE.D0.B4.D0.B0) – (дата обращения: 19.10.2020).

7. Как российский рынок информационной безопасности переживает эпидемию коронавируса в 2020 году URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Market_Analysis/how-russian-information-security-market-experiencing-coronavirus-epidemic-in-2020 – (дата обращения: 23.10.2020).

8. Как пандемия меняет ИБ-рынок, 2020 г. URL: <https://www.comnews.ru/content/205669/2020-04-20/2020-w17/kak-pandemiya-menyat-ib-rynok> – (дата обращения: 25.10.2020).

9. Коронавирус и кибербезопасность: Информационная безопасность в условиях пандемии COVID-19, 2020 г. URL: <https://expert.ru/2020/04/9/informatsionnaya-bezopasnost-v-usloviyah-pandemii-covid-19/> – (дата обращения: 23.10.2020).

10. Логинова Е.В. Обеспечение информационной безопасности коммерческого предприятия при переводе сотрудников на удаленную работу // Национальная безопасность России: актуальные аспекты. Сборник избранных статей Всероссийской научно-практической конференции. СПб, 2020. С. 12-15.

11. Маслова М.А., Лагуткина Т.В. Анализ и выявление положительных и отрицательных сторон внедрения дистанционного обучения // Научный результат. Информационные технологии. – Т.5. – №2. – С. 54-60.

12. Оладько В.С. Инциденты сетевой безопасности в системе цифровой экономики // Научный результат. Информационные технологии. – Т.4, №4, 2019. С. 19-30.

13. Sirotskiy A.A. Information security of the automated systems of financial credit institutions // Contemporary Problems of Social Work. 2016. Т. 2. № 2 (6). P. 185-193.

References

1. Butin A.A., Vasilevskaia A.N. Overview of basic recommendations for preventing information security incidents under remote work and self-isolation mode // Information technology and mathematical modeling in the management of complex systems: electronic scientific journal, 2020. No. 2(7). P. 39-45.

2. More than half of Russian companies have increased spending on cybersecurity during the pandemic, 2020 g. URL: https://www.cnews.ru/news/line/2020-07-17_bolee_poloviny_rossijskih – (data access: 29.10.2020).

3. Goncharenko Yu.Yu., Kushnarev A.A., Isakov S.A., Software implementation of the method for determining the actual threats to the personal data security // Research results. Information technologies, Vol. 4, No. 1, 2019. P. 9-14.

4. Eryshov V.G., Eryshov N.V. Analysis of threats to information security in the context of the transition of employees to remote operation // National security of Russia: topical aspects. Collection of selected articles of the All-Russian scientific-practical conference. SPb, 2020. P. 17-20.

5. Ermakova E.O. Stability of the information environment of the institution when organizing remote work // Control systems, complex systems: modeling, stability, stabilization, intelligent technologies. Materials of the VI International scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor A.A. Shestakov. Yelets State University named after I.A. Bunin. Yelets, 2020. P. 131-134.

6. Information security (Russian market), 2020. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Stat`ya:Informacionnaya_bezopasnost`_\(ry`nok_Rossii\)#.D0.9E.D0.B6.D0.B8.D0.B4.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D1.8F_.D0.BF.D0.BE_.D0.B8.D1.82.D0.BE.D0.B3.D0.B0.D0.BC_.D0.B3.D0.BE.D0.B4.D0.B0](https://www.tadviser.ru/index.php/Stat`ya:Informacionnaya_bezopasnost`_(ry`nok_Rossii)#.D0.9E.D0.B6.D0.B8.D0.B4.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D1.8F_.D0.BF.D0.BE_.D0.B8.D1.82.D0.BE.D0.B3.D0.B0.D0.BC_.D0.B3.D0.BE.D0.B4.D0.B0)

0.B4.D0.B0— (data access: 19.10.2020).

7. How the Russian information security market is going through the coronavirus epidemic in 2020. URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Market_Analysis/how-russian-information-security-market-experiencing-coronavirus-epidemic-in-2020— (data access: 23.10.2020).

8. How the pandemic is changing the cybersecurity market, 2020. URL: <https://www.comnews.ru/content/205669/2020-04-20/2020-w17/kak-pandemiya-menyaet-ib-rynok> – (data access: 25.10.2020).

9. Coronavirus and Cybersecurity: Information Security in the COVID-19 Pandemic, 2020. URL: <https://expert.ru/2020/04/9/informatsionnaya-bezopasnost-v-usloviyah-pandemii-covid-19/> — (data access: 23.10.2020).

10. Loginova E.V. Ensuring information security of a commercial enterprise when transferring employees to remote work // National security of Russia: topical aspects. Collection of selected articles of the All-Russian scientific-practical conference. SPb, 2020. P. 12-15.

11. Maslova M.A., Lagutkina T.V. Analysis and identification of positive and negative aspects of distance learning implementation // Research results. Information technologies. 2020. T. 5. № 2. P. 54-60.

12. Oladko V.S. Network security incidents in the digital economy system // Research results. Information technologies, Vol. 4, No. 1, 2019. P. 9-14.

13. Sirotskiy A.A. Information security of the automated systems of financial credit institutions // Contemporary Problems of Social Work. 2016. T. 2. № 2(6). P. 185-193.

Величко Максим Сергеевич, студент 4 курса кафедры Информационная безопасность Института радиоэлектроники и информационной безопасности

Маслова Мария Александровна, аспирант, старший преподаватель кафедры «Информационная безопасность» Института радиоэлектроники и информационной безопасности

Velichko Maxim Sergeevich, 4th year student of the Department Information security, Institute of Radioelectronics and Information security

Maslova Maria Alexandrovna, post-graduate student, senior lecturer of the Department «Information security», Institute of Radioelectronics and Information security

UDC 004.5

DOI: 10.18413/2518-1092-2020-5-4-0-6

Sorokina S.A.
Soma G.M.

**INTELLIGENT ASSISTANCE IN ONLINE INTERVIEWING.
EMOTIONAL ROUTING METHOD**

Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
49 Kronverkskiy prospekt, St. Petersburg, 197101, Russia

e-mail: ssofia.sorokina.12@gmail.com, guedes.soma@mail.ru

Annotation

In the era of the coronavirus pandemic, traditional human communication has undergone several significant changes. Most of the usual offline activities went online, which made it necessary to adapt to a completely new environment. Not spared the transition to the online sphere of small and medium-sized businesses. Companies are transferring interviews and negotiations to video conferencing systems, where the ease of perception of the multimodality of information flows is lost. In this paper, methods of helping the interviewer with an online interview were studied and a fundamentally new one was proposed – the method of emotional routing. Emotional routing includes the analysis of the audio stream of speech (intonation and semantics), the video channel (facial expression, look, posture, gestures), as well as the analysis of the context of changes in emotions over time. Based on an intellectual analysis of the context in which psycho-emotional changes in a person's state occurred, the method of emotional routing predicts the success of the outcome of dialogue, determined by parameters interactively set by the user.

Keywords: video-interviewing; psycho-emotional analysis; emotional routing; machine learning.

УДК 004.5

Сорокина С.А.
Сома Г.М.

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОМОЩЬ В ОНЛАЙН-ИНТЕРВЬЮИРОВАНИИ.
МЕТОД ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,
механики и оптики», Кронверкский пр., д. 49, г. Санкт-Петербург, 197101, Россия

e-mail: ssofia.sorokina.12@gmail.com, guedes.soma@mail.ru

Аннотация

В эпоху пандемии коронавируса традиционное человеческое общение претерпело несколько существенных изменений. Большинство привычных офлайн-активностей были вынуждены трансформироваться в онлайн-формат, что потребовало адаптации к совершенно новой среде. Не обошел стороной переход в онлайн-сферу малый и средний бизнес. Компании переносят интервью и переговоры в системы видеоконференцсвязи, где теряется легкость восприятия мультимодальности информационных потоков. В данной работе были изучены методы помощи интервьюеру в проведении онлайн-интервью и предложен принципиально новый метод – метод эмоциональной маршрутизации. Эмоциональная маршрутизация включает анализ аудиопотока речи (интонации и семантики), видеоканала (выражение лица, взгляд, поза, жесты), а также анализ контекста изменения эмоций с течением времени. На основе интеллектуального анализа контекста, в котором произошли психоэмоциональные изменения в состоянии человека, метод эмоциональной маршрутизации предсказывает успех результата диалога, определяемого параметрами, интерактивно задаваемыми пользователем.

Ключевые слова: видеоинтервью; анализ психоэмоционального состояния; эмоциональная маршрутизация; машинное обучение.

INTRODUCTION

During traditional interpersonal communication, people almost always interact multimodally using verbal and non-verbal channels [1]. Moreover, verbal and non-verbal communication is almost always tightly connected: in real monologues, dialogues and polylogues people combine these two parts in a single whole [2]. However, under the conditions observed in the post-COVID-19 era growth in the volume and intensity of the use of technical means of communication, the latter is functionally limited. Current online conditions do not allow users to regulate the direction of the communicative process, create psychological contact with the interlocutor, enrich the information transmitted by verbal means, guide the interpretation of the verbal text, unambiguously express emotions and reflect the interpretation of the situation they are facing with.

The resulting contradiction is due to several factors. The objective factors are poor quality of the provided communication channels (low data rate) and unfavorable acoustic environment in which the technical means of communication is used. The subjective factors are the transformation of formal-role communication into business communication, in which, along with the exchange of information, the characteristics of the subscriber's personality, their mood, physiological and psycho-emotional states must be taken into account; an increased rate of change in the situation and an increase in the volume of transmitted information, requiring subscribers to increase the effectiveness of their actions.

The presence of these contradictions leads to a decrease in the effectiveness of interpersonal communication – an increase in the time to achieve the goals of such communication, and therefore, to resolve them, it is necessary to develop means (mathematical, methodological, and software) that provide an increase in such efficiency due to the correct interpretation and consideration of the non-verbal component of interpersonal communications.

MATERIALS AND METHODS

Today, there are ways to detect emotions from video channels [3, 4], services that recognize spoken speech and sounds [5, 6], as well as written text analyzers [7, 8]. Moreover, there are methods that allow people to recognize the psycho-emotional state of a person based on a multimodality: some of them combine video and audio, mostly in videoclips [9, 10], others work with acoustic and text data [11, 12]. However, most of the currently available methods have a high computational load, which leads to long-time runs. If someone is working with a high-quality image, the speed of its analysis, even on powerful computers, is not high enough to work with the current video stream in real-time mode. Considering that the target audience to deal with the online limitations in the post-COVID era consists mostly of small and medium business owners, it is impossible to implement the existing methods of multimodal analysis.

The most obvious way to deal with the speed limitations in the case of video streams is reducing the image quality. However, that option could be considered only if the process is running on a pre-recorded data, and not in real-time mode. Another disadvantage of this approach is the loss of analysis quality. Such defects could be crucial, especially since the result of the analysis should be just the same selection of the factors that will not be noticed by the naked eye of a person.

The current methods of analyzing audio data flow are not perfect either. Speech recognition technologies are at a high level, and the current results help us analyze the semantic part of speech [13]. However, the intonation components have not yet been covered properly. Since oral speech consists of two main modules – sounding (including intonations) and semantic [14], only in a complex analysis would it be possible to distinguish the emotional state of speech. In real-life communications people analyze not only the external emotions expressed on the face, but also the internal mood of a person: analyze speech for the presence of passive aggression, identify sarcastic and/or ironic expressions, and correlate non-verbal signs (knocking on the table, frequent changes of poses, etc.) with emotional manifestations of the person.

However, the highest limitation of the existing methods is that they only help to observe a current emotion: no attention is paid to the context of its appearance. In daily life people always face the

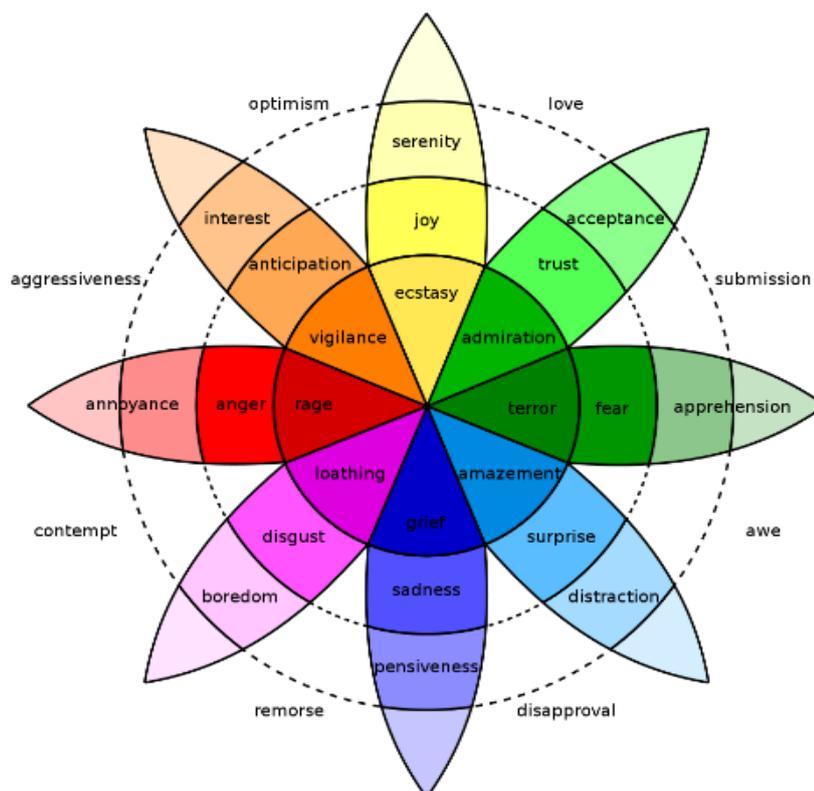
situations when it is more important to analyze not what emotion the person expressed, but what provoked it. That is why the method of emotional routing, which is suggested in this paper, includes the analysis of all the mentioned above characteristics: real-time data from video and acoustic channels, recording of reactions (emotions) during the whole communication on a timescale, as well as the interpretation of changes in emotional state and prediction of the successful outcome of the dialogue.

As the suggested method is not only related to computer science and computations but also to psychology, high attention in the research was paid to the ways of grading and classifying the emotions. In that part of the study two fundamental ways of emotional clustering are presented.

GRADATION OF EMOTIONS

The psycho-emotional state of a person is a multilevel characteristic, the dominant role in the formation of which is played by the main emotion of reaction to a specific event [15]. Gradation of emotion is the basis of building a qualified emotional routing. The first concept which is proposed to use is Plutchik's wheel of emotions, which is a fundamental theory in psychology of emotions proposed in 1980 [16]. Plutchik's wheel became the basis for a significant amount of further research on emotional levels and classes.

In the suggested emotional routing method, the users have the right to choose the exact trajectories they want to see and analyze, as well as combine the chosen trajectories into secondary and tertiary connections. All the possible emotions and their combinations are presented in Figure 1.



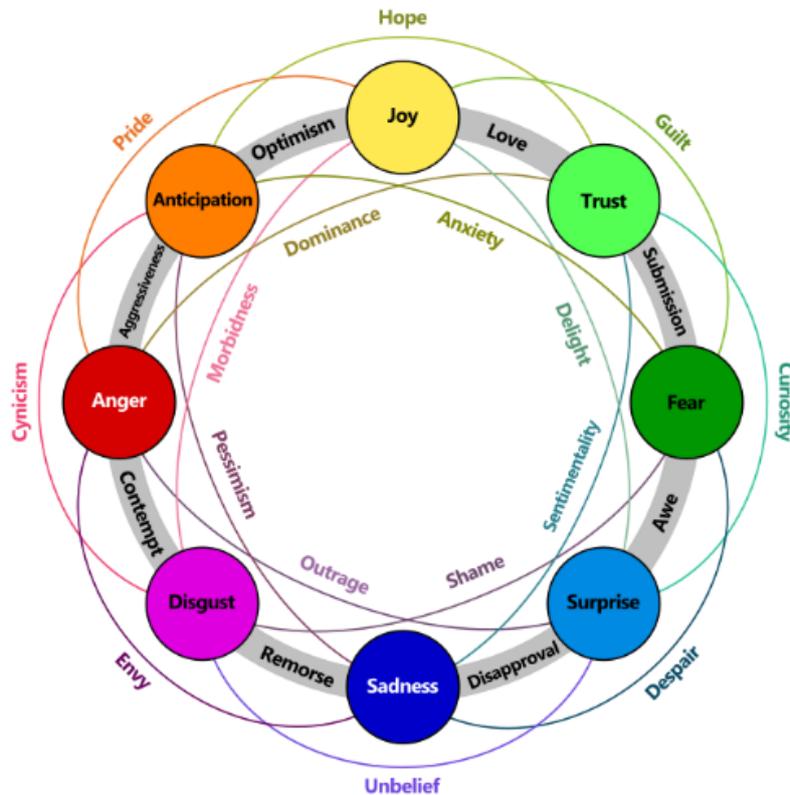


Fig. 1. Plutchik's wheel of emotions. 'Basic' emotions (joy, trust, fear, surprise, sadness, disgust, anger, anticipation) are at the left. At the right primary, secondary and tertiary connections between the basic emotions can be observed [17, 18]

The second theory which is implemented in the research introduces 6 opposite axes concepts. It helps to classify the behavior (as well as the psycho-emotional state) of a person based on an assessment from -1.0 to +1.0 in six different directions which are presented in Table [19]. In that case of 6 opposite axes concepts, users also have the rights to choose the exact axes to analyze and exclude some parts which play no important role for their interviewing sessions.

Table

Six opposite axes of emotions [19]

Axis	-1.0	-0.5	0	0	+0.5	+1.0
<u>Anxiety/Confidence</u>	Anxiety	Worry	Discomfort	Comfort	Hopeful	Confident
<u>Boredom/Fascination</u>	Ennui	Boredom	Indifference	Interest	Curiosity	Intrigue
<u>Frustration/Euphoria</u>	Frustration	Puzzlement	Confusion	Insight	Enlightenment	Epiphany
<u>Dispirited/Encouraged</u>	Dispirited	Disappointed	Dissatisfied	Satisfied	Thrilled	Enthusiastic
<u>Terror/Enchantment</u>	Terror	Dread	Apprehension	Calm	Anticipatory	Excited
<u>Humiliation/Pride</u>	Humiliated	Embarrassed	Self-conscious	Pleased	Satisfied	Proud

EMOTIONAL ROUTING: RESULTS AND INTERPRETATION

The main part of emotional routing and its advantage relates to the recording of the emotional changes in time with respect to the context of the discussion. The changes in the psycho-emotional state can be fixed using the video stream and acoustic channel (both flows are reachable through the systems of videoconference systems). In this paper we would not stop on the technical aspects of the emotional recognition in detail, more attention will be paid to the routing itself.

During the real-time analysis, emotional routing records all the reactions of the person in time. While the video conference is running, the user (interviewer) is asking questions, which are also recorded using the speech-recognition modules. The system is also taught to recognize the answers of the interlocutor. When the changes in the emotional state of interviewee occur, the module automatically matches the question of the interviewer with the interlocutor's reaction.

The step before the interpretation of the results includes building the visualization (charts) of the emotional changes. The charts are both for the user and the system, what significantly helps to analyze the obtained picture of the interview. The examples of two emotional trajectories can be observed in Figure 2. Interviewers also get access to the transcription of the dialogue with the exact time, asked questions and given answers.

The final step of the emotional routing is the outcome's prediction. Based on the analyzed emotional series, ANN predicted how successful the rest of the dialogue would be. 'Successful' includes the variable parameters: acceptance, consensus, arguments, and conformity. Now, convolutional neural networks need from 15 to 20 minutes of data to predict the successful outcome with precision 0.75.

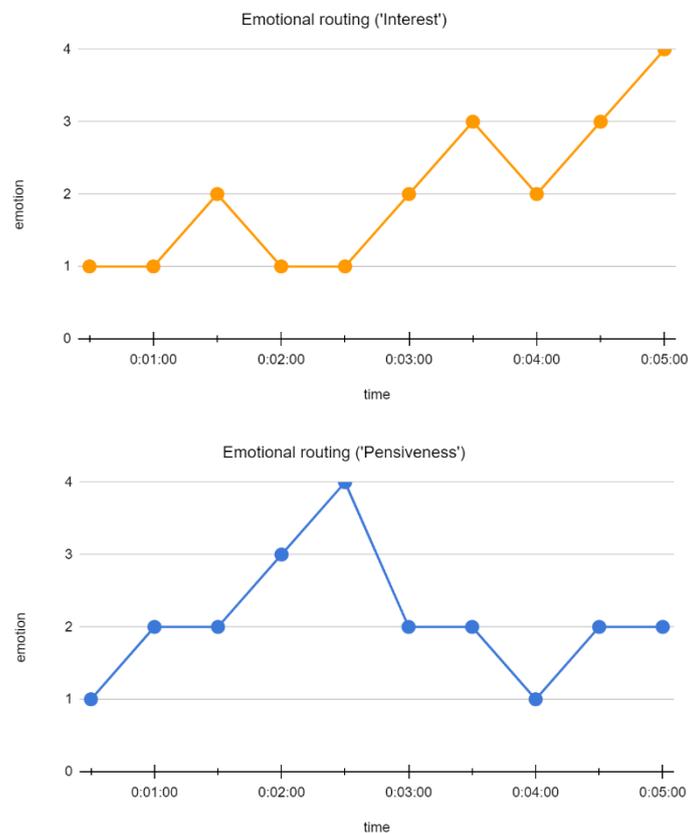


Fig. 2. Example of emotional routing based on a 5-minutes interview for the two groups of emotions (Plutchik's wheel): Interest and Pensiveness. At the top: 1 – Neutral, 2 – Interest, 3 – Anticipation, 4 – Vigilance. At the bottom: 1 – Neutral, 2 – Pensiveness, 3 – Sadness, 4 – Grief

DISCUSSION

As the results of the study, optimized algorithms for working with multimodal information, both verbal and non-verbal, were obtained. We considered two streams: video and audio.

To help predict the outcome of online interviews, we have identified a fundamentally new method – the method of emotional routing. The essence of emotional routing is not just identifying the psycho-emotional interlocutor, but also in fixing this state on the timeline. Thus, it is possible to simply see the confusion or anger of the interlocutor.

The implementation of the emotional routing method is being carried out by using video streams of conferencing systems (the main platform used during this research is Zoom), which significantly reduced the computing power required for use. For the analysis of the audio stream, the real-time mode was also applied. That allowed us to reach a high level of synchronization of playback from two streams.

Synchronization was necessary to establish correlations between sounding and visually observed emotions. Only when these two aspects are combined the results could be used to predict the success of the interview outcome. If this principle is not observed, the analysis of the psycho-emotional state becomes possible only one-sidedly: for example, if the system pays attention exclusively to tapping on the table, but does not read emotions from the interlocutor's face, its conclusion may be very far from the truth.

Based on the recorded emotional route and machine learning methods, the system makes predictions about the potential success of the negotiations. The average time required to record an emotional route, depending on the intensity of the negotiations, varies from 15 to 20 minutes.

RESULTS

This research has a high theoretical and practical importance for several areas of life. Even though initially the product was conceived as an assistant for small and medium-sized business owners who are unable to maintain a full-fledged HR department, the method obtained in the course of the research can be applied in any remote negotiations based on video conferencing methods.

To further expand the scope of the proposed method for implementation, we need to optimize it in such a way that conversations of three or more people can be analyzed without significant quality losses. In that case, it is necessary to study the polylogue format in more detail and propose solutions for optimizing emotional routing in such a way that it includes the possibility of building three or more parallel routes and parallel predictive directions for each of the participants in business negotiations.

Another important aspect of the potential development of emotional routing is the addition of deeper intellectual analysis of the verbal component of communication. For example, the meaning of the speech spoken by both parties to the negotiations is not considered in the emotional routing method in its current form. However, the verbal part can provide a significant amount of necessary information.

CONCLUSION

Within the framework of this study, the existing methods of collecting and analyzing video data were studied and analyzed (mainly for the identification of an emotional state by a dynamic picture). Based on the imperfections of the available methods, requirements were drawn up to optimize the process of analyzing the state of the interlocutor. The following development vectors have been set (adding speech semantics, increasing the speed of composing emotional development), and the development of the method continues to reduce time costs and capacities in the aspect of issuing evaluative and recommendatory feedback on the success of negotiations.

References

1. Zuckerman M., DePaulo B.M., Rosenthal R. Verbal and nonverbal communication of deception // *Advances in experimental social psychology*. – Academic Press, 1981. – Т. 14. – P. 1-59.
2. Jones S.E., LeBaron C.D. Research on the relationship between verbal and nonverbal communication: Emerging integrations // *Journal of communication*. – 2002. – Т. 52. – №. 3. – P. 499-521.
3. Fan Y. et al. Video-based emotion recognition using CNN-RNN and C3D hybrid networks // *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Multimodal Interaction*. – 2016. – P. 445-450.
4. Williams J. et al. Recognizing emotions in video using multimodal DNN feature fusion // *Proceedings of Grand Challenge and Workshop on Human Multimodal Language (Challenge-HML)*. – 2018. – P. 11-19.
5. Fayek H.M., Lech M., Cavedon L. Evaluating deep learning architectures for Speech Emotion Recognition // *Neural Networks*. – 2017. – Т. 92. – P. 60-68.
6. Lim W., Jang D., Lee T. Speech emotion recognition using convolutional and recurrent neural networks // *2016 Asia-Pacific signal and information processing association annual summit and conference (APSIPA)*. – IEEE, 2016. – P. 1-4.

7. Calefato F., Lanubile F., Novielli N. EmoTxt: a toolkit for emotion recognition from text // 2017 seventh international conference on Affective Computing and Intelligent Interaction Workshops and Demos (ACIIW). – IEEE, 2017. – P. 79-80.
8. Batbaatar E., Li M., Ryu K.H. Semantic-emotion neural network for emotion recognition from text // IEEE Access. – 2019. – Т. 7. – P. 111866-111878.
9. Liu C. et al. Multi-feature-based emotion recognition for video clips // Proceedings of the 20th ACM International Conference on Multimodal Interaction. – 2018. – P. 630-634.
10. Noroozi F. et al. Audio-visual emotion recognition in video clips // IEEE Transactions on Affective Computing. – 2017. – Т. 10. – №. 1. – P. 60-75.
11. Yoon S., Byun S., Jung K. Multimodal speech emotion recognition using audio and text // 2018 IEEE Spoken Language Technology Workshop (SLT). – IEEE, 2018. – P. 112-118.
12. Sailunaz K. et al. Emotion detection from text and speech: a survey // Social Network Analysis and Mining. – 2018. – Т. 8. – №. 1. – P. 28.
13. Vryzas N. et al. Speech emotion recognition adapted to multimodal semantic repositories // 2018 13th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation and Personalization (SMAP). – IEEE, 2018. – P. 31-35.
14. Jurafsky D. Speech & language processing. – Pearson Education India, 2000.
15. Korenevskiy N. et al. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional // 4th International Conference on Biomedical Engineering in Vietnam. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. – P. 213-216.
16. Plutchik R. The emotions. – University Press of America, 1991.
17. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plutchik-wheel.svg#/media/File:Plutchik-wheel.svg>
18. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plutchik_Dyads.svg#/media/File:Plutchik_Dyads.svg
19. Kort B., Reilly R., Picard R.W. An affective model of interplay between emotions and learning: Reengineering educational pedagogy-building a learning companion // Proceedings IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. – IEEE, 2001. – P. 43-46.

Sorokina Sofia Andreevna, student of Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

Soma Guedes Manuel, post-graduate student of Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

Сорокина Софья Андреевна, студент Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики

Сома Гедеш Мануэл, аспирант Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
INFORMATION SYSTEM AND TECHNOLOGIES**

УДК 37.018.43

DOI: 10.18413/2518-1092-2020-5-4-0-7

Исмагилова А.Ф.
Дудина Д.С.
Алейников С.А.**РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ОЦЕНКИ УРОВНЯ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ
СТУДЕНТОВ ПРОЦЕССОМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ
ПОСРЕДСТВОМ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Кронверкский пр., д. 49, г. Санкт-Петербург, 197101, Россия

e-mail: is.adel.far@yandex.ru, darinadudina@gmail.ru, aleynikov.sergey.a@gmail.com

Аннотация

В настоящее время все большее распространение находят автоматизированные средства для распознавания эмоций. Подобные сервисы нашли себе применение в различных организациях: в судах, медицине, учебных учреждениях и так далее. Наша задача заключается в разработке программного средства оценки психоэмоционального состояния студентов и преподавателей на основе видеоданных занятия, записанных с видеоконференцсвязи. На сегодняшний день уже существуют программно-аппаратные средства для распознавания эмоций, такие как FaceReader [4], eMotion Software [5], Affectiva Affdex [6] и так далее. Однако данные средства не позволяют выполнять анализ эмоционального состояния большого количества студентов с использованием видеоконференцсвязи, а также не подразумевают в себе составление дальнейшей индивидуальной рекомендательной системы.

В данной статье введено понятие удовлетворенности студентов, которая определяется процессом дистанционного обучения посредством видеоконференцсвязи, обоснована актуальность разработки программного средства оценки уровня удовлетворенности студентов. Рассмотрены существующие методы и средства оценивания психоэмоционального состояния обучающихся на основе текстовых, аудио- и видеоданных занятий с целью улучшения качества дистанционного обучения.

Ключевые слова: программное средство; видеоконференцсвязь; дистанционное обучение; удовлетворенность; психоэмоциональное состояние.

UDC 37.018.43

Ismagilova A.F.
Dudina D.S.
Aleynikov S.A.**DEVELOPMENT OF MEANS FOR ASSESSING THE LEVEL
OF STUDENT SATISFACTION WITH THE DISTANCE LEARNING
PROCESS THROUGH VIDEO CONFERENCING**

Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
49 Kronverkskiy prospekt, St. Petersburg, 197101, Russia

e-mail: is.adel.far@yandex.ru, darinadudina@gmail.ru, aleynikov.sergey.a@gmail.com

Abstract

Nowadays automated tools for emotion recognition are becoming more and more widespread. Such services have found their application in various organizations: in courts, medicine, educational institutions and so on. Our task is to develop a software tool to assess the psychoemotional state of students and teachers on the basis of video data of a class recorded from video conferencing. To date, there already exist software and hardware tools for emotion recognition, such as FaceReader[4], eMotion Software[5], Affectiva Affdex[6] and so on. However, these tools do not allow the analysis of the emotional state of a large number of

students using videoconferencing, nor do they imply the compilation of a further individualized recommendation system.

This article introduces the concept of student satisfaction, which is determined by the process of distance learning through videoconferencing, justifies the relevance of developing a software tool to assess the level of student satisfaction. The existing methods and tools for assessing the psycho-emotional state of students based on text, audio and video data from classes in order to improve the quality of distance learning are considered.

Keywords: software tool; video conferencing; distance learning; satisfaction; psycho-emotional state.

ВВЕДЕНИЕ

Формирование системы оценки качества образования является важнейшим элементом в управлении образовательным процессом. С переходом на дистанционный формат обучения возникла необходимость в использовании новых методов оценки качества удовлетворенности студентов образовательным процессом.

Программное обеспечение для оценивания уровня удовлетворенности студентов процессом дистанционного обучения через онлайн-платформы (например, Zoom) позволит повысить качество образовательного процесса в дистанционном формате путём разработки оценочно-рекомендательной системы регулирования работы преподавателя.

Целью исследования является учет условия работы преподавателя и иных факторов, оказывающих наибольшее влияние на эффективность управления образовательным процессом в дистанционном формате. Для оценки данных факторов использован программный модуль распознавания психофизиологического и эмоционального состояний обучающихся и преподавателя на основе текстовых, аудио- и видеофайлов занятия, проводимых посредством видеоконференцсвязи; программный модуль интеллектуальной обработки полученных данных; анализ влияния внешних факторов на состояние обучающихся.

Проведенный на их основе анализ качества дистанционного обучения позволит разработать программное средство оценки уровня удовлетворенности студентов процессом дистанционного обучения и составить индивидуальные рекомендации преподавателю по повышению качества учебного процесса.

ФОРМАТЫ ОБУЧЕНИЯ В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

В настоящее время мир переживает период пандемии коронавирусной инфекции, в результате чего все учебные заведения начали переходить на дистанционное обучение. В связи с этим возникла острая необходимость в повышении качества образовательного процесса в онлайн формате.

Основным отличием дистанционного и очного обучения является то, что в занятиях с группами в аудитории преподаватель передает все необходимые знания напрямую через общение, а при онлайн подключении студентам необходимо изучать большую часть информации самостоятельно с использованием сети Интернет. Таким образом, при дистанционном обучении обучающиеся получают способность к самообразованию и мотивацию к изучению новой информации, поскольку преподаватель выполняет лишь роль координатора [1].

К достоинствам онлайн-обучения можно отнести возможность проводить и посещать занятия при любом местонахождении, в результате чего студентам и преподавателям нет необходимости тратить время на дорогу до своего учебного заведения и не стоит бояться заражения вирусом.

Однако к недостаткам можно отнести то, что контакт между студентами и преподавателями становится минимальным или же может отсутствовать вовсе. Следовательно, возникает острая необходимость в нахождении способа и методов улучшения качества дистанционного образования путем улучшения взаимосвязи между преподавателем и обучающимися [2].

ПОНЯТИЕ УРОВНЯ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ СТУДЕНТОВ

Прежде чем начать разработку программного средства по оценке уровня удовлетворенности студентов, необходимо выполнить анализ окружения и определить какие составляющие он в себе содержит.

Определим компоненты и выполним сбор статистических данных на основе анкетирования: студентам предлагается оценить удовлетворенность обучением по заданным метрикам по 5 балльной шкале. В опросе участвовали 10 студентов бакалавриата, в качестве метрик использовалось качество преподавания, время и место проведение занятия и погодные условия. Полученные результаты введем в Таблицу 1.

Таблица 1

Оценка степени удовлетворенности студентов

Table 1

Assessment of the degree of student satisfaction

Метрика	% опрошенных, давших оценку						Степень удовлетворенности
	5	4	3	2	1	0	
Качество преподавания	0,5	0,3	0,1	0,05	0,05	0	4,15
Время проведения занятия	0,3	0,4	0,15	0,1	0,05	0	3,8
Комфортное местоположение	0,3	0,25	0,25	0,1	0,1	0	3,55
Погода	0,25	0,2	0,3	0,25	0	0	3,45

Разработаем коэффициент «удовлетворенности студентов» и запишем его в виде формулы:

$$K_{\text{уд.ст.}} = \sum_{i=1}^n Y_i * K_i \quad (1)$$

где $K_{\text{уд.ст.}}$ – коэффициент компонента «удовлетворенности студентов»;

n – Количество опрошенных студентов;

i – Номер опрошенного студента;

Y_i – Процент опрошенных студентов;

K_i – Оценка по 5 б шкале.

По данным с опроса студентов, результаты которого были введены в Таблицу 1, были рассчитаны значения коэффициента компонента «удовлетворенности студентов». По результатам можно определить, что динамика компоненты непостоянна и ее значения меняются в связи с условиями внешних факторов и имеют сильную зависимость от качества преподавания и образования в целом.

ПОНЯТИЕ КАЧЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Под качественным образованием подразумевают организацию взаимодействия преподавателя и студентов, которая отражает степень соответствия учебного процесса нормативным требованиям и удовлетворяющая личностным и общественным запросам [3].

Основные его понятия характеризуют достижение поставленных целей, имея определенный уровень квалификации: способность работать с информацией, степень овладения знаниями в предметной области, мотивация самообразования.

Разработаем коэффициент «качественного образования» и запишем его в виде формулы:

$$K_{\text{кач.об.}} = \frac{\sum_{i=1}^k X_{it} * K_{it}}{K_{\text{п}}} \quad (2)$$

где $K_{\text{кач.об.}}$ – коэффициент «качественного образования»;

X_{it} – среднее количество недовольных студентов в группе;

K_{it} – количество студентов в группе;

$K_{\text{п}}$ – количество студентов в потоке;

Y_{it} – максимально возможное количество недовольных студентов в группе (определяется эмпирическим путем).

Благодаря коэффициентам «удовлетворенности студентов» и «качественного образования» можно проводить анализ качества дистанционного обучения позволит разработать средство оценки уровня удовлетворенности студентов процессом дистанционного обучения и составить индивидуальные рекомендации преподавателю по повышению качества учебного процесса.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АНАЛОГОВ

В настоящее время все большее распространение находят автоматизированные средства для распознавания эмоций. Подобные сервисы нашли себе применение в различных организациях: в судах, медицине, учебных учреждениях и так далее. Наша задача заключается в разработке программного средства оценки психоэмоционального состояния студентов и преподавателей на основе видеоданных занятия, записанных с платформы Zoom.

На сегодняшний день уже существуют программно-аппаратные средства для распознавания эмоций, такие как FaceReader [4], eMotion Software [5], Affectiva Affdex [6], NuraLogix [7], Emovii [8] и так далее. Рассмотрим каждый из аналогов подробнее.

- FaceReader [4] занимается созданием модели лица по контрольным точкам на основе обученных нейронных сетей (рис.1). Сервис способен определять 7 базовых эмоций и нейтральное состояние, а также возраст, пол и этническую принадлежность. FaceReader может распознавать эмоции с точностью до 80% при условии, что считывать лица придется последовательно и среди участников не будет детей до 5 лет.



*Рис. 1. Интерфейс сервиса FaceReader
Fig. 1. FaceReader service interface*

- eMotion Software [5] позволяет определить шесть базовых эмоций (гнев, печаль, страх, удивление, отвращение и счастье) и создавать 3D модели лица с помощью выявления 12 ключевых областей.



Рис. 2. Интерфейс системы eMotion Software
Fig. 2. eMotion Software system interface

- Affectiva Affdex [6] отслеживает эмоции на базе мобильного приложения и позволяет обрабатывать полученные данные непосредственно в самом смартфоне. Данный комплекс содержит в себе базу данных, которая состоит из более 5 млн изображений лиц, что позволяет определять 7 базовых эмоций. Распознавание выполняется за счет записи изображения лица (рис. 3), вейвлет-преобразования и сравнения с образцами на основе SIFT-дескрипторов.



Рис. 3. Результат работы комплекса Affectiva Affdex
Fig. 3. The result of the Affectiva Affdex complex

- NuraLogix [7], который способен распознавать скрытые эмоции на основе цвета подкожного узора кровеносных сосудов лица (изменению цвета пикселя). Для того, чтобы заметить изменения кровотока, ученые использовали трансдермальные оптические изображения (ТОИ), а алгоритм измеряет концентрацию гемоглобина, который входит в состав крови (рис. 4).

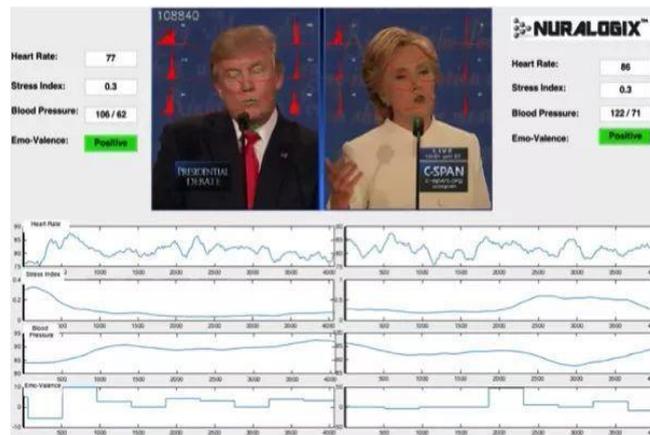


Рис. 4. Результат работы NuraLogix
Fig. 4. The result of the work of NuraLogix

• Emovu [8], занимается определением заинтересованностью контентом в видеопотоке с использованием глубоких нейронных сетей и методов компьютерного зрения. Данный сервис позволяет выполнять анализ большого набора признаков (моргания, айтрекинг, наклоны головы и так далее), благодаря чему выполняется считывание эмоциональной вовлеченности человека контентом.

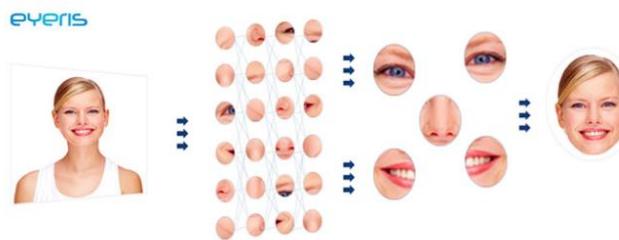


Рис. 5. Принцип работы Emovu
Fig. 5. The result of the work of Emovu

Однако данные средства не позволяют выполнять анализ эмоционального состояния большого количества пользователей с использованием средств видеоконференцсвязи, а также не подразумевают в себе составление дальнейшей индивидуальной рекомендательной системы. Таким образом, предлагаемая разработка позволит повысить качество дистанционного обучения в университетах путем создания оценочно-рекомендательной системы регулирования работы преподавателя на основе многомодальных данных занятия, проводимого в режиме видеоконференцсвязи.

ПРЕДЛАГАЕМЫЕ МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ СРЕДСТВА ОЦЕНКИ УРОВНЯ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ СТУДЕНТОВ ПРОЦЕССОМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Процесс анализа аудиопотока включает в себя анализ интенсивности и скорости речи, частоты основного тона, голосовой гармонизации. Основными методами для определения психоэмоционального состояния диктора являются методы цифровой фильтрации и вейвлет-анализ шумовых сигналов [9] с использованием нейросетевой классификации.

Архитектуры сверточных нейронных сетей, системы OpenPose [10] и Aguco [11] позволят распознать психоэмоциональное состояние на основе видеоданных. В основе лежит алгоритм детектирования людей на полученном изображении, оценку положения во времени человеческого тела в пространстве, которая позволяет обнаружить ключевые точки тела (в основном лица) и записать их координаты во времени, а также локализацию людей в системе координат внутри помещения.

Для анализа психофизиологического и эмоционального состояний на основе текстовых сообщений целесообразно использовать рекуррентные нейронные сети [12]. Содержащиеся в них языковые модели позволяют получить векторное представление слов, благодаря которым облегчается процесс обучения и записи оценки эмоциональной тональности текста.

Для оценки влияния факторов внешней среды проводится анализ геолокации, погодных условий и расписания обучающихся.

Распишем процесс разработки средств оценивания уровня удовлетворенности студентов процессом дистанционного обучения посредством видеоконференцсвязи более подробно.

Данные, полученные с видео-, аудиопотока и текстовых сообщений с чата, сохраняются в текстовом формате для дальнейшего анализа. С записанной информации выполняется более точное определение психоэмоционального и эмоционального состояния человека на основе рекомендаций психологов. Далее осуществляется изучение влияния факторов внешней среды на студентов и преподавателя, исходя от которых разрабатывается методика учета индивидуальных условий обучения. Имея все необходимые данные, разрабатывается индивидуальная оценочно-рекомендательная система для преподавателя, благодаря которой планируется повысить качество образовательного процесса в дистанционном формате.

На рисунке 6 представлена часть работы программного обеспечения по определению психоэмоционального и эмоционального состояния по видеоданным.

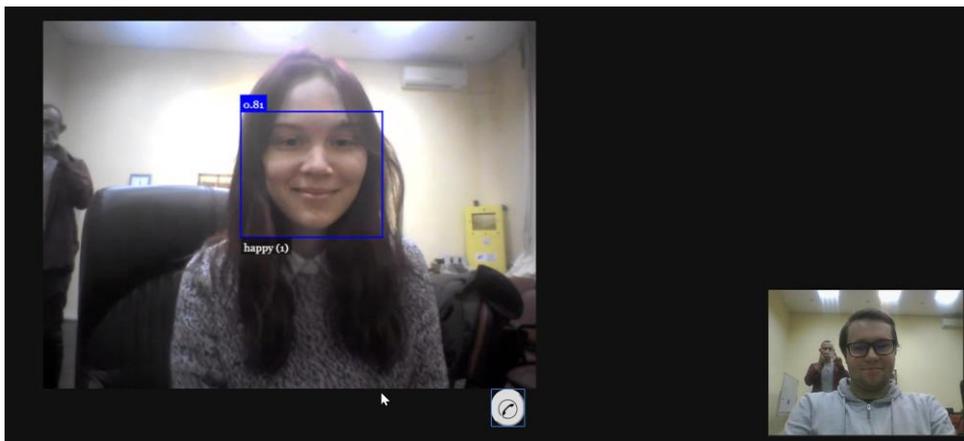


Рис. 6. Определение эмоционального состояния по видеоданным
Fig. 6. Determining Emotional State from Video Data

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненной работы будут разработаны алгоритмы и программное обеспечение для распознавания психофизиологического и эмоционального состояния на основе аудио-, видеопотока и текстовых сообщений чата проводимого занятия в системе видеоконференцсвязи. На основе полученных данных будет выполняться интеллектуальный анализ качества дистанционного обучения с учетом влияния факторов внешней среды на пользователя и составление индивидуальных рекомендаций по повышению уровня удовлетворенности студентов.

Список литературы

1. Маслова М.А., Лагуткина Т.В. Анализ и выявление положительных и отрицательных сторон внедрения дистанционного обучения // Научный результат. Информационные технологии. – Т.5, №2, 2020. http://trinformation.ru/media/information/2020/2/%D0%98%D0%A2_8.pdf
2. Chris Panagiotakopoulos, Antonis Lionarakis, Michalis Xeno: Open and Distance Learning: Tools of Information and Communication Technologies for Effective Learning (2003).
3. Станкевич Е.Ю. К вопросу оценки качества образования // Гуманитарные научные исследования – 2013. – №1. [Электрон. ресурс] URL: <http://human.snauka.ru/2013/01/2215> (дата обращения: 16.11.2020)
4. M.J. den Uyl, H. van Kuilenburg. The FaceReader: Online Facial Expression Recognition (2005).

5. Shunji Mitsuyoshi. Emotion recognizing method, sensibility creating method, device, and software (2008).
6. Daniel McDuff, Abdelrahman Mahmoud, Mohammad Mavadati, May Amr, Jay Turcot, Rana El Kaliouby. AFFDEX SDK: A Cross-Platform Real-Time Multi-Face Expression Recognition Toolkit. CHI EA '16: Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 3723–3726 (2016)
7. Kang Lee, Evgueni Kabakov, Phil Levy. System and method for camera-based heart rate tracking (2018)
8. Toon De Pessemier, Damien Verlee and Luc Martens. Enhancing Recommender Systems for TV by Face Recognition. In Proceedings of the 12th International Conference on Web Information Systems and Technologies (WEBIST 2016, vol. 2, pp. 243-250 (2016)
9. Белов Ю.С., Нифонтов С.В., Азаренко К.А. ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ШУМОПОДАВЛЕНИЯ В РЕЧЕВЫХ СИГНАЛАХ // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 4-1. – С. 29-33. [Электрон. ресурс] – URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41430> (дата обращения: 16.11.2020).
10. Zhe Cao, Gines Hidalgo, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh. OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. Computer Vision and Pattern Recognition (2018).
11. Rodrigo S. Xavier; Bruno M. F. da Silva; Luiz M. G. Goncalves. Accuracy Analysis of Augmented Reality Markers for Visual Mapping and Localization. 2017 Workshop of Computer Vision (WVC) – 2017. DOI: 10.1109/WVC.2017.00020
12. Бендерская Е.Н., Никитин К.В. Рекуррентная нейронная сеть как динамическая система и подходы к ее обучению // Научно-технические ведомости СПбГПУ – 2013. – №4. – с.29-40.

References

1. Maslova M.A., Lagutkina T.V. Analysis and identification of positive and negative aspects of the introduction of distance learning // Reserch result. Information technologies. – Т.5, №2, 2020. http://rrinformation.ru/media/information/2020/2/%D0%98%D0%A2_8.pdf
2. Chris Panagiotakopoulos, Antonis Lionarakis, Michalis Xenos: Open and Distance Learning: Tools of Information and Communication Technologies for Effective Learning (2003).
3. Stankevich E.Y. To the question of assessing the quality of education // Humanitarian scientific research – 2013. – №1. Available at: <http://human.snauka.ru/2013/01/2215> (Accessed: 16.11.2020)
4. M.J. den Uyl, H. van Kuilenburg. The FaceReader: Online Facial Expression Recognition (2005).
5. Shunji Mitsuyoshi. Emotion recognizing method, sensibility creating method, device, and software (2008).
6. Daniel McDuff, Abdelrahman Mahmoud, Mohammad Mavadati, May Amr, Jay Turcot, Rana El Kaliouby. AFFDEX SDK: A Cross-Platform Real-Time Multi-Face Expression Recognition Toolkit. CHI EA '16: Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 3723-3726 (2016).
7. Kang Lee, Evgueni Kabakov, Phil Levy. System and method for camera-based heart rate tracking (2018)
8. Toon De Pessemier, Damien Verlee and Luc Martens. Enhancing Recommender Systems for TV by Face Recognition. In Proceedings of the 12th International Conference on Web Information Systems and Technologies (WEBIST 2016, vol. 2, pp. 243-250 (2016)
9. Belov Y.S., Nifontov S.V., Azarenko K.A. Applying Wavelength-Filtering for Noise Reduction in Speech Signals // Fundamental Research. – 2017. – № 4-1. – pp. 29-33. Available at: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41430> (Accessed: 16.11.2020).
10. Zhe Cao, Gines Hidalgo, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh. OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. Computer Vision and Pattern Recognition (2018).
11. Rodrigo S. Xavier; Bruno M. F. da Silva; Luiz M. G. Goncalves. Accuracy Analysis of Augmented Reality Markers for Visual Mapping and Localization. 2017 Workshop of Computer Vision (WVC) – 2017. DOI: 10.1109/WVC.2017.00020
12. Benderskaya E.N., Nikitin K.V. Recurrent neural network as a dynamic system and approaches to its training // Scientific and Technical Bulletin of SPbSPU – 2013. – №4. – pp.29-40.

Исмагилова Аделина Фаритовна, студент Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики

Дудина Дарина Сергеевна, студент Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики

Алейников Сергей Андреевич, аспирант Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики

Ismagilova Adelina Faritovna, student of Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

Dudina Darina Sergeevna, student of Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

Aleynikov Sergey Andreevich, post-graduate student of Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

УДК 004.94

DOI: 10.18413/2518-1092-2020-5-4-0-8

Жихарев А.Г.¹
Маматов Р.А.²

**ОБЗОР И АНАЛИЗ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ОРГАНИЗАЦИОННО-ДЕЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ**

¹⁾ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ул. Костюкова, д. 46, г. Белгород, 308012, Россия

²⁾ Управление Росгвардии по Белгородской области, ул. Преображенская, д. 60а, г. Белгород, 308009, Россия

e-mail: zhikharev@bsu.edu.ru

Аннотация

В статье рассматриваются популярные средства и методы системного анализа, позволяющие проводить моделирование организационно-деловых процессов с целью их оптимизации. Авторы показывают, что оптимизация организационно-деловых процессов, как правило, сводится к соответствию или несоответствию моделируемой системы общесистемным принципам и закономерностям. В тоже время, существующие методы системного анализа не позволяют учитывать в моделях все системные характеристики моделируемого объекта, которые напрямую влияют на реализацию функционального запроса надсистемы. Для решения задач оптимизации авторы предлагают использовать системно-объектный подход и теорию систем, построенную на его основе. В работе приводятся основные положения метода системно-объектного моделирования процессов и систем. Рассматривается, в первую очередь, формальный аппарат метода – исчисление систем как функциональных объектов, который в перспективе позволит разработать методы оптимизации организационно-деловых процессов, основанные на учете общесистемных принципов и закономерностей. На базе таких методов откроется возможность реализации алгоритмов оптимизации, которые в автоматическом режиме приведут модель организационно-делового процесса в соответствие тем или иным параметрам оптимизации.

Ключевые слова: система; организационная система; метод системного анализа; организационно-деловой процесс; исчисление систем; СОМПЗ; системно-объектный подход.

UDC 004.94

Zhikharev A.G.¹
Mamatov R.A.²

**REVIEW AND ANALYSIS OF MEANS AND METHODS FOR MODELING
ORGANIZATIONAL BUSINESS PROCESSES**

¹⁾ Belgorod state technological university named after V.G. Shukhov, 46 Kostyukova St., Belgorod, 308012, Russia

²⁾ Rosgvardia Directorate for the Belgorod Region, 60a Preobrazhenskaya St., Belgorod, 308009, Russia

e-mail: zhikharev@bsu.edu.ru

Abstract

The article discusses popular tools and methods of system analysis that allow modeling organizational and business processes in order to optimize them. The authors show that the optimization of organizational and business processes, as a rule, comes down to the conformity or inconsistency of the modeled system with the general system principles and laws. At the same time, the existing methods of system analysis do not allow taking into account in the models all the system characteristics of the modeled object, which directly affect the implementation of the functional request of the supersystem. To solve optimization problems, the authors propose to use the system-object approach and systems theory built on its basis. The paper presents the main provisions of the method of system-object modeling of processes and systems. The article considers, first of all, the formal apparatus of the method – the calculus of systems as functional objects, which in the future will allow developing methods for optimizing organizational and business processes based on taking into account general system principles and laws. On the basis of such methods, it will be possible to implement optimization algorithms that will automatically

bring the model of the organizational and business process in accordance with one or another optimization parameter.

Keywords: system; organizational system; method of system analysis; organizational and business process; calculus of systems; SOMPZ; system-object approach.

ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс в настоящее время не только всячески упрощает процессы жизнедеятельности человечества, но и имеет «обратную» сторону, не связанную с экологией, моралью и т.п. Речь идет о том, что существующие системы, функционирующие на благо человечества, становятся сложнее и сложнее по своей природе, структуре, функциональным возможностям и т.п. В то же время организационные структуры также имеют тенденцию усложняться и разрастаться. Такое «развитие» часто перестает быть контролируемым, вследствие чего, функционирующие организационно-деловые процессы в рамках некоторой организационной системы становятся неэффективными, а иногда, и вовсе, мешают реализовывать те функциональные запросы, ради которых существует организационная система. На данном этапе становятся актуальными задачи оптимизации организационно-деловых процессов по различным критериям оптимизации. Не зря, сейчас получила свое развитие концепция бережливого производства [1], которую можно рассматривать как прообраз системы менеджмента качества. Бережливое производство призвано организовать процессы таким образом, чтобы минимизировать потери различной природы.

Современное развитие науки и техники позволяет разработчикам, проектировщикам, инженерам широко использовать информационные технологии для решения поставленных задач. К числу таких задач относится составление моделей (бизнес-моделей, математических, логистических и других), проведение вычислительных экспериментов, анализов моделей, построение графиков, чертежей, схем [2-4]. Решение перечисленных задач обеспечивается различными методами, в том числе методом имитационного моделирования [5]. Это эффективный метод исследования объектов и процессов окружающего мира. При этом необходимо учитывать регулярное усложнение исследуемых объектов с точки зрения их структуры и управления ими. Метод имитационного моделирования реализуется в программах-симуляторах, которые выполняют функцию замены реального объекта или процесса виртуальным, с сохранением необходимой и достаточной степени точности [6].

Актуальность настоящей работы, в общем смысле, обусловлена существованием проблем в области системного анализа и моделирования сложных объектов и процессов. В процессе проведения исследований было установлено [7-9], что ключевой проблемой в данной области является – отсутствие полноценной системной теории, содержащей методы и средства описания объектов реального мира для изучения закономерностей их функционирования и развития, которая позволяла бы в полной мере анализировать как статические системные характеристики, так и динамические, определяющие состояния объектов и процессов. Стоит добавить, на данный момент не изучена связь системного анализа с методами имитационного моделирования, и в практике имитационного моделирования не применяются результаты системных исследований.

Также стоит отметить, что существуют проблемы с выявлением критериев оценки эффективности функционирования имитационных моделей объектов и процессов реального мира [10]. Существуют проблемы получения обобщающих выводов и рекомендаций [11]; сложность оптимизации системы (многовариантность расчётов при наличии вероятностных помех) [12].

Таким образом, проблема оптимизации организационно-деловых процессов может быть решена за счет применения соответствующих технологий системного анализа, включающих различные методы моделирования [13].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим несколько наиболее популярных технологий, позволяющих строить различные модели организационных систем.

Диаграммы потоков данных (DFD) являются средством моделирования функциональных требований к проектируемой системе. С их помощью эти требования разбиваются на функциональные компоненты (процессы) и представляются в виде сети, связанной потоками данных. Главная цель таких средств – продемонстрировать, как каждый процесс преобразует свои входные данные в выходные, а также выявить отношения между этими процессами.

Главная цель построения модели в виде иерархического множества DFD-диаграмм заключается в том, чтобы сделать требования к проектируемой системе ясными и понятными на каждом уровне детализации, а также разбить эти требования на части с точно определенными отношениями между ними.

Важную специфическую роль в модели играет специальный вид DFD-диаграммы – **контекстная диаграмма**, моделирующая систему наиболее общим образом. Контекстная диаграмма отражает интерфейс системы с внешним миром, а именно, информационные потоки между системой и внешними сущностями, с которыми она должна быть связана. Она идентифицирует эти внешние сущности, а так же, как правило, единственный процесс, отражающий главную цель или природу системы насколько это возможно. И хотя контекстная диаграмма выглядит тривиальной, несомненная ее полезность заключается в том, что она устанавливает границы анализируемой системы. Каждый проект должен иметь ровно одну контекстную диаграмму, при этом нет необходимости в нумерации единственного ее процесса.

Декомпозиция DFD-диаграммы осуществляется на основе процессов: каждый процесс может раскрываться с помощью DFD-диаграммы нижнего уровня. DFD-диаграмма первого уровня строится как декомпозиция процесса, который присутствует на контекстной диаграмме. Построенная диаграмма первого уровня также имеет множество процессов, которые в свою очередь могут быть декомпозированы. Таким образом, строится иерархия DFD-диаграмм с контекстной диаграммой в корне дерева. Этот процесс декомпозиции продолжается до тех пор, пока процессы могут быть эффективно описаны с помощью коротких (до одной страницы) спецификаций процессов.

Стандарт **IDEF0** (FIPS183) предназначен для создания функциональной модели, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, связывающие эти функции. Данный документ представляет собой оформление (по инициативе Министерства обороны США) в виде стандарта технологии анализа сложных систем **SADT** (Structured Analysis and Design Technique), разработанной группой американских аналитиков во главе с Дугласом Россом в 1973 году.

Метод, предлагаемый стандартом IDEF0, предназначен для функционального моделирования, то есть моделирования выполнения функций объекта, путем создания описательной графической модели, показывающей что, как и кем делается в рамках функционирования предприятия. Функциональная модель представляет собой структурированное изображение функций производственной системы или среды, информации и объектов, связывающих эти функции. Модель строится методом декомпозиции: от крупных составных структур к более мелким, простым. Элементы каждого уровня декомпозиции представляют собой действия по переработке информационных или материальных ресурсов при определенных условиях с использованием заданных механизмов. Каждое действие раскладывается на более мелкие операции по переработке определенной части информационных или материальных ресурсов при определенных условиях с использованием части заданных механизмов. Аналогично раскладываются операции. Последний шаг декомпозиции должен приводить к получению модели, степень детализации которой удовлетворяет требованиям, заданным в самом начале процесса создания модели.

Стандарт **IDEF3** предназначен для документирования технологических процессов, происходящих на предприятии, и предоставляет инструментарий для наглядного исследования и моделирования их **сценариев**.

Рассмотрим особенности данного стандарта, используя работу [14].

Сценарием называется описание последовательности изменений свойств объекта, в рамках рассматриваемого процесса (например, описание последовательности этапов обработки детали в цеху и изменение её свойств после прохождения каждого этапа). Исполнение каждого сценария сопровождается соответствующим документооборотом, который состоит из двух основных потоков: документов, определяющих структуру и последовательность процесса (технологических указаний, описаний стандартов и т. д.), и документов, отображающих ход его выполнения (результатов тестов и экспертиз, отчетов о браке, и т. д.). Для эффективного управления любым процессом, необходимо иметь детальное представление о его сценарии и структуре сопутствующего документооборота. Средства документирования и моделирования IDEF3 позволяют выполнять следующие задачи:

- Документировать имеющиеся данные о технологии процесса, выявленные, скажем, в процессе опроса компетентных сотрудников, ответственных за организацию рассматриваемого процесса.
- Определять и анализировать точки влияния потоков сопутствующего документооборота на сценарий технологических процессов.
- Определять ситуации, в которых требуется принятие решения, влияющего на жизненный цикл процесса, например изменение конструктивных, технологических или эксплуатационных свойств конечного продукта.
- Содействовать принятию оптимальных решений при реорганизации технологических процессов.
- Разрабатывать имитационные модели технологических процессов, по принципу «Как будет если...».

Объектно-ориентированное моделирование, как и методы системно-структурного моделирования и анализа, предполагает использование некоторой нормативной системы, т.е. языка, состоящего из набора символов, имеющих определенное значение (семантику), и правил манипулирования ими (синтаксиса).

В настоящее время благодаря усилиям концерна Object Management Group (OMG) создан единый стандарт языка объектного моделирования – Unified Modelling Language (UML).

Язык UML – это, в первую очередь, стандартное средство для составления «чертежей» программного обеспечения (ПО). Однако, сфера его применения не ограничивается моделированием программ. Он предназначен для визуализации, специфицирования, конструирования и документирования различных аспектов анализируемых и проектируемых систем произвольной природы. При этом, в дальнейшем, обеспечивается возможность компьютерного моделирования этих систем с помощью объектно-ориентированных языков программирования [15].

Все перечисленные и другие подобные технологии системного анализа имеют один существенный недостаток – технологии не содержат средства, позволяющие в полной мере описать системообразующие факторы организационно-деловой системы, включающие структурные, функциональные и объектные характеристики системы. С точки зрения оптимизации процессов организационной системы, этот недостаток является критическим, так как в большей степени критерии эффективности функционирования системы всегда связаны с возможностями отдельных подсистем отвечать требованиям и запросам надсистемы, что в свою очередь определяется структурными, функциональным и объектными требованиями к системе.

Перспективным решением подобных задач – является системно-объектный подход к моделированию, позволяющий описать систему с трех позиций: структура, функция, объект. На основе системно-объектного подхода был разработан формализованный метод графоаналитического моделирования организационно-деловых и производственно-технологических процессов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основные концептуальные положения системного подхода, с учетом которых далее будут описываться формальные конструкции исчисления, лежащего в основе разрабатываемой системной теории представлены ниже.

Во-первых, система рассматривается как функциональный объект, функция которого обусловлена функцией объекта более высокого яруса (т.е. надсистемы).

Во-вторых, любая система обязательно связана с другими системами и эти связи представляют собой потоки элементов глубинного яруса связанных систем. При этом связи данной системы с другими системами – функциональные, связи между подсистемами данной системы – поддерживающие.

В-третьих, следствием упомянутого выше определения системы и понимания связи между системами является представление системы в виде триединой конструкции «Узел-Функция-Объект» (УФО-элемента), где:

- узел – структурный элемент надсистемы в виде перекрестка связей данной системы с другими системами;
- функция – динамический (функциональный) элемент надсистемы, выполняющий определенную роль с точки зрения поддержания надсистемы путем балансирования связей данного узла;
- объект – субстанциальный элемент надсистемы, реализующего данную функцию в виде некоторого материального образования, обладающего конструктивными, эксплуатационными и т.д. характеристиками.

Ранее авторами проводились исследования по формализации системно-объектного подхода с использованием теории паттернов Гренандера и исчисления процессов Милнера. Однако, полноценного описания систем как элементов «Узел-Функция-Объект» с их помощью получить не удалось. В настоящий момент наиболее перспективными для формализации УФО-подхода представляются идеи, заложенные в исчислении объектов Аббади-Кардели. Понимание и формулировка абстрактного объекта в данном исчислении позволили при разработке СОМПЗ предложить формальное описание УФО-элемента как специального «узлового» объекта, а также формальное описание связи как специального «потокowego» объекта. Данные формализмы используются нами далее при построении исчисления функциональных объектов, т.е. исчисления систем как УФО-элементов, что в дальнейшем позволит разработать методы и алгоритмы оптимизации организационно-деловых процессов.

Для создания упомянутого исчисления введем в рассмотрение множество потоковых объектов L , соответствующее множеству связей системы.

$$L = \{l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_n\}, \quad (1)$$

где n – количество потоковых объектов (связей системы).

Каждый n -й элемент множества L представляет собою специальный потоковый объект (соответствующий конкретной связи системы), который в соответствии с теорией объектов Аббади-Кардели состоит из полей не включает методы и имеет следующий вид:

$$l_n = [r^1, r^2, \dots, r^k], \text{ где:} \quad (2)$$

$l_n \in L$;

k – количество полей потокового объекта l_n ;

r^1, r^2, \dots, r^k – поля потокового объекта, представляющие собой пару «идентификатор-значение».

Множество L при этом примет следующий вид:

$$L = \{l_1 = [r_1^1, r_1^2, \dots, r_1^{k_1}], l_2 = [r_2^1, r_2^2, \dots, r_2^{k_2}], \dots, l_n = [r_n^1, r_n^2, \dots, r_n^{k_n}]\}, \quad (3)$$

где нижние индексы полей r – представляют собою номер потокового объекта – родителя, а верхние индексы полей r – это порядковый номер поля в рамках родительского потокового объекта, причем k_n – количество полей потокового объекта l_n . Обозначим множество полей потокового объекта l_n переменной R_n , тогда:

$$R_n = \{ r_n^{kn} \mid r_n^{kn} = [\text{идентификатор}, \text{значение}] \} \quad (4)$$

Таким образом, множество L потоковых объектов (связей системы) можно определить следующим образом:

$$L = \{l_n \mid l_n = [R_n]\} \quad (5)$$

Введем далее в рассмотрение множество узловых объектов S , которое соответствует множеству систем как УФО-элементов, согласно основным положениям СОМПЗ.

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_j, \dots, s_m\} \quad (6)$$

где m – количество узловых объектов (систем).

Каждый j -й элемент множества S представляет собою специальный узловой объект (соответствующий конкретной системе/УФО-элементу), который в соответствии с теорией объектов Абади-Кардели состоит из полей и метода и имеет следующий вид:

$$s_j = [U, f, O], \text{ где} \quad (7)$$

U – представляет собою множество полей для описания интерфейсных потоковых объектов узлового объекта s_j , соответствующих множеству функциональных связей данной системы. Множество $U = L_? \cup L_!$, где $L_?$ – представляет собою множество входящих интерфейсных потоковых объектов, соответствующих входящим связям системы, $L_!$ – представляет собою множество исходящих интерфейсных потоковых объектов, соответствующих выходящим связям системы. Индексы «?» и «!» потоковых объектов в работе применяются как обозначение входящего – «?» и исходящего «!» потокового объекта по отношению к узловому объекту (смотрите рисунок 1). Причем: $L_? \subset L$; $L_! \subset L$.

f – представляет собою метод узлового объекта s_j , описывающий функцию преобразования входящих интерфейсных потоковых объектов (входящих связей системы) $L_?$ в выходящие – $L_!$. Далее метод узлового объекта будем представлять в следующем виде:

$$f(L_?)L_! \quad (8)$$

где f – метод узлового объекта (функция системы) с областью определения $L_?$ и областью значений $L_!$, соответственно.

O – представляет собою множество полей для описания объектных характеристик узлового объекта (системы) s_j , элементы которого имеют следующий формат:

$$O = \{o_i \mid o_i = [\text{идентификатор, значение}]\}, \quad (9)$$

где i – представляет собой количество полей узлового объекта s_m . Множество полей для описания объектных характеристик системы состоит из трех подмножеств:

$$O = O_? \cup O_! \cup O_f \quad (10)$$

Множество полей $O_?$ содержит интерфейсные входные характеристики узлового объекта. Для каждого поля каждого входного потокового объекта в множестве $O_?$ содержится соответствующий экземпляр вида (9). Таким образом, если, например множество входящих потоковых объектов состоит из одного элемента (потокового объекта l_1), а множество полей входящего потокового объекта состоит из двух элементов следующего вида:

$$L_? = \{l_1 = [r_1, r_2]\} \quad (11)$$

тогда соответствующее множество $O_?$ примет вид:

$$O_? = \{o_1, o_2\} \quad (12)$$

Мощность множества $O_?$ будет зависеть от количества входящих интерфейсных потоковых объектов и количества их полей. Если мощность множества:

$$|L_?| = n, \quad (13)$$

а мощности входных потоковых объектов:

$$|l_1^1| = m_1, |l_1^2| = m_2, \dots, |l_1^n| = m_n, \quad (14)$$

тогда мощность соответствующего множества интерфейсных характеристик объекта $O_?$ будет равна:

$$|O_?| = \sum_1^n |l_1^n| \quad (15)$$

Мощность множества $O_!$ (соответствует выходящим интерфейсным потоковым объектам), по аналогии с выражением (15) вычисляется по формуле:

$$|O_!| = \sum_1^n |l_1^n| \quad (16)$$

Множество O_f содержит объектные характеристики системы, присущие объекту реализующему функцию, и их количество будет зависеть от конкретной системы.

Таким образом, систему в рамках исчисления систем, описанную выражением (7) будем представлять в виде следующего выражения:

$$s_j = [L_?, L_!; f(L_?)L_!; O_?, O_!, O_f] \quad (17)$$

Графическое представление выражения (17) показано на рисунке.

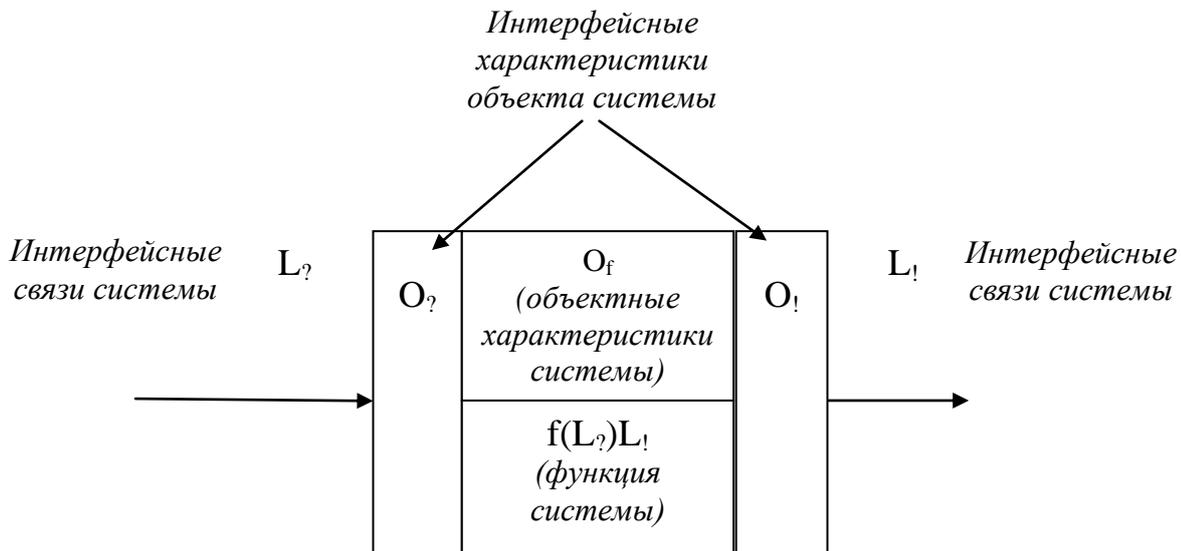


Рис. Графический формализм системы как UFO-элемента
Fig. Graphic formalism of the system as a UFO element

Данное представление будем рассматривать как графический формализм, по аналогии с графическим формализмом – образующей – в теории паттернов Гренандера. Этот производный объект будет являться элементарным носителем информации в нашем исчислении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как было представлено выше, рассмотренный формализованный метод моделирования позволяет в полной мере описать организационную систему и открывает перспективы создания методов и алгоритмов оптимизации организационно-деловых процессов по различным критериям. Главным образом планируется рассматривать общесистемные принципы и закономерности, нарушение которых, как правило, и приводит к неэффективному функционированию системы в целом и отдельных ее частей, в частности.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования выполнены при финансовой поддержке проектов Российского фонда фундаментальных исследований № 18-07-00355, 19-07-00290, 19-07-00111.

Список литературы

1. Царенко А.С. «Бережливое государство»: перспективы применения бережливых технологий в государственном управлении в России и за рубежом. Государственное управление // Электронный вестник. 2014. № 45.
2. Бондаренко М.Ф., Маторин С.И., Соловьева Е.А. Моделирование и проектирование бизнес-систем: методы, стандарты, технологии. Под ред. Э.В. Попова. Харьков: «Компания СМИТ». 2004. 272 с.
3. Бир С. Кибернетика и менеджмент. М.: ДомКнига. 2010. 280 с.
4. Ойхман Е.Г., Попов Э.В. Рейнжиниринг. М.: Финансы и статистика. 1997. 336 с.

5. Емельянов А.А., Н.З. Емельянова Имитационное моделирование и компьютерный анализ экономических. Смоленск: Издательство «Универсум». 2014. 230 с.
6. Тубольцева О.М., Маторин С.И. Моделирование деловых процессов на основе специализированного UFO-метода // Научные ведомости БелГУ. Сер. Информатика. 2014. №15(186). Выпуск №31/1. С. 83-89.
7. Маторин С.И., Жихарев А.Г. Системно-объектный подход как основа общей теории систем // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2019. № 46 (4). С. 717–730.
8. Маторин С.И. Системный подход к личной жизни // Сборник РФФИ. 2014. №17. С. 300-309.
9. Мельник М.С. Формирование общей теории систем: результаты и проблемы исследования Москва: Социально-политические науки, 2013. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-obschey-teorii-sistem-rezultaty-i-problemy-issledovaniya> (дата обращения: 13.06. 2020).
10. Звягин Л.С. Ключевые аспекты имитационного моделирования сложных систем // Молодой ученый. 2016. № 12 (116). С. 19-23.
11. Кокин А.Г. Оптимизация имитационных моделей // Вестник Курганского государственного университета. Серия: «Технические науки». 2011. №1(6). С. 85-88.
12. Леонова Н.Л. Имитационное моделирование: конспект лекций. СПбГТУРП. СПб. 2015. 94 с.
13. Егоров И.А., Жихарев А. Г., Маторин С. И. К вопросу оптимизации системно-объектных имитационных моделей // Научный результат. Информационные технологии. Т.4. №2. 2019. С. 36-42.
14. Верников Г. Основные методологии обследования организации. Стандарт IDEF0. URL: http://www.consulting.ru/main/mgmt/texts/m7/079_idef.shtml (дата обращения: 13.06. 2020).
15. Жихарев А.Г., Зимовец О.А., Тубольцев М.Ф., Кондратенко А.А. Теория систем и системный анализ: учебник. Под ред. С.И. Маторина. Москва: КНОРУС, 2020. 456 с.

References

1. Tsarenko A.S. "Lean State": Prospects for the Application of Lean Technologies in Public Administration in Russia and Abroad. Public administration // Electronic bulletin. 2014. No. 45.
2. Bondarenko M.F, Matorin S.I., Solovieva E.A. Modeling and design of business systems: methods, standards, technologies. Ed. E.V. Popov. Kharkiv: "Company SMITH". 2004. 272 p.
3. Beer S. Cybernetics and Management. M.: DomKniga. 2010. 280 p.
4. Oikhman E.G., Popov E.V. Reengineering. Moscow: Finance and Statistics. 1997. 336 p.
5. Emelyanov A.A., Emelyanova N.Z. Simulation modeling and computer analysis of economic. Smolensk: Universum Publishing House. 2014. 230 p.
6. Tuboltseva O.M., Matorin S.I. Modeling business processes based on a specialized UFO method // Scientific Bulletin of BelGU. Ser. Informatics. 2014. No. 15 (186). Issue No. 31/1. Pp. 83-89.
7. Matorin S.I., Zhikharev A.G. System-object approach as the basis of general systems theory // Scientific Bulletin of Belgorod State University. Series: Economics. Informatics. 2019. No. 46 (4). Pp. 717-730.
8. Matorin S.I. A systematic approach to personal life // Collection of RFBR. 2014. No. 17. Pp. 300-309.
9. Miller M.S. Formation of the general theory of systems: results and problems of research Moscow: Socio-political sciences, 2013. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-obschey-teorii-sistem-rezultaty-i-problemy-issledovaniya> (date of access: 13.06.2020).
10. Zvyagin L.S. Key Aspects of Simulation of Complex Systems // Young Scientist. 2016. No. 12 (116). Pp. 19-23.
11. Kokin A.G. Optimization of simulation models // Bulletin of the Kurgan State University. Series: "Technical Sciences". 2011. No. 1(6). Pp. 85-88.
12. Leonova N.L. Simulation modeling: lecture notes. SPbGTURP. SPb. 2015. 94 p.
13. Egorov I.A., Zhikharev A.G., Matorin S.I. On the issue of optimization of system-object simulation models. Scientific Result. Information Technology. Т.4. № 2. 2019. Pp. 36-42.
14. Vernikov G. Basic methodology of the organization survey. IDEF0 standard. URL: http://www.consulting.ru/main/mgmt/texts/m7/079_idef.shtml (date accessed: 13.06.2020).
15. Zhikharev A.G., Zimovets O.A., Tuboltsev M.F., Kondratenko A.A. Systems theory and systems analysis: textbook. Ed. S.I. Matorina. Moscow: KNORUS, 2020. 456 p.

Жихарев Александр Геннадиевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

Маматов Роман Александрович, старший инспектор отделения организации службы ОМОН

Zhikharev Alexander Gennadievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Engineering and Automated Systems Software

Mamatov Roman Aleksandrovich, Senior Inspector of the Department of Organization of the OMON Service

UDC 004.9

DOI: 10.18413/2518-1092-2020-5-4-0-9

Laushkina A.A.
Roslyakova S.V.
Smirnov A.V.

**IMPLEMENTATION OF ADAPTIVE LIGHTING SYSTEMS
TO REDUCE STRESSFUL SITUATIONS IN MULTI-USER SPACES**

Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
49 Kronverkskiy prospekt, St. Petersburg, 197101, Russia

e-mail: nastasjalausckina@mail.ru, svetlana.roslyakova@itmo.ru, sav_smirnof@mail.ru

Abstract

The analysis of scientific papers revealed that the majority of studies in the field of lighting control systems are devoted to energy conservation, and single-user interaction with lighting. At the same time, the issue related to the impact of lighting on human stress levels in an educational environment is covered only by a number of studies that have investigated lighting parameters for different types of human activities. While there are known dependencies of the positive influence of lighting on reducing conflict behavior and stress levels in multi-user spaces, there is no mechanism for adapting appropriate lighting systems to the psycho-emotional state of users of such spaces. The paper presents the analysis of scientific publications and patents on non-visual effects of lighting on human body. The effects of lighting on conflict behavior and stressful state of a person were studied when using adaptive lighting systems. The methods and approaches of the developed adaptive lighting systems and the constraints associated with these methods were analyzed. The results of theoretical and experimental studies are given. A set of methods and tools to create an intelligent multi-user adaptive lighting system is proposed.

Keywords: lighting; adaptive lighting systems; multi-user lighting systems; interactive lighting.

УДК 004.9

Лаушкина А.А.
Рослякова С.В.
Смирнов А.В.

**РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ УМЕНЬШЕНИЕ СТРЕССОВЫХ СИТУАЦИЙ
В МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ПРОСТРАНСТВАХ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Кронверкский пр., д. 49, г. Санкт-Петербург, 197101, Россия

e-mail: nastasjalausckina@mail.ru, svetlana.roslyakova@itmo.ru, sav_smirnof@mail.ru

Аннотация

В ходе анализа научных работ выявлено, что большинство исследований в области систем управления освещением посвящено вопросам энергосбережения, и однопользовательскому взаимодействию с освещением. При этом вопрос, связанный с воздействием освещения на уровень стресса человека в образовательной среде, освещает лишь ряд исследований, изучавших параметры освещения для различных видов деятельности людей. При известных зависимостях позитивного влияния освещения на снижение конфликтного поведения и уменьшение стрессовых ситуаций в многопользовательских пространствах отсутствует механизм адаптации соответствующих систем освещения к психоэмоциональному состоянию пользователей таких помещений. В связи с этим, был проведен анализ научных публикаций и патентов по теме невизуального воздействия освещения на организм человека. Изучены эффекты освещения на конфликтное поведение и стрессовое состояние человека при использовании адаптивных систем освещения. Проанализированы методы и подходы разработанных адаптивных систем освещения и связанные с данными методами ограничения. Дано обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований. Предложен набор методов и средств для создания интеллектуальной многопользовательской адаптивной системы освещения.

Ключевые слова: освещение; адаптивные системы освещения; многопользовательские системы освещения; интерактивное освещение.

INTRODUCTION

The impact of light on a person is varied, complex, and all-encompassing. Light affects vision, determines the cycles of daytime and seasonal functioning of the body, affects the levels of psychophysiological activity and mood [1-5]. The so-called non-visual effects of light were discovered [6]. The non-visual effects of light appear by stimulation of the eye photoreceptors. The receptors, rods and cones, are relatively well researched and described in the existing publications. The research over the past 25 years has shown that there is another type of photoreceptor in the eye. That type is important in the non-visual effects of light on humans. Discovered in 2002, these photoreceptors are known as photosensitive retinal ganglion cells (ipRGC), and their photosensitivity is based on the photopigment melanopsin [7]. The non-visual effects of light affect our mood, concentration, vitality, focus, mental and physical performance. There are three types of light effects on human body: circadian, cognitive, and emotional [8]. The result of these effects depends on time and duration of exposure to light, as well as on lighting quality [9].

Education at school and university is accompanied by anxiety and serious stress. Escalating behavior is reported by the media almost daily. Escalating behavior is an intensely developing conflict in time and emotional background. Individuals or groups of people show aggression, which often leads to verbal or physical attacks. The escalation of conflict usually includes narrowing and decrease of attention and progressive cognitive disfunction. Scientists have studied the effect of lighting on student anxiety and their aggressive behavior using different illuminance and color temperature of lighting [10]. The findings showed that different lighting modes could directly reduce student anxiety and improve their social behavior.

It is logical to assume that the effects already identified in everyday and work environment and the developed lighting systems are applicable to the educational environment [11].

Lighting has become a significant part of the "smart home", allowing to support various activities that require changes in lighting parameters (color temperature, illuminance level and luminance) in the process of learning, work, recreation, and communication between a group of people [10, 12, 13, 20]. The demand for smart lighting systems is confirmed by market growth; according to market research by the MarketsandMarkets, the smart lighting market will grow from \$ 13.4 billion in 2020 to \$ 30.6 billion by 2025 with a CAGR of 18.0% over the predicted period [14].

Adaptive lighting systems (ALS) are equipped with sensors and actuators that can dynamically adapt to current environmental conditions and people's needs. The consumer's ability to interact with lighting refers to the concept of "interactive lighting". Such systems foresee the aims and intentions of the user, which can be determined from the actions (video surveillance system and audio recording) or information about the environment (for example, light, pressure and noise sensors). On the one hand, adaptive lighting can react to user actions without direct interaction. On the other hand, adaptation can also be performed by the user intentionally. It is necessary to receive feedback from the system to create stable lighting parameters: the user performs various actions; the adaptive system reacts to this and changes the lighting parameters by the specified conditions. However, at the moment, the main problem is the lack of a mechanism for adapting the corresponding lighting systems to conflict behavior and stressful states of users in multi-user spaces.

The paper aims to describe the methods and mechanisms to adapt the corresponding lighting systems to influence conflict behavior and stress state of users and related features.

MATERIALS AND METHODS

The analysis of the articles was performed based on the existing methods and the means of adaptive lighting systems functioning. The following criteria were identified to choose methodology for ALS creation:

1. Set of sensors required for the ALS energy-efficient functioning.

2. System autonomy (minimal user intervention to maintain the quality of the system).
3. Multimodal information about the external and internal environment (for a complete and accurate assessment of the environment with a further ALS adaptation of the).
4. User group focus (considering conflicts of preferences in the choice of lighting).
5. Consideration of conflict behavior and stress state of users.
6. ALS Intelligence (self-learning based on neural networks).
7. Combination of ALS monitoring and control (processing and output of multimodal information in adaptive lighting systems to create control protocols and self-optimization of multiuser systems).

At the moment, adaptive systems that respond to human activities, climate change, and daylight hours are quite common. However, the lighting settings that affect the person (color temperature and luminous flux of the luminaires) are changed by a given scenario or adjusted by the user [10, 12]. Adaptability in such systems is usually associated with dimming to save energy. For example, a neural network controller, which can regulate the lighting in a class considering illuminance of the environment and the number of people, was developed and tested [3].

However, in the smart home market, especially in the smart lighting market, there are no examples of systems that collect, process and transmit information about a group of users. At the same time, a large number of patents in the field of human biomonitors testifies the relevance and prospects of combining monitoring and control of the lighting system in one device.

The patents describe lighting systems that work with wearable sensors that detect body temperature, momentum and user location in combination with external environmental factors such as temperature and lighting [8].

The existing solutions are aimed at reducing conflict situations in the choice of lighting modes in multi-user interaction. The patent [15] proposes a conflict resolution option based on a dynamic change in the user's position in space and the direction of his gaze, while the light characteristics output by the system show averaged values. It should be noted that this system does not allow making changes by the user, and also does not show information about changes made by other users. By depriving the user of this opportunity and by allowing the systems control lighting, there is a risk of a "loss of control" effect for the user, which will cause internal (and then external) problems.

Data storage, processing, and visualization are getting better lately. In addition to saving energy, lighting manufacturers are striving to improve perception and simplify lighting control. Therefore, more researchers are paying attention to improve-control algorithms [16-18]. Statistics, data modeling, and machine learning techniques are used to save energy. Among other things, an intelligent lighting system was developed with the possibility of continuous learning [19]. It can dynamically adjust illuminance, color temperature and luminance distribution according to specific learning requirements and conditions, such as the number of students per class, their academic performance, class schedule, room furnishing and energy efficiency. This system uses not only manual control but also automatic scene switching via integration with school timetables.

The authors suggested that the system they developed could help researchers study the correlation between student performance and environmental parameters.

The input data used in the existing studies included various combinations of indoor user placement and sensor information such as space occupancy and ambient lighting, schedule information, and user preferences. The authors faced the problem of integrating several systems and datasets into ALS to combine various information to select a suitable lighting mode. The researchers from the University of Waterloo have found a new approach to solve this problem: they used the advantages of big data and machine learning to increase the speed of data processing and the possibility of developing a system based on the information received.

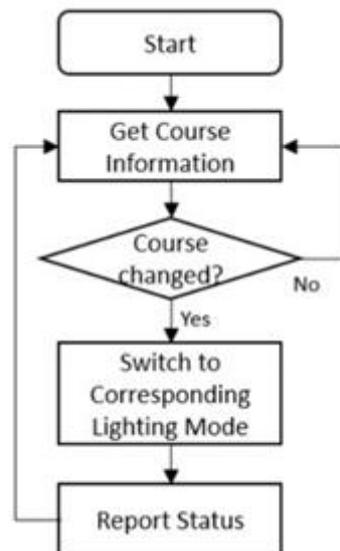


Fig. 1. Block diagram of switching lighting modes with class schedule

Figure 2 illustrates the mechanism and workflow of the proposed framework, which consists of two main processes: control flow and self-optimization flow.

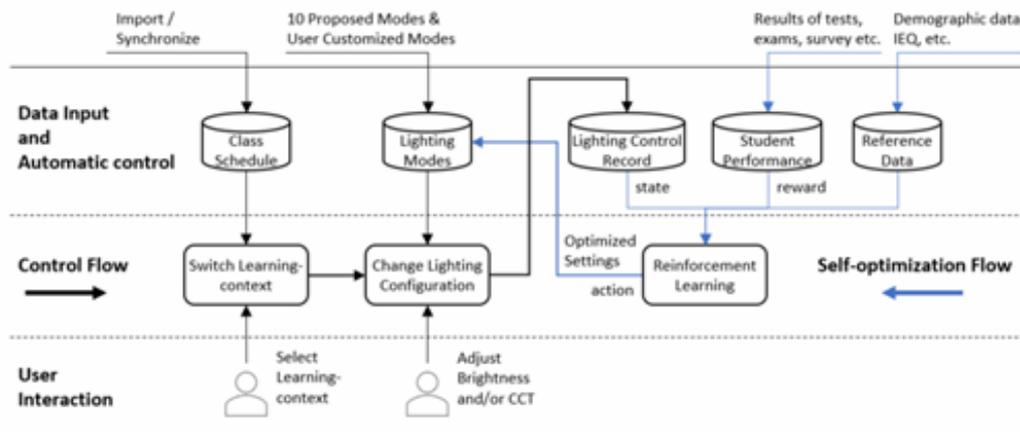


Fig. 2. Structure of a self-optimizing classroom lighting environment

Such intelligent lighting systems have the potential to become a platform for future research on the effects of lighting on humans and can also be widely used in everyday life, which gives this approach an advantage over the existing ALS. However, from a technological point of view, the system still has many opportunities for improvement: the addition of devices to monitor environmental conditions, users' needs, and their conflict behavior and stress state.

RESULTS

It is possible to automate ALS, integrate intelligence properties and obtain reliable results at the end of the data processing cycle, combining the entire transformed set of signals and artifacts of the human body, that reflects the internal changes in the psyche and consciousness of people. The best way to collect multimodal information about the environment, changes in the conflict behavior and stress state of a group of users is via audio and video channels. Students work at computers with cameras already built-in, which will further facilitate the integration of ALS into office spaces.

The data is recorded continuously and dynamically, which helps to avoid false or approximate interpretations and conclusions arising from the statics of the image. Instant image fixation is provided

with the ability to measure individual trainees' facial expression traits, reflecting various emotional and mental states of the person. The method of assessing the condition using audio and video channels is safe and painless for users. Based on the data obtained from the audio and video channels it is proposed to create a matrix of conflict behavior and stress states of people. This matrix is planned to be imposed on the matrix of the developed light modes that correspond to basic psychoemotional states, thereby teaching the system. It is suggested to use the following lighting modes:

1. "Standard" 300 lux, 4000 K
2. "Focus on the board" 1000 lx, 4000 K and darkened audience lighting 300 lx, 3800 K
3. "Board" 300 lux, 4000 K classroom lighting is completely off
4. "Concentrate" 1060 lux, 5800 K
5. "Activation" 675 lux, 6500 K
6. "Relaxation" 325 lx, 3500 K
7. "Maximum relaxation" 275 lux, 3500 K.

Light modes in Intelligent Multiuser Adaptive Workspace System (IMAWS) are programmed based on luminaires with two types of LEDs with standard values of correlated color temperature (2700 and 6000 K). In the future, this will simplify the integration of the developed ALS with luminaires of any manufacturers. ALS offers the optimal lighting mode considering the dynamically changing environment and user states. The described ALS will work according to the scheme in Figure 3.

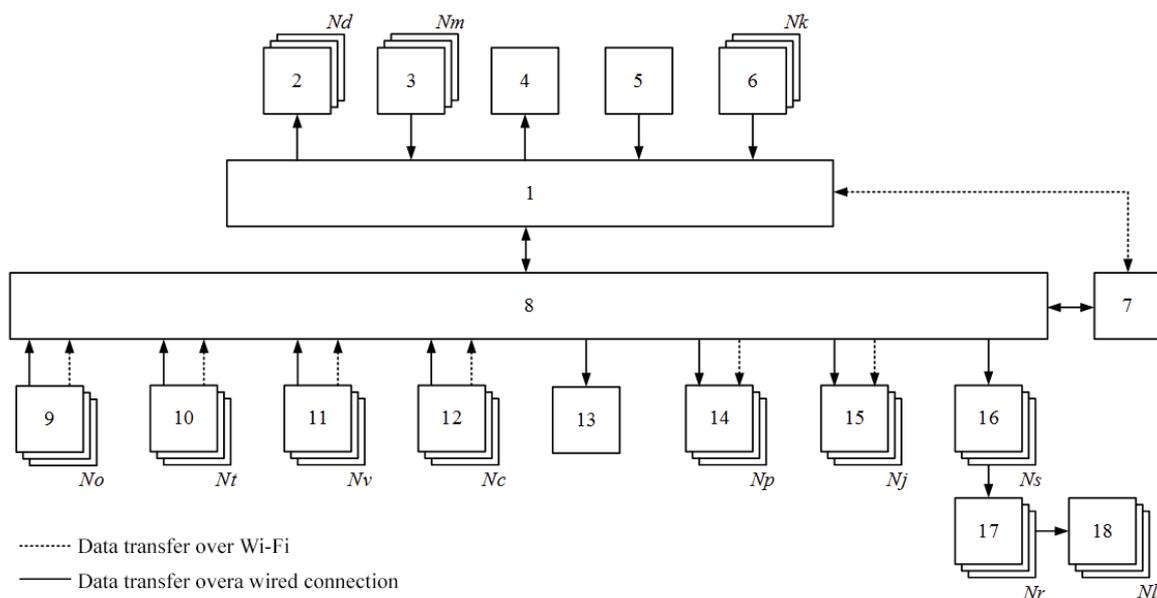


Fig. 3. Functional diagram of the developed IMAWS

- 1 – microprocessor control unit;
- 2 – speaker;
- 3 – microphone;
- 4 – projector;
- 5 – dome video camera;
- 6 – directional video camera;
- 7 – Wi-fi module;
- 8 – microcontroller;
- 9 – room light sensor;
- 10 – room temperature sensor;
- 11 – indoor humidity sensor;
- 12 – indoor carbon dioxide sensor;
- 13 – LD display;

- 14 – partition control module;
- 15 – shutter control module;
- 16 – light control module;
- 17 – lamp driver;
- 18 – LED lamps;

When the trainee is in the classroom at the workplace, multi-modal information necessary for further psycho-emotional assessment of the trainees is collected by the microprocessor control unit 1, using the dome video camera 5, directional video camera 6 and microphone 3. Abiotic environmental parameters in the room are also accumulated with the data obtained from sensors of illumination 9, temperature 10, humidity 11, carbon dioxide 12. The data obtained are analyzed in the microcontroller 8 and transmitted through the Wi-Fi module 7 by wireless connection to the microprocessor control unit 1, and duplicated by wired connection in order to improve noise immunity and stability of the system from external influences.

After receiving data from the microprocessor 8, the microprocessor control unit 1 makes the system analysis with the help of the algorithms in the unit memory, and gives the command to the executive modules, namely to the partition control modules 14, shutter control modules, and light flux control modules 16. The command received from the microprocessor control unit 1 is transmitted to the actuating elements through the microcontroller 8 with the help of the Wi-Fi unit 7 and is duplicated by the wired connection.

Upon receipt of the executive command from the microprocessor control unit 1 to the partition control module 14, the separation of the workspace by raising or lowering the acoustic partitions, thereby personalizing the workplace depending on the preference of the trainee.

When receiving the executive command from the microprocessor control unit 1, the blinds control module 15 regulates the natural light entering the classroom. The light control module 16 works together with it, the control signal from it is formed on the basis of the executive command received from the microprocessor control unit 1, then it is transferred to the lamp drivers 17 and goes to the LED-lamps 18 by means of wire connection. Depending on the current psycho-emotional state of the trainee it is possible to change such parameters of artificial light as color temperature and luminous flux, thereby adapting to each trainee in the room.

DISCUSSION

Having analyzed articles and patents, recommendations were formulated for improving multi-user adaptive lighting systems:

1. Considering the advantage of big data and machine learning, it is possible to optimize and train multi-user adaptive lighting systems, which can then automate the entire process of interaction between the user and the lighting environment.

2. It is necessary to take into account the psychoemotional state of users based on multimodal information and the regulation of light characteristics that affect the level of conflict behavior and stress states of users.

3. Development and implementation of multi-user adaptive lighting systems should contribute to changing the environment not to disrupt the everyday life and work of other people. ALS will reduce the number of conflicts when choosing and setting various lighting modes. The system will help to:

- 1) compromise in the choice of lighting to resolve the current situation, as well as reduce the number of future conflicts,
- 2) compare activities and group activities by zones using light,
- 3) choose lighting mode as a result of negotiations.

It is important to note that the acknowledgment of conflicts and their resolution should be left to the discretion of the user.

An open issue when building intelligent adaptive lighting systems is control, taking into account user conflicts in lighting preferences. The problem of reading multimodal information about users, data

about the external environment, and tracking the dynamics of conflict behavior in a multi-user space and changes in stress states of individual users remains unresolved.

Having analyzed the developed adaptive lighting systems, features and limitations were identified.

These limitations can be eliminated using artificial intelligence methods – machine learning, computer vision and expert systems. To determine conflict behavior and stressful situations, it is proposed to analyze data from audio and visual communication channels based on:

1) audio data – by assessing the intensity, speed of speech, frequency of the main tone, voice harmonization, and identifying non-verbal sounds (clatter, sighs, pauses). It is planned to use a set of methods, including digital filtering, fast Fourier transform, pitch extraction, wavelet analysis of noise signals, and neural network classification.

2) video data – it is planned to use an algorithm for image detection based on one of the architectures of convolutional neural networks (YOLO, SSD, Faster-RCNN). To assess the change in the position of human limbs in space and time, it is proposed to use the OpenPose system, which allows to determine the coordinates of body key points in real-time. To localize people in the room-coordinate system, use the augmented reality markers of the Aruco family to calculate the room rotation matrix in relation to the image plane.

CONCLUSIONS

An analysis of scientific publications and data on the topic of non-visual (biological) effects of visible light on the human body in adaptive lighting systems was performed. Based on the analysis of methods and means of the developed adaptive lighting systems, their features and limitations were identified. A set of methods was proposed to analyze the psycho-emotional state of a group of users. To determine the user conflict behavior and stressful situations, it is proposed to analyze the data of audio and visual communication channels.

At the moment, this is the most optimal set of methods to analyse conflict behavior and stress states of a group with the subsequent integration of this information into ALS. Such systems will help to adjust light settings in real-time based on multimodal information about the environment and psycho-emotional state of users.

References

1. D. Pavlov, D. Ivanov, and V. Petrov, "Energy-efficient biodynamic lighting for use in scientific and educational institutions," Second Balkan Light Junior Conference 2019. (Balkan Light Junior), Plovdiv, Bulgaria, 2019, pp. 1-4, DOI: 10.1109 / BLJ.2019.8883566.
2. Byun, J.; Hong, I.; Lee, B.; Park, S. Intelligent household LED lighting system considering energy efficiency and user satisfaction. *IEEE Trans. Consum. Electron.* 2013, 59, 70–76.
3. Chen, Y.; Sun, Q. Artificial intelligent control for indoor lighting basing on person number in classroom. In *Proceedings of the 2013 9th Asian Control Conference (ASCC)*, Istanbul, Turkey, 23–26 June 2013; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2013; pp. 1–4.
4. Barrett, P.; Davies, F.; Zhang, Y.; Barrett, L. The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Build. Environ.* 2015, 89, 118–133.
5. Smolders, K.C.H.J.; de Kort, Y.A.W. Bright light and mental fatigue: Effects on alertness, vitality, performance and physiological arousal. *J. Environ. Psychol.* 2014, 39, 77–91.
6. Статья D. M. Berson, F. A. Dunn, and M. Takao, "Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock," *Science*, vol. 295, no. 5557, pp. 1070–1073, February 2002.
7. International Commission on Illumination Commission URL: <http://cie.co.at/publications/position-statement-non-visual-effects-light-recommending-proper-light-proper-time-2nd> (accessed 12.11.20).
8. S V Roslyakova et al 2020 Possibilities to integrate wearable biomonitors into adaptive lighting systems. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 944 012029
9. Fabio, B.; Chiara, B.; Ornella, L.R.; Laura, B.; Simonetta, F. Non Visual Effects of Light: An Overview and an Italian Experience. *Energy Procedia* 2015, 78, 723–728.
10. N. Wessolowski, H. Koenig, M. Schulte-Markwort, C. Barkmann. The effect of variable light on the fidgetiness and social behavior of pupils in school. *Journal of Environmental Psychology* Volume 39, September 2014, Pages 101-108.

11. Barkmann, C., Wesselowski, N., & Schulte-Markwort // Applicability and efficacy of variable light in schools. *Physiology & Behavior*, M. 2012. №105(3), 621–627. doi:10.1016/j.physbeh.2011.09.020
12. Choi, K.; Suk, H.-J. Dynamic lighting system for the learning environment: Performance of elementary students. *Opt. Express* 2016, 24, A907.
13. M.E. Kompier, K.C.H.J. Smolders, W.D. van Marken Lichtenbelt, Y.A.W. de Kort, Effects of light transitions on measures of alertness, arousal and comfort. *Physiology & Behavior* (2020) [accessed 27.06.20].
14. Smart Lighting Market [Electronic resource] // Smart Lighting Market by Offering (Hardware: Lights & Luminaires, Lighting Controls; Software, and Services), Communication Technology (Wired and Wireless), Installation Type, End-use Application, and Geography – Global Forecast to 2025 [Feb 2020] URL: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/smart-lighting-market-985.html?gclid=CjwKCAjwztL2BRATEiwAvnALcqOgHtzS5AmqLO3NDuyXJP5ZVjIH_4yMCZDuFa2Rd6IWwBV2Gj6QkBoC-KcQAvD_BwE
15. Patent Netherlands № 2017111815, 05.08.2015. Resolution of conflicts // Patent of the Netherlands № 10.10.2018 Bulletin № 28. / Nolan Julian Charles, Laurenson Matthew John [etc.].
16. US Patent № 2011145306/07, 29.03.2010 Smart Lighting Control System // US Patent № 20.05.2013 Bulletin № 14. // Klasmann Donald Louis, Murphy Michael Sean.
17. The patent of the Russian Federation № 2018145895, 21.12.2018 System of adaptive functioning of light emitting devices // The patent of Russia № 22.06.2020 Bul. № 18. // R.K. Gereikhanov // Patent of Russia № 22.06.2020 Bulletin № 18.
18. Netherlands Patent № 2017110407, 31.08.2015 The way of management of the lighting system, computer software product, portable computing device and set of lighting system // Netherlands Patent № 03.10.2018 Bulletin № 28 / Mace-on Jonathan David, Shraibi Sanae [etc.].
19. Baoshi Sun, Qiaoli Zhang, Shi Cao. Development and Implementation of a Self-Optimizable Smart Lighting System Based on Learning Context in Classroom. *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Received: 21 January 2020; Accepted: 11 February 2020; Published: 13 February 2020)
20. Choi, K., Shin, C., Kim, T. et al. Awakening effects of blue-enriched morning light exposure on university students' physiological and subjective responses. *Sci Rep* 9, 345 (2019).

Laushkina Anastasia Alexandrovna, student of Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics of Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

Roslyakova Svetlana Vitalievna, assistant, expert of Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

Smirnov Andrey Vyacheslavovich, engineer of Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

Лаушкина Анастасия Александровна, студент Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики

Рослякова Светлана Витальевна, ассистент, эксперт, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

Смирнов Андрей Вячеславович, инженер Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики