

XV Всероссийская научно-практическая конференция

Цифровые технологии в образовании, науке, обществе

2021

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Петрозаводск, 30 ноября - 03 декабря, 2021



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Петрозаводский государственный университет
Институт прикладных математических исследований КарНЦ РАН
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
Московский международный университет
ООО «Интернет-бизнес-системы»
ООО «ФОРС – Центр разработки»

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ, ОБЩЕСТВЕ

Материалы XV Всероссийской
научно-практической конференции

30 ноября – 03 декабря 2021 года

УДК 37:004
ББК 74.0051
Ц752

Редакционная коллегия:
О. Ю. Насадкина (отв. редактор)
М. Н. Иванов
С. А. Кадетова
А. Г. Марахтанов

Цифровые технологии в образовании, науке, обществе [Электронный ресурс]: материалы XV Всероссийской научно-практ. конф. 30 ноября – 03 декабря 2021 года / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования Петрозавод. гос. ун-т, Институт прикладных математических исследований КарНЦ РАН, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Московский международный университет, ООО «Интернет-бизнес-системы», ООО «ФОРС – Центр разработки». – Электрон. дан. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-R) ; 12 см. – Систем. требования : PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше ; Windows, MAC OSX ; 256 Мб ; видеосистема : разрешение экрана 800×600 и выше ; графический ускоритель (опционально) ; мышь или другое аналогичное устройство. – Загл. с этикетки диска.

ISBN 978-5-8021-3927-1

Издание включает материалы XV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной вопросам внедрения и использования современных цифровых технологий в образовании, науке, обществе. Тематика сборника: электронная информационно-образовательная среда вуза, цифровая трансформация вуза в новых условиях, отечественное программное обеспечение, отечественное компьютерное и телекоммуникационное оборудование, интеллектуальные системы и сервисы в образовании, науке, обществе, электронные услуги и ресурсы для населения, цифровые гуманитарные науки и др.

УДК 37:004
ББК 74.0051

ISBN 978-5-8021-3927-1

© Петрозаводский государственный университет, 2021

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

С. Т. Коржов

председатель,
к. т. н., доцент, первый проректор ПетрГУ

Д. И. Балашов

к. ф.-м. н., директор Физико-технического
института ПетрГУ

Е. Д. Барский

начальник Управления информационных
технологий ФГБОУ ВПО «Московский
педагогический государственный университет»

Ю. А. Богоявленский

к. т. н., зав. кафедрой информатики
и математического обеспечения ПетрГУ

Ю. М. Горвиц

к. п. н., генеральный директор Центра
современного образования

Е. Б. Егоркина

директор Департамента информационных
технологий АНОВО Московский
международный университет

Н. Ю. Ершова

к. ф.-м. н., зав. кафедрой информационно-измерительных
систем и физической электроники ПетрГУ

М. Н. Иванов

к. э. н., зам. проректора по цифровизации ФГБОУ ВО
«Финансовый университет»
при Правительстве Российской Федерации

С. А. Кипрушкин

зам. директора РЦНИТ ПетрГУ

Д. Ж. Корзун

к. ф.-м. н., доцент кафедры информатики
и математического обеспечения ПетрГУ

А. Г. Марахтанов

директор, ООО «Интернет-бизнес-системы»,
директор ЦИИ ПетрГУ

О. Ю. Насадкина

к. т. н., директор РЦНИТ ПетрГУ

А. А. Печников

к. ф.-м. н., д. т. н., главный научный сотрудник,
руководитель лаборатории
телекоммуникационных систем
Института прикладных математических
исследований КарНЦ РАН

И. А. Попова

к. т. н., главный специалист Департамента
информационных систем, старший научный сотрудник
лаборатории информационных технологий
Санкт-Петербургского национального
исследовательского университета информационных
технологий, механики и оптики

А. А. Рогов

д. т. н., профессор, зав. кафедрой теории вероятностей
и анализа данных ПетрГУ

Н. Ю. Светова

к. ф.-м. н., директор Института математики
и информационных технологий ПетрГУ

А. А. Сытник

д. т. н., член-корр. РАО, профессор, проректор
по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю. А.»

Н. Д. Челышев

к. т. н., зам. директора
ООО «ФОРС – Центр разработки»

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

О. Ю. Насадкина

председатель, к. т. н.,
директор РЦНИТ ПетрГУ

А. Г. Марахтанов

зам. председателя, директор ЦИИ,
зам. директора РЦНИТ ПетрГУ

С. А. Кадетова

ответственный секретарь,
ведущий специалист РЦНИТ ПетрГУ

С. А. Кипрушкин

зам. директора РЦНИТ ПетрГУ

Е. Л. Кузьмин

начальник отдела РЦНИТ ПетрГУ

Л. М. Сафронова

зам. гл. бухгалтера ПетрГУ

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ХРАНИЛИЩА ДЛЯ АРХИВНЫХ ДАННЫХ ПОЛЬСКИХ ССЫЛЬНЫХ ОЛОНЕЦКОЙ ГУБЕРНИИ

Е. Н. Балюк, К. А. Кулаков
Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
balyuk@cs.petrus.ru, kulakov@cs.petrus.ru

Описаны проблемы цифровизации и обработки архивных данных польских ссыльных Олонецкой губернии. Представлена организация информационного хранилища для архивных данных

Ключевые слова: польские ссыльные, информационное хранилище.

ORGANIZATION OF AN INFORMATION STORAGE FOR ARCHIVAL DATA OF POLISH EXILES IN OLONETS PROVINCE

E. N. Balyuk, K. A. Kulakov
Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The problems of digitalization and processing of archival data of Polish exiles in Olonets province are described. The organization of an information storage for archived data is presented.

Key words: Polish exiles, information repository.

Каждый человек рано или поздно начинает интересоваться историей своего рода, биографией своих предков. Как правило такая информация передается из поколения в поколение. Однако существуют ситуации, когда человек находится в отрыве от своих родственников и родственники не знают о судьбе человека. Например, в случае когда человек был отправлен в ссылку.

Одним из ключевых источников поиска информации о человеке являются архивы. В архивах собраны различные документы, связанные с историческими событиями, где может упоминаться требуемый человек. Однако большинство документов хранятся в бумажном виде, доступ в архивы регламентирован, а сами архивы могут находиться на значительном удалении и даже в других государствах.

Цель работы заключается в цифровизации архивных данных польских ссыльных Олонецкой губернии XIX века [1]. Оцифрованные данные размещаются в информационном хранилище с доступом через веб приложение. Веб приложение используется для ввода данных сотрудниками архива или историками и для поиска и статистического анализа другими категориями пользователей.

Первоочередной задачей разработки такого рода информационных систем является построение структуры информационного хранилища. Был проведен анализ архивных данных в ходе которого были сформулированы следующие условия:

- информация о польских ссыльных размещается в различных документах;
- каждый документ содержит несколько записей о разных людях;
- записи имеют форму краткого доклада и достаточно хорошо структурированы.

Одним из ключевых недостатков архивных данных является невозможность однозначно идентифицировать человека по записям. Поэтому информационное хранилище должно предоставлять возможность группирования записей в случае однозначного соответствия и разделение записей на разные группы при выявлении тезок.

Информационное хранилище должно наполняться группой лиц. В ходе наполнения создаются новые записи, уточняются имеющиеся и удаляются некорректные записи. При такой работе существует риск появления человеческой ошибки. Соответственно необходимо устанавливать связь между пользователем и вносимым в информационное хранилище изменением, а также иметь средства для устранения или минимизации потерь. Существуют различные методы восстановления информации, включая резервное копирование баз данных, создание копий изменяемых данных и использование журнала транзакций. Нами было выбрано сохранение записей об изменениях. В случае появления некорректных изменений соответствующую запись можно восстановить по истории изменений. Также операция удаления заменена на операцию отметки об удалении.

В результате сформирована структура базы данных MySQL в виде следующих таблиц:

- tblDocument – названия и номера документов и другая дополнительная информация;
- tblRecord – информация о записях;
- tblExile – информация о ссыльных;
- tblScan – сканированные документы и информация о них;
- tblPhoto – фотографии и информация о них;
- tblIncome – информация о денежных средствах направленных на содержание ссыльных;
- tblAddition – история изменений;
- tblUsers – пользователи системы.

В результате информационное хранилище позволяет организовать сбор, хранение, обработку и представление данных о польских ссыльных. Обычным пользователям на сайте доступна лишь информация о ссыльных, которая будет представлена в виде списка. Информация о документах, прилагающихся фотографиях и сканированных документах скрыта от них и доступна лишь для редакторов записей.

Библиографический список

1. Пашков А. М. Политическая ссылка в Олонецкую губернию в годы правления Александра II (1855–1881 гг.) // Труды исторического факультета Санкт-Петербургского университета. – 2014. – №. 17. – С. 233–249.

АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ И ФИНАНСОВОГО УНИВЕРСИТЕТА

Матвей Е. Барский, Максим Е. Барский

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Москва

barskiy.matvei@gmail.com, barskiy.max@gmail.com

В статье приводится сравнение цифровых образовательных систем общеобразовательных школ, работающих через систему «Московский регистр качества образования», и Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. Рассмотрены ключевые сервисы, особенности реализации и сценарии использования. Проанализированы ключевые отличия реализации сервисов и проведения учебного процесса.

Ключевые слова: цифровое образование, цифровые сервисы, онлайн-образование, смешанное образование.

ANALYSIS AND COMPARISON OF DIGITAL SERVICES OF A SECONDARY SCHOOL AND A FINANCIAL UNIVERSITY

Matvey E. Barskiy, Maksim E. Barskiy

Financial University under the Government of the Russian Federation

Moscow

The article presents a comparison of digital educational systems of secondary schools operating through the «Moscow Register of Education Quality» system and the Financial University under the Government of the Russian Federation. The key services, implementation features and usage scenarios are considered. The key differences between the implementation of services and the educational process are analyzed.

Key words: digital education, digital services, online education, blended education.

Цифровая образовательная среда (ЦОС) – это совокупность открытых цифровых систем и сервисов, предназначенных для обеспечения различных образовательных процессов.

В современном обществе одной из тенденций образования принято считать цифровизацию образовательного процесса. Это означает, что в ходе обучения большую роль играет удобство и объем возможностей взаимодействия с цифровыми сервисами, на основе которых построен образовательный процесс той или иной организации [1].

В представленной статье сравниваются цифровые образовательные сервисы общеобразовательных школ, работающих через систему «Московский регистр качества образования», и Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

Основная цель ЦОС образовательной организации – предоставить обучающимся и преподавателям широкий объем возможностей взаимодействия для систематизации и упрощения образовательного процесса. Ими были выделены следующие возможности, предоставляемые цифровыми образовательными сервисами:

1. Просмотр расписания;
2. Просмотр домашнего задания;
3. Просмотр оценочных баллов;
4. Обратная связь с преподавателем;
5. Предоставление доступа к учебным материалам;
6. Просмотр записи занятий.

В данной статье рассматривается удобство и уровень реализации этих сервисов.

Просмотр расписания

Расписание для обучающегося и преподавателя – это важнейший фактор планирования распорядка дня. Предоставление доступа к расписанию является основной функцией любой цифровой образовательной системы.

В школах Москвы она реализована на хорошем уровне. У пользователя есть информация о времени начала занятий, названии предметов и фамилиях учителей, ведущих данный предмет. Также, присутствуют приложения сторонних разработчиков, предоставляющие широкий выбор для пользователя, исходя из его личных потребностей.

В Финуниверситете реализация расписания также на высоком уровне, все полезные функции доступны пользователям. Также, студентам Финуниверситета доступны боты в ВКонтакте и Telegram, сторонние приложения, бесплатная подписка на календарь с индивидуальным расписанием, которая очень хорошо реализована и сильно упрощает образовательный процесс [2], а также навык расписания учебных занятий на основе платформы Яндекс.Диалоги [3].

Просмотр домашнего задания

Домашнее задание призвано ускорять процесс прохождения образовательного курса и повышать его эффективность. Доступ к нему online позволяет исключить организационные издержки, когда преподаватель забыл его дать или студент по причине отвлеченности или физического отсутствия не смог его записать. Конечно, эта опция накладывает на преподавателей дополнительную ответственность заполнения формы на сайте. В случаях индивидуального задания полезной была бы функция добавления дополнительных комментариев обучающимся.

В цифровой системе Московских школ данная функция присутствует, но функция добавления комментариев отсутствует.

В Финуниверситете преподаватели имеют возможность выкладывать задания в Образовательном кампусе на платформе LMS Moodle <https://campus.fa.ru> или с использованием внешних, например, Microsoft OneNote.

Отображение оценочных баллов

Знание своих баллов по определенному предмету позволяет обучающемуся более эффективно расставлять приоритеты в процессе обучения. Возможность узнать свои баллы без необходимости обращения к преподавателю позволяет экономить время.

Школьная цифровая система отображает оценки, полученные в ходе обучения и итоговые баллы. Так же присутствуют комментарии к оценке и цветовое выделение оценок по их ценности: за работу на уроке, самостоятельную и контрольную работу.

Личный кабинет обучающегося Финуниверситета предоставляет доступ к текущему контролю и промежуточной аттестации на базе сервиса электронной зачетной книжки.

Обратная связь с преподавателем

Возможность связаться с преподавателем с помощью цифровых образовательных сервисов в наши дни не так важна, так как сегодня это можно сделать по номеру телефона или через электронную почту. Тем не менее, в некоторых образовательных организациях данная функция реализована, прежде всего, в целях конфиденциальности данных обучающихся и преподавателей.

Цифровая система школ Москвы дает возможность связаться с преподавателем в чате, а также позволяет создавать беседы с одноклассниками и отправлять файлы.

На платформе Личного кабинета обучающегося Финуниверситета эти функции также реализованы.

Предоставление доступа к учебным материалам

Сегодня в процессе цифровизации снижается роль материальных носителей, в связи с появлением более удобных в современных реалиях цифровых учебников. Внедрение раздела с учебными материалами в цифровую систему образовательного учреждения позволяет обучающимся, не имеющим доступа к физическим учебным материалам, получить необходимые материалы.

Цифровая система московских школ имеет сервис «библиотека МЭШ», предоставляющий доступ к учебникам, видеоурокам, тестам и т. д. Учителя также часто пользуются функцией «сценарий урока», предоставляющий интерактивные уроки.

Платформа Личных кабинетов обучающихся Финуниверситета в свою очередь предоставляет доступ к библиотечно-информационному комплексу, множеству электронно-библиотечных систем, содержащим различные ресурсы на русском и английском языках. Также сервис предоставляет различные услуги, такие как: запись в библиотеку, бронирование книг в библиотеке, индивидуальные консультации и т. д.

Просмотр записи занятий

В условиях самоизоляции большинство образовательных учреждений перешло на дистанционное обучение, проводимое на базе таких сервисов, как Zoom, Google Meet или Microsoft Teams. Эти же сервисы можно использовать для обеспечения присутствия заболевших обучающихся во время очного обучения.

Электронная информационно-образовательная среда Финуниверситета предоставляет такую возможность. Преподаватель запускает трансляцию занятия и, используя внутренние функции сервиса, ведёт запись занятия, доступ к которому имеют все обучающиеся.

Общеобразовательные школы Москвы не предоставляют такой возможности.

Заключение

Рассмотренные сервисы затрагивают только часть функциональности Единой электронной информационно-образовательной среды Финуниверситета. Обучающимся и преподавателям доступен также широкий спектр сервисов как относящихся к учебному процессу, так и отражающих иные потребности обучающихся и преподавателей [4].

Отличия между информационными сервисами московских школ и Финуниверситета обуславливаются различными требованиями обучающихся. Обе электронные информационно-образовательные среды выполнены на высоком уровне и со своими задачами хорошо справляются. Основная цель их внедрения – обеспечение необходимой интерактивности и создание единого образовательного информационного пространства успешно достигнута.

Научный руководитель: Иванов Михаил Николаевич, к.э.н., доцент департамента анализа данных и машинного обучения ФГБОУ ВО Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Библиографический список

1. Eskindarov M., Soloviev V., Anosov A., Ivanov M. (2021) University Web-Environment Readiness for Online Learning During COVID-19 Pandemic: Case of Financial University. In: Gervasi O. et al. (eds) Computational Science and Its Applications – ICCSA 2021. ICCSA 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12951. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86970-0_49.
2. Гриднев Д. В., Иванов М. Н., Кирилкин В. А. Разработка ботов ВКонтакте и телеграм для расписания университета // XIII Международная научно-практическая конференция «Новые информационные технологии в образовании и науке НИТО 2020»: Материалы. – Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2020 – С. 35–42. (819 с.)
3. Деменчук Г. М., Иванов М. Н. Разработка навыка расписания учебных занятий на основе платформы Яндекс.Диалоги // XIV Всероссийская научно-практическая конференция «Цифровые технологии в образовании, науке, обществе»: Материалы. – Петрозаводск, 2020 – С. 44–47. (205 с.)
4. Иванов М. Н., Уткин Д. С. Система отслеживания посылок и оповещения пользователей в студенческом общежитии // XIV Всероссийская научно-практическая конференция «Цифровые технологии в образовании, науке, обществе»: Материалы. – Петрозаводск, 2020 – С. 71–75. (205 с.)

ИНТЕРАКТИВНОСТЬ КАК СВОЙСТВО ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА В LMS MOODLE

Е. Д. Барский, Е. А. Завражная, С. А. Демина

Московский педагогический государственный университет
Москва

ed.barskiy@mpgu.su, ea.zavrazhnaya@mpgu.su, sa.demina@mpgu.su

В статье предпринята попытка определить содержательную основу цифрового образовательного контента через такое его свойство как интерактивность. Изложен авторский подход к уровневой классификации цифрового образовательного контента, его категорированию по степени интерактивности для различных задач в системе дистанционного обучения.

Ключевые слова: цифровой образовательный контент, интерактивность, классификация цифрового образовательного контента.

INTERACTIVITY AS A PROPERTY OF DIGITAL EDUCATIONAL CONTENT IN THE LMS MOODLE

E. D. Barsky, E. A. Zavrazhnaya, S. A. Demina

Moscow State Pedagogical University
Moscow

The article attempts to determine the content basis of digital educational content through its property such as interactivity. The author's approach to the level classification of digital educational content, its categorization according to the degree of interactivity for various tasks in the distance learning system is presented.

Key words: digital educational content, interactivity, classification of digital educational content.

Одним из основных направлений цифровой трансформации вузов, катализатором которой явилась публикация 14 июля 2021 г. на сайте Министерства науки и высшего образования «Стратегии цифровой трансформации области науки и высшего образования», является развитие цифровых учебно-методических материалов, инструментов и сервисов, включая цифровое оценивание подготовки обучающихся.

Запрос на использование цифрового образовательного контента (ЦОК) в учебном процессе сегодня достаточно высок на всех уровнях образования. Тому есть несколько причин:

- электронное тиражирование учебного материала в сети Интернет становится сегодня эффективным и в сравнении с печатной продукцией более выгодным способом передачи информации;
- использование цифровых учебных материалов, инструментов и сервисов в учебном процессе обеспечивает возможность обновления его методов и форм, повышения его результативности;
- цифровой образовательный контент позволяет индивидуализировать процесс обучения, а следовательно предоставлять возможность более эффективно настроить процесс обучения, давая возможность обучающемуся самому себе подобрать удобное время и темп обучения [1, с. 51]. Не случайно сегодня, несмотря на многообразие определений цифрового контента, ключевым в этих понятиях является то, что ЦОК предназначен для эксплуатации на цифровых устройствах и обеспечивает реализацию обучения с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ЭО и ДОТ)¹.

При этом важно заметить, что способность ЦОК индивидуализировать процесс обучения обеспечивает такое его свойство как интерактивность.

Интерактивность (от англ. *interaction* – «взаимодействие») – понятие, которое раскрывает характер и степень взаимодействия между объектами или субъектами. В образовании интерактивность определяет характер взаимодействия между преподавателем и обучающимися, а также обучающихся между собой.

¹ Под ЦОК авторы понимают материалы и средства обучения, представленные в цифровом виде, включая информационные ресурсы, электронные образовательные ресурсы и курсы, а также иные обучающие материалы, предназначенных для эксплуатации на цифровых устройствах и обеспечивающие реализацию обучения с ЭО и ДОТ.

Интерактивность – это принцип организации системы, при котором цель достигается информационным обменом элементов этой системы [2]. В системе дистанционного обучения Moodle элементами интерактивности являются все элементы системы, при помощи которых происходит взаимодействие с обучающимися и обучающихся между собой. При этом характер взаимодействия будет разным в зависимости от выбранного элемента. Так, например, даже близкие по своему замыслу элементы «Чат» и «Форум» обеспечивают различный характер взаимодействия в системе. Как с помощью форума, так чата мы можем консультировать студентов, но в форуме вряд ли нам удастся провести мозговой штурм или оказать техническую поддержку. При этом чат неэффективен для размещения ответов на заранее подготовленные задания.

Еще одним характерным примером поддержки разного уровня интерактивности заданий в LMS Moodle являются тестовые задания, подготовленные с помощью таких схожих, на первый взгляд, элементов как «Тест», «Hot Pot» и приложение «Н5Р». С помощью всех этих элементов можно проводить тестирование, а соответственно и оценку знаний обучающихся. Однако элементы «Hot Pot» и приложение «Н5Р» позволяют помимо контроля организовать тренировочную деятельность, так как имеют встроенные механизмы поддержки обратной связи по результатам каждого ответа обучающегося. В то время как элемент «Тест» (при стандартных настройках) предназначен исключительно для оценки знаний.

Таким образом, можно заключить, что интерактивность цифрового образовательного контента как системы зависит от использованных в контенте элементов. Авторами предложена уровневая классификация ЦОК в системе дистанционного обучения МПГУ, которая представлена в таблице 1. Из таблицы видно, что уровень интерактивной организации ЦОК не может определяться использованием только одного элемента. Только в комплексе элементы системы обеспечивают реализацию всех методических функций электронных изданий: справочно-информационные, контролируемые, функции тренажера, имитационные, моделирующие и демонстрационные.

Таблица 1

Уровневая классификации цифрового образовательного контента

Виды и категория ЦОК	Уровень ЦОК	Содержание и направления использования в учебном процессе
Массовые открытые онлайн-курсы (МООК)	1	Использование при переводе аудиторной нагрузки в дистанционный формат; онлайн-обучение; в рекламных целях. Могут полностью замещать дисциплины (модули) образовательной программы или части дисциплин (модулей)
Электронные учебные курсы (ЭУК)	2	Использование при смешанном формате обучения; при необходимости – онлайн-обучение
Электронные образовательные ресурсы (ЭОР)	3	Используются для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, текущего контроля по дисциплине; организации текущих, промежуточных и итоговых контрольных мероприятий
ЭОР. Категория 1	3	Содержат необходимые образовательные и обучающие видеоматериалы, учебно-методические материалы, информационные ресурсы, контроль-измерительные материалы в т. ч. для организации самостоятельной работы и контроля самостоятельной работы обучающихся. Предназначены для организации самостоятельной работы обучающихся и проведения всех видов контроля.
ЭОР. Категория 2	3	Содержат полный пакет контрольно-измерительных материалов по дисциплине. Предназначены для организации текущего и промежуточного контроля, а также организации самоконтроля
ЭОР. Категория 3	3	Содержат интерактивный контент, в т.ч. электронный образовательный тренажер, способный поддерживать различные формы взаимодействия пользователя с ЦОК
ЭОР. Категория 4	3	Содержат информационные ресурсы в объеме, предусмотренном программой. Используются в учебном процессе как вспомогательный материал

Невозможно с помощью чата и форума обеспечить надежность контроля, при этом с помощью тестов нельзя обеспечить тренировочную деятельность, а интерактивные элементы не могут обеспечить объективность контроля. Поэтому сам цифровой образовательный контент в зависимости от задействованных в нем интерактивных элементов, может подниматься или опускаться по этой иерархической лестнице, в зависимости от тех методических функций электронных изданий, которые этот контент выполняет.

Можно заключить, что в разрабатываемом цифровом образовательном контенте используемые ресурсы и элементы должны соответствовать функциональному назначению ЦОК. В связи с этим, особую актуальность приобретает такая ИТ-компетентность современного педагога как умение проектировать образовательный процесс с использованием различных интерактивных элементов, умение ориентироваться в программных средствах и инструментах для разработки цифрового образовательного контента в зависимости от функциональных характеристик проектируемого ЦОК.

При этом важно помнить, что у элементов в системе LMS Moodle кроме интерактивности есть и другие важные характеристики, такие, например, как надежность и объективность оценки. Эти критерии не всегда объективизируют преподаватели при использовании того или иного элемента. Пример сравнительного анализа характеристик элементов контроля в LMS Moodle представлен в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ характеристик элементов контроля в LMS Moodle

Название элемента	Критерии сравнения			
	Функциональность	Интерактивность	Объективность	Надежность
Тест	Создание наборов вопросов разных типов	Высокая (3)	Частично (2)	Отсутствует (0)
Чат	<ul style="list-style-type: none"> • проведение веб-конференций в режиме реального времени • проведение on-line консультаций с преподавателями 	Средняя (2)	Отсутствует (0)	Частично (2)
Форум	учебное обсуждение различных вопросов в off-line режиме	Низкая (1)	Отсутствует (0)	Частично (2)
Семинар	оценивание проектов друг друга разными способами	Высокая (3)	Частично (3)	Полностью (3)
Глоссарий	создание и редактирование списка определений, каких-либо терминов	Низкая (1)	Отсутствует (0)	Частично (2)
Опрос	создание вопросов с несколькими вариантами ответов с целью стимулировать обсуждение какой-либо темы, проголосовать по какому-либо вопросу	Средняя (2)	Отсутствует (0)	Отсутствует (0)

Библиографический список

1. Артюхов А. А. Некоторые аспекты теории и практики организации дистанционного обучения при изучении географии в основной школе // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – Т. Выпуск 5. – С. 49–55.
2. Wiberg Mikael. Interaction per se: understanding «the ambience of interaction» as manifested and situated in everyday & ubiquitous IT-use (англ.) // International Journal of Ambient Computing and Intelligence. – 2010. – Vol. 2, no. 2.

МОДУЛЬ СБОРА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

М. А. Беляев, В. В. Путролайнен, С. А. Региня, П. В. Луньков

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

biomax89@yandex.ru

В работе представлен процесс проектирования, изготовления и тестирования модуля сбора и предварительной обработки данных для промышленного интернета вещей. Созданный модуль будет использоваться в составе модульной системы сбора и анализа информации.

Ключевые слова: схемотехника, промышленный интернет вещей, сенсорные системы, предварительная обработка данных.

DATA COLLECTION AND PREPROCESSING MODULE FOR THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

M. A. Belyaev, V. V. Putrolaynen, S. A. Reginya, P. V. Lunkov

Petrozavodsk state university

Petrozavodsk

The paper presents the process of designing, manufacturing and testing a data collection and preprocessing module for the industrial internet of things. The created module will be used as part of a modular system for collecting and analyzing information.

Key words: circuit design, industrial internet of things, sensor systems, data preprocessing.

В настоящее время в различных сферах нашей жизни можно наблюдать значительное увеличение количества устройств, соответствующих концепции Интернета вещей (internet of things, IoT). Большая часть из множества IoT-устройств непрерывно создает потоки данных, и в ближайшее время развитие Интернета вещей приведет к значительному возрастанию требований к сбору, хранению и обработке данных [1]. Согласно отчету IDC, уже к 2025 году в мире будет насчитываться 41.6 миллиарда IoT-устройств, генерирующих более 79 зеттабайт данных [2]. Жизненный цикл данных в системах IoT-устройств состоит из: генерации данных на IoT-устройствах, агрегирования данных, передачи данных на промежуточные устройства, фильтрации, предварительной обработки, предварительного анализа, передачи данных в облако, углубленного анализа, хранения и утилизации. Сбор данных, агрегирование, фильтрация и предварительная обработка могут выполняться на периферийных устройствах. Последующие операции производятся в облаке из-за ограниченности периферийных устройств в вычислительной мощности и объемах хранимых данных.

Одной из проблем, возникающих в результате взрывного роста количества IoT-устройств, является необходимость передачи больших объемов данных между периферийными устройствами и облаком [3]. Сокращение объемов этих данных позволит устранить четыре потенциальных «бутылочных горлышка» IoT-систем: пропускная способность сети, энергопотребление сети, объемы хранимых данных, затраты на внешний сетевой трафик [4].

Существующие способы уменьшения объема передаваемых данных можно разделить на три категории: сжатие, прогнозирование и предварительная обработка данных на периферийных устройствах [5]. В методах сжатия данных применяются различные методы кодирования, которые позволяют уменьшить объем передаваемых данных без потери информации. Прогнозирование данных позволяет определить необходимость отправки текущих значений в облако на основе некоторых правил (например, если текущее значение величины существенно отличается от предыдущего или если оно выходит за пределы допустимого диапазона). В этом случае пересылается только значимая часть собираемых данных. При использовании предварительной обработки полученные данные используются для вычисления производных величин (среднее значение, дисперсия, вычисление спектральных параметров за выбранный интервал времени), которые, в свою очередь, имеют меньший объем по сравнению с исходными данными. Стоит отметить, что уменьшение данных может осуществляться как на периферийных устройствах, так и внутри локальной сети с образованием иерархической сетевой структуры [6].

Сокращение объема передаваемых данных особенно актуально в промышленном IoT за счет использования больших распределённых массивов датчиков в соответствии с концепцией цифрового производства (индустрия 4.0) [7]. В ряде случаев передача в облако исходных («сырых») данных от всего массива датчиков является нежелательной, так как большая часть этих данных не содержит полезной информации. Например, если измеряемые датчиками величины меняются слабо или редко (температура воздуха в помещении, атмосферное давление), требуют усреднения или фильтрации от наведенных помех, используются для анализа только в определённой форме (спектральный анализ). Таким образом, необходимо промежуточное устройство, позволяющее собирать данные с множества промышленных датчиков и уменьшать объем передаваемых данных за счет использования перечисленных выше методов. В данной работе рассмотрено проектирование, изготовление и тестирование подобного устройства, названного сенсорным вычислительным модулем (СВМ).

При проектировании СВМ учитывались следующие требования: получение исходных данных от различных промышленных датчиков, имеющих аналоговые и цифровые проводные интерфейсы; использование производительного микроконтроллера общего назначения для осуществления анализа и предварительной обработки первичных данных; передача обработанных данных с помощью сетевого проводного интерфейса; пыле- и влагостойкость. В результате было разработано устройство, функциональная схема которого представлена на рисунке 1а. При работе с аналоговыми и дискретными датчиками СВМ реализует согласование электрических и логических уровней сигналов датчиков с аналоговыми и цифровыми входами микроконтроллера, реализует дискретизацию аналогового сигнала с помощью аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) и захват дискретного сигнала с помощью интерфейса ввода-вывода общего назначения (GPIO). На печатной плате устройства располагается 9-ти осевой инерциальный датчик ICM-20948, подключаемый через интерфейс SPI и позволяющий проводить вибрационную диагностику в месте крепления СВМ. Для подключения внешних цифровых датчиков используется четыре независимых линии RS-485. Управление устройством осуществляется с помощью микроконтроллера STM32H747, имеющего встроенный АЦП. К микроконтроллеру подключается внешняя оперативная память объемом 32 Мбайт. Для реализации линий RS-485 используются трансиверы SN65HVD78, подключаемые к микроконтроллеру по интерфейсу USART. Собранные и обработанные данные могут накапливаться на СВМ и передаваться на внешние устройства с помощью сетевого интерфейса Ethernet за счет использования трансивера LAN8742A, подключаемого к микроконтроллеру по интерфейсу RMI. Питание СВМ и подключаемых к нему датчиков осуществляется с помощью передачи электроэнергии через Ethernet (Power over Ethernet, PoE), для чего на печатной плате устройства устанавливается модуль Befact PDI-12. Питание отдельных компонентов устройства реализуется с помощью преобразователей напряжения. Плата СВМ имеет размер 150x88мм и размещается во влаго- и пылезащищенном корпусе для размещения в непосредственной близости от объекта мониторинга. Потребляемая электрическая мощность СВМ в режиме работы не превышает 12 Вт.

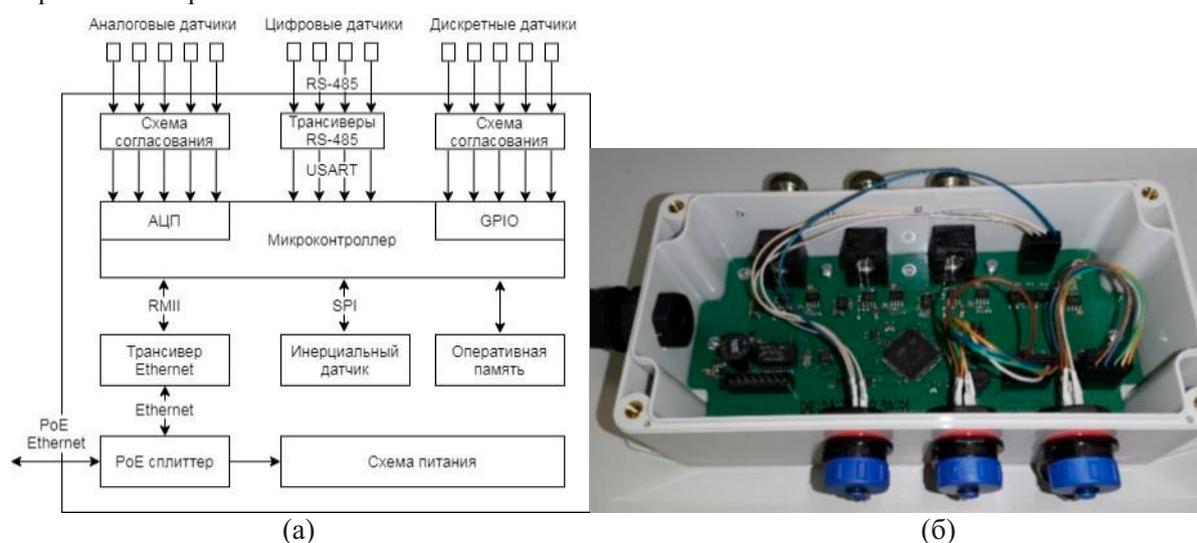


Рис. 1. Функциональная схема СВМ (а) и изображение изготовленного СВМ (б)

СВМ выполнен в виде печатной платы с двусторонним размещением компонентов, монтируемым по технологиям поверхностного монтажа и монтажа в отверстия. Технология поверхностного монта-

жа автоматизирована и состоит из следующих этапов: лазерная маркировка печатной платы с нанесением уникального идентификатора, нанесение паяльной пасты трафаретным методом, оптическая инспекция качества нанесения паяльной пасты, автоматическое размещение электронных компонентов платы на основе электронной таблицы расположения, оптическая инспекция качества размещения компонентов, оплавление паяльной пасты в конвекционной печи и оптическая инспекция качества пайки. После это монтируются компоненты по технологии монтажа в отверстия. Затем плата фиксируется в корпусе с помощью винтов и соединяется с разъемами на корпусе. Микропрограммное обеспечение модуля загружается в флэш-память микроконтроллера. Изображение изготовленного СВМ представлено на рисунке 1б.

Заключительным этапом разработки СВМ является тестирование модуля, в ходе которого проверяется корректность работы всех его функций. Собранные в ходе тестирования данные передаются на персональный компьютер через сетевой интерфейс по запросу тестового программного обеспечения. В ходе тестирования работы с цифровыми датчиками проверяется соединение со встроенным (SPI) и внешним (RS-485) инерциальными датчиками (акселерометр, гироскоп). Для этого СВМ собирает исходные («сырые») данные с использованием цифровых интерфейсов передачи данных и преобразует их в физические величины (ускорение, угловая скорость). Для проверки работы с дискретными и аналоговыми датчиками к соответствующим входам СВМ подключается генератор тестовых последовательностей, который устанавливает напряжение заданного уровня на аналоговых входах и формирует прямоугольные импульсы (меандры) заданной частоты на дискретных входах. Затем оцифрованные измерения от аналогового канала сверяются с заданными уровнями напряжений, а от дискретного – с цифровыми метки времени, соответствующими фронтам импульсов последовательности. Измерение потребляемой мощности осуществляется при работе СВМ с подключенным датчиком с помощью двух мультиметров, измеряющих ток и напряжение в цепи питания. Для определения рабочего температурного диапазона и оценки показателей отказоустойчивости (наработки на отказ) СВМ испытывается в климатической камере. Разработанный модуль планируется использовать в составе модульной системы сбора и анализа информации.

Поддержка исследований. *Исследование выполнялось в Петрозаводском государственном университете при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения № 075-11-2019-088 от 20.12.2019 по теме «Создание высокотехнологичного производства мобильных микропроцессорных вычислительных модулей по технологии SiP, PoP для интеллектуального сбора, анализа данных и взаимодействия с окружающими источниками».*

Библиографический список

1. G. Amvrosiadis et al., «Data Storage Research Vision 2025: Report on NSF Visioning Workshop», National Science Foundation, 2018.
2. C. MacGillivray and D. Reinsel, «Worldwide Global Data Sphere IoT Device and Data Forecast, 2020–2024». IDC, 2020, <https://idc.com/getdoc.jsp?containerId=US46718220>.
3. K. Jain and S. Mohapatra, «Taxonomy of Edge Computing: Challenges, Opportunities, and Data Reduction Methods», in: Edge Computing. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham, 2018.
4. A. Papageorgiou, B. Cheng and E. Kovacs, «Real-time data reduction at the network edge of Internet-of-Things systems», 2015 11th International Conference on Network and Service Management (CNSM), 2015, pp. 284–291.
5. G. Anastasi, M. Conti, M. Di Francesco and A. Passarella, «Energy conservation in wireless sensor networks: A survey», Ad Hoc Netw., 7, 2009, pp. 537–568.
6. A. K. M. Al-Qurabat, C. A. Jaoude and A. K. Idrees, «Two Tier Data Reduction Technique for Reducing Data Transmission in IoT Sensors», 2019 15th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC), 2019, pp. 168–173.
7. E. Oztemel and S. Gursev, «Literature review of Industry 4.0 and related technologies». J. Intell. Manuf., vol. 31, 2020, pp. 127–182.

К РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРЕДПИСЫВАЮЩЕГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Н. Г. Беседный, С. А. Марченков, Д. Ж. Корзун

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

besednyi@cs.petrso.ru, marchenk@cs.petrso.ru, dkorzun@cs.petrso.ru

В работе рассматривается задача разработки цифровой модели для предписывающего обслуживания производственного оборудования, которая позволит повысить эффективность диагностики промышленного оборудования. Для решения поставленной задачи авторы предлагают разработать метод связывания больших данных, метод прогнозирования остаточного ресурса и метод имитационного моделирования физических процессов в рамках создания цифровой модели оборудования. В заключении авторы приводят примеры прикладных сценариев использования цифровых моделей.

Ключевые слова: цифровой двойник, предписывающее обслуживание, большие данные, имитационное моделирование.

TOWARDS THE DEVELOPMENT OF DIGITAL MODEL FOR PRESCRIPTIVE MAINTENANCE OF INDUSTRIAL EQUIPMENT

N. G. Besednyi, S. A. Marchenkov, D. G. Korzun

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The work considers the problem of developing a digital model for the prescriptive maintenance of industrial equipment, which will improve the efficiency of diagnostics of industrial equipment. To solve this problem, the authors propose to develop a method for linking big data, a method for predicting the residual resource and a method for simulating physical processes as part of creating a digital model of equipment. In conclusion, the authors give examples of applied scenarios for using digital models.

Key words: digital twin, prescriptive maintenance, big data, simulation modeling.

Цифровая модель служит виртуальным, программным аналогом производственного оборудования (такого как газотурбинные установки, прессы, насосы и пр.), его технического состояния и происходящих процессов [1]. Производственное оборудование состоит из множества механических узлов, в т. ч. подшипников, шарико-винтовых передач, электродвигателей и пр. Работа данных узлов характеризуется потоковыми данными измерений различных физических параметров, в частности вибрацией, током, температурой, частотой вращения. Набор датчиков, распределенных по всему оборудованию, позволяют непрерывно собирать данные измерений физических параметров [2]. Это требует объединения датчиков в цифровой модели – интегрированной кибер-физической системе сбора и обработки данных, оценки и прогнозирования состояния оборудования для принятия решений на основе непрерывного потока данных физических измерений [3]. Обзор программных платформ и умных информационных сервисов-ассистентов для кибер-физических систем представлен в [4, 5].

В докладе исследуется решение следующей прикладной проблемы: своевременно не выявленные дефекты и проблемы в используемых режимах эксплуатации производственного оборудования приводят к внеплановым техническим простоям, уменьшают срок службы оборудования, и, как следствие, влияют на качества продукции и увеличивают издержки предприятия в целом.

Решая данную проблему, цифровая модель накапливает и обрабатывает данные для прогнозирования состояния оборудования и выработки рекомендаций по обслуживанию и оптимальным режимам эксплуатации. Основу функционала цифровой модели составляет анализ сценариев «что-если», что позволяет предсказывать поломки и отклонения с выявлением цепочек причинно-следственных связей. Использование такого рода цифровой модели на производстве позволяет реализовать концепцию предписывающего обслуживания [6], что позволяет не только строить прогнозы, но и предлагать необходимые действия для достижения прогнозируемых результатов [7]. В основе предписывающей аналитики лежит имитационное моделирование. С одной стороны, имитационные модели позволяют понять, какие шаги необходимы для достижения цели и какое влияние эти действия окажут. С другой стороны, модели могут использоваться для генерации синтетических данных для обучения методов

машинного обучения, решают проблему нехватки исторических данных и невозможности провести физические эксперименты.

Разработка цифровой модели для предписывающего обслуживания промышленного оборудования представлена в соответствии с рис. 1 и требует комплексного решения следующих задач.

1. Разработка метода связывания больших наборов данных промышленного мониторинга для построения цифрового образа технического состояния оборудования. Метод связывания данных позволит сформировать унифицированное, согласованное представление разнородных данных промышленного мониторинга (вибрация, ток, температура, частота вращения) в виде цифрового образа технического состояния оборудования для уменьшения неопределенности информации отдельных источников и последующей глубокой аналитики данных.

2. Разработка метода прогнозирования остаточного ресурса оборудования в зависимости от состояния и режимов эксплуатации оборудования в условиях дефицита исторических данных. Метод прогнозирования учитывает состояние (например, «исправно», «развивается дефект N») и загруженность оборудования. Исправное оборудование требует расчета номинального ресурса в зависимости от его технической спецификации. С появлением развития дефекта метод прогнозирования анализирует ретроспективные данные и события в прошлом с помощью статистических алгоритмов и методов машинного обучения, чтобы выполнять вероятностные прогнозы остаточного ресурса. В случае отсутствия или недостатка ретроспективных данных развития дефекта используются синтетические, сгенерированные данные, полученные в результате работы метода имитационного моделирования.

3. Разработка метода имитационного моделирования физических процессов с целью определения действий для достижения прогнозируемых результатов и генерации синтетических данных для обучения алгоритмов машинного обучения. Имитационное моделирование решает проблему, когда производственное оборудование сложно описать математически или когда исторические данные не подходят для обучения машинных алгоритмов. Имитационная модель – это динамическая среда, где можно детально отразить взаимосвязи узлов оборудования и определить, как они работают в совокупности. Метод используется с целью определения действий для достижения прогнозируемых результатов и генерации синтетических данных для обучения алгоритмов машинного обучения.

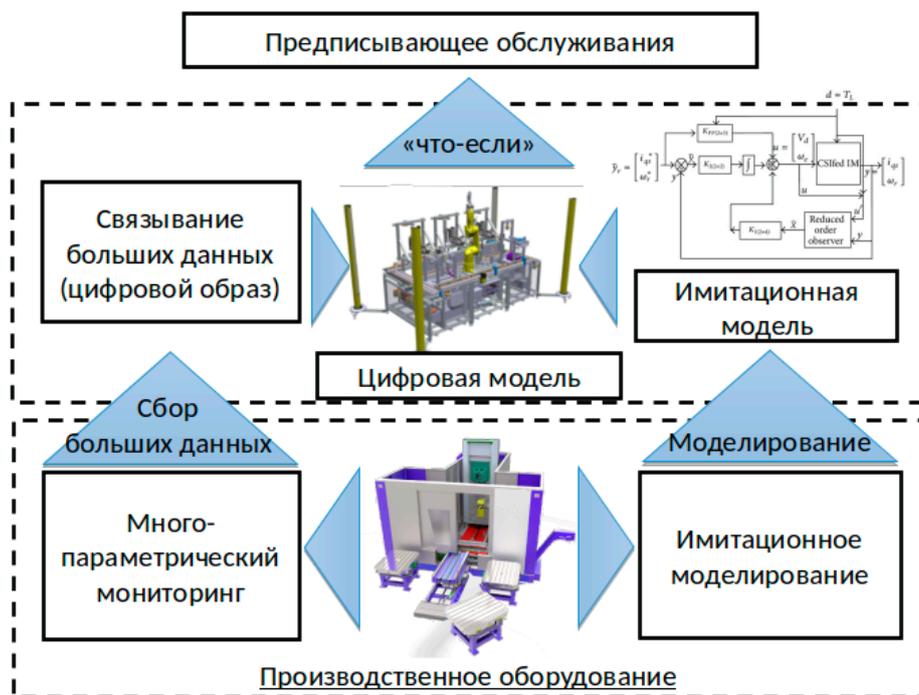


Рис. 1. Концептуальная схема разработки цифровой модели

В заключении рассмотрим прикладные сценарии использования цифровых моделей для моделирования производственных процессов на основе данных многопараметрического мониторинга.

Моделирование процессов при функционировании двигателя. Используя исторические данные тахометров, токовых клещей и температуры, моделируются параметры работы двигателя: включение, выключение и клин двигателя. Это поможет отработать сценарии «что-если» двигатель вышел из строя.

Моделирование процессов при работе насоса. Используя исторические данные акселерометров, расходомеров и токовых клещей, моделируются сценарии работы насоса. Например, насос по показаниям тока находится в рабочем состоянии, но по показаниям расходомера подача жидкости отсутствует, в таком случае нужно сообщить о проблеме ответственному персоналу.

Моделирование дефектов подшипника. Используя исторические данные акселерометров и тахометров, моделируется процесс развития дефектов подшипника. На основе информации из технической спецификации подшипника (например, номинальный угол контакта, число тел качения) моделируется развитие известных дефектов (например, дефект внутреннего кольца) с помощью методов экстраполяции трендов или нейронных сетей.

Некоторые сценарии сложно смоделировать из-за различий в технических характеристиках даже однотипного оборудования и недостатка данных из реальных физических экспериментов. В этом случае, построение цифровой модели, которая могла бы воспроизводить нестандартные ситуации, является ключевой задачей.

Результатом комплексного решения представленных выше задач и сценариев является повышение эффективности диагностики промышленного оборудования и реализация его предписывающего обслуживания за счет разработки метода связывания больших данных, метода прогнозирования остаточного ресурса и метода имитационного моделирования физических процессов в рамках создания цифровой модели оборудования. Использование цифровой модели позволит осуществлять планирование сроков и объемов технического обслуживания и ремонта оборудования, предупреждать оператора о наступлении внештатных ситуаций, выполнять информационно-аналитическое сопровождение производственных процессов. Полученная цифровая модель может быть расширена до цифрового двойника за счёт разработки информационных, онтологических и математических моделей [8].

Поддержка исследований. Исследование семантических методов построения цифровых моделей в мобильных периферийных интернет-средах выполнено при финансовой поддержке проекта РФФИ №19-07-01027. Экспериментальная программно-аппаратная разработка по анализу данных выполнялась в Петрозаводском государственном университете при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения № 075-11-2019-088 от 20.12.2019.

Библиографический список

1. J. Wu, Y. Yang, X. Cheng, H. Zuo and Z. Cheng, «The Development of Digital Twin Technology Review», 2020 Chinese Automation Congress (CAC), 2020, pp. 4901–4906, doi: 10.1109/CAC51589.2020.9327756.
2. Беседный Н. Г. Multi-Stream Sensed Data Processing Model for Industrial Internet [Текст] / Н. Г. Беседный, Н. Ю. Харзия, К. А. Кулаков, Д. Ж. Корзун // Proceedings of the FRUCT'29. – Tampere, Finland, 2021. – С. 412–415.
3. Предиктивные технологии в управлении техническим обслуживанием и ремонтом систем автоматизации на нефтегазовых объектах / У. В. Лаптева, О. Н. Кузяков, А. Э. Сидорова [и др.] // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2021. – № 10(579). – С. 25–30. – DOI 10.33285/0132-2222-2021-10(579)-25-30.
4. Korzun D. et al. (ed.). Ambient Intelligence Services in IoT Environments: Emerging Research and Opportunities: Emerging Research and Opportunities. – IGI Global, 2019.
5. Marchenkov S., Korzun D. Smart Spaces Middleware: A Requirement-Oriented Overview // 2020 27th Conference of Open Innovations Association (FRUCT). – IEEE, 2020. – С. 134–143.
6. Бояркина А. С. Эволюция методов анализа технического состояния оборудования на генерирующих предприятиях электроэнергетики / А. С. Бояркина // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 11(124). – С. 1216–1220. – DOI 10.34925/EIP.2020.124.11.241.
7. Toshio M. et al. Modeling IoT and Big Data Implementation // 2021 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech). – IEEE, 2021. – Т. 1. – С. 645–650.
8. Массель, Л. В. Онтологический подход к построению цифровых двойников объектов и систем энергетики / Л. В. Массель, Т. Н. Ворожцова // Онтология проектирования. – 2020. – Т. 10. – № 3(37). – С. 327–337. – DOI 10.18287/2223-9537-2020-10-3-327-337.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОГО КОНТРАКТА ПО НАУЧНО-ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗА 2017–2020 ГГ.

М. В. Богданова¹, П. А. Горбачёва¹, А. В. Курочкин²

¹Петрозаводский государственный университет, ²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова

¹Петрозаводск, ²Санкт-Петербург
bogdanova-mv@bk.ru

Статья посвящена сравнительному анализу значений показателей эффективности блока научно-инновационной деятельности сотрудников Петрозаводского государственного университета за период с 2017 по 2020 гг.

Ключевые слова: эффективный контракт, эффективность вуза, профессорско-преподавательский состав, ключевые показатели, научная деятельность.

COMPARATIVE ANALYSIS OF INDICATORS OF THE EFFECTIVE CONTRACT FOR SCIENTIFIC AND INNOVATION ACTIVITIES FOR 2017–2020

M. V. Bogdanova, P. A. Gorbachova, A. V. Kurochkin

Petrozavodsk State University, Saint-Petersburg State Forest Technical University

Petrozavodsk, Saint-Petersburg

The article is devoted to a comparative analysis of the values of the effectiveness of the block of scientific and innovation activities of the staff of Petrozavodsk State University for the period from 2017 to 2020.

Key words: performance-based contract, university performance, the faculty, performance indicators, scientific activity.

В современных условиях оценка научного потенциала вузов имеет важное значение. Показатели научной деятельности лежат в основе имиджевых рейтингах, которые важны как для университетов, так и для престижа российского высшего образования и места России в мировой науке [1, 2]. Они используются как при проведении мониторингов, так и при построении национальных и международных рейтингов. Для достижения высоких показателей по научно-инновационной деятельности, вузы составляют соответствующие планы работы, которые в свою очередь оцифровываются показателями. Учитывая, что основным видом деятельности большинства вузов является образовательная, показатели научной деятельности оцениваются в рамках работы по эффективному контракту.

Реализующийся в вузах с 2017 года эффективный контракт носит комплексный характер и включает в себя оценку работы сотрудников из числа профессорско-преподавательского состава (далее – ППС) по основным направлениям деятельности – образовательная, научно-инновационная, воспитательная и профориентационная [3–4].

Данная статья посвящена анализу значений показателей эффективности блока научно-инновационной деятельности ППС ПетрГУ за 2020 г. С этой целью была создана база данных, в которую были занесены и обработаны данные с подсистемы «Эффективный контракт» ИАИС ПетрГУ [3] по 6 показателям, которые оценивают достижения в этой области:

1. Монографии.
2. Публикация в издании, индексированном WoS/Scopus.
3. Статья из списка ВАК/РИНЦ и публикации в сборниках материалов конференций.
4. Патент на изобретение, полезную модель, свидетельство о регистрации базы данных, технологии, программы.
5. Научное руководство успешно защищенными диссертациями.
6. Научное руководство заявкой на конкурс УМНИК, заявка на конкурс БФ В. Потанина.

В таблице 1 представлены результаты распределения баллов по данному блоку за период 2017–2020 гг. в разрезе показателей. Стоит отметить, что до 2020 года шестой показатель включал в себя не только научное руководство заявкой на конкурс УМНИК, заявка на конкурс БФ В. Потанина, но и заявки на НИР, НИОКР, инновационный проект (РНФ, ФЦП, РФФИ, постановлений Правительства РФ 218, 220). Из представленных данных видно, что наибольший вклад вносят показатели публикационной активности. Их общий вклад в итоговое значение по блоку возросло с 72,9% в 2017 году до 90% в 2020 году. Так же они показывают наибольший рост. Фактическое значение публикаций в рос-

сийских изданиях в 2020 году увеличилось в 2,8 раза по сравнению с 2017 годом, а в зарубежных высокорейтинговых журналах – в 3,5 раза. Это свидетельствует о том, что увеличилось не только количество статей, но и повысился их уровень.

Таблица 1

Показатель эффективности	2017	2018	2019	2020
Монографии	1064,00	655,98	291,33	202,01
Публикация в издании, индексируемом WoS/Scopus	2923,13	2054,82	6357,29	10335,00
Статья из списка ВАК/РИНЦ и публикации в сборниках материалов конференций	1912,85	4156,02	4380,04	5456,31
Патент на изобретение, полезную модель, свидетельство о регистрации базы данных, технологии, программы	133,00	195,37	863,40	1017,70
Научное руководство успешно защищенными диссертациями	103,00	18,00	0,00	100,00
Научное руководство заявкой на конкурс УМНИК или БФ В. Потанина	499,00	60,00	398,00	309,00
ИТОГО	6634,98	7140,19	12290,06	17420,02

Стоит отметить стабильно высокую динамику роста показателя по инновационной деятельности, его значение увеличилось в 7,7 раза по сравнению с 2017 годом. Это говорит о том, что все больше сотрудников занимаются разработкой новых технологий. Заметно снизился показатель по числу монографий – его значение уменьшилось в 5 раз.

Динамика доли ППС, получивших баллы за выполнение показателей научно-инновационной деятельности в общей численности ППС, получивших баллы по эффективному контракту, представлена на рисунке 1.

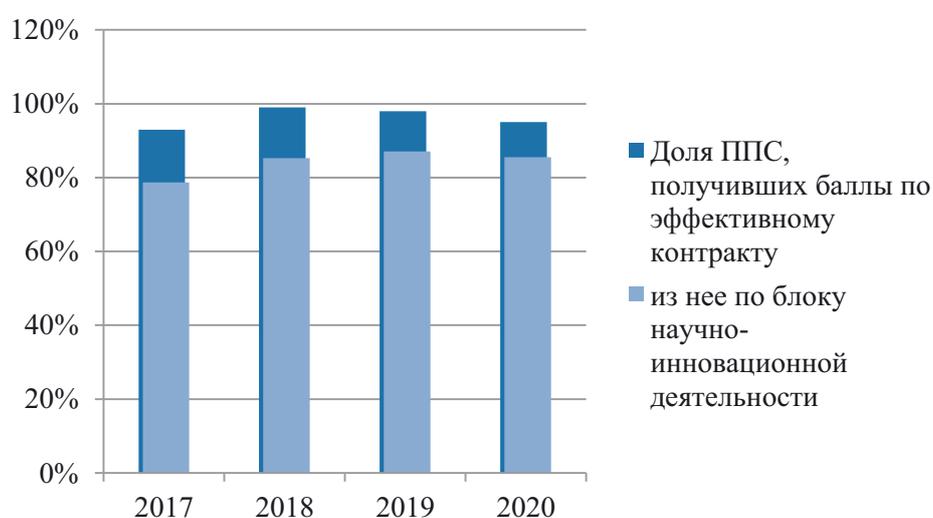


Рис. 1. Распределение числа ППС

Из представленных данных видно, что с 2017 года наблюдается рост доли ППС, получивших баллы за научно-инновационную деятельность. В 2019 году данный показатель составил 87%, в 2020 году – 86%. Данный факт свидетельствует о том, что все больше сотрудников вовлечены в научно-исследовательскую и инновационную деятельности вуза, и продолжают ей заниматься.

Результаты проведенного анализа могут быть положены в основу принятия управленческих решений [5], а так же необходимой корректировки показателей научно-инновационной деятельности, оцениваемых в рамках эффективного контракта, для достижения стратегических целей вуза.

Библиографический список

1. Питухин Е. А., Зятева О. А. Анализ динамики публикационной активности вузов в разрезе категорий сотрудников // Перспективы науки и образования. – 2021. – № 4 (52). – С. 566–576.

2. Зятева О. А., Пешкова И. В., Питухин Е. А. Изменение подхода к оценке наукометрических показателей в РИНЦ: приобретения и потери // Инженерный вестник Дона. 2016. № 2.
3. Жуков А. В. Эффективный контракт вуза: анализ результатов 2018 года // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе. – 2019. – С. 83–85.
4. Жуков А. В., Мельников В. А. Эффективный контракт вуза: анализ результатов 2019 года // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе. – 2020. – С. 68–71.
5. Зятева О. А., Пешкова И. В., Питухин Е. А. Разработка системы планирования и контроля научной деятельности вуза // Устойчивое развитие науки и образования. – 2017. – №2. – С. 168–170.

СПЕЦИФИКА ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «КИБЕР-ФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ МАГИСТРАТУРЫ

О. Ю. Богоявленская

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

olbgvl@cs.petsu.ru

В работе рассмотрены аспекты преподавания курса «Кибер-физические системы с искусственным интеллектом» для студентов первого года магистратуры специальности Прикладная математика и информационно-коммуникационные технологии 01.04.02.

Ключевые слова: кибер-физические системы, искусственный интеллект, компетенции.

TEACHING PRACTICE OF THE COURSE «CYBER-PHYSICAL SYSTEMS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE» FOR MASTER PROGRAM STUDENTS

O. I. Bogoiavlenskaia

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The paper considers several aspects of teaching practice for the course «Cyber-Physical Systems with Artificial Intelligence» for students of Master program Applied Mathematics and Informatics. The problem of competencies alignment for interdisciplinary areas is considered.

Key words: cyber-physical systems, artificial intelligence, competencies.

Концепция кибер-физических систем является современным развитием концепции встроенных систем (Embedded Systems) получившей свое развитие с 1970 гг. Термин кибер-физическая система означает интеграцию вычислительных систем и физических процессов, при которой встроенные вычислительные мощности и средства коммуникации осуществляют мониторинг и управление физическими процессами, используя циклы обратной связи, за счет которых, в свою очередь, происходит обратное влияние физических процессов на вычислительные системы.

Необходимость такой интеграции порождает ряд открытых проблем.

1. Программное обеспечение общего назначения, используемое встроенными системами, реализует последовательные вычисления, в которых правильность выполнения важнее, чем время, затраченное на обработку. В физическом мире процессы, как правило, происходят параллельно и скорость реакции может быть важнее, чем ее точность.

2. Подавляющее большинство физических величин принадлежат множеству вещественных чисел. Вычислительные мощности оперируют с дискретными величинами, причем для встроенных систем объем памяти, а значит и диапазоны доступных типов переменных ограничены.

3. Погрешности измерительных приборов в сочетании с погрешностями аналогово-цифровых преобразований порождают необходимость фильтрации и преобразования исходных данных.

Для решения проблем, указанных выше, используется ряд методов, механизмов и устройств. В частности, интеграция программных компонент и физических явлений осуществляется за счет микроэлектромеханических (MEMS) сенсоров и исполнительных механизмов, которые, в свою очередь, обладают микропроцессорами, сетевыми интерфейсами и средствами удаленной активации. Для интеграции совокупностей таких элементов и вычислительных ресурсов разработаны сетевые протоколы

в рамках парадигмы Интернета вещей (IoT); модели параллельных вычислений и систем реального времени, которые позволяют разрабатывать ПО, соответствующее реальностям физических процессов; и, наконец, методы моделирования и современные имитационные системы призваны решить проблемы аналогово-цифровой конвертации, анализа данных и формирования сигналов управления, направляемых на исполнительные механизмы.

Таким образом, кибер-физические системы это синтетическая междисциплинарная предметная область, которая требует знаний в следующих областях:

- микро-электромеханические сенсоры и исполнительные механизмы и методы их моделирования;
- встроены процессоры;
- дискретные и непрерывные модели;
- параллельные вычисления, системы реального времени;
- разработка ПО;
- операционные системы;
- протоколы сетей передачи данных;
- проектирование систем;
- методы искусственного интеллекта в областях распознавания, анализа данных и принятия решения;
- безопасность.

Преподавание курса для студентов магистратуры первого года обучения опирается на компетенции, полученные студентами в бакалавратуре. Поэтому при проектировании рабочих программ по курсу кибер-физические системы с искусственным интеллектом необходимо выделять большие объемы самостоятельной работы и лекционных занятий для тех компетенций, которые у студентов развиты слабо. Студенты первого года магистратуры по специальности прикладная математика и информационно-коммуникационные технологии 01.04.02 обладают хорошими навыками в областях моделирования, разработки ПО, сети передачи данных, проектирования систем. Однако они недостаточно хорошо знакомы с физическими моделями сенсоров, исполнительных механизмов и встроеными микропроцессорами.

Библиографический список

1. E. A. Lee and S. A. Seshia, Introduction to Embedded Systems – A Cyber-Physical Systems Approach // Второе издание, Изд. MIT Press, 2017, 585 с.

КОНСОЛИДАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО РУКОВОДСТВУ РАЗРАБОТКОЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МАГИСТРАНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА»

Ю. А. Богоявленский

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

ybgv@cs.karelia.ru

Показано, что компетенции выпускников по руководству проектами разработки ПО, целесообразно формировать именно в магистратуре, на основе полученных в бакалавриата компетенций члена команды разработчиков ПО. Приведены основные темы дисциплины «Руководство процессом разработки программного обеспечения», читаемой магистрантам направления «Прикладная математика и информатика».

Ключевые слова: руководство проектами разработки ПО, компетенции, магистратура.

CONSOLIDATION OF COMPETENCIES IN THE MANAGEMENT OF SOFTWARE DEVELOPMENT FOR MASTER'S DEGREE STUDENTS OF THE DIRECTION OF «APPLIED MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE»

I. A. Bogoiavlenskii
Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

It is shown that it is reasonable to form the competencies of graduates in the management of software development projects during the master of science study, basing on the competencies of a member of the software development team obtained in the bachelor's degree study. The main topics of the discipline «Management of the Software Development Process», which is given to master's degree students of the direction «Applied Mathematics and Computer Science» are presented.

Key words: management of software development projects, competencies, Master's degree.

Согласно стандарту магистратуры [1] и большинству из перечисленных в нем профессиональных стандартов выпускник должен владеть набором компетенций по руководству проектами разработки ПО, такими как, например:

- УК–2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.
- УК–3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели.

Отметим, что из профессиональных стандартов также могут формироваться дополнительные профессиональные компетенции.

Это означает, что выпускник должен владеть консолидированным видением весьма разнородных моделей, методов и технологий дисциплины «Программная инженерия», с этапами экстенсивного развития которой в течение последних десятилетий можно ознакомиться, например, в [2].

Подчеркнем, что руководитель проекта разработки ПО обязательно должен владеть компетенциями члена команды разработки ПО (КЧКР) и иметь опыт разработки нескольких проектов. Рассмотрим, как и когда формируются КЧКР у студентов Института математики и информационных технологий в настоящее время, сделав при этом краткий исторический экскурс.

В ПетрГУ задача формирования КЧКР возникла в 1993 г. с открытием направления бакалавриата «Прикладная математика и информатика». В 1994 г. Ю. А. Богоявленский начал читать дисциплину «Технология программного обеспечения», а одним из первых студенческих командных программных проектов была система «Оберон» для обучения численным методам решения дифференциальных уравнений в частных производных [3]. С 1997 г. эту дисциплину вел ведущий разработчик компании «Ноутис» М. В. Токарев, имевший опыт работы для компании «Motorola», а с 2001 г. – доцент Д. Ж. Корзун. В эти годы, в связи со слабостью сетевой инфраструктуры, для коммуникации в командах использовалась «бумажная» технология.

Дисциплина «Программная инженерия» экстенсивно развивалась, возникали новые модели жизненного цикла, технологии распределенной разработки, новые инструментальные системы. Такое развитие требовало обновления соответствующей учебной дисциплины, выведения методов ее преподавания на международный уровень, воспитания кадров молодых преподавателей. Эти задачи решались путем реализации силами сотрудников и студентов кафедры ИМО полного технологического цикла разработки двух проектов.

Проект «WebSynDic» [4–6] представляет собой разработанную в 2003–2004 гг. веб систему для удаленной демонстрации, тестирования, экспериментального анализа и сравнения алгоритмов нахождения базиса Гильберта систем неотрицательных линейных ассоциированных с КС–грамматиками диофантовых уравнений. Ю. А. Богоявленский выступал в роли заказчика, Д. Ж. Корзун в роли менеджера проекта, магистрант К. Кулаков и студенты А. Сало, М. Крышень, А. Ананьин составляли команду разработчиков.

В системе [4] обеспечивается доступ к двум, разработанным на кафедре Информатики и математического обеспечения, псевдополиномиальным алгоритмам, реализованным на ANSI C – Syntactic [7] (2200 LOC) и TransSol [8] (4600 LOC), а также к трем другим алгоритмам. Веб система реализована в средах Java/JSP содержит более 11000 LOC, отлажена, документирована и работоспособна на момент публикации этих тезисов.

Проект «DaCoPAN» [9–12] реализовывался как международный студенческий проект с коммуникацией разработчиков через Интернет. Цель проекта – разработка программной системы для динамической визуализации процессов передачи данных по сетевым протоколам, чтобы помочь преподавателям яснее иллюстрировать базовые функции протоколов. Авторы идеи и организаторы этого проекта – профессор кафедры Информатики Хельсинкского университета Т. Alanko и автор этих тезисов.

Разработка проекта началась с визита в Хельсинки в январе 2004 г. представителей ПетрГУ – группы разработчиков проекта «WebSynDic» под руководством менеджера проекта с российской стороны Д.Ж. Корзуна. Во время визита совместно с финскими студентами выполнялась фаза анализа требований заказчика в качестве которого выступал известный специалист по передаче данных, соавтор нескольких RFC, лектор дисциплины «Компьютерные сети», научный сотрудник кафедры Информатики Хельсинкского университета Markku Kojo.

С середины февраля до начала мая 2004 г. выполнялись фазы проектирования, программной реализации и тестирования модулей. При этом команды общались с помощью вики и электронной почты. В это время к команде присоединился студент ПетрГУ В. Суриков.

С 3 по 12 мая финские члены команды разработчиков – студенты Дж.Браун, В. Вайнио, Я. Лайне, Я. Аарнила, А. Фернандез, К. Аррастия под руководством профессора И. Веркамо и менеджера проекта с финской стороны, преподавателя Т. Туохиниemi, прибыли в Петрозаводск для выполнения фазы интеграционного тестирования. Разработка была успешно завершена в конце мая. Проект содержит более 14000 строк кода, протестирован, использовался в учебном процессе.

При выполнении этих проектов был получен реальный опыт разработки программных продуктов по полному технологическому циклу на современном международном уровне с использованием принятых в индустрии инструментов, а также воспитаны будущие преподавательские кадры. Так, сейчас доцент К. А. Кулаков руководит выполнением студенческих проектов по дисциплине «Технология производства ПО», читает дисциплины «Анализ требований к программным системам», «Методы тестирования ПО», ряд других дисциплин, является руководителем образовательной программы бакалавриата по направлению «Программная инженерия». Старший преподаватель М. А. Крышень читает дисциплины «Человеко-машинные интерфейсы» и «Функциональное программирование». А. Ю. Сало долгое время был ведущим программистом в IT-парке ПетрГУ.

Полученный при разработке этих проектов опыт послужил основой разработанной доцентом Д. Ж. Корзуном годовой дисциплины по изучению командной разработки ПО [13,14]. Эта дисциплина, а также дисциплина «Сетевые инструменты разработки ПО» [15] являются технологической базой для разработанной кафедрами Информатики и математического обеспечения и Прикладной математики и кибернетики сквозной наследуемой системы формирования у студентов КЧКР [16].

Студенты приобретают эти компетенции выполняя большой объем работы по изучению на первом курсе вводных дисциплин, а затем, на третьем курсе, дисциплины «Технология производства ПО» с выполнением командного проекта. Полученные компетенции, как правило, закрепляются затем при участии студентов в исследовательских или промышленных проектах IT-парка и других компаний.

В настоящее время эти компетенции получают студенты бакалавриата направлений «Прикладная математика и информатика», «Информационные системы и технологии» и «Программная инженерия». Выпускники этих направлений востребованы в разработках IT-парка ПетрГУ (например, [17]), в других IT компаниях и в международных проектах [18].

Подчеркнем, что в бакалавриате реально возможно сформировать у студента только КЧКР в силу большого объема работы необходимого для их освоения. Формирование компетенций руководителя разработки проекта требует организации дополнительного обучения, которое целесообразно проводить в магистратуре для бакалавров, уже имеющих КЧКР.

Рассмотрим теперь как формируются компетенции по руководству проектами разработки ПО при изучении дисциплины магистратуры «Руководство процессом разработки программного обеспечения». В модели компетенций дисциплины «Программная инженерия» [19] детально представлены входящие в эти компетенции интеллектуальные и технические навыки. Отметим, что формирование интеллектуальных навыков обеспечивает вырабатываемая у студентов еще в бакалавриате математическая культура [20]. Технические навыки представлены пятью областями, соответствующими типичным фазам жизненного цикла разработки программного продукта и восемью перекрестными областями, которые, в большинстве случаев, применяются в каждой из пяти областей жизненного цикла.

Области фаз жизненного цикла определены как: *требования, проектирование (дизайн), конструирование (кодирование), тестирование и сопровождение* программного обеспечения.

Перекрытые области определены как: *процесс и жизненный цикл, системные технологии, качество ПО, безопасность (security), защищенность (safety), управление конфигурацией, измерения, человеко-машинный интерфейс.*

При формировании КЧКР упор делается на обучение навыкам «внутри» отдельных областей и, притом, только тем навыкам, которые соответствуют функциям разработчика. Например, не дается материал по методам оценки стоимости и сроков выполнения проекта или по подбору и управлению персоналом.

В свою очередь при формировании компетенций по руководству проектами необходимо рассмотреть навыки, которые необходимы только руководителю, а также совместить их с уже полученными навыками КЧКР и сформировать у студента целостное консолидированное видение весьма разнородных моделей, методов и технологий дисциплины «Программная инженерия».

С этой целью в дисциплине «Руководство процессом разработки программного обеспечения» магистрантам даются следующие, рассматриваемые в [21–24], темы.

- Модели и процессы.
 - Методы, средства и процессы программной инженерии. Модели, классификация процессов – основные, вспомогательные и организационные процессы. Структура модели процесса: деятельность, задача, действие. Пять видов основной деятельности. Восемь видов защитной деятельности. Различия в организации процессов.
- Модели жизненного цикла.
 - Модель «классический жизненный цикл»: этапы, достоинства, недостатки. Макетирование: цель, шаги, достоинства, недостатки. Стратегии разработки. Инкрементная, спиральная и компонентная модели. Тяжеловесные и облегченные процессы. Обзор agile моделей. Процессы Scrum.
- Основные понятия руководства проектом.
 - Начало, измерения, процесс оценки, анализ риска, планирование, трассировка и контроль. Планирование программного проекта: структуры плана управления и графика работ программного проекта. Управление риском: идентификация, анализ риска, ранжирование, планирование управления, разрешение и наблюдение риска. Управление персоналом: подбор, взаимодействия в команде, ее состав. Управление документацией: стандарты, полнота, согласованность. Управление конфигурацией: идентификация объектов, контроль версий и изменений.
- Предварительная оценка проекта.
 - Метрики сложности проекта LOC и FP. Оценка на их основе при планировании. Конструктивная модель стоимости. Модель композиции приложения. Модели раннего этапа проектирования и этапа постархитектуры. Предварительная оценка проекта. Анализ чувствительности. Сценарий понижения зарплаты.
- Взаимосвязи технологий работы с требованиями
 - Виды требований. Формирование, анализ, аттестация требований. Характеристики детального требования. Спецификация и управление требованиями. Визуальные модели требований. Цели визуального моделирования. Диаграммы: потоков данных и рабочих потоков (swimlane). Карты диалоговых окон. Таблицы и деревья решений. Таблицы событий и реакций. Диаграмма сущность–связь.
- Проектирование программной системы.
 - Процесс синтеза программной системы. Проектирование архитектуры. Структурирование. Шаблоны архитектуры. Шаблон MVC. Шаблоны архитектуры: с хранилищем данных, клиент–сервер, многоуровневая, канала и фильтра. Шаблоны управления: вызов–возврат, менаджера, широковещательное, по прерываниям. Проектирование интерфейсов.
- Модульность и связность.
 - Декомпозиция подсистем на модули. Модульность: информационная закрытость, связность. Виды связности: функциональная, информационная, коммуникативная, процедурная, временная, логическая, связность, по совпадению. Нахождение связности. Структурное проектирование. Типы информационных потоков. Проектирование для потоков данных типа «преобразование» и «запрос».
- Качество программного продукта.

- Методы обеспечения качества программного продукта. Стандарты и модели качества. Характеристики качества: результативность; производительность; совместимость; удобство использования (юзабилити); надёжность; защищённость; сопровождаемость; переносимость (мобильность). Тестирование программного обеспечения.

Студентам рекомендована литература [21–24].

Библиографический список

1. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. ФГОС ВО (3++) по направлениям магистратуры. 01.04.02 Прикладная математика и информатика. [Электронный ресурс] / НИТУ МИСиС. – Электрон. дан. – Москва], сор. 2021. – URL: http://fgosvo.ru/fgosvo/downloads/1629/?f=%2Fuploadfiles%2FFGOS+VO+3%2B%2B%2FMag%2F010402_%25D0%259C_3_17062021.pdf/. – (08.11.2021)
2. Карпенко С. Н. Введение в программную инженерию. Учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Информационные технологии и компьютерное моделирование в прикладной математике». Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, 2007, С. 103.
3. Bogoyavlenskiy Yu. A. Intelligent Tutoring Environment for Correct Application Study of Partial Differential Equations and Numerical Methods of Their Solution [Текст] / Yu. A. Bogoyavlenskiy, G. S. Sigovcev, V. T. Vdovicyn // Proceedings of Japan–CIS Symposium on Knowledge Based Software Engineering'94 (JCKBSE'94). – 1994. – С. 104–106.
4. Web System for Demonstrating the Syntactic Algorithms for Solving Linear Equations in Nonnegative Integers [Электронный ресурс] / Петрозавод. гос. ун-т. – Электрон. дан. – [Петрозаводск], сор. 2004. – URL: <http://websyndic.cs.karelia.ru/>. – (08.11.2021)
5. Программа семинара Неделя финской информатики 2004 [Электронный ресурс] / Dmitry Korzun, Kirill Kulakov, Andrey Salo, Mikhail Kryshen, Andrey Ananin, The Web–SynDic Software Engineering Project Петрозавод. гос. ун-т. – Электрон. дан. – [Петрозаводск], сор. 2004. – URL: <https://cs.petrstu.ru/fdpw/2004/korzun01.pdf/>. – (08.11.2021).
6. Богоявленский Ю. А., Корзун Д. Ж. Программная система удаленного решения однородных линейных диофантовых уравнений в неотрицательных целых числах // Научно–технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Информатика. Телекоммуникации. Управление». СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2010. – N 1 (93). – С. 90–99.
7. Корзун Д. Ж. Syntactic Methods in Solving Linear Diophantine Equations / Д. Ж. Корзун // Труды межд. семинара Finnish Data Processing Week at the University of Petrozavodsk (FDPW'2004): Advances in Methods of Modern Information Technology. Vol. 6. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005. С. 151–156.
8. Кулаков К. А. Итеративный алгоритм нахождения базиса Гильберта однородных линейных диофантовых систем, ассоциированных с контекстно–свободными грамматиками / К. А. Кулаков, Д. Ж. Корзун, Ю. А. Богоявленский // Вестник Санкт–Петербургского университета. Сер. 10. Вып. 2. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2008. С. 73–84.
9. Совместный студенческий проект DaCoPAn Пресс-релиз. [Электронный ресурс] / Петрозавод. гос. ун-т. – Электрон. дан. – [Петрозаводск], сор. 2004. – URL: <https://cs.petrstu.ru/news/2004/dacopan/index.php.ru/>. – (08.11.2021).
10. DaCoPAn Software Engineering Project [Электронный ресурс] / Хельсинкский ун-т. (Финляндия) – Электрон. дан. – [Хельсинки], сор. 2004. – URL: <https://www.cs.helsinki.fi/group/dacopan/index.html/>. – (08.11.2021).
11. DaCoPAn. Documents related to the project. [Электронный ресурс] / Петрозавод. гос. ун-т. – Электрон. дан. – [Петрозаводск], сор. 2004. – URL: <http://dacopan.cs.karelia.ru/development/DaCoPAnDocumentation.html>. – (08.11.2021).
12. I. Verkamo, J. Taina, Y. A. Bogoyavlenskiy, D. G. Korzun, T. Tuohiniemi. Distributed Cross–Experience in a distributed cross–cultural Student Software Project. A Case Study. // Proc. of 18th Conference on Software Engineering Education & Training (CSEET'05). 2005. P. 207–214.
13. Богоявленский Ю. А., Воронин А. В., Корзун Д. Ж.. Организация годового курса «Технология разработки программного обеспечения». Информационная среда вуза XXI века: Материалы всероссийской науч.-прак. конф. (3–8 сент.2007 г.). Петрозаводск, 2007. С. 37–39.
14. Корзун Д. Ж. Развитие учебной дисциплины «Технология разработки программного обеспечения» Восьмая открытая всероссийская научно–практическая конференция «Преподавание информаци-

- онных технологий в Российской Федерации». – Петрозаводск : ПетрГУ, 2010 Сборник трудов. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. – С. 122–126.
15. Чистяков Д. Б., Богоявленский Ю. А. Цифровая среда Института математики и информационных технологий. Преподавание инструментов разработки программных продуктов // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе. Материалы XII всероссийской научно-практической конференции (4–6 декабря 2018 года), Изд-во ПетрГУ, С. 247–250.
 16. Воронин А. В., Богоявленский Ю. А., Корзун Д. Ж., Шабаев А. И. Обучение технологии разработки программного обеспечения в Петрозаводском государственном университете // Сб. тр. 5-й открытой всероссийской конф. «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации». АПКИТ, 2007. С. 102–119.
 17. Воронин А. В., Печников А. А., Шабаев А. И. Конвейерная технология разработки программного обеспечения для управления производственными ресурсами и процессами // Перспективы науки. 2010. № 2. С. 95–99.
 18. Богоявленский Ю. А., Корзун Д. Ж. Студенческие проекты по разработке ПО для платформы Маемо в Петрозаводском государственном университете: текущее состояние и перспективы (Student Software Engineering Projects for the Maemo Platform at Petrozavodsk State University: State-of-the-Art and Perspective) // Proc. of the Annual Int. Workshop on Advances in Methods of Information and Communication Technology (AMICT'2009). Petrozavodsk, Russia, 19–20 May 2009. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. Т. 11. – С. 155–156.
 19. Software Engineering Competency Model, Version 1.0, SWECOM, IEEE, 2014, P. 168.
 20. Корзун Д. Ж., Светова Н. Ю., Богоявленский Ю. А., Бородин А. В. Применение математического образования при подготовке специалистов по разработке программного обеспечения в сфере информационно-коммуникационных технологий // Материалы 16-й открытой Всероссийской конференции «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации» (Москва, 14–15 мая). С. 76–78.
 21. Ехлаков Ю. П. Управление программными проектами: учебник / Ю. П. Ехлаков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск, 2015. – 217 с. : схем., табл. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-86889-723-8; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480634> (08.11.2021).
 22. Зубкова Т. М. Технология разработки программного обеспечения / Т. М. Зубкова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет», Кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем. – Оренбург : ОГУ, 2017. – 469 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485553> (дата обращения: 08.11.2021. – Библиогр.: с. 454–459. – ISBN 978-5-7410-1785-2. – Текст : электронный.
 23. Орлов С. А. Программная инженерия. Учебник для вузов. 5-издание обновленное и дополненное. Стандарт третьего поколения. – СПб.: Питер, 2016.– 640 с.
 24. Вигерс Карл, Битти Джой. Разработка требований к программному обеспечению. Издание третье, дополненное. /Пер. с англ. – М. : Издательство «Русская редакция»; СПб. : БХВ-Петербург, 2014. – 736 стр. : ил.

ПРОСТАЯ ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ВИДЕОЛЕКЦИЙ

Ю. А. Богоявленский

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

ybgv@cs.karelia.ru

Предложена упрощенная технология подготовки видеолекций с использованием свободных инструментов – «перехватчиков», обеспечивающих видеозапись динамического состояния некоторого окна на экране с параллельной аудиозаписью с микрофона без видеокамеры. Технология позволяет разрабатывать видеолекции в домашних условиях.

Ключевые слова: видеолекция, перехват экрана.

A SIMPLE INDIVIDUAL TECHNOLOGY FOR VIDEO LECTURES DEVELOPING

I. A. Bogoiavlenskii
Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

A simplified technology for preparing video lectures using free tools – «interceptors» that provide video recording of the dynamic state of a certain window on the screen with parallel audio recording from a microphone without a video camera is proposed. The technology allows you to develop video lectures at home.

Key words: video lecture, screen interception.

При переходе на дистанционное обучение в 2020 г. в экстремальных условиях пандемии существенно возросли запросы студентов на проведение лекций в формате видеотрансляций, т. е. возникла актуальная задача быстрого массового производства видеолекций, которые можно опубликовать в Интернет, чтобы студент мог при необходимости получить к ним доступ.

Обычно такие лекции готовятся в студии со специальной аппаратурой и оператором. Даже при подходе т. н. «самозаписи» [1] «без участия операторов и монтажеров» существует целый ряд ограничений [2], значительно замедляющих процесс получения видеолекции. Таким образом, актуальной является задача разработки технологии, обеспечивающей существенное уменьшение времени получения видеолекции.

Предлагаемая нами технология основывается на следующих положениях.

1. Не записывать изображение лектора, давать только его голос и материал лекции. Это оправдано т. к. именно материал лекции прежде всего нужен студенту и, кроме того, в условиях невысокого качества каналов связи, это позволяет снизить требования к их пропускной способности и уменьшить объем файла видеолекции.

2. Готовить презентации лекций с помощью любых инструментов в черно-белом исполнении, предпочтительно в формате pdf.

3. Использовать для создания видеофайла свободные инструменты – «перехватчики», обеспечивающие видеозапись динамического состояния некоторого окна на экране с параллельной аудиозаписью с микрофона, т. е. не требуется наличие видеокамеры.

При этом процесс создания видеолекции будет состоять из следующих этапов:

1. Подготовить файл презентации лекции и вывести его в окно на экране.
2. Запустить программу «перехватчик» для записи в видеофайл динамического состояния этого окна.
3. Провести лекцию продвигая страницы презентации, комментируя их содержание и, возможно, выделяя некоторые элементы курсором.
4. Завершить запись, проверить полученный файл, разместить его в Интернет.

Эта технология была применена нами для дистанционного проведения лекций по дисциплине «Введение в архитектуру ЭВМ» студентам первого курса Института математики и информационных технологий в весеннем семестре 2021 г.

Презентации лекций готовились в текстовых файлах с помощью пакета libreoffice и экспортировались в файл типа pdf. Презентации, демонстрирующие работу программ на языке ассемблера, готовились с помощью графического интерфейса kdbg [3]. Лекция выполнялась по презентации с трансляцией через систему видеоконференций. Одновременно запускался свободный «перехватчик» SimpleScreenRecorder [4], формировавший видеофайл. Возможно формирование видеофайла и без запуска системы видеоконференций.

Использовались следующие параметры перехватчика:

- размер окна перехвата примерно 1922x2560 пикселей;
- частота кадров – 15;
- контейнер (формат видеофайла) – MP4;
- постоянный коэффициент потока (CRF) – 23;
- разрешен пропуск кадров;
- видеокодек – H264;
- аудиокодек – MP3, битрейт 128.

Всего было подготовлено двадцать семь видеофайлов. При таких параметрах запись одной минуты занимает в видеофайле от 2,1 до 3.7 Mb, что вполне приемлемо. Например, видеофайл 07-les-functios.mp4 длительностью 25.5 мин имеет объем 92 Mb. Примеры видеофайлов можно посмотреть по ссылке: <https://cs.petsu.ru/~ybgv/it2021/>.

Таким образом, предлагаемая технология позволяет разрабатывать видеофайлы лекции на персональной ЭВМ преподавателя без использования видеокамеры и специальной студии. Трудозатраты на подготовку лекций по сравнению с проведением ее очно в аудитории существенно возрастают, т. к. необходимо подготовить подробную презентацию. В то же время, для студента полезна возможность многократного и замедленного просмотра материала.

Библиографический список

1. Студия самозаписи OneButton [Электронный ресурс] / НИУ ВШЭ – Электрон. дан. – [Москва], cop. 2021. – URL: <https://elearning.hse.ru/onebutton>. – (26.10.2021) neButton.
2. OneButton. Памятка пользователю [Электронный ресурс] / НИУ ВШЭ – Электрон. дан. – [Москва], cop. 2021. – URL: <https://www.hse.ru/data/2018/04/25/1151219991/For%20Users%202018.pdf>. – (26.10.2021).
3. KDbg. A Graphical Debugger Interface [Электронный ресурс] / – URL: <https://www.kdbg.org/>. – (26.10.2021).
4. Maarten Baert's website. SimpleScreenRecorder. [Электронный ресурс] / – URL: <https://www.maartenbaert.be/simplescreenrecorder/>. – (26.10.2021).

ОПЫТ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОГРАММИРОВАНИЕ» СТУДЕНТАМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Н. А. Будникова

Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
budnikova@psu.karelia.ru

Представлен опыт обучения программированию студентов математических направлений. Рассматривается структура двухгодичного курса. Выявлены сложности, с которыми сталкиваются студенты в ходе освоения дисциплины.

Ключевые слова: программирование, язык Си, обучение, особенности.

EXPERIENCE OF TEACHING THE COURSE «PROGRAMMING» TO STUDENTS OF THE SPECIALTIES «MATHEMATICS»

N. A. Budnikova

Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

It tells about the experience of teaching programming to mathematics students. The structure of this biennial course is considered. The difficulties encountered by students during the development of the discipline are revealed.

Key words: programming, C language, learning, features.

В течение ряда последних лет студенты специальности «математика» и «математика педагогическое направление» изучают в качестве первого базового язык программирования Си. Язык Си изучается в продолжение четырех семестров, то есть это достаточно трудоемкая дисциплина. В течение первого года обучения происходит освоение базовых понятий языка на лекционных, практических и лабораторных занятиях. С начала освоения данной дисциплины студенты сталкиваются с рядом сложностей. Отметим некоторые из них.

Первый вид сложностей связан с трудностями овладения основ алгоритмизации: понятие алгоритма, основные виды алгоритмов, способы их записи. В процессе обучения программированию для

формирования навыков и умений важную роль играет задачи [1]. Студенты должны придумать алгоритмы для различных задач, встречаемых в математике и программировании, решение которых требует от студента умение формализовать задачу. На практических занятиях решается достаточное количество «технических» задач, позволяющих закрепить навыки работы с конкретными конструкциями алгоритмического языка. Важность успешного освоения навыков алгоритмизации оказывается одним из решающих факторов для освоения дисциплины.

Далее, появляются сложности изучения языка программирования Си как такового, который считается трудным для изучения начинающими. Однако, язык Си относится к категории алгоритмических, и, имея навыки алгоритмизации, переложить эти навыки на язык программирования оказывается не так уж сложно, при этом, даже если это Си «для профессионалов». Успешно освоить базовые алгоритмы и конструкции языка, пройти тестовые задания позволяет авторский учебный ресурс по программированию [2].

Другого вида сложности связаны с началом работы в операционной системе Linux. Это, главным образом, отсутствие специализированной интегрированной среды программирования, в которой может выполняться редактирование, отладка и прогонка программ. Студенту поначалу сложно понять, что существует отдельно компилятор, что компиляция происходит в два этапа, что существует отдельно отладчик, отдельно текстовый редактор для записи программного кода. Несомненным положительным моментом для студентов является освоение навыков самостоятельной работы в режиме удаленного доступа.

Далее, отметим сложности, проявляющиеся в ходе взаимодействия студента с компьютером. От студентов требуется внимательность и аккуратность в записи своих программ. Ошибки, совершаемые студентами в ходе отладки и выполнения программ, очень разнообразны и непредсказуемы, часто ставят их в тупик и могут надолго затормозить работу. Незнание распространенных слов английской программистской лексики тоже сильно сказывается на скорости работы. В итоге все эти виды трудностей могут накладываться. Частично помогает преодолевать их балльно-рейтинговая система, которая позволяет повысить мотивацию студентов к постоянной активной работе в течение первого года обучения. Повышается объективность оценки студенческих достижений в учебе.

На второй год обучения вынесены такие важные темы, как работа с файловой системой на языке программирования и динамической памятью. Кроме базовых конструкций и операций языка, связанных с изучаемыми темами, на втором году студенты изучают теоретические основы программирования, знакомятся с базовыми структурами данных в информатике и основными алгоритмами обработки этих структур; изучают понятия вычислительной сложности алгоритмов и разработки оптимальных алгоритмов; применяют знания к реализации классических алгоритмов информатики. Изучаются основы объектно-ориентированного программирования с реализацией заданий на языке java. Все это достаточно трудоемкие и сложные в освоении темы.

Какие особенности второго года обучения наблюдаем по сравнению с первым:

1. Дальнейшее расслоение аудитории по уровню мотивации и степени освоения учебного материала. О снижении уровня мотивации обучения некоторых студентов свидетельствует низкая посещаемость предмета. Как известно, при обучении различают мотивацию естественную и социальную. Если на первом году дисциплина вызывает естественный интерес, то ко второму году, по-видимому, в связи с нарастанием сложности этот интерес угасает, а социальная ответственность еще недостаточно сформировалась.

2. Лакуны в знаниях первого года сильно тормозят дальнейшее обучение. Поэтому приходится объявлять обязательными к повторению отдельные темы и выполнение тестовых заданий предыдущего периода. Но, учитывая снижение уровня мотивации, очевидно, что не все студенты своевременно подключаются к этому процессу.

3. После продолжительного летнего периода у студентов происходит «перезагрузка», они забывают многие мелкие детали языка. В то время для продолжения изучения программирования нужно помнить все. Формальный язык требует знания всех синтаксических конструкций в записи программного кода, а, к примеру, нехватка точки запятой в том месте, где она должна стоять или ее присутствие там, где ее не должно быть, могут существенно «подвесить» студента.

4. Необходимость выработки навыков написания и отладки достаточно длинного программного кода. Если на первом курсе имелось множество «мелких» заданий, то на втором году число лабораторных работ невелико, но задачи сложнее и программы достаточно объемные. То есть, добавляется необходимость обучать студентов навыкам постепенного наращивания и отладки программного кода.

5. Так называемый эффект клипового восприятия сказывается и на наших студентах. Студенты предпочитают «идти от задания», подбирая только тот учебный материал, который необходим для вы-

полнения лабораторной работы. При этом они предпочитают получить этот материал быстро, выхватить фрагмент знания, для чего чаще обращаются в интернет, а не к предлагаемым учебным материалам, где тот изложен систематически и в полном объеме. Конспект лекций тоже не все составляют, предпочитая «внешнюю память» на своем смартфоне. На этом фоне был изменен формат проведения лабораторных занятий. Теперь часть учебного времени отводится на запись, отладку и выполнение совсем небольших программных кодов, отрабатывающих тот или иной базовый навык или понятие.

Тем не менее, некоторые студенты просят особо сложные задания или даже сами усложняют себе задачу. Других удовлетворяют весьма скромные достижения. Поэтому применяется дифференцированный подход по трудности предлагаемых заданий, сроки сдачи заданий также участвуют в выставлении окончательной оценки, но жесткая балльно-рейтинговая система на втором году обучения не практикуется.

В конечном счете, изучение языка программирования Си студентами-математиками обеспечивает развитие у них необходимой базы алгоритмического и системного мышления, способствует формированию надлежащих общекультурных и профессиональных компетенций.

Библиографический список

1. Лапчик М. П. Методика преподавания информатики. Учебное пособие для студ. пед. вузов – 2-е издание, стер. / М. П. Лапчик, И. Г. Семакин, Е. К. Хеннер // М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 624 с.
2. Будникова Н. А. Учебный ресурс по программированию для 1-2 курса [Электронный ресурс] / Н. А. Будникова, М. А. Чарута. – Электрон. дан. – [Петрозаводск], сор. 2021. – URL: <http://kappa.cs.petsu.ru/~budniko/ai-project15/auth.php>. – (1.11.2021).

ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

Т. В. Волкова

Оренбургский государственный университет
Оренбург
tv@mail.osu.ru

Представлены примеры цифровых сервисов высшего учебного заведения, автоматизированные этапы их поддержки. Рассмотрена модель развития цифрового сервиса.

Ключевые слова: цифровой сервис, университет, модель развития цифрового сервиса.

ISSUES OF IMPLEMENTATION OF DIGITAL SERVICES OF A HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION

T. V. Volkova

Orenburg State University
Orenburg

The examples of digital services of a higher educational institution, automated stages of their support, are presented. The model of digital service development is considered.

Key words: digital service, university, digital service development model.

Важной стратегической задачей вуза является развитие цифровых сервисов для предоставления информационных услуг обучающимся, преподавателям, другим участникам деловых процессов образовательной организации. Цифровые сервисы позволяют значительно сократить этапы деловых процессов.

Примеры цифровых сервисов, реализованных в Оренбургском государственном университете (ОГУ) на основе интеграции компонентов информационно-аналитической системы (ИАС) ОГУ [1], программного комплекса «Сайт ОГУ», системы «Электронные курсы ОГУ в системе обучения Moodle» и других информационных систем, приведены в таблице 1. Сайт университета (www.osu.ru) является основной площадкой для предоставления инструментов цифровых сервисов [2].

Таблица 1

Цифровые сервисы ОГУ и их выгодополучатели

Цифровой сервис	Возможности сервиса	Выгодополучатель
Единое окно доступа к ИР ОГУ	Управление доступом к электронным информационным ресурсам ОГУ (получение, изменение пароля, личного профиля и др.)	Обучающийся, преподаватель, сотрудник
Онлайн расписание: учебное и сессий	Онлайн генерация данных учебного расписания, расписания сессий (студент, преподаватель, аудитория) на основе базы данных ИАС ОГУ по запросу пользователя	Обучающийся, преподаватель, сотрудник, любой пользователь сайта образовательной организации
Анкетирование обучающихся	Онлайн анкетирования по заданной тематике	Обучающийся
Портфолио обучающегося (открытый доступ)	Обучающийся: сбор, хранение, управление личными данными, сведениями о достижениях по заданной структуре, управление согласием на размещение публичной части портфолио. Модерирование портфолио. Предоставление публичной части портфолио в открытом доступе	Обучающийся, модератор портфолио, научный руководитель
Электронный читательский билет	Онлайн формуляр со сведениями о книгах библиотеки на руках, корзина заказов, история сдачи и получения книг	Пользователь, зарегистрированный в ЕСДИР
Биржа труда	Онлайн поиск вакансий работодателей, резюме обучающихся и выпускников	Обучающийся, работодатель, любой пользователь сайта образовательной организации
Диссертационный совет	Онлайн генерация и отображение документов соискателя ученой степени, доступных для открытого просмотра	Любой пользователь сайта образовательной организации

В таблице 1 использованы следующие сокращения: ИР – информационный ресурс, ЕСДИР – единая система доступа к информационным ресурсам.

Автоматизированные этапы процесса организации защиты диссертации, поддерживающие цифровой сервис «Диссертационный совет», представлены в таблице 2 [3].

Таблица 2

Автоматизированные этапы поддержки цифрового сервиса

Действие	Информационные ресурсы	ИС, средство реализации действия, интеграции ИР	Пользователь, оператор обработки данных
1. Ввод, поиск реке- визитов соискателя УС	База данных ИАС ОГУ	АРМ секретаря ДС (ИАС ОГУ)	Секретарь ДС
2. Загрузка ЭД со- искателя УС в фай- ловую систему	База данных ИАС ОГУ Файловая система веб- сервера	Интеграционные компоненты. АРМ секретаря ДС (ИАС ОГУ)	Секретарь ДС
3. Поиск, просмотр ЭД соискателя УС	База данных ИАС ОГУ Файловая система веб- сервера	Интеграционные компоненты. АРМ секретаря ДС (ИАС ОГУ)	Секретарь ДС
4. Отображение ЭД соискателя УС на сайте ДС	База данных ИАС ОГУ Файловая система веб- сервера	Интеграционные компоненты. Компоненты программного комплекса «Сайт ОГУ»	Соискатель УС Секретарь ДС Все заинтересо- ванные лица, пользователи сай- та ОГУ

В таблице 2 использованы следующие сокращения: АРМ – автоматизированное рабочее место, ДС – диссертационный совет, УС – ученая степень, ЭД – электронный документ.

Основным выгодополучателем цифрового сервиса является секретарь диссертационного совета. Сервис позволяет выполнять установленные требования к организации проведения защиты соискателя научной степени (отслеживать сроки загрузки, показа документов и др.), поддерживает ведение набора документов соискателя в электронном виде в базе данных, дает возможность управлять датой появления определенного документа на сайте в открытом доступе. Заинтересованными лицами являются соискатель ученой степени, председатель диссертационного совета, научный руководитель соискателя, оппоненты, члены научного сообщества, любые пользователи сайта. Сервис оперативно в онлайн режиме показывает предоставленный ученым секретарем документ соискателя, что значительно сокращает время коммуникации между заинтересованными лицами. Возможность использования сервиса поддерживают информационные системы: ИАС ОГУ, программный комплекс «Сайт ОГУ», специально разработанные интеграционные модули. Этот сервис можно развить путем разработки веб-приложения с реализацией функций загрузки, поиска, просмотра, модерации электронных документов соискателя, ведением истории их версий и др. Это позволит соискателю самому управлять потоком передаваемых в диссертационный совет электронных документов, что приведет к дальнейшему сокращению времени взаимодействия участников делового процесса. Развитие требует наличия соответствующих нормативных документов образовательной организации, формализующих данный деловой процесс, дающих определенный правовой статус результатам использования цифрового сервиса.

Более сложными являются цифровые сервисы, реализованные на основе интеграционных решений между ИАС ОГУ, системами управления обучением (LMS), системой контроля и управления доступом в помещения университета: «Платформа для проведения вступительных испытаний по правилам ОГУ», «Рейтинг преподавателя», «Личный кабинет обучающегося», «Личный кабинет преподавателя» и ряд других. Эти цифровые сервисы ориентированы, в первую очередь, на обеспечение взаимодействия между участниками образовательного процесса – обучающимися, преподавателями, руководителями учебных подразделений и др. Заинтересованными пользователями являются абитуриенты, работодатели, родители обучающихся, пользователи сайта ОГУ.

Многие цифровые сервисы требуют своего развития, цифровой трансформации. Модель создания или развития цифрового сервиса включает этапы:

1. Определение цели, состава выгодополучателей.
2. Анализ деловых процессов образовательной организации, обслуживаемых с помощью цифрового сервиса, выявление маршрутов его оптимизации, реорганизации и цифровой трансформации.
3. Разработка нормативно-правового обеспечения цифрового сервиса.
4. Анализ инфраструктуры, информационных систем, интеграционных компонентов, кадрового обеспечения цифрового сервиса.
5. Планирование мероприятий по их расширению, модификации; расчет затрат.
6. Разработка технического задания на создание или развитие цифрового сервиса.
7. Реализация, тестирование и внедрение компонентов цифрового сервиса.

Все этапы являются важными, исключение или недостаточное внимание к какому-либо этапу приводит к неудаче проекта – отсутствию выгоды, не востребованности цифрового инструмента. Это требует дополнительных затрат на реализацию поставленной цели создания, развития цифрового сервиса.

Библиографический список

1. Информационно-аналитическая система Оренбургского государственного университета. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.osu.ru/doc/969>.
2. Сайт ОГУ. Информационные системы. [Электронный ресурс] : URL: <http://www.osu.ru/doc/48>.
3. Сайт ОГУ. Диссертационный совет. [Электронный ресурс] : URL: <http://www.osu.ru/doc/3613>.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИМУЛЯТОРОВ ПРИ РЕШЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПО РОБОТОТЕХНИКЕ

В. Ю. Воронин, Д. О. Дуплий, Д. Н. Житова, С. С. Серов, Т. Г. Суровцова

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

tsurovceva@petsu.ru

Использование симуляторов при обучении робототехнике позволяет добавить этап моделирования до начала использования оборудования, на котором можно провести разработку сложных алгоритмов, выполнить различные эксперименты и отладку, решить типовые задачи, протестировать работу библиотек.

Ключевые слова: симуляторы, образовательная робототехника, STEM, TRIK Studio, CoppeliaSim, Gazebo.

USING SIMULATORS IN SOLVING EDUCATIONAL PROBLEMS IN ROBOTICS

V. Yu. Voronin, D. O. Duplii, D. N. Zhitova, S. S. Serov, T. G. Surovtsova

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

Using simulators in a teaching robotics allows to add a modeling stage before using a equipment. On this stage we can develop complex algorithms, conduct various experiments and debug, solve typical problems, and test libraries and other software.

Key words: simulators, educational robotics, STEM, TRIK Studio, CoppeliaSim, Gazebo.

Симуляторы хорошо зарекомендовали себя при проектировании робототехнических систем, так создание «цифрового двойника» позволяет сделать процесс разработки более эффективным. Использование симуляторов в образовательных целях помогает проводить различные эксперименты в виртуальной среде и разбирать их более наглядно, так как можно четко отслеживать данные с датчиков, останавливать процесс моделирования или повторять несколько раз, замедлять и увеличивать время.

Чаще всего для обучения используется тележка с дифференциальным приводом – наземный робот, движение которого основано на двух отдельно приводимых в движение колесах, расположенных по обе стороны от корпуса робота на независимых осях моторов. Он меняет свое направление движения, изменяя относительную скорость вращения своих колес.

Рассмотрим несколько задач, выполненных при помощи симуляторов.

Задача локации и навигации мобильного робота была реализована с использованием среды программирования TRIK Studio [1]. SLAM (simultaneous localization and mapping) – метод, используемый в мобильных автономных средствах для построения карты в неизвестном пространстве или для обновления карты в заранее известном пространстве с одновременным контролем текущего местоположения и пройденного пути.

TRIK Studio – среда программирования для мобильных роботов с помощью блочных и текстовых языков программирования для образовательных целей, отличительной особенностью которой является наличие интерактивного режима имитационного моделирования, что позволяет использовать эту среду при отсутствии каких-либо реальных роботов. Можно имитировать работу робота, добавлять различные датчики на корпус, настраивать параметры робота, такие как диаметр колёс и ширину. Моделирование происходит на 2D сцене, но с обработкой 3D-объектов, то есть с помощью датчиков робот может обнаруживать препятствия и взаимодействовать с объектами: удар, застревание, проскальзывание. Для взаимодействия с окружающей средой используются датчики: энкодеры, гироскоп, датчики расстояния, касания и пр.

Была решена задача, когда робот движется по сцене с препятствиями и производит построение карты окружения. Карта формируется в виде двумерного массива из меток и записывается в файл, определяет место, где робот обнаружил или нет препятствие. Каждая метка соответствует квадрату со стороной 10 см. Карта расширяется по мере надобности. Для отрисовки использовалась библиотека arcade. Она позволяет обновлять сцену несколько раз в секунду, что позволяет получать новые данные об окружении робота и сразу их визуализировать для пользователя.

Робот двигается по сцене вдоль обнаруженного препятствия на заданном расстоянии, постепенно обходит всю виртуальную сцену. Отрисовка карты выполняется в двух режимах: 1 м вокруг робота и

меняется при его перемещении или отрисовывается вся карта без определения положения робота. Полученный код может быть использован на реальном роботе на базе конструктора TRIK.

Симулятор CoppeliaSim [2] позволяет моделировать работу робота в 3D-сцене. Симулятор содержит интегрированную среду разработки и является развитием проекта V-REP. CoppeliaSim содержит множество встраиваемых функций: удаленное управление симуляцией или самим симулятором с реального робота или другого ПК, 4 физических движка (Bullet Physics, ODE, Newton и Vortex Dynamics) для быстрых и настраиваемых динамических расчетов, для моделирования реальной физики и взаимодействия объектов (реакции на столкновение, захват и т. д.), распространяется бесплатно для образовательных целей. Возможно описание моделей с использованием urdf-файлов. Для работы использовалась готовая модель мобильного робота, входящая в пакет CoppeliaSimEDU, которая имеет три датчика освещенности. В среде было реализовано перемещение робота по черной линии с помощью релейного регулятора. При работе программы можно отслеживать в отдельном окне положение датчиков на линии в каждый момент времени.

Управление мобильным роботом с помощью голосового управления с использованием ROS [3] было реализовано в симуляторе Gazebo [4]. Симулятор Gazebo позволяет моделировать управление роботом на 3D-сцене. К роботу могут быть подключены различные датчики. Было реализовано подключение камеры и голосового управления. Голосовое управление было реализовано с помощью модификации готового контроллера teleop_twist_keyboard [5], основанного на управлении роботом в симуляции с помощью клавиатуры, и библиотек PortAudio, PyAudio, SpeechRecognition [6]. В симуляции робот распознает 5 команд для управления роботом: start, right, left, stop, exit. Использование ROS позволяет перенести разработанный код на реального робота с минимальными изменениями, в нашем случае робота на базе Raspberry Pi 4.

Этап моделирования с помощью симуляторов позволяет сделать процесс обучения более эффективным, так как происходит концентрация на самой задаче и алгоритмах, а не на возможных неполадках оборудования. Далее разработанный программный код может быть использован уже на реальных платформах.

Библиографический список

1. TRIK Studio [электронный ресурс]. URL: <https://trikset.com/products/trik-studio>. Загл. с экрана. Яз. рус.
2. CoppeliaSim User Manual. [электронный ресурс]. URL: <https://www.coppeliarobotics.com/helpFiles/index.html>.
3. ROS [электронный ресурс]. URL: <https://wiki.ros.org/>. Загл. с экрана. Яз. англ.
4. Gazebo. Robot simulation made easy [электронный ресурс]. URL: <http://gazebosim.org/>. Загл. с экрана. Яз. англ.
5. Package Summary: teleop_twist_keyboard [электронный ресурс]. URL: http://wiki.ros.org/teleop_twist_keyboard. Загл. с экрана. Яз. англ.
6. SpeechRecognition. Project description. [электронный ресурс]. URL: <https://pypi.org/project/SpeechRecognition/> Загл. с экрана. Яз. англ.

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО «КОНСТРУКТОРА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ» – РАЗВИТИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПЕТРГУ

Е. В. Голубев, А. Н. Корякина, И. В. Маханькова

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

akoryakina@petrsu.ru

В статье описан процесс создания «Конструктора рабочей программы дисциплины» (Конструктор) в Петрозаводском государственном университете, его интеграция с Информационно-аналитической системой вуза. Создание Конструктора – очередной этап развития электронной информационно-образовательной среды Петрозаводского государственного университета.

Ключевые слова: электронная информационно-образовательная среда, Конструктор рабочей программы дисциплины, образовательные сервисы.

CREATION OF AN ELECTRONIC «CONSTRUCTOR OF THE WORK PROGRAM OF THE DISCIPLINE» – DEVELOPMENT OF THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF PETERSU

E. Golubev, A. Koryakina, I. Makhankova

Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The article describes the process of creating the «Constructor of the Work Program of the Discipline» (Constructor) at Petrozavodsk State University, its integration with the Information and Analytical System of the University. The creation of the Constructor is the next stage in the development of the electronic information and educational environment of Petrozavodsk State University.

Key words: electronic information and educational environment, Constructor of the Work Program of the Discipline, educational services.

Образовательное пространство университетов, как и других образовательных учреждений, находится в постоянном развитии. Меняются федеральные государственные образовательные стандарты, появляются новые образовательные технологии, разрабатываются новые формы учебно-методического и информационного обеспечения и т. п. И, естественно, что все эти инновации влекут за собой изменения как во всех нормативных документах, так и в информационно-образовательной среде университетов.

В реализации основных профессиональных образовательных программ (ОПОП) в высших учебных заведениях изменения в нормативных документах отражаются, в первую очередь, в необходимости постоянной методической деятельности преподавателей вуза, в т. ч. в постоянной актуализации рабочей программы дисциплины (РПД). От качества учебно-методической деятельности преподавателя вуза зависит качество методического обеспечения реализуемых в вузе образовательных программ.

В Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) создана и активно развивается Информационно-аналитическая система управления вузом (ИАИС) (<https://iias.petsu.ru/>) [1], являющаяся частью информационно-образовательной среды университета (<https://petsu.ru/eios/index>). ИАИС содержит большой объем информации об учебных планах и матрицах компетенций по направлениям подготовки, об обучающихся и преподавателях, другую информацию. В связи с задачей повышения качества образования студентов в соответствии с ФГОС, упрощением работы преподавателя вуза, развитием информационно-образовательной среды вуза возникла необходимость в разработке нового электронного сервиса – «Конструктора рабочей программы дисциплины».

В основу данной работы был положен новый шаблон рабочей программы дисциплины, разработанный в ПетрГУ для направлений подготовки бакалавриата, магистратуры и специалитета.

РПД включает следующие разделы: титульный лист, цели освоения дисциплины, формируемые компетенции, место дисциплины в структуре ООП, структуру и содержание дисциплины, самостоятельную работу обучающегося, методические рекомендации преподавателям и обучающимся, применяемые образовательные технологии, формы контроля освоения дисциплины, учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины, материально-техническое обеспечение дисциплины.

В Петрозаводском государственном университете задача автоматизации создания и актуализации РПД, мониторинга методической деятельности преподавателей в этой области была поставлена специалистами Учебно-методического управления ПетрГУ и реализована программистами Регионального центра новых информационных технологий (РЦНИТ) ПетрГУ. УМУ и РЦНИТ разработали «Конструктор РПД», который позволяет преподавателям полностью автоматизировать свой труд. «Конструктор РПД» интегрирован с ИАИС управления вузом.

Основная задача, которая была решена специалистами РЦНИТ – доведение до преподавателей, реализующих дисциплины, информацию из ИАИС о содержании дисциплин:

- виды учебной работы (контактные часы и часы, отведенные для самостоятельной работы);
- вид промежуточной аттестации;
- планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) бакалавриата, предусмотренные учебным планом.

Возможность использовать данную информацию позволяет преподавателям автоматически формировать рабочую программу дисциплины.

Для Учебно-методического управления ПетрГУ решение данной задачи позволило также автоматизировать процесс разработки ОПОП.

Для решения поставленной задачи использовались актуальные технологии разработки современных web-приложений. За основу был взят популярный PHP-фреймворк Yii Framework, интерфейсы были сформированы при помощи свободного фреймворка по созданию адаптивных сайтов и приложений Bootstrap. Использование таких инструментов позволило достаточно быстро и в сжатые сроки реализовать намеченные задачи.

В настоящее время ведутся работы по размещению в ИАИС форм матрицы компетенций, учебного плана по новому стандарту ФГОС ВО 3++, с обеспечением дальнейшей интеграцией данной информации с «Конструктором РПД».

Библиографический список

1. Костюкевич С. Х. Информационно-аналитическая интегрированная система ПетрГУ: подходы, решения, направления развития [Текст] / С. Х. Костюкевич, А. Г. Марахтанов, О. Ю. Насадкина, Я. Е. Штивельман // Университетское управление: практика и анализ. – Екатеринбург, 2015. – № 5. – С. 95–105. – ISSN 1999-6640.
2. Корякина А. Н. Развитие информационно-образовательной среды вуза через создание дополнительных сервисов на образовательном портале ПетрГУ [Текст] / А. Н. Корякина // Материалы XI (1) всероссийской научно-практической конференции «Цифровые технологии в образовании, науке, обществе». – Петрозаводск, 2017. – С. 81–82. – ISSN 978-5-8021-3218-0.
3. Голубев Е. В. Электронная информационно-образовательная среда ПетрГУ [Текст] / Е. В. Голубев, А. Н. Корякина, А. Г. Марахтанов, О. Ю. Насадкина // Материалы XIV всероссийской Научно-практической конференции «Цифровые технологии в образовании, науке, обществе». – Петрозаводск, 2020. – С. 37–39.

ВОЗМОЖНОСТИ УМНОГО ТЕКСТИЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОВЛЕЧЕННОСТИ ЧЕЛОВЕКА

В. М. Димитров, М. А. Беляев, Д. Ж. Корзун

Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
dimitrov@cs.petrso.ru

Распознавание степени вовлеченности пользователя в процесс работы является важной задачей в различных видах деятельности человека, например, перевозки, опасные производства и др. В статье рассматривается возможность распознавания вовлеченности на основе биомаркеров, которые может регистрировать умная майка hexoskin неинвазивными способами.

Ключевые слова: умный текстиль, hexoskin, интеллектуальные интернет-технологии, вовлеченность.

THE CAPABILITIES OF SMART TEXTILES TO ASSESS HUMAN ENGAGEMENT

V. M. Dimitrov, M. A. Belyaev, D. G. Korzun

Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

Recognizing the degree of user involvement in the work process is an important task in various types of human activities, for example, transportation, hazardous production, etc. The article discusses the possibility of recognition of involvement based on biomarkers that can be registered by a smart hexoskin T-shirt by non-invasive methods.

Key words: smart textile, hexoskin, intelligent Internet technologies, engagement.

Исследуется задача распознавания степени вовлеченности пользователя в процесс выполнения работы. Разрабатывается программно-аппаратный прототип распознавателя, который в перспективе может стать частью бионического костюма для приложений тактильного интернета [1]. Оценка вовлеченности пользователя в процесс является важным параметром [2] для различных видов деятель-

ности человека, где требуется постоянная концентрация внимания, например опасные производства, пассажирские и грузовые перевозки и др. При адекватной оценке вовлеченности могут даваться рекомендации к отдыху.

Первым этапом проекта является исследование возможности определения вовлеченности офисного сотрудника, поэтому для моделирования используется его рабочее место с компьютером. Источниками данных для анализа служат: клавиатура (интенсивность нажатия на клавиши и другие параметры), мышь (перемещение по экрану), микрофон (частота дыхания) и 3D камера (отслеживание перемещения зрачков, положения тела, головы и т. д.).

Для определения вовлеченности будет использоваться кластерная модель, которая для каждого вида активности пользователя (например, чтения (перемещение зрачков), печати (набор на клавиатуре) и перемещению мыши) будет делить данные на кластеры (не вовлечен, вовлечен, сильно вовлечен). Далее будет выбираться максимальный параметр из этих кластеров и представляться как текущее состояние пользователя, вовлеченного в процесс. Описанная модель представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Модель оценки вовлеченности

В данной статье рассматривается возможность расширения модели расчета вовлеченности за счет анализа неинвазивных (не требующие преодоления естественных преград человека) биомаркеров, регистрировать которые предполагается при помощи «умной майки». Использование умного текстиля позволяет встроить предлагаемую модель оценки вовлеченности в бионический костюм для приложений тактильного интернета.

Рассмотрим одно из представленных на рынке решений – разработку канадской компании Carge для канадского аэрокосмического агентства. Майка hexoskin [3] представляет собой надеваемый на тело человека текстильный объект с закрепленными на нем датчиками и устройством сбора информации с датчиков.

Майка hexoskin предоставляет следующий набор датчиков: три электрода для регистрации ЭКГ, двух канальный датчик для регистрации дыхания и трехосевой акселерометр для определения положения тела. Два отведения для ЭКГ находятся на уровне груди (слева и справа), одно отведение – снизу справа на уровне брюшной полости. Датчик дыхания закреплён на уровне груди. Акселерометр находится посередине майки. Рассмотрим возможности каждого из датчика в отдельности с привязкой к задаче анализа вовлеченности человека.

Электрокардиограмма представляет собой регистрацию электрических полей, которые производит сердце во время своей работы. Имея кардиограмму в своем распоряжении врач кардиолог может судить о состоянии сердечно-сосудистой системы человека, а также делать выводы по наличию или развитию определенных заболеваний. Стандартная ЭКГ в лечебных учреждениях записывается с помощью двенадцати отведений (фиксированные места крепления электродов, четыре отведения на конечности и восемь отведений вокруг сердца). Майка hexoskin имеет всего три отведения, что не позволяет ей строить полноценную ЭКГ, однако этого достаточно, чтобы измерять ритмы работы серд-

ца, на основе которых можно диагностировать некоторые виды заболеваний, например, фибрилляцию предсердий (один из видов аритмий).

Из показателей электрокардиограммы с помощью трёх отведений можно измерять комплекс QRS (момент деполяризации желудочков) и интервалы RR (время между пиками QRS, фактически интервал между двумя соседними циклами работы сердца). Зная интервал RR появляется возможность вычислять характеристику ВСП (вариабельность сердечного ритма) [4, 5], которая является величиной обратной к вариабельности мгновенной частоты сердечных сокращений. Организм, испытывая стресс любой природы (психологический, физический, химический, гормональный), активирует симпатическую нервную системы, а, следовательно, повышается частота сокращения сердца, снижается характеристика ВСП. Когда организм восстанавливается, активируется парасимпатическая система, частота сокращения сердца уменьшается, следовательно, снижается характеристика ВСП.

Таким образом, применительно к анализу вовлеченности пользователя в процесс, вычисляя характеристику ВСП, можно делать выводы, что при уменьшении характеристики ВСП увлеченность пользователя процессом увеличивается, так как организм начинает испытывать стресс. При увеличении характеристики ВСП, можно говорить о том, что пользователь восстанавливается после стресса и не вовлечен в процесс.

Датчик анализа частоты дыхательных движений измеряет объем груди в соответствии с этим можно делать предположения о вдыхании/выдыхании воздуха человеком. При эмоциональной нагрузке (большой вовлеченности в процесс) частота дыхательных движений увеличивается. Помимо самой частоты дыхания имеется возможность расчета объема получаемого воздуха.

Датчик акселерометра позволяет регистрировать изменения перемещения тела человека по трем плоскостям. Частая смена положений тела может свидетельствовать об отсутствии концентрации человека на процессе, а, следовательно, и не вовлеченности в него. Для определения изменения положения тела предлагается использовать фильтр, регистрирующий только достаточно большие перемещения (например, откидывание на спинку стула/кресла, пересаживание с одного края стула на другой и др.). Параметр частой смены предлагается установить экспериментальным путём.

При проведении экспериментов с испытуемым и регистрации параметров с помощью майки hexoskin, предполагается вначале снять показатели пользователя в состоянии покоя (на протяжении 5–10 минут). Это позволит подстроить систему определения вовлеченности для конкретного пользователя, так как все регистрируемые параметры индивидуальны от человека к человеку.

В таблице 1 представлена сводная информация о датчиках, расположенных на майке hexoskin и применение их для анализа вовлеченности пользователя в процесс.

Таблица 1

Соотношение показателей и вовлеченности

Датчик	Показатель	Вовлеченность
ЭКГ	Вариабельность сердечного ритма (ВСП)	Уменьшение ВСП соответствует об увеличении вовлеченности, увеличение ВСП – об уменьшении вовлеченности
Датчик дыхания	Частота дыхательных движений	Увеличение частоты дыхания соответствует об увеличении вовлеченности, уменьшение частоты дыхания – об уменьшении вовлеченности
Акселерометр	Положение тела, смена частоты положения тела	Частая смена положения тела может свидетельствовать о невовлеченности

Расширенная модель с помощью умной майки бионического костюма представлена на рисунке 2. Планируется выделить отдельную кластерную модель по данным с умной майки, рассчитывать вовлеченность по полученной модели и предоставлять результат в общий пул результатов.

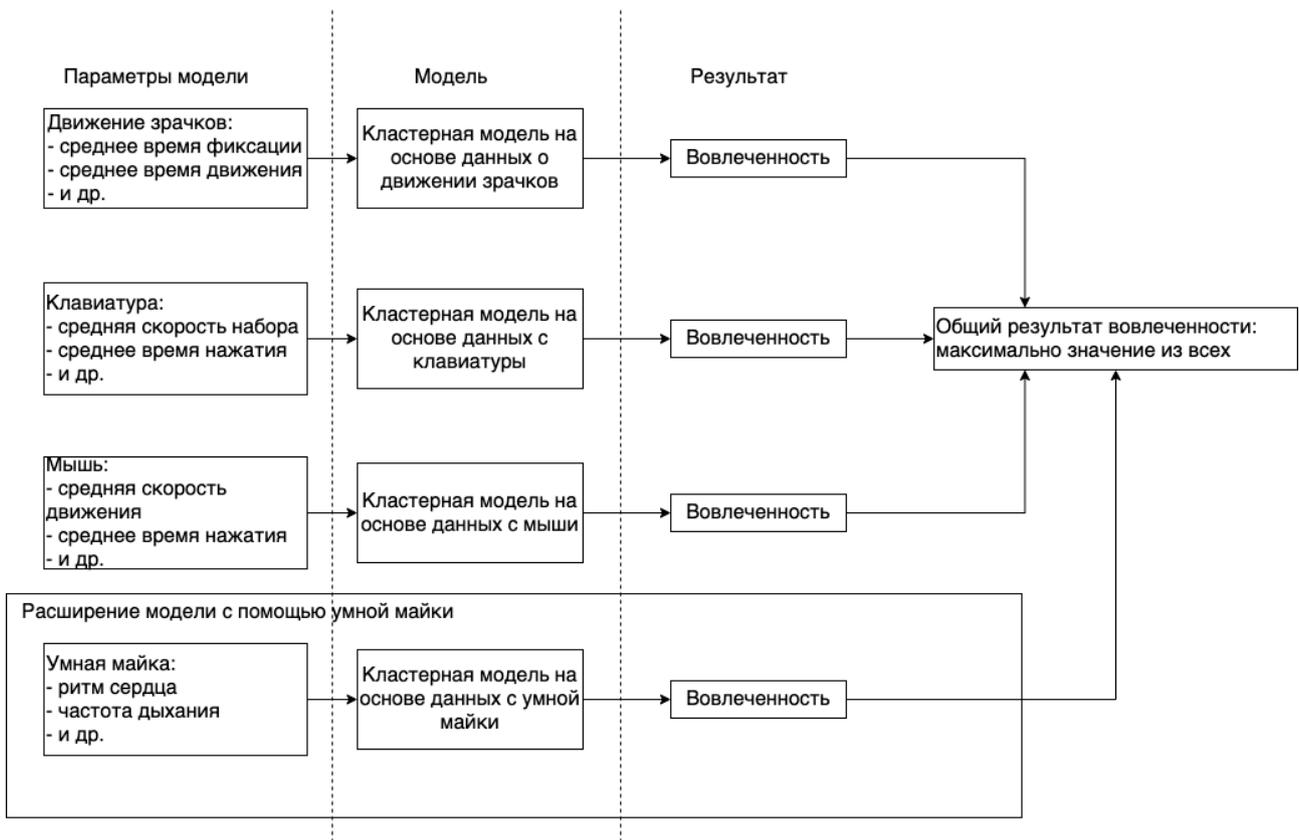


Рис. 2. Расширение модели бионического костюма с помощью данных с умной майки

Архитектура взаимодействия майки hexoskin с компьютером сбора информации представлена на рисунке 3. На майке имеется блок сбора информации, который имеет Bluetooth Low Energy (BLE) интерфейс, что позволяет подключать его к устройству с модулем BLE. Поэтому на компьютере сбора информации предполагается разместить модуль BLE и получать данные прямо на компьютер, где уже кластерная модель будет работать с данными.

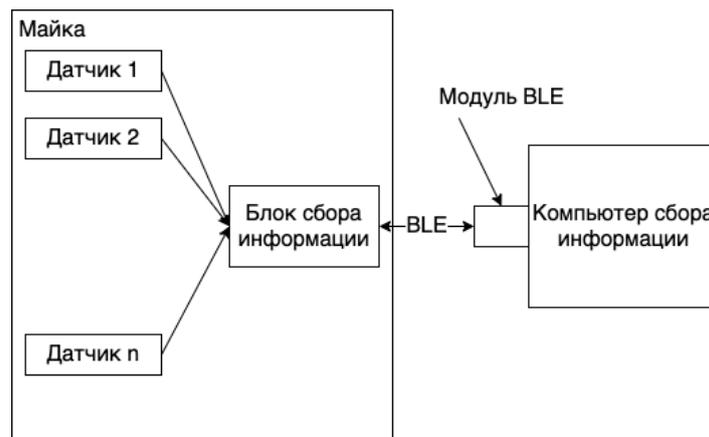


Рис. 3. Модель получения данных с майки

Поддержка исследований. Исследование выполняется в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение №075-15-2021-1007 от 28.09.2021 по теме «Программно-аппаратные методы сенсорики и машинного восприятия для робототехнических систем с автономным движением».

Библиографический список

1. Korzun D., Balandina E., Kashevnik A., Balandin S., Viola F. Ambient Intelligence Services in IoT Environments: Emerging Research and Opportunities. USA: IGI Global, 2019. 199 p. DOI: 10.4018/978-1-5225-8973-0.
2. Касаткина Д. А. и др. Автоматическое распознавание вовлеченности в образовании: критический обзор исследований // Современная зарубежная психология. – 2020. – Т. 9. – №. 3. – С. 59–68.
3. Hexoskin Connected Health Platform | Carre Technologies inc (Hexoskin) // URL: <https://www.hexoskin.com/pages/hexoskin-connected-health-platform>.
4. Коломиец О. И., Быков Е. В., Петрушкина Н. П. Анализ качества восстановления спортсменов на основе Firstbeat-мониторинга (вариабельность сердечного ритма) // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. – 2019. – Т. 23. – №. 3. – С. 3–13.
5. Шакирова Л. С. и др. Вариабельность сердечного ритма больных в разные сезоны года // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2020. – №. 1. – С. 26–37.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ZABBIX ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СЕРВИСОВ

В. М. Димитров, Д. С. Мадрахимова, В. А. Пономарев

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

dimitrov@cs.petrso.ru

Одной из важных задач при построении микросервисной архитектуры является непрерывный мониторинг работоспособности как разработанных в рамках проекта сервисов, так и различных сторонних служб (например, сервер базы данных). Помимо проверки работы процессов требуется также диагностировать ситуации, когда служба работает, но находится в ошибке. В статье рассказывается опыт построения такой системы мониторинга.

Ключевые слова: микросервисы, zabbix, мониторинг.

EXPERIENCE OF USING THE ZABBIX MONITORING SYSTEM TO TRACK THE HEALTH OF SERVICES

V. M. Dimitrov, D. S. Madrahimova, V. A. Ponomarev

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

One of the important tasks when building a microservice architecture is continuous monitoring of the health of both the services developed within the project and various third-party services (for example, a database server). In addition to checking the work of processes, it is also required to diagnose situations when the service is running, but is in an error. The article describes the experience of building such a monitoring system.

Key words: microservices, zabbix, monitoring.

Проект по разработке программного обеспечения с микросервисной архитектурой [1] предполагает наличие системы мониторинга. Такая система является одним из основополагающих принципом микросервисной архитектуры и является жизненно важной частью проекта: позволяет оперативно влиять на внештатные ситуации, сокращает издержки на поиск и устранение причин возникающих проблем, повышает качество проекта в целом. Далее под модулем будет подразумеваться класс программ, а сервисом (или конфигурацией модуля) – запущенный процесс модуля.

Сложность системы может быть обусловлена следующими обстоятельствами:

- наличие большого количества модулей, разработанных в рамках проекта разными командами, и соответственно еще большее количество запущенных сервисов;
- наличие сторонних сервисов, функциональность которых используют разработанные сервисы;
- наличие нескольких развернутых систем (например, система на стенде для испытаний (обычно их несколько), система у заказчика (обычно их также несколько), система у разработчиков (или отделов) для каждого своя и т. д.);

Отслеживание работоспособности системы вручную в таких обстоятельствах становится практически невозможным. Для этого существуют специальные системы мониторинга Zabbix [2], Nagios [3], Sacti [4] и др. Наличие большого выбора между системами говорит о востребованности решения и актуальности проблемы. В нашем случае была выбрана система Zabbix [2], которая должна была отслеживать следующие ситуации:

- не работает заданный сервис (сервис может быть как разработанный в рамках проекта, так и сторонний). Так как в рамках проекта сервисы создаются динамически (а, следовательно, и имена у них динамические и зависят от полученного на этапе создания идентификатора), то необходима возможность динамического формирования списка сервисов на отслеживание;
- сервис находится в ошибке. Сервис продолжает работу, но находится во внутренней ошибке, например, не получает данные с другого сервиса или не получает данные с датчика;
- отслеживание работоспособности физической платы. Определение работы/не работы платы является отдельной сложной задачей, подробности можно найти в [5].
- отправляет информацию в интерфейс пользователя разрабатываемого проекта.

Однако если определить работает или не работает заданный сервис у систем мониторинга еще получается без вмешательства, то отслеживание ситуации, когда сервис работает, но находится во внутренней ошибке уже становится проблемой. Для определения таких сторонних ситуаций в системе Zabbix предусмотрены специальные сущности – агенты, в которых можно реализовать требуемую логику.

Для решения поставленных задач была разработана архитектура, представленная на рисунке 1. В общей архитектуре проекта для взаимодействия между модулями используется брокер сообщений MQTT, поэтому для решения отслеживания проблем наличия модулей в ошибке был также он задействован. Решение заключается в том, что переходя в ошибку модулю необходимо отправить сообщение в брокер сообщений по заданному формату. Реализованный агент для системы zabbix отслеживает наличие таких сообщений в брокере и сообщает в систему zabbix о наличие проблемы, после чего пользователи получают уведомления в зависимости от настроек.

Отправка в интерфейс проекта осуществлялась по требованию через предоставленное API системы Zabbix.



Рис. 1. Архитектура системы отслеживания ошибок

Таким образом, были решены поставленные задачи в достаточно короткие сроки и достигнуты нужные эффекты от внедрения системы Zabbix в систему развертывания проекта.

Поддержка исследований. Работа выполнялась в Петрозаводском государственном университете при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения № 075-11-2019-088 от 20.12.2019 по теме «Создание высокотехнологичного производства мобильных микропроцессорных вычислительных модулей по технологии SiP, PoP для интеллектуального сбора, анализа данных и взаимодействия с окружающими источниками».

Библиографический список

1. Ньюмен С. Создание микросервисов. – СПб.: Питер, 2016. – 304 с. – ISBN 9785-946-02011-4.

2. Zabbix :: The Enterprise-Class Open Source Network Monitoring Solution. <https://zabbix.com>. Просмотрено 13 ноября 2021 г.
3. Nagios – The Industry Standard In IT Infrastructure Monitoring. <https://nagios.org>. Просмотрено 13 ноября 2021 г.
4. Cacti – The Complete RRDTool-based Graphing Solution. <https://cacti.net> Просмотрено 13 ноября 2021 г.
5. Мадрахимова Д. С. Использование системы мониторинга Zabbix для интеллектуализации периферийных устройств / Д. С. Мадрахимова, В. А. Пономарев, Д. Ж. Корзун // Цифровые технологии в образовании, науке и обществе – Петрозаводск, 2020 г.

КОНЦЕПЦИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СЕНСОРНОЙ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОНОМНО ДВИЖУЩЕГОСЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА

В. А. Ермаков, Д. Ж. Корзун

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

ermvad@cs.petrso.ru, dkorzun@cs.petrso.ru

В данном докладе представлена концепция и программное решение для сбора данных с физических датчиков в условиях автономного движущегося устройства. Определен ряд задач, возникающих при создании программного комплекса, а также возможные варианты решения, такие, как использование событийно-ориентированных библиотек и декомпозиция приложения на программные модули.

Ключевые слова: автономное движущее устройство, слой сенсорики, модульная декомпозиция.

THE CONCEPT OF A MULTIPARAMETER SENSORY SOFTWARE APPLICATION FOR AN AUTONOMOUS MOBILE ROBOT

V. A. Ermakov, D. G. Korzun

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

This report presents a concept and software solution for collecting data from physical sensors in an autonomous moving device. Several problems arising during the creation of a software package are identified. We provide possible solutions, usage of event-based libraries, and decomposition of the application into software modules.

Key words: autonomous driving device, sensing layer, modular decomposition.

Под автономными движущимися устройствами (АДУ) понимаются движущиеся устройства, способные заданное время в автономном режиме, совершать перемещения, на основе информации, получаемой слоем сенсорики. Данная работа на текущий момент охватывает следующие направления в рамках дорожной карты развития «сквозной» цифровой технологии «Компоненты робототехники и сенсорики»: разработка автоматизированных технических систем и методов управления ими; разработка сенсорных систем и методов обработки сенсорной информации [1].

Примером автономно движущегося устройства (АДУ) может являться колесный автономный робот. Подобные роботы оснащаются набором физических датчиков, электромоторами для движения, а также программно-аппаратными модулями сбора, управления и передачи информации на основе микроконтроллеров или микрокомпьютеров. Подобные АДУ могут использоваться в системах автономной навигации с использованием инерциальных акселерометров [2]. Следующий набор физических датчиков рекомендован к применению для оценки состояния автономного колесного робота:

1. Трехосевой акселерометр. Используется для определения начала движения, торможения, ускорения АДУ.

2. Трехосевой гироскоп. Применяется для определения переворота тележки, угла наклона в трех плоскостях при движении АДУ или в нахождения АДУ в покое.

3. Лазерный дальномер (лидар). Используется для определения расстояния от АДУ до предполагаемого препятствия.

4. Датчики метеорологических систем: температуры, давления, влажности. Применяются для определения состояния внешней среды и возможных нештатных ситуаций.

Пример подобного АДУ представлен на рисунке 1.

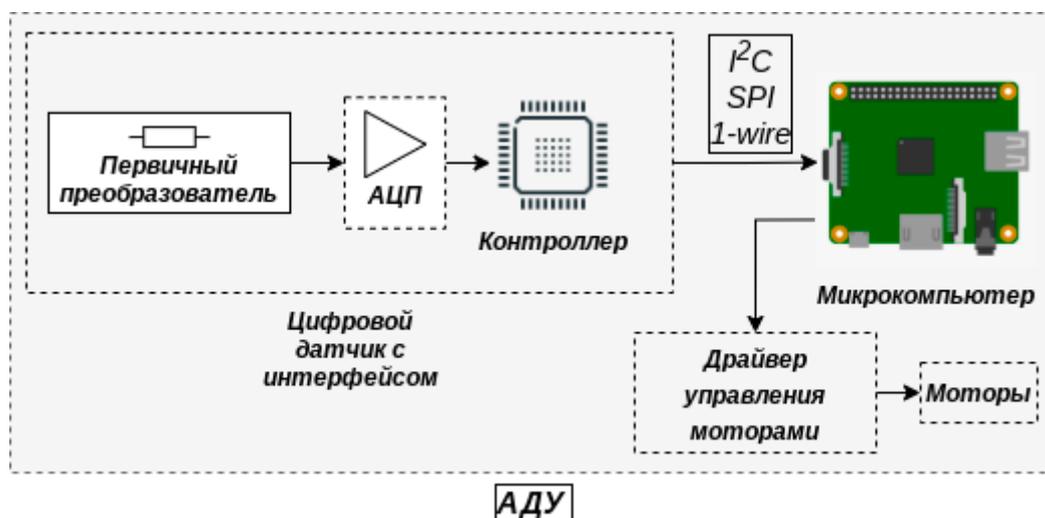


Рис. 1. Пример структурной схемы АДУ на основе микрокомпьютера

Зачастую, для данных, получаемых с датчиков, требуется обработка, в виде усреднений, фильтрации, расчета траекторий. В данном случае целесообразно применение микрокомпьютеров на базе ARM-процессоров. После того, как данные с физических датчиков были получены, потенциально необходима их дальнейшая передача:

- В программные модули, для последующей обработки, выполняемые непосредственно на АДУ [1];
- На удаленный сервер для хранения или визуализации.

Таким образом, возникает следующий спектр исследовательских задач:

- Декомпозиция программного обеспечения АДУ на набор модулей, выполняющих сбор и обработку информации;
- Организация измерительного цикла, в ходе которого выполняется получение показаний с физических датчиков [3, 4];
- Синхронизация потоков данных с различных физических датчиков [5];
- Проектирование программно-аппаратного интерфейса, поддерживающего передачу данных с физических датчиков в программные модули и на удаленный сервер для последующей обработки [4].

Модульность

Каждый модуль должен работать автономно (единичный процесс со своим PID) и иметь программный интерфейс для входных и выходных данных. Стоит принять во внимание, что для выполнения измерения, с каждого из датчиков необходимо некоторое время. Декомпозиция на модули, позволяет избавить программу, выполняемую на АДУ от блокировок на время чтения данных со слоя сенсорики.

Организация измерительного цикла

Для правильного распределения нагрузки на центральный процессор требуется грамотная организация измерительного цикла: обеспечить необходимую скорость потока данных с физических датчиков, рационально используя ресурсы центрального процессора. Данный подход может быть решен с помощью программных таймеров, на примере библиотеки `libuv`. Событийно-ориентированный цикл `event loop` библиотеки позволяет вызывать `callback`-функции по переополнению программного таймера. В подобной функции возможно размещение программного кода сбора данных с физических дат-

чиков. Минимальное значение счетчика таймера должно соответствовать суммарному времени выполнения измерений со слоя сенсорики.

Синхронизация потоков данных с различных физических датчиков

Для решения данной проблемы, каждое показание с одного физического датчика должно быть снабжено временной меткой (timestamp). В дальнейшем, на основе временных меток, показания с датчика можно интерполировать, или выстроить показания в необходимом порядке.

Программно-аппаратный интерфейс передачи данных

Для решения проблемы передачи данных в программный модуль обработки или на удаленный сервер предлагается использовать именованные каналы (pipes) или сокеты. Библиотека libuv позволяет добавлять в событийно-ориентированный цикл event loop обработчик (handler), выполняющий упаковку показаний датчиков в пакеты, и отправку этих пакетов в необходимый модуль или удаленный сервер. На стороне отправителя создается именованный канал или локальный сокет для отправки сообщений, в то время как на стороне получателя выполняется подключение к именованному каналу или создание слушающего сокета. Для корректной работы данного решения, требуется согласование формата данных, используемого для передачи данных между модулями.

Предлагаемое решение

Один из вариантов программного решения представлен на рисунке 2. Здесь, в качестве аппаратной платформы выступает микрокомпьютер, на котором установлено программное обеспечение, выполненное в виде модулей. Программный модуль сбора данных, с помощью программной библиотеки libuv получает данные со слоя сенсорики, а также выполняет их передачу с помощью именованных каналов (pipes). Задача программного модуля обработки данных – определение текущего состояния АДУ, а также передача команд на модуль управления драйвером моторов, в зависимости от текущей ситуации.

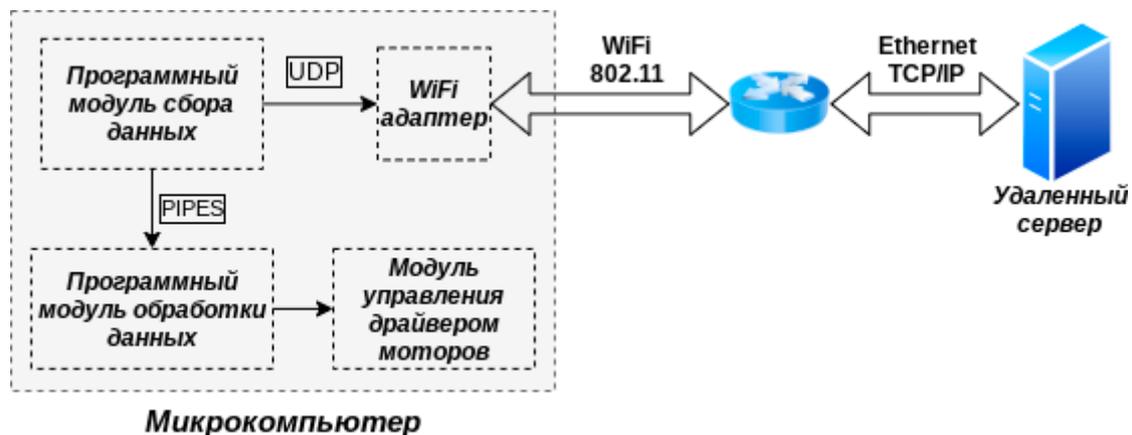


Рис. 2. Пример модульной архитектуры для решения задачи определения состояния АДУ

Поддержка исследований. Исследование выполняется в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение №075-15-2021-1007 от 28.09.2021 по теме «Программно-аппаратные методы сенсорики и машинного восприятия для робототехнических систем с автономным движением».

Библиографический список

1. Миков А. Г., Мощевикин А. П., Воронов Р. В. Автономный метод оценки местоположения колесного механизма на основе инерциальных данных и фильтра Калмана с коррекцией скорости на поворотах // XXVII Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам. – 2020. – С. 100–105.
2. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Компоненты робототехники и сенсорики». – Москва: Минкомсвязь России, 2019. – С. 45.

<https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019robototekhnika-i-sensorika.pdf> (дата обращения: 10.11.2021). – Режим доступа: свободный.

3. Богоявленская О. Ю. Intelligent Data Selection in Robot Movement [Текст] / О. Ю. Богоявленская, Д. Ж. Корзун // Proceedings of the 28th Conference of Open Innovations Association FRUCT, Moscow, Russia. ISSN 2305-7254, FRUCT Oy, e-ISSN 2343-0737 (license CC BY-ND). – Москва, 2021. – С.684–687. – Режим доступа: <https://fruct.org/publications/acm28/files/zzKor.pdf>. – ISSN 2305-7254.
4. Kocić J., Jovičić N., Drndarević V. Sensors and sensor fusion in autonomous vehicles //2018 26th Telecommunications Forum (TELFOR). – IEEE, 2018. – С. 420–425.
5. Guan Y., Song X. Sensor fusion of gyroscope and accelerometer for low-cost attitude determination system //2018 Chinese Automation Congress (CAC). – IEEE, 2018. – С. 1068–1072.

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ: ОПЫТ ФТИ ПЕТРГУ

Н. Ю. Ершова

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

ershova@petrsu.ru

Продемонстрирован опыт внедрения разных видов электронного обучения на ФТИ ПетрГУ. Подробно рассмотрен пример представления материала в электронном учебном курсе, разработанном для асинхронного автоматизированного онлайн-обучения в рамках программы дополнительного профессионального образования.

Ключевые слова: онлайн-обучение, электронный учебный курс, интерактивный диалоговый тренажер.

DEVELOPMENT OF E-LEARNING: THE EXPERIENCE OF THE PHYSICOTECHNICAL INSTITUTE PETRSU

N. Yu. Ershova

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The experience of introducing different types of e-learning at the Physicotechnical Institute of PetrSU was demonstrated. An example of the presentation of material in an electronic training course developed for asynchronous automated online learning as part of an additional professional education program was considered in detail.

Key words: online training, e-learning course, interactive dialogue simulator.

В июле 2021 г. была опубликована «Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования». Этот документ содержит перечень задач и пути их решения по основным направлениям цифровой трансформации российских университетов и научных организаций на период до 2030 г. [1]. Одной из задач на пути достижения этой цели является развитие онлайн-обучения.

Определимся с понятиями. *Онлайн-обучение* – это получение знаний и умений при помощи компьютера или другого гаджета, подключенного к интернету в режиме «здесь и сейчас», опосредованное соединением [2]. В большинстве вузов России реализовано и успешно применяется *смешанное обучение* (англ. «Blended Learning»). Изначально под смешанным обучением понимали сочетание традиционных форм аудиторного обучения с элементами электронного обучения (ЭО), в котором используются специальные информационные технологии, такие как компьютерная графика, аудио и видео, интерактивные элементы и т. п. [3]. В настоящее время это понятие несколько изменилось. Под смешанным обучением мы понимаем сочетание традиционного и дистанционного, т. е. онлайн обучения. А электронное обучение не обязательно должно быть дистанционным. ЭО включает как работу за компьютером в аудитории, например, чтение методических указаний к лабораторной работе, изучение материала лекции в виде презентации и/или выполнение тестов на не подключенном к интернету компьютере, так и удаленное использование онлайн-курсов и/или видео лекций.

При дистанционном электронном обучении совместная работа преподавателя и студентов может быть организована синхронно в режиме реального времени, когда в прямом эфире в чатах, конферен-

ции в Skype, Zoom, в мессенджерах или на образовательных платформах разбирается материал, проводится опрос, беседа, практикум, виртуальная лабораторная работа. В настоящее время, как правило, именно в режиме онлайн конференции проводятся лекционные занятия. Заметим, что, например, программа Zoom изначально не предназначалась для обучения, но в настоящее время преподаватели неплохо приспособились использовать ее функциональные возможности: демонстрацию экрана преподавателями и студентами, подключение мультимедийного контекста, интерактивную доску, на которой могут писать и рисовать все участники проводимой онлайн-конференции, для образовательных целей. В тоже время в системах дистанционного обучения (СДО) представлены развитые средства коммуникации преподавателя со студентами. Так блок поддержки коммуникаций СДО Blackboard включает элементы: ваша группа, ваши сообщения, почта, журналы группы, форумы и консультации онлайн. В СДО можно использовать и конференцсвязь, например, система BigBlueButton интегрирована в СДО ПетрГУ на базе Moodle. Представляется, что применение в учебном процессе программ типа Zoom – временная мера, допустимая в условиях пандемии. Для грамотной, всесторонней реализации дистанционного ЭО необходимо разрабатывать учебные курсы в СДО, где кроме разнообразных форм представления учебного материала, использования мультимедиа возможностей, реализовано сопровождение учебного процесса и документооборот, информационно-справочная система, поддержка научной деятельности (моделирование и расчеты).

При асинхронном онлайн-обучении без участия преподавателя обучающийся самостоятельно по собственной образовательной траектории изучает все темы курса, сдает тесты для самопроверки и с автопроверкой и получает сертификат об окончании модуля, темы или всего курса. Этот вариант удобен, например, в программах повышения квалификации дополнительного профессионального образования (ДПО), реализованных на многих сайтах дистанционного обучения.

Рассмотрим подробнее реализацию преподавания в асинхронном автоматизированном режиме на примере электронного учебного курса (ЭУК) «Физические основы радиофотонных компонент и устройств», разработанного преподавателями ФТИ в рамках программы дополнительного профессионального образования (ДПО) «Проектирование и производство элементной базы современной радиофотоники с наноразмерным масштабом компонент». Курс предназначен для инженеров с высшим специальным образованием, изучается самостоятельно без поддержки преподавателя на сайте webtutor.petrSU.ru. ЭУК содержит разные формы представления информации: текст, рисунки, анимации, таблицы, аудио и видеовставки (рис. 1).

Учащийся может просто прочитать текст и/или включить аудио и видео фрагменты. Предусмотрено именно включение/выключение аудио и видео, так как некоторым обучающимся достаточно информации в текстовом формате и другие варианты представления могут раздражать. В ЭУК включены разные средства контроля и проверки освоения материала: после каждого тематического модуля есть вопросы для самопроверки и контрольные вопросы по теме. Перед контрольным тестированием по всему материалу в учебник добавлен интерактивный диалоговый тренажер (рис. 2), позволяющий быстро повторить базовые понятия изученных тем. Отзывы обучающихся по результатам апробации ЭУК показали, что включение в электронные курсы мультимедийного контента и тренажера в виде квеста способствует лучшему освоению учебного материала.

Вычислительная фотоника

Современные инструменты моделирования

Программы системного и имитационного анализа интегрально-оптических устройств:

Название программы	Область применения
ModeSYS	Моделирование многомодовых оптических систем связи
OptiSYSTEM	Моделирование одномодовых и многомодовых систем связи. Системы со спектральным уплотнением
OptiSYSTEM Amplifier Edition	Оптические усилители. Лазерные и нелинейные кольцевые волоконные лазеры
OptiSYSTEM Multimode Edition	Многомодовые волоконно-оптические системы связи
OptiSim	Волоконно-оптические системы связи и их компоненты
Lastip	2D полупроводниковые лазеры. Полупроводниковые источники излучения. Лазеры на квантовых ямах
Apssys	

Позиция: 27/74

а)

Фотонные и радиотонные компоненты, устройства и системы

Конструкция волоконного световода

В приближении геометрической оптики лучи, входящие на границу «оболочка-сердце-ядро» волокна под углом $\theta < \theta_c$, испытывают полное внутреннее отражение на поверхности раздела двух оптических сред (рисунок 24б). Величина критического угла θ_{cp} определяется из соотношения:

$$\sin \theta_{cp} = \frac{1}{n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (46)$$


Рисунок 25. Анимированное распространение лучей внутри световода

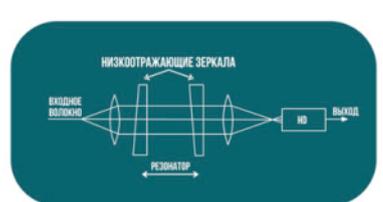
Позиция: 96/108

б)

Вычислительная фотоника

Анализатор оптического спектра на основе интерферометра Фабри-Перо

На рисунке показана упрощенная схема анализатора оптического спектра на основе интерферометра Фабри-Перо (ФП), который выполняет функции оптического фильтра и состоит из двух низкоотражающих параллельных зеркал, создающих объемный резонатор, фильтрующий входное оптическое излучение.



Позиция: 64/74

в)

Вычислительная фотоника

Типы измерений в волоконно-оптических системах: системные измерения

В общем случае весь спектр измерений в волоконно-оптических системах передачи можно разделить на два основных типа: системные и эксплуатационные измерения.

Первые заключаются, например, в определении целостности волокна при помощи оптического рефлектометра.

Принцип работы прибора основан на отражении сигнала от рефлектометра в оптической линии передачи. Рассмотрим практическое использование рефлектометра.

Оптический рефлектометр (англ. OTDR, Optical Time Domain Reflectometer) – прибор для измерения параметров волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП).



Позиция: 29/74

г)

Рис. 1. Формы представления информации в ЭУК «Физические основы радиотонных компонент и устройств»: а) текст и таблица, б) анимация, в) текст, рисунок и аудио озвучивание работы схемы, г) текст с выплывающими пояснениями и видео фрагмент

Второй вариант асинхронного ЭО с поддержкой тьютера целесообразен в школах и вузах. Поскольку в этом случае на определенных этапах самостоятельного дистанционного обучения (в контрольных точках) обучающихся контролирует преподаватель: проверяет и комментирует домашние задания, разъясняет сложные места отдельных модулей и тем дисциплины в общем чате учебной группы или на специальном форуме. Этот вариант реализован на ФТИ в СДО Blackboard (например, Физика, История, Методы инженерного творчества и т. п.) и в СДО ПетрГУ на базе Moodle (например, Информатика, Языки программирования высокого уровня, Технология программирования и т. п.). Достижения преподавателей ФТИ в этом направлении могут стать предметом самостоятельной публикации.

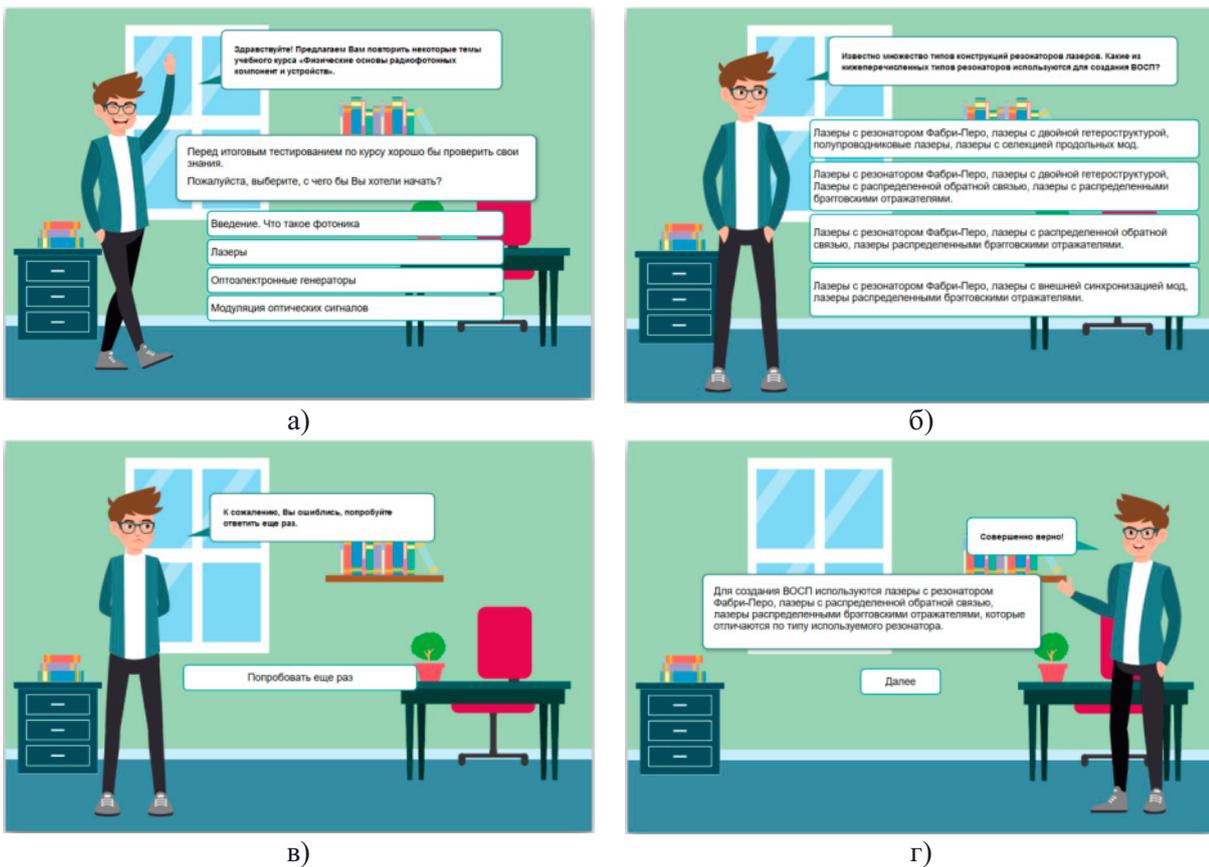


Рис. 2. Страницы ЭУК «Физические основы радиофотонных компонент и устройств» с диалоговым тренажером в формате квеста:
 а) приветствие, б) вопрос, в) эмоция – недоволен, г) эмоция – доволен

Таким образом, развитие онлайн-образования в вузах способствует общей цифровой трансформации высшего образования. В настоящее время в условиях пандемии изменяется отношение к дистанционному электронному образованию: преподаватели и студенты уже стали воспринимать новые форматы как неизбежные, привычные и приемлемые. Многие вузы РФ, включая ПетрГУ, накопили определенный опыт перехода в онлайн. Смешанное обучение становится нормой. На практике определены преимущества и недостатки технических средств, платформ дистанционного обучения, подходов и методик. В результате общество должно получить масштабное использование электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, развитие функционала электронной информационно-образовательной среды вузов в целом.

Библиографический список

1. Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://minobrnauki.gov.ru/upload/iblock/e16/dv6edzmr0og5dm57dtm0wyllr6uwtujw.pdf>
2. Чем отличается онлайн-обучение от дистанционного обучения? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/id/5e3b1a0ad86469218fd64905/chem-otlichaetsia-onlainobuchenie-ot-distancionnogo-obuchenia-5e8449e84dc6b06f644db03f>
3. Что такое смешанное обучение: принципы и методики эффективного внедрения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ispring.ru/elearning-insights/chto-takoe-smeshannoe-obuchenie>.

ПРАКТИКА ПЕРЕХОДА НА ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ПРОГРАММНОЕ И АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ПЕТРГУ

Н. Ю. Ершова, А. Ю. Когочев
Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
ershova@petsu.ru

Продemonстрирован опыт внедрения в учебный процесс 32-разрядных микроконтроллеров серии 1986BE9x АО «ПКК МИЛАНДР» индустриального применения. Описано методическое обеспечение курса. Приведен пример конфигурирования порта ввода/вывода на языке программирования высокого уровня через управляющие регистры и с использованием библиотеки «MDR32F9Qx Standard Peripherals Library».

Ключевые слова: программное и аппаратное обеспечение, микроконтроллер, регистр.

TRANSITION PRACTICE TO DOMESTIC SOFTWARE AND HARDWARE IN PETSU

N. Yu. Ershova, A. Yu. Kogochev
Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The experience of implementing 32-bit microcontrollers of the 1986BE9x series from JSC «ICC Milandr» for industrial use into the educational process is demonstrated. The methodological support of the course is described. An example of configuring an I/O port in a high-level programming language using control registers, as well as the «MDR32F9Qx Standard Peripherals Library» is given.

Key words: software and hardware, microcontroller, register.

Петрозаводский государственный университет (ПетрГУ) стал одним из первых вузов России, где преподавание курса «Микропроцессорная техника» было реализовано на базе микроконтроллеров (МК) – программируемых вычислительных микросхем, обладающих набором встроенных периферийных устройств, постоянной и оперативной памятью, предназначенных для управления в технических системах. Еще в прошлом веке по заказу ПетрГУ специалистами Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» были разработаны отладочные платы на базе 16-разрядного микроконтроллера 80C196KC/KD CISC архитектуры фирмы Intel семейства MCS-96 и внедрены в учебный процесс [1]. Позже преподавание основ микропроцессорной техники было дополнено преимущественно самостоятельным освоением обучающимися быстро развивающихся RISC микроконтроллеров ATmega16 компании Atmel [2]. Таким образом, выпускники физико-технического института (ФТИ) ПетрГУ получали актуальные компетенции разработчика автоматизированных систем управления на современной элементной базе – микроконтроллерах.

В XXI веке на рынке МК появляются микросхемы отечественных компаний. Так АО «ПКК МИЛАНДР» – ведущий российский разработчик и производитель интегральных микросхем, электронных модулей, приборов и систем в 2008 году приобрел у компании ARM лицензию на процессорное ядро ARM Cortex-M3. На базе данного процессорного ядра компанией «Миландр» были разработаны высокопроизводительные 32-разрядные микроконтроллеры серии 1986BE9x индустриального применения, например для сбора данных с различных датчиков в системах учета энергоресурсов.

АО «ПКК Миландр» активно сотрудничает с вузами России. Уже третий год преподавание дисциплины «Системы реального времени» для магистрантов ФТИ и института математики и информационных технологий проводится на отечественном аппаратном и программном обеспечении. Используются 10 отладочных комплексов с микроконтроллерами семейства K1986BE92 и операционная система реального времени российской компании «АстроСофт».

В текущем учебном году и бакалавры ФТИ в рамках дисциплины «Проектирование автоматизированных систем управления» начнут изучать архитектуру и программирование отечественных микроконтроллеров серии 1986BE8x. Демонстрационно-отладочная плата (рисунок 1) кроме микроконтроллера K1986BE92QI, разъемов элементов управления и коммутации содержит набор светодиодов на линиях 0 и 1 порта C, ЖК-дисплей разрешением 128x64 точек для отображения результата программирования встроенных устройств МК.

Если первые изучаемые МК студенты программировали на языке низкого уровня – ассемблере, что позволяло лучше понять архитектуру микроконтроллера, конфигурируя работу встроенных устройств через установку/сброс, опрос определенных битов в регистрах управления/состояния МК, то теперь студентам будет предложено разрабатывать программное обеспечение для микроконтроллера на языке Си. Указанный язык программирования с одной стороны наиболее близок к аппаратному обеспечению и сохраняет многие прикладные свойства ассемблера, а с другой может использоваться для разработки комплексных проектов любой сложности, поскольку является языком высокого уровня. Дополнительным аргументом в пользу использования Си является наличие большого числа готовых библиотек и компиляторов как коммерческих, так и свободно распространяемых для разнообразных семейств МК. В итоге применение Си в обучении программированию сформирует необходимые навыки и позволит быстрее переходить в будущей практической деятельности от одного семейства микроконтроллеров к другому, затрачивая меньше времени и на изучение специфических ассемблерных команд, и на саму разработку прикладного программного обеспечения.



Рис. 1. Внешний вид отладочной платы (версия 4)

Для методического обеспечения курса подготовлено электронное пособие. Обучающиеся смогут познакомиться с алгоритмами программирования встроенных устройств микроконтроллера K1986VE92Q1, освоить среду программирования. Пособие включает четыре лабораторные работы, содержащие набор необходимых заданий, контрольных вопросов и достаточно подробную теоретическую часть с примерами программного кода, реализующего те или иные функциональные возможности устройств МК. Особенностью электронного учебного пособия является представление и подробное объяснение алгоритмов программирования встроенных устройств микроконтроллера как непосредственно через регистры управления, так и через модули библиотеки «MDR32F9Qx Standard Peripherals Library» (рис. 2).

```
// медленный фронт на линиях 5, 6 порта B
MDR_PORTB->PWR=(1<<5)|(1<<6);
// режим работы линий 5, 6 – "порт"
MDR_PORTB->FUNC&=~((1<<8)|(1<<9)|(1<<10)|(1<<11));
// режим работы линий 5, 6 – цифровой
MDR_PORTB->ANALOG|= (1<<5)|(1<<6);
// линии 5 и 6 на вход
MDR_PORTB->OE&=~((1<<5)|(1<<6));
// режим работы линий 5, 6 с использованием триггера Шмитта выключен
MDR_PORTB->PD&=~((1<<20)|(1<<21));
// подтяжка к питанию для линий 5 и 6 включена
MDR_PORTB->PULL|= (1<<20)|(1<<21);
// фильтры отключены
MDR_PORTA->GFEN&=~((1<<5)|(1<<6));
```

```
RST_CLK_PCLKcmd (RST_CLK_PCLK_PORTB, ENABLE);
PORT_InitTypeDef PortInitStruct;
PORT_StructInit (&PortInitStruct);
PortInitStruct.PORT_Pin = PORT_Pin_5|PORT_Pin_6;
PortInitStruct.PORT_MODE = PORT_MODE_DIGITAL;
PortInitStruct.PORT_FUNC = PORT_FUNC_PORT;
PortInitStruct.PORT_OE = PORT_OE_IN;
PortInitStruct.PORT_PD = PORT_PD_DRIVER;
PortInitStruct.PORT_PULL_UP = PORT_PULL_UP_ON;
PortInitStruct.PORT_PULL_DOWN =
PORT_PULL_DOWN_OFF;
PortInitStruct.PORT_SPEED = PORT_SPEED_SLOW;
PORT_Init (MDR_PORTB, &PortInitStruct);
```

Рис. 2. Пример конфигурирования линий порта B на ввод данных
 а) через регистры PWR, FUNC, ANALOG, OE, PD, PULL и GFEN
 б) с использованием библиотеки MDR32F9Qx_port

Таким образом, в Петрозаводском государственном университете, в том числе и на основе отечественного программного и аппаратного обеспечения формируется компетенция проектирования приборов и автоматизированных устройств. Актуальность этой компетенции будет только повышаться, поскольку именно микроконтроллеры особенно отечественные могут и должны стать элементной базой сквозных цифровых платформ и технологий Программы «Цифровая экономика Российской Федерации», например, промышленного интернета, робототехники и сенсорики [3]. Изучая во время учебы архитектуру и особенности программирования нескольких микроконтроллеров, студенты могут проанализировать и обобщить принципы программирования встроенных устройств МК разных компаний, легче переходя в будущих разработках от освоения одного микроконтроллера к другому, тем самым, повышая востребованность на современном рынке труда.

Библиографический список

1. Ершова Н. Ю. Однокристалльные микроЭВМ фирмы Intel: учебное пособие/ ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1999. – 128 с.
2. Сухарев Е. С. Микроконтроллеры Atmel AVR. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Микропроцессорные средства». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dfe.petsu.ru/koi/posob/avr/avr/index.html>.
3. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>.

СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ СЛУХОВЫХ КОСТЕЙ

В. Б. Ефлов, О. К. Евсева

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

veflov@petsu.ru

Большинство заболеваний опорно-двигательной системы – неизлечимы, и консервативное лечение может либо убрать симптомы, такие как боль и спазмы, или немного притормозить дегенеративный процесс. Еще один фактор и причина неизлечимости – неспособность хрящевой ткани к регенерации. Это проблема стала решаемой благодаря созданию эндопротезов, которые способны заменить элемент опорно-двигательного аппарата или поврежденную его часть на функционально искусственный имплант. В работе рассматривается автоматизированное создание 3D модели протеза внутренних костей уха.

Ключевые слова: 3D-модель, 3D-моделирование, кости уха, эндопротезирование.

CREATING 3D MODELS OF HEARING BONES

V. B. Eflöv, O. K. Evseeva

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

Most diseases of the musculoskeletal system are incurable, and conservative treatment can either remove symptoms such as pain and spasms, or slow down the degenerative process a little. Another factor and cause of incurability is the inability of cartilage tissue to regenerate. This problem became solved thanks to the creation of endoprotheses that can replace an element of the musculoskeletal system or a damaged part of it with a functionally artificial implant. The paper deals with the automated creation of a 3D model of the prosthesis of the internal bones of the ear.

Key words: 3D model, 3D modeling, ear bones, endoprosthesis.

Кохлеарная имплантация – это хирургическое восстановление слуха, в ходе которого в улитку внутреннего уха устанавливается специальный прибор. Он стимулирует сохранные структуры слухового нерва, что способствует восприятию звуков. Нейросенсорная тугоухость является основным показанием для кохлеарной имплантации, поскольку она характеризуется серьёзными повреждениями тканей улитки. Установленный имплант способен восстановить полностью отсутствующий или утраченный слух.

Стапедопластика – это операция, в ходе которой замещается искусственным материалом одна из слуховых косточек среднего уха, что помогает восстановить слух до приемлемого уровня.

Стапедопластика – это процедура протезирования частей слухового аппарата, которая нацелена на восстановление слуха вследствие отосклероза. Процедура стапедопластики является эффективной только при наличии признаков отосклероза. При данном заболевании костная ткань очень увеличивается, в результате чего сильно снижается мобильность сегмента, который отвечает за передачу звука.

Стапедопластика проводится двумя способами. Первый из них – поршневая стапедопластика – признается предпочтительным благодаря щадящему подходу и применению биосовместимых протезов. Стапедопластика второго варианта предполагает полное замещение стремечка аутоканьями пациента. Этот метод не вызывает отторжения импланта и характерных осложнений. После результатов необходимых исследований врач принимает решение, какой вариант будет эффективен в каждом конкретном случае. Стапедопластика излечивает пациентов от тугоухости в 95% случаев.

Для визуализации костных структур среднего уха превосходно подходит: компьютерная томография. Благодаря КТ получают послойные снимки височной кости и окружающих тканей в трёх плоскостях. Толщина среза составляет всего несколько миллиметров, что позволяет врачу-рентгенологу рассмотреть не только все анатомические образования, но и минимальные патологические изменения. Визуализация височной кости при помощи лучевых методов является ценным инструментом в арсенале оториноларинголога – хирурга головы и шеи. В настоящее время распространены два основных метода исследования: компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ). КТ позволяет детально оценить костные структуры височной кости, на МРТ лучше визуализируются мягкие ткани. На МРТ костная ткань не отображается. КТ основана на применении компьютерных алгоритмов для построения изображений из отдельных «срезов». Первые аппараты КТ назывались «аппаратами компьютерной аксиальной томографии» (КАТ), потому что они могли строить изображения только в аксиальной плоскости. Современные аппараты могут собирать большой массив данных и строить из него изображения в любой плоскости, в том числе трехмерные.

В ходе работы мы использовали такую программу как ZBrush – это мощное приложение для трехмерного моделирования. Обладает большим количеством инструментов для профессиональной работы с 3D моделями.



Пример рабочей модели

Из трудностей, с которыми нам пришлось столкнуться это работа с пропорциями и соотношениями размеров.

Подводя итоги всему вышесказанному, можно сделать вывод что фактически, человек слышит мозгом, но чаще всего потеря слуха происходит из-за того, что какой-то участок слуховой системы не функционирует должным образом и не передает звуковые сигналы в мозг. Нарушения слуха могут возникать в любом возрасте и по разным причинам, поэтому диагностика слуха у взрослых должна проводиться ежегодно. Хороший слух позволяет не упустить важную информацию и быть услышанными. Когда человек лишается способности полноценно слышать, он оказывается изолированным от других людей. Шум негативно влияет на нашу нервную систему, сокращает среднюю продолжительность жизни, становится причиной возникновения многих опасных болезней. Люди, живущие в мегаполисах и больших городах, страдают от шума на 36% больше, чем люди, которые живут в не-

больших населенных пунктах. Благодаря постоянному движению в развитии медицины, люди, утратившие свой слух по каким либо причинам, вновь имеют возможность восстановить такую важную функцию для организма – как восприятие звука.

Библиографический список

1. Привес М. Г. Анатомия человека: учеб. литература для студентов медицинских вузов / М. Г. Привес, Н. К. Лысенков, В. И. Бушкович; 12-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Издательский дом СПбМАПО, 2006. – 712 с.

СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ ЧЕРЕПА ЧЕЛОВЕКА

В. Б. Ефлов, П. А. Машкова

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

veflov@petrsu.ru

В статье рассматривается процесс создания объемной копии черепа. Описываются детали процесса создания фотографий, как основы, а также этапы конструирования виртуальной модели. Указываются варианты применения готового объекта в различных сферах деятельности.

Ключевые слова: 3D-модель, 3D-моделирование, череп, фотографии.

CREATION OF A 3D MODEL OF A HUMAN SKULL

V. B. Eflov, P. A. Mashkova

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The article discusses the process of creating a volumetric copy of the skull. It describes the details of the process of creating photographs, as a basis, as well as the stages of constructing a virtual model. The options for using the finished object in various fields of activity are indicated.

Key words: 3D model, 3D modeling, skull, photographs.

3D-моделирование – это процесс разработки математического представления любой поверхности объекта в 3х измерениях с помощью специализированного программного обеспечения. Изделие, которое получают в итоге, называется 3D-моделью, тот, кто работает с этой моделью является 3D-моделистом. На сегодняшний день 3D моделирование является перспективным направлением. Данный метод находит применение в различных сферах деятельности, в том числе и в медицине. Конкретным примером может служить замена кости на имплантат при реконструкции черепа в нейрохирургии.

В связи с тем, что это направление приобретает популярность, мы решили провести исследовательскую работу с целью изучения процесса 3D-моделирования и, как итог, создание 3D-модели черепа, для применения в качестве наглядного пособия для изучения в курсе анатомии медицинского института ПетрГУ.

Среди методов решения задач можно выделить: создание фотографий, редактирование в программе AdobeLightroom, выгрузка их в программу, поэтапное создание модели, анализ промежуточных результатов с последующим совершенствованием модели.

При работе возникли некоторые проблемы. Изначально неправильно был выбран формат фотографий (объект при фотографии должен быть недвижим; фотографии необходимо делать на одинаковом расстоянии с разных ракурсов). Далее возникла трудность с освоением программы для 3D-моделирования (устранение проблемы – изучение пособия для использования программы). Затем была получена модель без рельефа снизу. Это произошло ввиду того, что для фотографии черепа необходима плоскость, на которой он расположен. Соответственно рельеф черепа снизу на фотографии находится вне поля зрения программы.

Сейчас в качестве промежуточного результата получено 2 виртуальные полые модели черепа с верхнего и нижнего ракурса, которые в последствие будут «сшиты» и отредактированы в программе Blender. Мы планируем продолжать исследование и как результат получить достаточно подробную

модель. В дальнейшем мы хотели бы распечатать ее на 3д принтере. Модель может быть использована в качестве научного пособия в учебном процессе.

Метод 3D-моделирования является воплощением современных технологий, с помощью которых можно создавать объемные препараты, используемые в изучении анатомии человека. Особенностью работы над данным проектом является то, что в процессе создания модели проводится не только её разработка на компьютере, но и изучение с точки зрения анатомии. Это позволяет объединить две, казалось бы, несовместимые науки и затронуть многие аспекты деятельности из разных сфер.

Библиографический список

1. 3D-моделирование / Г. С. Землянов, В. В. Ермолаева // Молодой ученый. – 2015. – № 11 (91). – С. 186–189.
2. Исследование особенностей 3D моделирования и печати/ Н. А. Евдокимова // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 5. – С. 12–24.
3. Джамбруно М. Трёхмерная графика и анимация / М. Джамбруно. – 2-е изд. М.: Вильямс, 2002. – 640 с.

АЛГОРИТМ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ОПИСАНИЯ ВНЕШНОСТИ ПЕРСОНАЖА ЛИТЕРАТУРНОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ

Е. И. Жильцова, Л. В. Щеголева
Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
kathymai2@mail.ru, schegoleva@petsu.ru

Целью работы является создание алгоритма выделения описания внешности персонажей из литературных текстов. В процессе работы были опробованы различные инструменты для обработки текста, выделения именованных сущностей и синтаксического анализа текста, тезаурусы для русского языка, а также исследованы синтаксические структуры предложений. В результате был разработан алгоритм для выделения описания внешности и характеристик персонажей, опирающийся на сформированные правила для синтаксических конструкций и словарь слов, используемых при описании персонажей.

Ключевые слова: обработка текстов на естественном языке, извлечение описания внешности.

ALGORITHM FOR EXTRACTION THE DESCRIPTION OF THE APPEARANCE OF A CHARACTER IN A LITERARY WORK

E. I. Zhiltsova, L. V. Shchegoleva
Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The main goal of the work is to create an algorithm for extracting descriptions of the appearance of characters from literary texts. In the process of work, various tools for text processing, the extraction of named entities and text parsing, thesauri for the Russian language were tested, and the syntactic structures of sentences were also investigated. As a result, was developed a working algorithm for extracting the description of the appearance and characteristics of characters, based on the formed rules for syntactic structures and a dictionary of words that are usually used in describing characters.

Key words: Natural Language Processing (NLP), extraction of a character appearance.

При исследовании литературного творчества авторов, исследовании художественных произведений возникает необходимость в решении задачи составления портретов персонажей произведений. Портрет персонажа включает описание его внешности, характера, поведения, разговора и т. д. В настоящем исследовании рассматривается задача выделения описания внешности персонажа в литературных текстах: общего облика, черт лица, элементов одежды и сочетания их с фактурой личности персонажа.

Решение задачи можно разделить на два шага:

1. Выделение из текста именованных сущностей – имён всех персонажей литературного произведения;

2. Выделение из текста описаний внешности каждого персонажа.

Для решения первой задачи – выделения именованных сущностей, была использована библиотека *Natasha* [1]. Библиотека позволяет находить в русскоязычных текстах имена, названия топонимов и организаций. Экстрактор имен обучался на текстах новостей. В результате проведенных экспериментов на литературных произведениях точность работы экстрактора составила 0,91, а полнота 0,93.

В результате работы экстрактора имен формируется список именованных сущностей, которые представляют собой имена, сочетания имени и отчества, сочетание имени и фамилии, фамилии, уменьшительного имени. В художественном произведении автор может называть один и тот же персонаж по-разному. Для компьютерной программы это будут отдельные именованные сущности, но с точки зрения содержания произведения они составляют один персонаж. Объединение найденных именованных сущностей в один персонаж представляет собой отдельную дополнительную задачу.

После выделения имен персонажей для каждой именованной сущности собирается описание внешности в виде набора словосочетаний. Для решения этой задачи используется синтаксический анализатор (парсер). Синтаксический анализатор строит дерево зависимостей слов в предложении. При этом для каждой зависимости определяется соответствующая лингвистическая характеристика, которая описывает тип связи между словами.

Для синтаксического анализа были опробованы: модули *Naves* и *Slovnet*, из библиотеки *Natasha*, библиотека *spacy_udpipe*, библиотека *ufal.udpipe*, библиотека *stanza*. Наилучший результат показала библиотека *spacy_udpipe* [2], которая и была использована в работе.

Анализируя синтаксические структуры предложений, было установлено, что при описаниях внешности используются схожие синтаксические конструкции (зависимости между словами в предложении), а также одни и те же существительные, такие как черты лица, части тела, предметы одежды, и прилагательные, описывающие внешность или характеристики человека.

Поэтому, чтобы найти в предложениях с именами описания внешности, был разработан алгоритм, использующий сформированные правила для синтаксических конструкций и словарь слов, использующихся при описании персонажей.

Словарь был составлен с помощью тезаурусов *WordNet* [3] и *Yet Another RussNet* (сокр. *YARN*) [4]. Из тезаурусов были взяты синсеты (множества слов, объединенных одним смыслом) для слов, гиперонимы (более общие сущности) которых имеют отношение к описанию человека, его внешности или характеристик. Для выделенных словосочетаний алгоритм проверяет, относятся ли гиперонимы слов к описанию человека. Например, если в словосочетании встретилось слово «куртка», то алгоритм определяет его гипероним – «верхняя одежда», проверяет, что этот гипероним допустим для описания внешности и отбирает это словосочетание в список описаний персонажа.

В первую очередь, поиск описания внешности выполнялся только в тех предложениях, в которых встречается имя персонажа.

В результате работы программа формирует список имен персонажей и соответствующий ему набор словосочетаний, описывающих его внешность. Апробация алгоритма была проведена на произведениях Ивана Сергеевича Шмелёва («Мирон и Даша», «Панорама», «Берёзовая роща», «Виноград»), а также на предложениях, составленных самостоятельно.

При обработке предложения «У него жена Даша, первая красавица в округе, под стать ему, – светло-русая, с тонкими чертами лица, синеглазая, ласковая славянка.» программа выделила персонаж «Даша» и сформировала следующие словосочетания: «первая красавица в округе», «светло-русая», «с тонкими чертами лица», «синеглазая», «ласковая славянка».

При обработке предложения «У Маши длинные волосы, красивые глаза, сегодня она была одета в красную куртку и чёрные брюки.» программа выделила персонаж «Маша» и сформировала следующие словосочетания: «длинные волосы», «красивые глаза», «в красную куртку», «чёрные брюки».

В дальнейшем планируется добавить обработку предложений, в которых конкретный персонаж упомянут не через имя, а через личное местоимение или олицетворяющее его существительное.

Библиографический список

1. Проект *Natasha* : [сайт] / Лаборатория анализа данных Александра Кукушкина. – URL: <https://natasha.github.io/> (дата обращения: 09.11.2021). – Текст : электронный.
2. *Spacy-udpipe* : [сайт] / Explosion. – URL: <https://spacy.io/universe/project/spacy-udpipe> (дата обращения: 09.11.2021). – Текст : электронный.

3. WordNet : [сайт] / Princeton University. – Princeton, New Jersey, USA. – URL: <https://wordnet.princeton.edu/> (дата обращения: 09.11.2021). – Текст : электронный.
4. Yet Another RussNet : [сайт]. – URL: <https://russianword.net/> (дата обращения: 09.11.2021). – Текст : электронный.

ЭФФЕКТИВНЫЙ КОНТРАКТ ВУЗА: РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ В 2020 ГОДУ

А. В. Жуков, В. А. Мельников
Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
zhukov@sampo.ru

Статья посвящена анализу результатов деятельности сотрудников из числа профессорско-преподавательского состава Петрозаводского государственного университета в рамках эффективного контракта в 2020 г.

Ключевые слова: эффективный контракт, эффективность вуза, профессорско-преподавательский состав, ключевые показатели.

PERFORMANCE-BASED CONTRACT OF UNIVERSITY: RESULTS OF IMPLEMENTATION IN 2020

A. V. Zhukov, V. A. Melnikov
Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The article is devoted to the analysis of the results of the activities of employees from the faculty of Petrozavodsk state University under an effective contract in 2020.

Key words: performance-based contract, university performance, the faculty, performance indicators.

С 2017 года в системе высшего образования успешно функционирует система эффективного контракта. В рамках эффективного контракта назначаются стимулирующие выплаты в зависимости от достигнутых результатов, которые оцениваются с помощью показателей и критериев оценки эффективности деятельности сотрудников из числа профессорско-преподавательского состава (далее – ППС). Каждый вуз самостоятельно разрабатывает и утверждает их перечень, исходя из поставленных стратегических задач [1].

С учетом анализа результатов предыдущих трех лет [2–4], в Петрозаводском государственном университете в 2020 году было выделено 14 ключевых показателей эффективности ППС. Они распределены на четыре блока – образовательная деятельность (Блок 1, 5 показателей), научно-инновационная деятельность (Блок 2, 5 показателей) и организационно-методическая работа, которая включает в себя профориентационную работу (Блок 3, 2 показателя) и воспитательную работу (Блок 4, 2 показателя).

В 2020 году, баллы по эффективному контракту получили 575 человек (82% от общего числа ППС), что на 4% меньше, чем в 2019 году. При этом число преподавателей, получивших ноль баллов, увеличилось и составило 43 человека (6,1%). Максимальный балл по блоку 1 у сотрудника медицинского института (составил 45 баллов, что в 1,2 больше, чем в 2019 году), по блоку 2 – у сотрудника института лесных, горных и строительных наук (620,33 баллов, что в 2,1 раза превышает 2019 год), по блоку 3 у сотрудника института математики и информационных технологий (40 баллов) и по блоку 4 – у сотрудника медицинского института (40 баллов, что в 2 раза меньше, чем в 2019 году). Общий средний балл по ПетрГУ составил 43,48 (в 2019 год у – 43,16).

На рисунке 1 показан вклад баллов эффективного контракта по видам деятельности в суммарный балл по вузу в 2017–2020 гг. в расчете на ставку (в %). В 2017 году профориентационная и воспитательная работа не делились на разные блоки. Из представленных данных видно, что в 2020 году больше всего баллов ППС получили за научно-инновационную деятельность (68%), менее всего (9%) – по образовательной и профориентационной.

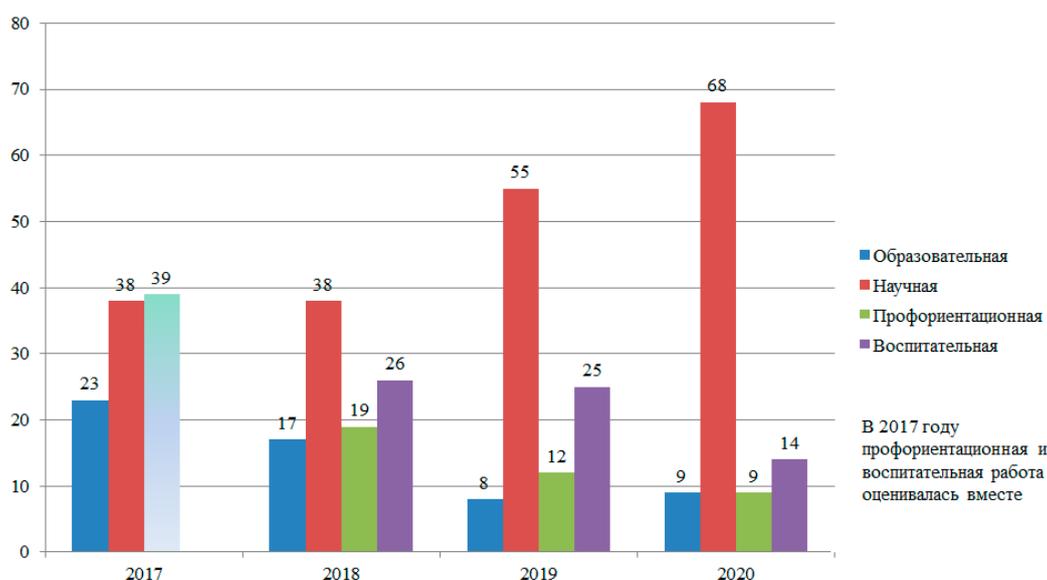


Рис. 1 Распределение баллов по видам деятельности за 2017–2020 гг.

В результате анализа полученных данных были сформированы персональные рейтинги ППС, кафедр и образовательных институтов. В таблице 1 представлены результаты расчета рейтинга в разрезе институтов в порядке убывания общего значения 2019 года. Средний общий балл институтов увеличился по сравнению с прошлым годом. Разрыв между первым и замыкающим местом увеличился с 1,6 раза в 2018 г. до 2,3 раза в 2019 г. Лидирующие позиции в 2019 году занимает институт, который в 2018 г. был на 8 месте.

Таблица 1

Институт	Итог_2020	Блок 1	Блок 2	Блок 3	Блок 4	Итог_2019
Институт_1	71,62	3,7	58,92	3,57	5,43	59,38
Институт_2	70,92	4,52	58,02	3,29	5,08	46,12
Институт_3	57,51	4,2	41,36	6,52	5,43	53,62
Институт_4	51,36	4,63	27,52	6,7	12,51	37,48
Институт_5	50,26	4,6	33,87	5,58	6,21	41,70
Институт_6	42,30	4,61	32,12	3,08	2,5	58,62
Институт_7	41,50	4,4	21,53	7,46	8,11	39,62
Институт_8	39,42	3,77	24,19	1,45	10,01	42,28
Институт_9	37,59	5,92	25,38	4,41	1,89	34,03
Институт_10	33,53	4,92	11,16	6,78	10,67	36,69
Институт_11	32,44	2,54	22,94	3,46	3,5	25,80

По образовательной деятельности максимальное значение рейтинга составило – 5,92, что на 1,25 меньше, чем в 2018 году. В блоке научно-инновационной деятельности лучшее значение – 58,92, что в 1,4 раза превосходит значение предыдущего периода. По профориентационной и воспитательной работе – 6,78 и 12,51 соответственно, что в 2 раза меньше, чем в 2019 году. Стоит отметить, что во всех институтах, за исключением десятого, более 50% в общий рейтинг вносят показатели блока 2. В 1 и 2 институтах этот вклад составляет 80%. В 10 институте – основной вклад за показателями блоков 3 и 4. Лидерство по итогу сохранилось за институтом 1.

В результате реализации эффективного контракта в 2020 году ряд основных показателей вуза продолжил демонстрировать положительную динамику. В частности, число публикаций организации, индексируемых в базе Scopus, в расчете на 100 НИР увеличилось с 30,9 в 2019 году до 36,5 в 2020. Средний балл ЕГЭ студентов, принятых на 1 курс по очной форме обучения увеличился с 67,28 до 68,94 баллов.

Система эффективного контракта позволяет не только объективно оценивать работу сотрудников, но и работать на достижение ключевых показателей деятельности. Представленные результаты статистической обработки показателей могут быть полезны вузу при проведении самоанализа и выработки эффективных управленческих решений [5], оценить позиции своей организации, и ее конкурентоспособность.

Библиографический список

1. Зятева О. А., Мороз Д. М., Пешкова И. В., Питухин Е. А. Разработка системы прогнозирования основных показателей эффективности деятельности вуза // Университетское управление: практика и анализ. – 2014. – № 4–5 (92–93). – С. 106–113.
2. Зятева О. А., Жуков А. В. Эффективный контракт вуза: анализ результатов 2017 года // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе. – 2018. – С. 109–112.
3. Жуков А. В. Эффективный контракт вуза: анализ результатов 2018 года // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе. – 2019. – С. 83–85.
4. Жуков А. В., Мельников В. А. Эффективный контракт вуза: анализ результатов 2019 года // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе. – 2020. – С. 68–71.
5. Зятева О. А., Питухин Е. А., Пешкова И. В., Шабалина И. М. Интеллектуальный анализ данных при категоризации преподавателей вуза на основе наукометрических показателей // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4 (47).

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ LOGNNET

Ю. А. Изотов, А. А. Величко

Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
izotov93@yandex.ru

В работе представлен способ увеличения производительности нейронной сети LogNNet с помощью генератора псевдослучайных чисел. Время распознавания рукописных цифр MNIST на плате Arduino Uno было снижено с 7 с до 0.3 с, с точностью классификации ~82%. Результаты работы вносят вклад в научно-исследовательское направление, посвящённое внедрению искусственного интеллекта на периферийные устройства Интернета Вещей, и способствуют созданию устройств для интеллектуального распознавания образов в робототехнике, а также действий и когнитивного состояния человека при использовании бионических костюмов.

Ключевые слова: нейронные сети, интернет вещей, распознавание рукописных цифр.

APPLICATION OF A PSEUDO-RANDOM INTEGER GENERATOR TO INCREASE THE PERFORMANCE OF THE LOGNNET NEURAL NETWORK

Y. A. Izotov, A. A. Velichko

Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The paper presents a way to increase the performance of the LogNNet neural network using a pseudo-random number generator. The MNIST handwritten digit recognition time on the Arduino Uno board has been reduced from 7s to 0.3s, with a classification accuracy of ~82%. The results of the work contribute to the research area dedicated to the implementation of artificial intelligence on peripheral devices of the Internet of Things, and contribute to the creation of devices for intelligent pattern recognition in robotics, as well as human actions and cognitive state when using bionic suits.

Key words: neural network, internet of things, handwritten digit recognition.

В настоящее время нейронные сети активно внедряются во многие отрасли науки и техники. Нейронные сети производят интеллектуальную обработку больших объемов информации [1], выявляют угрозы в сетевой инфраструктуре [2], в мобильных медицинских устройствах [3], системах ав-

тономного управления транспортом [4] и бионических костюмах (soft wearable exosuit) [5, 6], могут способствовать осуществлению перехода к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, а также использоваться при создании систем машинного обучения и искусственного интеллекта. Искусственный интеллект основанный на нейронных сетях находит применение в концепции «Интернета вещей» (IoT) [7, 8] не только на верхний уровнях экосистем (серверы, облачные сервисы), но и на локальном уровне IoT для вычислений на edge устройствах (микроконтроллеры, датчики). Ограниченные ресурсы периферийных устройств, их низкая вычислительная мощность создают трудности для внедрения искусственного интеллекта на низкоуровневых платформах и требуют развития специальных архитектур и алгоритмов нейронных сетей. Так как обработка данных производится непосредственно на IoT устройствах, то открываются широкие возможности интеграции искусственного интеллекта в робототехнику, в частности распознавания приоритетных событий из множественных источников.

В предыдущих работах [9,10] нами была разработана архитектура нейронной сети LogNNet и проведено апробирование ее работы на плате Arduino UNO с низким объемом ~2kB RAM. LogNNet продемонстрировала хорошие результаты по распознаванию рукописных цифр MNIST с точностью ~82%. Отличительной особенностью архитектуры LogNNet является наличие резервуара, где входная информация, в том числе от множественных источников, преобразуется благодаря воздействию рекуррентного хаотического отображения. Подобное хаотическое преобразование трансформирует информацию из одного многомерного пространства в другое, после чего возможна эффективная классификация результата выходным линейным классификатором.

Выходные значения резервуара вычисляются в процессе работы программы и этот процесс занимает небольшой объем RAM памяти, но при этом требуется значительные вычислительные и временные затраты процессора на расчёт сумм и произведений значений с плавающей запятой. Для конфигурации LogNNet 784:20:10 время распознавания одного изображения на Arduino UNO составляло порядка 7 с [10]. В этой связи переход от хаотического логистического отображения, которое имеет временную серию вещественных чисел, к хаотическим рядам чисел целого типа приведет к значительному ускорению расчёта выходных значений резервуара.

Генерация псевдослучайных чисел целого типа является широко исследуемой научной задачей, например, в области шифрования информации [11]. Так существуют несколько основных методов генерации: вихрь Мерсенна [12], линейный конгруэнтный генератор [13], генераторы регистров сдвига (Xorshift) [14]. Использование генератора псевдослучайных целых чисел для расчёта нейронных сетей используется впервые в настоящей работе, кроме того этот подход является основой экономии RAM сети LogNNet.

Архитектура нейронной сети LogNNet показана на рисунке 1. Параметры архитектуры указываются как LogNNet $S:P:M$, где $S = 784$ – размер входного массива данных Y , значение P определяет число нейронов в скрытом слое S_h , а число $M = 10$ – количество нейронов выходного слоя S_{out} .

На вход нейронной сети LogNNet подается рукописный образ размером 28×28 пикселей из базы MNIST [15]. Изображение представлено в градации серого (8 бит), черному цвету соответствует значение пикселя 255, а белому 0. База MNIST содержит обучающее множество, состоящее из 60000 изображений и тестовое множество, состоящее из 10000 изображений.

Изображение цифры преобразуется в линейный массив Y используя T-pattern преобразование [9] (рисунок 1), с нормированием на 1 при помощи деления значения пикселя на 255. Нулевой элемент массива $Y[0]=1$ является нейроном смещения. Вектор Y подается на резервуар, который преобразует информацию согласно формуле (1) и далее линейный классификатор классифицирует результат согласно формуле (2).

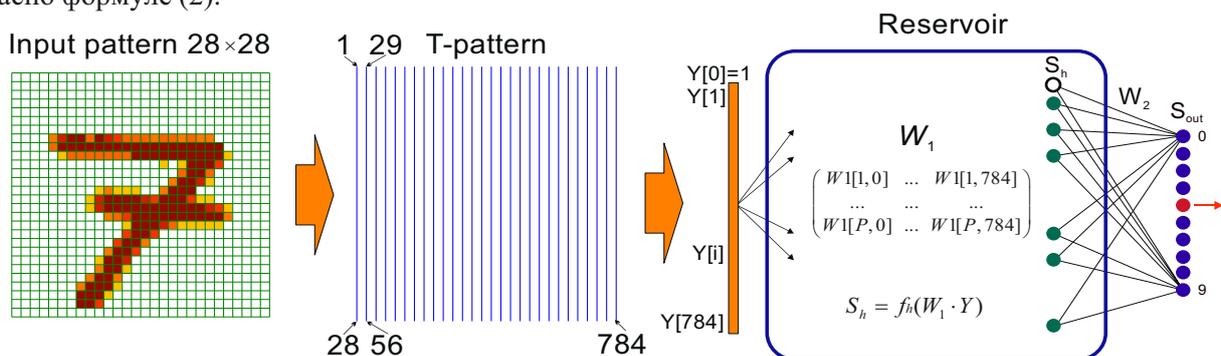


Рис. 1. Архитектура нейронной сети LogNNet

$$S_h = f_h(W_1 \cdot Y), \quad (1)$$

$$S_{out} = f_{out}(W_2 \cdot S_h). \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) S_h – вектор нейронов скрытого слоя, находящиеся в резервуаре, S_{out} – вектор нейронов выходного слоя, Y – вектор входных данных, W_1 , W_2 – матрицы весовых коэффициентов, f_h – тождественная функция активации, с последующим нормированием значений в диапазон от -0.5 до 0.5, а f_{out} – логистическая функция активации. Максимальные, минимальные и средневзвешенные значения S_h являются нормировочными значениями функции f_h и вычисляются по первым 1000 элементам обучающего множества [9]. Весовые коэффициенты W_i задаются с помощью хаотического отображения, нумерация элементов матрицы $W_1[j, i]$ имеет пределы $j=1 \dots P$, $i=0 \dots 784$. Весовые коэффициенты W_2 обучаются методом обратного распространения ошибки с использованием обучающего множества изображений MNIST. Тестирование точности распознавания LogNNet производится прогонкой тестового множества MNIST через нейронную сеть.

В настоящей работе для заполнения массива W_1 нами предложено использовать линейный конгруэнтный генератор целых чисел:

$$\begin{cases} x_{n+1} = (K \cdot x_n + D) \bmod L \\ x_1 = C \end{cases}, \quad (3)$$

где K , D , L и C константы целочисленного типа, n – нумерация элементов ряда ($n > 0$), а функция \bmod – это остаток от целочисленного деления. Константа C определяет начальное значение ряда x_n . Генерируемые формулой (3) хаотические целые числа лежат в пределах от $-(L-1)$ до $+(L-1)$. Матрица W_1 заполняется временной серией x_n построчно, с нормализацией к 1 согласно формуле:

$$\begin{cases} n = (j - 1) \cdot 785 + i - 1 \\ W_1[j, i] = \frac{x_n}{L} \end{cases} \quad (7)$$

Обученная нейронная сеть программировалась на плате Arduino UNO.

В настоящем исследовании использовались четыре архитектуры: LogNNet 784:20:10, LogNNet 784:18:10, LogNNet 784:15:10 и LogNNet 784:10:10, с параметрами аналогичными работе [10], что сделано с целью сравнения результатов.

Выполнение математических операций с типом «int» занимает существенно меньшее время, чем аналогичные математические операции с типом «float». При выполнении функции конгруэнтного генератора (6) на Arduino необходимо учитывать пределы диапазона целого типа «int» (от -32 768 до 32 767), и не допускать переполнения переменных целого типа. Переполнение переменных может привести к отличию результата от модельных расчётов на компьютере. Обучение матрицы W_2 производится на высокопроизводительном компьютере в модельной программе, составленной на языке Delphi.

Таблица 1

Точность и время распознавания одного изображения MNIST сетью LogNNet для платы Arduino UNO			
Конфигурация сети	Точность	Время, данная работа	Время, из [10]
LogNNet 784:20:10	82,03 %	0,284 s	7,111 s
LogNNet 784:18:10	80,45%	0,256 s	6,013 s
LogNNet 784:15:10	76,94 %	0,213 s	4,062 s
LogNNet 784:10:10	70,01 %	0,143 s	2,065 s

Результаты работы показали увеличение скорости работы нейронной сети LogNNet более чем в два раза при переходе от хаотического отображения с элементами «float» типа к типу «int», и более чем в 25 раз (см. таблицу 1) при оптимизации вычисления резервуара по сравнению с работой [10]. Изображение цифры обрабатывается доли секунды. Высокие скорости вычислений LogNNet могут быть востребованы при обработке медицинских данных [4] в системах поддержки принятия врачебных решений, а также для новых применений, например, в системах автономного движения или при

создании интеллектуальных миниатюрных носимых устройств. При создании автономных транспортных систем алгоритм распознавания изображений букв может использоваться для распознавания дорожных знаков. В работах [7, 8] алгоритм машинного обучения быстро определял наилучшие параметры управления мягким экзоскостюмом, чтобы свести к минимуму количество энергии, которое человек затрачивает при ходьбе. В качестве входных параметров нейронная сеть использовала измерения частоты дыхания, а на выходе указывала экзоскостюму, когда и где применять вспомогательную силу. Предельные рабочие частоты регистрируемой динамики лежат в пределах 1 Hz, и соответствуют скорости работы LogNet на Arduino. Сеть LogNet может быть внедрена в программно-аппаратные прототипы распознавателей движения и когнитивного состояния человека с возможностями применения для цифрового производства и умного дома.

Исследование выполняется в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение № 075-15-2021-1007 от 28.09.2021 г. по теме «Программно-аппаратные методы сенсорики и машинного восприятия для робототехнических систем с автономным движением».

Библиографический список

1. S. K. Baliarsingh, S. Vipsita, A. H. Gandomi, A. Panda, S. Bakshi, and S. Ramasubbareddy, Comput. Methods Programs Biomed. 195, 105625 (2020).
2. I. H. Sarker, SN Comput. Sci. 2, 154 (2021).
3. Z. Obermeyer and E. J. Emanuel, N. Engl. J. Med. 375, 1216 (2016).
4. J. G. Erdmann, V. Hummela, K. von Leipzig, and J. Schuhmacher, Procedia Manuf. 45, 405 (2020).
5. D. Ye, K. Myunghee, K. Scott, and W. C. J., Sci. Robot. 3, eaar5438 (2018).
6. M. Xiloyannis, E. Annese, M. Canesi, A. Kodiyan, A. Bicchi, S. Micera, A. Ajoudani, and L. Masia, Front. Neurobot. 13, 39 (2019).
7. S. Hamdan, M. Ayyash, and S. Almajali, Sensors 20, (2020).
8. D. Korzun, E. Balandina, A. Kashevnik, S. Balandin, and F. Viola, Ambient Intelligence Services in IoT Environments (IGI Global, 2019).
9. A. Velichko, Electronics 9, 1432 (2020).
10. Y. A. Izotov, A. A. Velichko, A. A. Ivshin, and R. E. Novitskiy, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 1155, 12056 (2021).
11. D. Lambić, Chaos, Solitons & Fractals 78, 245 (2015).
12. R. I. Abdelfatah, Multimed. Tools Appl. 79, 24731 (2020).
13. T. de Oliveira and N. Marranghello, Neurocomputing 74, 1510 (2011).
14. S. Billaudelle, B. Cramer, M. A. Petrovici, K. Schreiber, D. Kappel, J. Schemmel, and K. Meier, Neural Networks 133, 11 (2021).
15. Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, Proc. IEEE 86, 2278 (1998).

О РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА «ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ МЕТОДЫ СЕНСОРИКИ И МАШИННОГО ВОСПРИЯТИЯ ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С АВТОНОМНЫМ ДВИЖЕНИЕМ»

Д. Ж. Корзун, А. Г. Марахтанов

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

marahthanov@petrsu.ru

Рассматриваются текущие результаты проекта прикладных исследований по теме «Программно-аппаратные методы сенсорики и машинного восприятия для робототехнических систем с автономным движением». Проект выполняется в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение № 075-15-2021-1007 от 28.09.2021 г. Представлены реализуемые программно-аппаратные прототипы распознавателей для робототехнических устройств. Указаны ключевые исполнители и эффекты от реализации проекта.

Ключевые слова: проект, сотрудничество, автономное движение, робототехника, прототип.

ABOUT THE IMPLEMENTATION OF THE PROJECT «HARDWARE AND SOFTWARE METHODS OF SENSING AND MACHINE PERCEPTION FOR ROBOTIC SYSTEMS WITH AUTONOMOUS MOVEMENT»

D. G. Korzun, A. G. Marakhtanov

Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The talk considers latest results of R&D project «Software and hardware methods of sensorics and machine perception for robotic systems with autonomous movement». The project is implemented in Petrozavodsk State University (PetrSU) with financial support by the Ministry of Science and Higher Education of Russia, Agreement no. 075-15-2021-1007 on 28.09.2021. We discuss ongoing development of pilot prototypes of various data recognizers for robotic devices. We focus on the key performers and the expected effect from the project results.

Key words: project, cooperation, autonomous movement, robotics, prototype.

В 2021 году команда Центра искусственного интеллекта (ЦИИ) Петрозаводского государственного университета приняла участие в конкурсе грантов Министерства науки и высшего образования РФ на проведение научных исследований российскими научными организациями и (или) образовательными организациями высшего образования совместно с организациями стран Северной Европы в рамках обеспечения реализации программы двух- и многостороннего научно-технологического взаимодействия. Заявленный центром проект «Программно-аппаратные методы сенсорики и машинного восприятия для робототехнических систем с автономным движением» оказался в числе победителей конкурса. Существенную роль оказал научный задел, полученный ранее учеными ПетрГУ и представленный в международных публикациях [1–5]. В настоящий момент осуществляется реализация данного проекта, основной объем работ будет завершен до конца года.

В реализации проекта участвует команда ученых Петрозаводского государственного университета во главе с руководителем проекта, к. ф.-м. наук, доцентом кафедры информатики и математического обеспечения, зам. директора по науке ЦИИ Д. Ж. Корзуном. Одним из ожидаемых результатов работы команд к концу 2021 года станут программно-аппаратные прототипы, демонстрирующие использование технологий искусственного интеллекта для разработки «умных» компонент робототехнических систем. Все будет создано 6 прототипов, работу над которыми в параллельном режиме осуществляют следующие проектные группы.

(1) Программно-аппаратный прототип распознавателя движения физических объектов и человека (по данным видеонаблюдения, акселерометра, акустики, физиологических параметров) с возможностями оценки качества движения.

(2) Программно-аппаратный прототип распознавателя действий человека или других объектов по отношению к человеку или друг к другу (на основе мониторинга физических параметров: сдвиг, растяжение, нажатие и др.).

(3) Программно-аппаратный прототип распознавателя движения и когнитивного состояния человека (по данным видео, текста, голоса) с возможностями применения для цифрового производства и для умного дома.

(4) Программно-аппаратный прототип распознавателя приоритетных событий из множественных источников при движении робота на основе адаптивной стратегии оперативного отбора информации о текущей ситуации.

(5) Программно-аппаратный прототип распознавателя знаний о территории движения человека на основе технологий тактильного интернета и периферийных робототехнических IoT-систем на стороне мобильного пользователя.

(6) Программно-аппаратный прототип распознавателя текущих интересов мобильного пользователя (двигающегося по территории) на основе данных, получаемых от сопровождающих IoT-устройств.

Ключевыми исполнителями и руководителями команд, осуществляющих разработку перечисленных прототипов, являются Л. В. Щеголева (профессор кафедры прикладной математики и кибернетики, д.т.н.), О. Н. Галактионов (заведующий кафедрой технологии и организации лесного комплекса, д.т.н.), С. А. Завьялов (руководитель лаборатории автономных систем), М. А. Беляев (научный сотрудник кафедры информационно-измерительных систем и физической электроники), А. А. Величко (доцент кафедры электроники и электроэнергетики, к.ф.-м.н.), О. Ю. Богоявленская (доцент кафедры информатики и математического обеспечения, к.т.н.), К. А. Кулаков (доцент кафедры информатики и

математического обеспечения, к.ф.-м.н.), А. В. Семенов (начальник отдела ЦИИ, доцент кафедры информационно-измерительных систем и физической электроники, к.ф.-м.н.), А. Г. Марахтанов (директор Центра искусственного интеллекта). К работе также активно привлекаются молодые ученые, аспиранты и студенты университета.

Реализация проекта осуществляется совместно с иностранными партнерами ПетрГУ: Университетом Линчепинга (LiU), Швеция (<https://www.ida.liu.se/~andgu38/>, проф. А. В. Гуртов) и Ассоциацией FRUCT, Финляндия (<https://www.fruct.org/>, доц. С. И. Баландин). Партнер LiU выполняет собственные научные исследования по повышению интеллектуальности и автономности сетевых вычислительных устройств интернета вещей, а с учеными ПетрГУ готовится совместная научная статья по применению методов распознавания, разрабатываемыми в ПетрГУ, для интернет-роботизации. FRUCT выполняет разработку собственной общественной платформы CycleAdvisor для продвижения продуктов и услуг малых и средних предприятий и микропредприятий для туристов (<https://cycleadvisor.org/>), а команда ПетрГУ исследует возможности применения получаемых методов сенсорики и машинного восприятия для задач платформы CycleAdvisor.

По каждому прототипу до конца года будет создан демонстрационный образец, позволяющий на практике и реальных примерах показать результаты проведенных исследований. Например, прототипы 1 и 2 будут демонстрироваться применительно к роботу-манипулятору (коботу), прототип 3 – к рабочему месту оператора ЭВМ, прототип 4 – к самоходной тележке, прототипы 5 и 6 – к выставочному пространству, сформированному специально для целей проекта в помещениях ЦИИ.

В 2022 г. планируются развитие созданных прототипов для разработки на их основе полноценных продуктов, востребованных рынком. По полученным в ходе реализации проекта результатам готовятся научные статьи международного уровня (индексация в базах данных Scopus и WoS) и патенты. К настоящему времени опубликованы международные публикации [6–7].

Важной частью проекта является включение его результатов в образовательный процесс. Планируется модернизация образовательных программ магистратуры – «прикладная математика и информатика», «измерительные информационные технологии», «Машины и оборудование лесного комплекса» под задачи разработки интеллектуальных сенсорных систем для робототехники. В каждой образовательной программе обновляется несколько учебных дисциплин и практик. Студенты подключаются к разработке прототипов по проекту в рамках выполнения в ЦИИ практик и выпускных квалификационных работ.

Ожидается, что реализация проекта будет способствовать развитию команды ученых университета, вовлечению в науку студентов и аспирантов, развитию в ПетрГУ направлений, связанных с робототехникой и искусственным интеллектом, развитию программно-аппаратной базы для проведения экспериментальных исследований с использованием периферийных сенсорных систем интернета вещей различных типов и для распознавания в цифровых данных различных типов, поступающих из физического, виртуального (информационного) и социального миров.

Проект выполняется в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение № 075-15-2021-1007 от 28.09.2021 г.

Библиографический список

1. Korzun D., Balandina E., Kashevnik A., Balandin S., Viola F. Ambient Intelligence Services in IoT Environments. USA: IGI Global, 2019. 166 p.
2. Zavyalov S., Kogochev A., Shchegoleva L. Robotic and Smart Service for People with Disabilities. The 14th Int'l Conf. Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM 2020). IARIA, 2020. pp. 7–12.
3. Bogoiavlenskaia O., Korzun D. Intelligent Data Selection in Autonomous Robot Movement. Proc. 29th Conf. Open Innovations Association (FRUCT). pp. 49–54, 2021.
4. Galaktionov O., Zavyalov S., Shchegoleva L., Korzun D. Features of Building a Forestry Intelligent Robotic System. Proc. 29th Conf. Open Innovations Association (FRUCT). pp. 433–436, 2021.
5. Velichko A. Neural Network for Low-Memory IoT Devices and MNIST Image Recognition Using Kernels Based on Logistic Map. Electronics. 2020. Vol. 9. Issue 9, pp. 14–32.
6. Perminov V. V., Ermakov V. A., Korzun D. G. Edge Analytics for Bearing Fault Diagnosis Based on Convolution Neural Network. The 7th International Conference on Fuzzy Systems and Data Mining (FSDM 2021). IOS Press, 2021. Vol.340. pp. 94–103.

7. Izotov Y. A., Velichko A. A., Boriskov P. P. Method for fast classification of MNIST digits on Arduino UNO board using LogNet and linear congruential generator. // Journal of Physics: Conference Series, 2021. Accepted for publication.

ОБРАЗ ВИРТУАЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

М. А. Крышень

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

kryshen@cs.petrSU.ru

Представлена разработка образа диска виртуальной машины с системой GNU/Linux для поддержки дистанционных занятий и самостоятельной работы студентов.

Ключевые слова: виртуальная машина, Linux, образование.

PRECONFIGURED VIRTUAL MACHINE IMAGE TO SUPPORT STUDENT INDEPENDENT WORK

M. Kryshen

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The development of a GNU/Linux virtual machine image preconfigured to support student independent work and distant learning is presented.

Key words: virtual machine, Linux, education.

Для выполнения лабораторных работ по различным дисциплинам института математики и информационных технологий (ИМИТ) ПетрГУ используется ОС семейства GNU/Linux (дистрибутив программного обеспечения на основе ядра Linux и системного окружения GNU). Необходимое для работы студентов программное обеспечение доступно в дисплейных классах университета, но для обеспечения самостоятельной работы студентов и для проведения дистанционных занятий полезно предоставить студентам простой способ загрузки используемой программной среды на своем компьютере. Для этого удобно использовать средства виртуализации, которые позволяют загрузить готовый сконфигурированный образ диска нужной операционной системы поверх основной ОС компьютера.

Для студентов ИМИТ ПетрГУ автором подготовлен [1] готовый образ диска дистрибутива ОС в формате OVA (Open Virtual Appliance), предназначенный для загрузки в программе виртуализации VirtualBox [2]. VirtualBox является свободным ПО и работает в различных ОС, включая Windows, MacOS и системы семейства GNU/Linux, что делает его приемлемым и доступным для широкого круга пользователей.

Дистрибутив основан на системе GNU Guix [3, 4] и включает различное свободное ПО, которое используется в учебном процессе и также доступно в дисплейных классах и на студенческом терминальном сервере информационно-вычислительной системы ИМИТ [5]:

- редактор GNU Emacs с дополнениями и настройками для лучшей адаптации к потребностям учебного процесса;
- компиляторы и интерпретаторы для различных языков программирования;
- другие инструменты разработки.

Также дистрибутив включает среду рабочего стола Xfce, которая обеспечивает привычный для пользователей оконный интерфейс и нетребовательна к аппаратным ресурсам компьютера.

Использование системы GNU Guix в качестве основы позволило полностью описать конфигурацию дистрибутива в декларативном стиле и автоматически генерировать образ диска ОС на основе этого описания. Исходные файлы с конфигурацией системы доступны пользователям, что дает им возможность вносить изменения и создавать модифицированные версии образа. Также Guix позволя-

ет запускать конфигурацию ОС в виртуальной машине без создания полного образа диска, что удобно для быстрого тестирования изменений перед сборкой и публикацией окончательной версии.

Дистрибутив поддерживается и успешно используется студентами с 2013 года (до 2019 года в качестве основы использовался дистрибутив Fedora Linux, после – GNU Guix). Некоторые студенты используют его не только для самостоятельной работы и дистанционных занятий, но и во время очных лабораторных занятий на своих ноутбуках. Набор предоставляемого ПО периодически обновляется и дополняется в соответствии с потребностями учебного процесса.

Библиографический список

1. Крышень М. А. ОС для студентов [Электронный ресурс] / М. А. Крышень. – URL: <https://cs.petsu.ru/~kryshen/student-vm/>
2. Oracle VM VirtualBox [Electronic resource] – URL: <https://www.virtualbox.org/>
3. Продвинутый дистрибутив и транзакционный пакетный менеджер GNU – GNU Guix [Электронный ресурс] – URL: <https://guix.gnu.org/>
4. Крышень М. А. Цифровая среда Института математики и информационных технологий. Развертывание программного обеспечения с помощью GNU Guix / М. А. Крышень // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе – Петрозаводск, 2018.
5. Богоявленский Ю. А. Цифровая среда Института математики и информационных технологий. Распределенные информационно-образовательные ресурсы / Ю. А. Богоявленский, Н. Ю. Светова // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе – Петрозаводск, 2018.

ПОДХОД К РАСПОЗНАВАНИЮ ПРИОРИТЕТНЫХ СОБЫТИЙ ПРИ АВТОНОМНОМ ДВИЖЕНИИ РОБОТА

К. А. Кулаков, О. Ю. Богоявленская, Д. Ж. Корзун

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

kulakov@cs.petsu.ru, olbgvl@cs.petsu.ru, dkorzun@cs.petsu.ru

Представлен алгоритм отбора и фильтрации данных сенсоров автономного мобильного устройства с последующим анализом и распознаванием приоритетных событий. Описана высокоуровневая архитектура приложения на базе конвейерной модели обработки данных.

Ключевые слова: автономное мобильное устройство, фильтрация данных, приоритетное событие.

AN APPROACH TO RECOGNITION OF PRIORITY EVENTS IN AUTONOMOUS ROBOT MOVEMENT

K. A. Kulakov, O. Y. Bogoiavlenskaia, D. G. Korzun

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

An algorithm is presented for selecting and filtering sensor data of an autonomous mobile device with subsequent analysis and recognition of priority events. The high-level architecture of the application based on the pipelined data processing model is described.

Key words: autonomous mobile device, data filtering, priority event.

Автономные мобильные устройства (АМУ) в настоящее время получают все более широкое распространения в разнообразных областях человеческой деятельности, в частности, промышленности, торговле, социальной сфере, природоохранных проектах, медицине, научных исследованиях и разработках, сельском хозяйстве, деятельности отдельных домохозяйств. АМУ объединяются в сети и образуют Интернет вещей, например, Умный дом. В настоящее время исследования и разработки в этой сфере направлены на создание технологий, позволяющим таким устройствам действовать в частично или полностью неопределенной окружающей среде при ограниченном управлении удаленного оператора или полностью автономно.

Связь с окружающей средой АМУ осуществляют посредством датчиков (сенсоров), которые снабжают их программное обеспечение разнообразной информацией, которая может использоваться для целевой деятельности, движения и управления. Такие сенсоры могут классифицироваться в соответствии с физической природой величин, которые они измеряют: инерциальные, электромагнитные, механические и пр.; видами активности: внутренние внешние; различают также активные и пассивные сенсоры. Данные сенсоров используются для распознавания событий, имеющих важные значения для работы АМУ и выполнения поставленных задач.

Заметим, что среда, в которой оперирует АМУ, может быть неопределённой полностью или частично. В первом случае она должна быть исследована, во втором – среда может быть описана как совокупность карты и пути на карте, которым должно следовать АМУ. Также заметим, что среда может изменяться в процессе работы/движения АМУ. Эти изменения должны быть идентифицированы и порождать адекватную реакцию АМУ. Помимо этого, в работе АМУ могут возникать отклонения от выбранного плана действий вследствие поломок или иных причин.

Объем данных, который генерирует каждый сенсор в отдельности может быть весьма значительным. При этом сами данные содержат значительные шумы и погрешности, данные, как правило, поступают с высокой скоростью и ценность, содержащихся в них сведений различна [1]. Некоторые данные в определенный момент времени содержат существенную информацию об операциях АМУ и свойствах или изменениях окружающей среды, часть данных содержит критические сведения, однако большую часть времени данные малозначительны или бесполезны. Заметим также, что как правило АМУ имеет несколько сенсоров и, следовательно, что также увеличивает общий объем исходных данных, которые необходимо анализировать.

В связи с этим высокую актуальность приобретает задача отбора и фильтрации данных сенсоров, которые будут в дальнейшем передаваться модулю анализа и распознавания событий. Традиционно для сглаживания и фильтрации таких данных используются методы теории управления [3-6]. В настоящей работе мы предлагаем двухэтапную схему распознавания событий. Первый этап – отбор исходных данных сенсоров, которые потенциально могут представлять интерес для задач распознавания. Второй этап – распознавание приоритетных событий по данным, прошедших первый этап. Отметим следующие особенности.

1. На первом этапе используется нечеткий метод интеллектуального отбора данных (НМИОД), основанный на адаптивной стратегии управления задержкой передачи данных.

2. На втором этапе данные, отобранные НМИОД, передаются модулю распознавания, который определяет состояние системы.

В алгоритме НМИОД используется переменная задержку, которая выражает баланс оптимистических и пессимистических ожиданий в отношении окружающей среды и работы АМУ [2]. Также метод определяет ряд событий, которые могут понижать уровень оптимизма. Если по истечении периода задержки ни одно из определенных событий не наступило, то задержка увеличивается аддитивно, в противном случае – уменьшается мультипликативно.

Мы предполагаем, что монотонные последовательности роста или убывания во временном ряду исходных данных сенсора могут сигнализировать об изменении измеряемой сенсором величины. В случае, если эта величина должна иметь постоянное значение или изменяться незначительно такие последовательности могут сигнализировать о необходимости дополнительного анализа окружающей обстановки. Например, при равномерном прямолинейном движении АМУ значения ускорения должны быть близки к нулю. Если нормальная работа АМУ предполагает наличие изменений измеряемой величины, то к таким переменным могут применяться следующие два подхода.

- Исходные данные преобразуются с помощью некоторой функции, значение которой должно сохранять постоянное величину. Например, для последовательности данных дальномера $(d_i)_{j>1}$ вычисляется разность $\Delta d_i = d_{i+1} - d_i$. Если АМУ движется равномерно прямолинейно, а данные дальномера передаются через равные промежутки времени, то элементы последовательности Δd_i характеризуют скорость движения АМУ и должны незначительно колебаться относительно некоторой величины V .
- Исходные данные должны изменяться с незначительными отклонениями от некоторого шаблона. Для распознавания шаблона могут использоваться нейросети [7], идентификация цифровых двойников и ряд других методов.

Данные, отобранные НМИОД, передаются модулю распознавания, который определяет состояние системы. С этой целью мы определяем граф состояний АМУ – среда и функции перехода между этими состояниями, параметрами которых являются данные сенсоров, отобранные НМИОД.

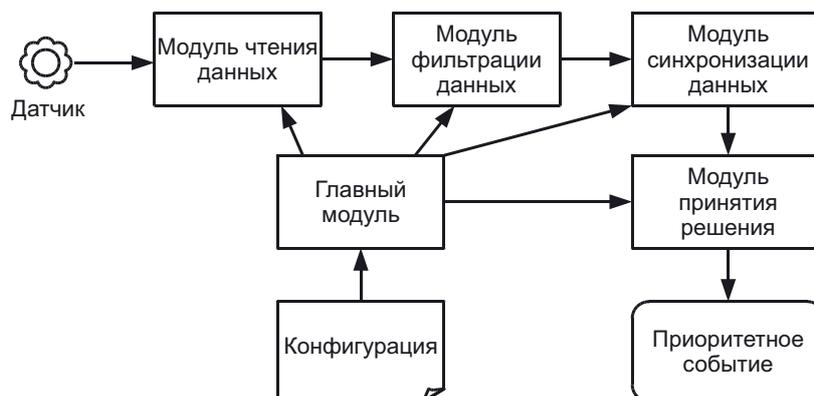


Рис. 1. Высокоуровневая архитектура приложения

В качестве состояний определяются существенные этапы нормальной работы АМУ и события окружающей среды, которые могут повлиять на работу АМУ или привести к сбоям. Функции перехода трактуют данные сенсоров, специфические для каждого перехода. Функции выполняются при поступлении новых данных от НМИОД. По результату работы функции система может перейти в состояние, определённое графом переходов или остаться в том же состоянии.

В соответствии с предложенной схемой уместным является построение архитектуры на базе конвейерной модели обработки данных. На рис. 1 представлена высокоуровневая архитектура приложения по выявлению приоритетных событий.

Главный модуль выполняет инициализацию работы приложения, чтение конфигурации и организацию связей в конвейере. Модули чтения данных организуют подключение к датчику и выполняют циклические опросы данных в зависимости от частоты работы датчиков. Модули фильтрации реализуют алгоритм НМИОД для каждого потока данных по отдельности. Отобранные данные сопоставляются в модуле синхронизации данных и на выходе организуются комплекты данных. Модуль принятия решения анализирует каждый комплект данных и на основе графа состояний АМУ определяет возможный переход, т. е. приоритетное событие.

Одним из ключевых параметров работы приложения является соотношение выходящих из модуля данных к входящим. Планируется выполнение ряда экспериментов по эффективности работы алгоритмов приложения на базе как искусственно созданных данных, так и показаний датчиков дистанционно управляемой тележки-робота.

Поддержка исследований. Исследование выполняется в *Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение №075-15-2021-1007 от 28.09.2021 по теме «Программно-аппаратные методы сенсорики и машинного восприятия для робототехнических систем с автономным движением».*

Библиографический список

1. Besednyi N. et al. Multi-Stream Sensed Data Processing Model for Industrial Internet. Proc. 29th Conf. Open Innovations Association (FRUCT). IEEE, 2021, pp. 412–415.
2. Bogoiavlenskaia O., Korzun D. Intelligent Data Selection in Autonomous Robot Movement. Proc. 29th Conf. Open Innovations Association (FRUCT). IEEE, 2021, pp. 49–54.
3. Rubio Montoya F. J., Valero Chuliá F. J., Llopis Albert C. A review of mobile robots: Concepts, methods, theoretical framework, and applications //International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2019. – V. 16. – №. 2. – pp. 1–22.
4. R. Barber, J. Crespo, C. Gomez, A. C. Hernamdez, and M. Galli, Mobile Robot Navigation in Indoor Environments: Geometric, Topological, and Semantic Navigation. London, U.K.: IntechOpen, Nov. 2018, pp. 1–25.
5. W. van Drongelen, «Chapter 19 – kalman filter,» in Signal Processing for Neuroscientists (Second Edition), second edition ed., W. van Drongelen, Ed. Academic Press, 2018, pp. 361–374.
6. Y. Raaj, A. John, and T. Jin, «3d object localization using forward looking sonar (fls) and optical camera via particle filter based calibration and fusion,» OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey, pp. 1–10, 2016.

7. P. Casale, O. Pujol, and P. Radeva, «Human activity recognition from accelerometer data using a wearable device», vol. 6669, 06 2011, pp. 289–296.

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА СПИСКОВ ТЕКСТОВ В ИС СМАЛТ

К. А. Кулаков, Н. Д. Москин, А. А. Рогов

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

kulakov@cs.petrstu.ru

Представлено описание реализации механизма списков текстов в информационной системе СМАЛТ. Описано применение механизма списков для исследовательских задач.

Ключевые слова: ИС СМАЛТ, списки текстов, атрибуция текстов.

MECHANISM OF TEXT LISTS IMPLEMENTATION IN IS SMALT

K. A. Kulakov, N. D. Moskin, A. A. Rogov

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The description of the implementation of the mechanism of lists of texts in the information system SMALT is presented. The use of the list mechanism for research tasks is described.

Key words: IS SMALT, lists of texts, text attribution.

Задача установления авторства текстов актуальна и по сей день. Существуют различные методы и алгоритмы определения принадлежности всего текста или его части автору [1]. Однако успешность того или иного алгоритма зависит от специфики текста. Таким образом требуется исследование возможности применения того или иного алгоритма.

Как правило, исследование алгоритм состоит из проверки работы на наборах текстов. Тексты группируются в наборы исходя из различных признаков, например, указание требуемого автора в тексте, длина текста или год публикации текста. При этом в разных исследованиях требуются как одинаковые наборы для выполнения сравнения, так и специфичные для конкретного алгоритма наборы.

В работе рассматривается информационная система СМАЛТ, предназначенная для атрибуции произведений и решения проблемы установления авторства текстов, в т. ч. журналов «Время», «Эпоха» и «Гражданин» под редакцией Ф. М. Достоевского. Многие тексты из этих журналов не имеют подписи. Также Ф. М. Достоевский вносил редакторские правки в тексты других авторов.

ИС СМАЛТ содержит ряд встроенных методов сопоставления текстов, а также постоянно пополняющийся перечень атрибутированных текстов. В ИС СМАЛТ присутствует возможность экспорта, как самих разобранных текстов, так и метрик Хетсо [2]. В ходе исследований тексты разбиваются на группы. Используемый метод сопоставления текстов определяет «связность» текстов из одной группы и «разобщенность» текстов из разных групп. Также метод может определить принадлежность текста одной из групп, оценив «связность» исследуемого текста с текстами из группы.

Таким образом, задача группировки текстов актуальна для работы в ИС СМАЛТ. Ее нельзя решить простой группировкой текстов по автору, т. к. стиль автора может меняться в силу многих причин, например, со временем. В этом случае мера «связности» группы будет очень большая. Кроме этого в научном сообществе идет постоянная дискуссия по авторству ряда текстов.

В ходе проектирования было принято решение реализовать группу текстов как самостоятельный объект. Каждой группе присваивается уникальный идентификатор. Обращение к группе осуществляется по идентификатору, также внутри информационной системы набор текстов передается по идентификатору. Создание группы текстов разрешено только зарегистрированным пользователям.

В связи с тем, что ИС СМАЛТ является общедоступной системой предполагается наличие большого количества пользователей. Каждый пользователь может создать несколько групп текстов. В результате формируется большой общий перечень групп текстов и пользоваться таким перечнем будет неудобно. Для решения этой проблемы пользователям предоставляется возможность добавляется

группы текстов в избранное. При использовании групп текстов в исследовании пользователю отображается только избранные группы.

Общие для всех пользователей группы текстов создаются с помощью механизма публикации. Пользователь с правами администратора системы может опубликовать существующий список текстов. Опубликованные списки текстов доступны всем пользователям, в том числе и анонимным.

В ходе реализации механизма списков текстов в базу данных были добавлены три таблицы: таблица описаний списков текстов, таблица связи текстов со списками и таблица избранных пользователями списков текстов. Для работы со списками текстов были созданы четыре формы: отображение всех списков текстов, создание нового списка текстов, редактирование описания списка текстов и отображение содержания списка текстов. Каждая форма включает элементы управления объектом отображения в соответствии с возможностями пользователя. Например, в форме отображения списка текстов пользователь-создатель списка может изменить описание, добавить или удалить тексты, а также удалить список целиком.

Использование списков текстов реализовано в панели фильтрации, расчете метрик Хетсо и сравнении текстов методом сильного графа. Так как списки текстов в этих случаях используются в JavaScript части ИС, они передаются в виде массивов идентификаторов на клиентскую часть. При выборе списка пользователем JavaScript функция выбирает соответствующий массив и выполняет отображение/сокрытие текста в соответствии со значениями идентификаторов из массива.

В результате реализации механизма списков текстов пользователю стала доступна новая функциональная возможность. Время выбора набора текстов для проведения исследования значительно сократилось. Передача списков текстов теперь может быть осуществлена между исследованиями с помощью ИС СМАЛТ, а не сторонними средствами. Списки текстов планируется внедрять в другие функциональные возможности, в том числе для генерации случайных текстовых текстов на основе существующих.

Библиографический список

1. Алексеева Л. В. Проблемы атрибуции в исследованиях о Ф. М. Достоевском (обзор предложенных решений) // Неизвестный Достоевский. 2015. № 4. – С. 3–10.
2. Рогов А. А. Проблема атрибуции в журналах «Время», «Эпоха» и еженедельнике «Гражданин» [Текст] / А. А. Рогов, Р. В. Абрамов, Д. Д. Бучнева [и др.]. – Петрозаводск : Острова, 2021. – 391с. – ISBN 978-5-98686-125-8.

УМНЫЙ ДАТЧИК: К ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ РАБОТЫ СЕНСОРНЫХ УСТРОЙСТВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Д. С. Мадрахимова, Д. Ж. Корзун
Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
madrahim@cs.karelia.ru

Системы Интернета вещей позволяют решать задачи управления данными устройств, образующих интеллектуальное пространство с помощью сетевого соединения. Сетевые устройства в таких системах обладают возможностью собирать, обрабатывать и передавать данные другим устройствам. Для этого используются физические датчики, видеокамеры, микрокомпьютеры и другие периферийные сенсорные устройства, обеспечивающие связь устройства с внешней средой. Сенсорные устройства также нуждаются в контроле, для чего создается технология программирования, предназначенная для реализации методов управления устройствами с помощью инструментов сетевого взаимодействия.

Ключевые слова: технология программирования, интеллектуальные интернет-технологии, периферийные устройства, управление данными.

SMART SENSOR: TOWARDS INTELLECTUALIZATION OF TRACKING THE IOT-DEVICE OPERATION

D. S. Madrahimova, D. G. Korzun
Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

Internet of Things systems allow you to solve the problems of data management of devices that form an intelligent space using a network connection. Network devices in such systems have the ability to collect, process and transmit data to other devices. For this purpose, physical sensors, video cameras, microcomputers and other peripheral sensor devices are used to ensure the device's communication with the external environment. Sensor devices also need control, for which a programming technology is being created designed to implement device management methods using networking tools.

Key words: programming technology, intelligent Internet technologies, peripherals, data management.

Одной из современных информационных технологий является технология распределенных автономных программных агентов, которые могут создавать модели взаимодействующих объектов виртуального, социального и физического миров в Интернете вещей. Технология является основным претендентом на роль методологии и технологии концептуализации и разработки приложений IoT [1]. Из-за сложной природы систем Интернета вещей в их работе может часто происходить сбой. В масштабных системах необходим автоматический метод диагностики, поскольку ручная проверка может требовать много времени и усилий для изучения большого количества IoT-устройств [2].

Примерами систем, достаточно крупных по масштабу разработки, являются системы промышленного мониторинга [3]. Выходы из строя станков и другого оборудования предприятия приводят к простоям на производстве. Системы мониторинга в режиме реального времени отслеживают состояния узлов производственного оборудования, операторы системы получают отчеты о состоянии подключенных к системе узлов. Такие системы также необходимо сопровождать и обслуживать с целью поддержки работоспособного состояния. Также возникает задача реализации методов самостоятельной диагностики системы. Таким образом, система Интернета вещей и ее устройства могут получать собственное состояние и независимо решать, требуется ли дальнейшая диагностика.

В этом заключается интеллектуализация программных и аппаратных составляющих системы. В качестве технологии для реализации методов отслеживания состояния устройств предполагается использование программных агентов. Агенты устанавливаются локально на объекты отслеживания или «рядом» с ними, осуществляя сбор, обработку и передачу информации.

Архитектура сети, в которой взаимодействуют компоненты IoT-системы, включает также сценарии использования каждого ее аспекта. На рисунке 2 представлена модель архитектуры, показывающая связи программных модулей проверки, установленных на стенде, с базами данных, сервером Zabbix и отслеживаемым устройством. Деление на модули сложных и простых данных обусловлено тем, что нагрузка на агента Zabbix распределяется на проверку методом ping, производимую непосредственно на агенте, и проверку с помощью обращения к данным соответствующих баз и хранилищ, их обработки. Последняя проверка производится в программном модуле с подключением к агенту Zabbix [4].



Рис. 1. Архитектура сети

В рамках исследования возможностей сбора данных мониторинга производственного оборудования были определены классы устройств, выполняющих эту задачу:

- Платы или микрокомпьютеры. Устройства необходимы для передачи цифрового сигнала физических датчиков, установленных на производственном оборудовании, на сервер для последующей обработки. Производственным оборудованием может являться, например, станок с ЧПУ. Двигатель станка служит источником виброданных, которые можно анализировать с целью определения неисправностей. Для вибродиагностики используются данные о состоянии подшипников.
- Камеры видеонаблюдения. Камеры передают видеосигнал на сервер, где он обрабатывается программными модулями. Это позволяет производить мониторинг визуальной информации, например, анализировать ошибки на экране оборудования, или проверять нахождение рабочего в опасной зоне производственного объекта, соблюдение техники безопасности, например, наличие каски у рабочего и др.
- Физические датчики. Устройства измерения физических величин собирают метрики с производственного оборудования, после чего передают их микрокомпьютеру. Например, с помощью датчиков тахометра можно определить метрики вращения вала двигателя, такие как частота, направление вращения.

Для этих классов устройств были разработаны программные модули, входящие в состав технологии программирования. Результатом работы каждого модуля является одно из двух состояний устройства: «Работает», т. е. данные по сети успешно получены, или «Сбой», т. е. данные не были получены. Отчет формируется для системы Zabbix и представляет собой историю появления всех событий, связанных с отслеживаемым устройством. Это необходимо для просмотра сводных данных и статистики возникновения неполадок в работе устройства.

Так, для микрокомпьютера данные простой проверки с помощью метода, схожего с ping, передавались на хранение в соответствующий журнал. Проверка производилась путем отправки UDP-пакета с запросом данных на плату через внутренний протокол, разработанный для IoT-системы. Если на запрос плата выдавала ответ, то она считалась доступной в сети или исправной. Также существует необходимость в другой системе, стоящей над IoT-системой, т. к. обращаться к ее журналам можно независимо. Это полезно в случае, если IoT-система или один из ее компонентов перейдет в неработоспособное состояние. Фрагмент журнала, составленного на основе данных модуля контроля микрокомпьютера, показан на рисунке 2.

Timestamp	Value
2021-11-15 10:46:46	device is available, 1 packet(s) sent
2021-11-15 10:43:46	device is available, 1 packet(s) sent
2021-11-15 10:40:46	device is available, 1 packet(s) sent
2021-11-15 10:37:46	device is available, 1 packet(s) sent
2021-11-15 10:34:46	device is available, 1 packet(s) sent
2021-11-15 10:31:46	device is available, 1 packet(s) sent

Рис. 2. Журнал событий модуля отслеживания в Zabbix

Таким образом, разработанные программные решения можно применять для разработки продуктовых версий, которые должны работать на предприятии. Для этого необходимо усиливать инфраструктуру за счет расширения решений на большее число сетевых устройств, увеличивать точность определения их состояния, для чего потребуются использование технологий машинного обучения, как в случае отслеживания камер видеонаблюдения и физических датчиков. Также это позволит определять сбои в работе периферийных устройств в будущем с помощью методов прогнозирования. За счет работы различных технологий в комплексе будет достигаться основная цель промышленного мониторинга в системах Интернета вещей.

Поддержка исследований. Работа выполнялась в Петрозаводском государственном университете при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения № 075-11-2019-088 от 20.12.2019 по теме «Создание высокотехнологичного производства мобильных микропроцессорных вычислительных модулей по технологии SiP, PoP для интеллектуального сбора, анализа данных и взаимодействия с окружающими источниками».

Библиографический список

1. Городецкий В. И. Интернет агентов – парадигма самоорганизации приложений Интернета вещей [Текст] / В. И. Городецкий // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН, 2017, No 6-2, 62–72.
2. Lee J., Debnath, M., Patki, A., Hasan, M., Nicopoulos, C. Hardware-Based Online Self-Diagnosis for Faulty Device Identification in Large-Scale IoT Systems 2018 IEEE / ACM Third International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI).
3. Корзун Д. Ж. Технология интеллектуального сбора, анализа данных и взаимодействия с окружающими источниками [Текст] / Д. Ж. Корзун // Сборник тезисов докладов 2-ой Научно-практической конференции ученых России и Хорватии в Дубровнике. – Москва : НИТУ «МИСиС», 2020. – С. 107.
4. Мадрахимова Д. С. Использование системы мониторинга Zabbix для интеллектуализации периферийных устройств [Текст] / Д. С. Мадрахимова, В. А. Пономарев, Д. Ж. Корзун // Материалы XIV всероссийской научно-практической конференции «Цифровые технологии в образовании, науке, обществе». – Петрозаводск : Петрозаводский государственный университет, 2020. – С. 86–88.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПО КУРСОРНОМУ ПОЧЕРКУ

А. Г. Марахтанов, Е. О. Паренченков, Н. В. Смирнов

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

marahthanov@petsu.ru, parenche@cs.karelia.ru, smirnovn@petsu.ru

Стандартные методы аутентификации (например, путем ввода логина и пароля) не всегда могут обеспечить надежную защиту аккаунтов пользователей в веб-системах. В рамках работы предложен метод аутентификации пользователей путем анализа характеристик их действий с мышью. В работе представлены результаты применения различных методов машинного и глубокого обучения для классификации данных о действиях с мышью.

Ключевые слова: аутентификация, курсорный почерк, одноклассовая классификация, перцептрон.

APPLICATION OF MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING METHODS FOR USER AUTHENTICATION BY MOUSE DYNAMICS

A. G. Marakhtanov, E. O. Parenchenkov, N. V. Smirnov

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

Standard authentication methods, e.g. login and password authentication, do not always provide reliable user account protection. A method of mouse dynamics-based authentication is proposed. The results of application of different machine learning and deep learning methods to classify the mouse actions data are provided.

Key words: authentication, mouse dynamics, one-class classification, perceptron.

На сегодняшний день традиционные системы аутентификации пользователей, использующие в качестве входных данных только логин и пароль, являются недостаточно эффективными для защиты аккаунтов пользователей веб-систем от взлома, поскольку такие входные данные можно получить путем перебора или использования информации из скомпрометированных баз данных. Для обеспечения надежности защиты учетных записей можно использовать механизмы двухфакторной аутентификации, когда пользователю требуется ввести одноразовый код в дополнение к логину и паролю [1, 2], а также методы биометрической аутентификации [3, 4].

Перспективными методами аутентификации являются методы аутентификации по поведению, когда система аутентификации анализирует не статические данные, такие как логин, пароль или ключ авторизации, а динамические, накапливающиеся по мере взаимодействия пользователя с системой. К таким методам аутентификации относится аутентификация по «курсорному почерку», то есть по характеристикам взаимодействия пользователя с курсором мыши. Изначально строится так называемый

профиль пользователя, характеризующий нормальное для пользователя взаимодействие с мышью (скорость перемещения, нажатий на кнопки и т. д.), а затем этот профиль сопоставляется с характеристиками работы с мышью в течение новой пользовательской сессии. Если система классифицирует поведение пользователя как аномальное, то, вероятно, аккаунт этого пользователя был взломан.

Для сравнения курсорного почерка пользователя в рамках сессии с курсорным почерком, сохраненным в профиле, можно использовать методы машинного и глубокого обучения [5]. Из методов машинного обучения для решения данной задачи эффективны методы, так называемой одноклассовой классификации, для обучения которых необходимы данные, принадлежащие только к одному классу (для данной задачи это информация о действиях текущего пользователя с мышью).

В рамках исследования была разработана игровая веб-система, представлявшая собой логическую игру, состоящую из 6 полей. На каждом из полей пользователь должен был с помощью мыши нажать на квадраты с числами в порядке возрастания чисел. Пример игрового поля представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Игровое поле одного из этапов игры

С помощью скрипта на языке программирования JavaScript и веб-сервера, разработанного на основе фреймворка Django для языка программирования Python, была собрана информация о действиях с мышью 50 пользователей, проходивших предложенную игру. Для каждого из пользователей были обучены классификаторы на основе методов одноклассовой классификации, а также на основе полносвязной нейронной сети (перцептрона). Из методов одноклассовой классификации были использованы методы одноклассовой машины опорных векторов (One-class SVM), изолирующего леса (Isolation Forest), локального уровня выброса (Local Outlier Factor). Использовались реализации методов одноклассовой классификации из библиотеки Scikit-Learn для языка Python [6], а реализация структурных элементов перцептрона – из библиотеки Keras [7].

К отрицательному классу были отнесены действия с мышью, выполненные текущим пользователем, а к положительному – действия, выполненные любым другим пользователем. Для оценки качества классификации использовались метрики точности, полноты, F-меры и ROC AUC. В качестве оптимального классификатора для пользователя выбирался такой классификатор, который предоставлял максимальные значения F-меры и ROC AUC.

Средние метрики качества классификации среди классификаторов всех пользователей представлены в таблице 1.

Для большинства пользователей максимальные значения метрик демонстрировали One-class SVM и перцептрон. Значительная разница в значениях метрик отдельных алгоритмов и оптимальных классификаторов может быть объяснена тем, что для части пользователей в качестве оптимального решения была выбрана One-class SVM, а для другой части – перцептрон.

**Средние метрики качества классификации для набора данных
о 50 пользователях игровой системы**

Алгоритм	Точность	Полнота	F-мера	ROC AUC
One-class SVM	0.98	0.56	0.68	0.78
Isolation Forest	0.12	0.05	0.07	0.5
Local Outlier Factor	0.8	0.2	0.32	0.52
Перцептрон	0.98	0.88	0.92	0.59
Оптимальные классификаторы	0.98	0.89	0.93	0.94

В результате исследования разработан и опробован метод аутентификации пользователей по их курсорному почерку с помощью методов машинного и глубокого обучения. В рамках игровой системы получено качество классификации, близкое к максимально возможному. В дальнейшем планируются увеличение числа пользователей, для которых обучаются классификаторы, а также апробация разработанного метода в условиях прикладных веб-систем.

Библиографический список

1. Hossaina J., Xua C., Li C. [et al.] ICAS: Two-factor identity-concealed authentication scheme for remote-servers // Journal of Systems Architecture. – 2021. – Vol. 117. – P. 1–15.
2. Rushdy E., Khedr W., Salah N. Framework to secure the OAuth 2.0 and JSON web token for rest API // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2021. – Vol. 99, iss. 9. – P. 2144–2161.
3. Irshad A., Usman M., Chaudhry S. A. [et al.] Fuzzy-in-the-Loop-Driven Low-Cost and Secure Biometric User Access to Server // Personal and Ubiquitous Computing. – 2021. – P. 813–827.
4. Wang X., Zhao X., Zhang Y. Deep-learning-based reading eye-movement analysis for aiding biometric recognition // Neurocomputing. – 2021. – Vol. 444. – P. 390–398.
5. Almalki S., Assery N., Roy K. An empirical evaluation of online continuous authentication and anomaly detection using mouse clickstream data analysis // Applied Sciences (Switzerland). – 2021. – Vol. 11, iss. 13. – P. 1–25.
6. Novelty and Outlier Detection – scikit-learn 1.0 documentation. [Электронный ресурс]. – URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/outlier_detection.html – (18.10.2021).
7. Keras: the Python deep learning API. [Электронный ресурс]. – URL: <https://keras.io/>. – (18.10.2021).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА В ШЛЕМЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

А. Г. Марахтанов, Н. В. Смирнов, А. В. Семенов, Н. Д. Семенов
Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
aligrpk@gmail.com, smirnovn@petsu.ru, alexsem26@gmail.com, apexkennys@gmail.com

В работе рассмотрена задача детекции лиц людей в шлеме дополненной реальности на фотографиях. Протестированы различные существующие программные средства, найдены оптимальные значения параметров, обеспечивающие наибольшую точность детекции при минимизации времени вычислений.

Ключевые слова: машинное обучение, распознавание лиц, нейронные сети, глубокое обучение, шлем дополненной реальности.

COMPARATIVE ANALYSIS OF SOFTWARE TOOLS WHICH ARE USING MACHINE LEARNING METHODS FOR DETECTING A HUMAN FACE IN AN AUGMENTED REALITY HELMET IN IMAGE

A. G. Marahtanov, N. V. Smirnov, A. V. Semenov, N. D. Semenov

Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

Paper is focused on problem of detecting human faces in an augmented reality helmets. Various existing software tools have been tested, optimal parameter values to ensure the highest detection accuracy with minimum calculation time have been found.

Key words: machine learning, face recognition, neural networks, deep learning, augmented reality helmet.

Создание систем, способных распознавать лица людей, является одним из перспективных направлений машинного обучения. Такие системы имеют большое количество возможных применений, начиная с разблокировки мобильных телефонов, и заканчивая пограничным контролем. Глубокое машинное обучение хорошо справляется с данной задачей, лучшие алгоритмы имеют точность детекции свыше 97% [1].

Существует большое количество подходов и алгоритмов, позволяющих определять различные объекты на изображениях. В рамках данной работы представлен обзор существующих программных средств детекции лиц, а также проведено тестирование и последующий сравнительный анализ результатов распознавания лиц в шлеме виртуальной реальности Microsoft HoloLens 2 на наборе данных, состоящем из 35 изображений 3840x2160 px при помощи различных существующих программных средств.

Описание используемых библиотек, методов и алгоритмов

1. Библиотека **CenterFace** [2] является библиотекой для языков Python и C++. Для детекции лиц (рисунок 1) используется сверточная нейронная сеть. Отличительной особенностью CenterFace является определение пяти дополнительных точек: центры глаз, нос, края губ.



Рис. 1. Пример работы библиотеки CenterFace

2. Алгоритм **Dual Shot Face Detector (DSFD)**[3] – алгоритм, написанный на языке Python для детекции лиц. DSFD работает следующим образом: внутри нейронной сети используются специальный модуль для улучшения признаков, две ветки обработки признаков и специальные типы классификационных потерь. Результат работы алгоритма продемонстрирован на рисунке 2.

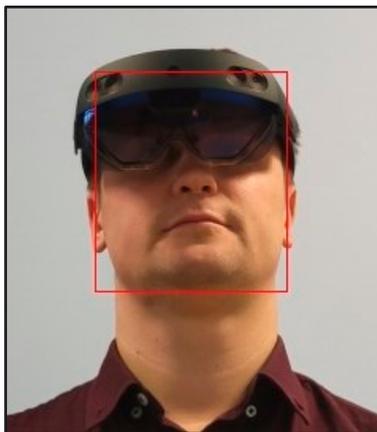


Рис. 2. Пример работы алгоритма DSFD

3. **YOLOv5** [4] представляет собой библиотеку с набором предварительно обученных моделей для детекции различных объектов, а также предоставляет возможность тренировки на собственном датасете с любым набором объектов для детекции. В ходе работы был выбран датасет для тренировки – WIDERFACE. Этот датасет представляет собой набор, состоящий из более чем 12000 тысяч изображений людей. Набор распределен по большому количеству различных групп (62), например: фото с интервью, фото с фестивалей, фото со спортивных мероприятий и т. д. Библиотека предлагает большое количество моделей архитектуры для использования, но все они основаны на использовании сверточных нейронных сетей. Пример детекции лица отражен на рисунке 3, также YOLOv5 отображает параметр confidence (уверенность прогноза). В случае, показанном на рисунке 3, этот параметр равен 0.68, что вызвано шлемом дополненной реальности, закрывающим верхнюю часть лица.

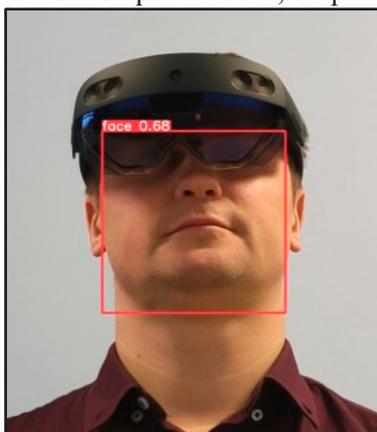


Рис. 3. Пример работы библиотеки YOLOv5

4. **Признаки Хаара в OpenCV.** OpenCV [5] – библиотека для работы с компьютерным зрением на языке Python. Библиотека содержит готовые модели для работы с признаками Хаара. Данный алгоритм хорошо показывает себя на лицах, которые не прикрыты объектами. В тестовом наборе изображений верхняя часть лица закрыта шлемом и алгоритм показал плохие результаты детекции лица в шлеме дополненной реальности на изображении.

5. **Библиотека dlib** [6] написана на C++ и имеет возможность вызова из Python. dlib содержит большое количество различных алгоритмов машинного обучения и средств, позволяющих использовать ее для различных целей. Среди предлагаемых алгоритмов есть несколько решений по детекции лиц. Некоторые из них основаны на признаках Хаара, другие на нейронных сетях. Пример детекции инструментом dlib отражен на рисунке 4.

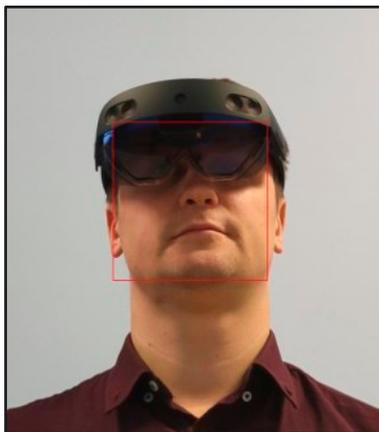


Рис. 4. Пример работы библиотеки dlib

6. Библиотека **face_recognition** [7] – одна из самых простых в развертывании и использовании библиотек по детекции лиц на языке Python. Библиотека способна не только обнаруживать лица (рисунок 5), но и учиться определять, что именно за человек изображен на изображении. В основе библиотеки лежат алгоритмы библиотеки dlib.

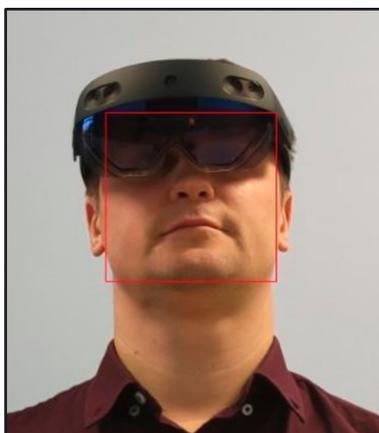


Рис. 5. Пример работы библиотеки face_recognition

7. Фреймворк **Mediapipe** [8] – фреймворк от Google, предлагающий решения для языков Python, Javascript, а также мобильных устройств на Android и iOS. Среди решений: детекция лиц, создание маски лица, определение позы человека, детекция рук и т. д. Детекция лиц основана на использовании нейронных сетей. Пример работы фреймворка показан на рисунке 6.

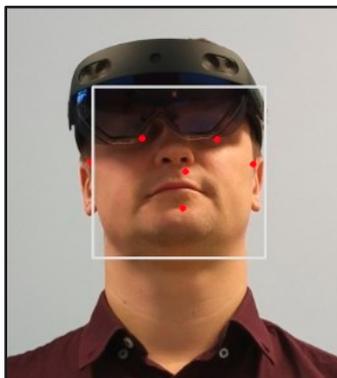


Рис. 6. Пример работы фреймворка Mediapipe

Результаты работы методов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты распознавания лица человека в шлеме дополненной реальности

Название программного средства	% верно детектированных лиц	Среднее затраченное время на детекцию лица на подготовленном изображении	Среднее затраченное время на детекцию лица на исходном изображении	Минимальный размер фотографии, обеспечивающий 100% детекцию
CenterFace	100%	0.0118s	0.1300s	45x80
PytorchDSFD	100%	0.0751s	0.1875s	216x384
YOLOv5	100%	0.0081s	0.042s	160x96
Признаки Хаара	11%	–	–	–
dlib	100%	0.0516s	0.2049s	180x320
face_recognition	100%	0.0576s	0.1725s	432x768
mediapipe	100%	0.0105s	0.1153s	108x192

По результатам тестирования можно сделать выводы: алгоритмы детекции лиц людей в шлеме дополненной реальности, основанные на нейронных сетях, смогли найти лица на всех 35 фотографиях исходного датасета. Признаки Хаара смогли найти лица корректно только на 11% фотографий. Время работы алгоритмов примерно равное, однако выделяется библиотека YOLOv5, которая значительно быстрее, чем остальные протестированные программные средства. Также стоит отметить точность определения лиц библиотекой CenterFace на сильно сжатых изображениях (45 на 80 пикселей).

Исследование выполняется в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение №075-15-2021-1007 от 28.09.2021 по теме «Программно-аппаратные методы сенсорики и машинного восприятия для робототехнических систем с автономным движением».

Библиографический список

1. DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification : [сайт] – 2014. – 14 июн. – URL: <https://research.fb.com/publications/deepface-closing-the-gap-to-human-level-performance-in-face-verification> (дата обращения 15.11.2021).
2. CenterFace : [репозиторий] // GitHub : [сайт] – URL: <https://github.com/Star-Clouds/CenterFace/> (дата обращения 15.11.2021).
3. State of the Art Face Detection in Pytorch with DSFD and RetinaFace : [репозиторий] // GitHub : [сайт] – URL: <https://github.com/hukkelas/DSFD-Pytorch-Inference> (дата обращения 15.11.2021).
4. YOLOv5 : [репозиторий] // GitHub : [сайт] – URL: <https://github.com/ultralytics/yolov5> (дата обращения 15.11.2021).
5. OpenCV: Open Source Computer Vision Library : [репозиторий] // GitHub : [сайт] – URL: <https://github.com/opencv/opencv> (дата обращения 15.11.2021).
6. dlib C++ library : [репозиторий] // GitHub : [сайт] – URL: <https://github.com/davisking/dlib> (дата обращения 15.11.2021).
7. Face Recognition : [репозиторий] // GitHub : [сайт] – URL: https://github.com/ageitgey/face_recognition (дата обращения 15.11.2021).
8. Mediapipe : [репозиторий] // GitHub : [сайт] – URL: <https://github.com/google/mediapipe> (дата обращения 15.11.2021).

ОБЗОР МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСВОЕНИЯ МАССОВОГО ОТКРЫТОГО ОНЛАЙН-КУРСА

Д. Д. Миллер

Национальный исследовательский университет ИТМО

Санкт-Петербург

d9992467235@gmail.com

Современные платформы онлайн-обучения позволяют накапливать большое количество статистических данных о различных видах деятельности пользователей массовых открытых онлайн-курсов, которые могут быть использованы с целью увеличения результативности и качества курсов. Основной задачей в данной статье является исследование методов интеллектуального анализа данных о взаимодействии пользователей массовых открытых онлайн-курсов с контентом для повышения показателей их качества.

Ключевые слова: MOOK, массовые открытые онлайн-курсы, анализ данных, методы интеллектуального анализа, прогнозирование.

OVERVIEW MINING METHODS FOR PREDICTING THE MASTERY OF A MASSIVE OPEN ONLINE COURSE

D. D. Miller

ITMO University

St. Petersburg

Modern online learning platforms allow accumulating a large amount of statistical data on various activities of users of massive open courses, which can be used to increase the effectiveness and quality of courses. The main purpose of this article is to study methods of data mining on the interaction of users of massive open online courses with content to improve the quality of their quality.

Key words: MOOCs, Massive Open Online Courses, Data Analysis, Mining Techniques, Forecasting.

Стремительное развитие информационных технологий оказывает влияние на все сферы жизнедеятельности человечества, и на образование в том числе. К примеру, традиционные аудиторные занятия уже долгое время сопровождаются использованием электронных образовательных ресурсов и технологий электронного обучения, такими как массовые открытые онлайн-курсы (далее – MOOK) – результат системных изменений привычных процессов с внедрением цифровых технологий. В настоящее время MOOK являются одним из перспективных направлений в образовании [1].

Помимо этого, создается множество различных систем, которые позволяют использовать методы проверки и контроля знаний, позволяющих следить за усвоением материала пользователями. Использование таких систем повышает эффективность образовательного процесса, увеличивая темп обучения и оптимизируя временные ресурсы, выделяемые на изучение дисциплин [2].

Но на пути решения этой задачи встречается ряд проблем, таких как:

- недоработки качества предоставляемого контента;
- низкий процент пользователей, успешно завершивших онлайн-курс;
- недоверие общества к результатам обучения;
- снижение интереса пользователей может быть вызвано разными причинами, к примеру, изначальное желание изучить только конкретные разделы курса или недостаток времени, технические проблемы и несоответствие материала курса первоначальным ожиданиям и др.

Наиболее распространенной проблемой является низкая результативность MOOK. На ее решение направлено множество исследований, много работ посвящено прогнозированию успеваемости пользователей по курсу.

Поэтому основной задачей в данной работе является обзор методов интеллектуального анализа данных и моделей прогнозирования результативности на основных данных о взаимодействии пользователей MOOK с контентом в процессе обучения.

Исследования методами интеллектуального анализа сосредоточены на автоматизации выявления закономерностей в образовательных данных [3, 4].

Для исследования взаимодействия пользователей с контентом онлайн-курсов используют различные методы интеллектуального анализа [5]:

- прогнозирование успеваемости студентов с использованием методов классификации и регрессии;
- кластеризация для разделения пользователей по группам;
- интеллектуальный анализ данных: анализ ассоциативных правил, корреляционный анализ, последовательный анализ паттернов, случайный анализ данных;
- статистические методы анализа и визуализация;
- рекурсивное использование выходных данных одной модели в качестве входных данных для другой.

В работе [6] описывается модель прогнозирования успеваемости пользователей, на основе данных журнала MOOK с сервера онлайн площадки. В данной работе вычислили продолжительность активности пользователей, после чего результаты были ослаблены логарифмически. В дальнейшем авторы применили множественную линейную регрессию. В этом случае авторы отвергли другие имеющиеся данные, и единственное обоснование этого состоит в том, что «число и частота нажатий клавиш и щелчков мышью практически не коррелируют с учебными мероприятиями». Однако они утверждают, что успешно коррелировали время, затраченное на выполнение задач с итоговым результатом курса, который они анализировали.

В работе [7] авторы пробовали найти корреляцию между различными характеристиками пользователей и их успешностью прохождения итоговых испытаний. Согласно результатам, на успешность влияет не только качество представленного контента, но и множество других факторов, например, работают ли пользователи над курсом самостоятельно или кооперируется с пользователями этого же курса в процессе обучения.

Для контроля модели прогнозирования используют k-кратную перекрестную проверку, наборы данных, сгенерированные рандомизированной субдискретизацией и специфичными для приложения стратегиями. K-кратная перекрестная проверка описывается как «набор данных, разделенный случайным образом на k сегментов, где k отличительных моделей предсказания строятся с использованием всех, кроме k-го соответствующего сегмента, затем точность модели проверяется с использованием такого k-го среза набора данных» [7]. По анализу данной работы можно сказать, что k-кратная перекрестная проверка состоит не более, чем в чрезмерно сложной рандомизированной субдискретизации. В таком случае это может только добавить значительную нагрузку на выбранный алгоритм и соответственно может ухудшить конечные результаты.

В работе [8] авторы анализировали активность в 32 593 учащихся в течение 9 месяцев для создания четырех моделей бинарной классификации с использованием моделей глубокого обучения. В качестве исходных данных для проектирования моделей использовались клики на веб-страницах. Авторы сообщают о точности от 76% до 94% их бинарных классификаторов. Однако они также сообщают об изменчивости учебных результатов, зависящих от размера учебной выборки, который обозначает структурный дефект в построенной нейронной сети.

В работе [9], как и в работе выше, были использованы записи журнала MOOK в качестве исходных данных для прогнозирования успеваемости пользователей по курсу физики. В данном случае была проанализирована взаимосвязь между временем работы пользователя с MOOK и его итоговым результатом. Выборка была на основе 4286 пользователей, которые выполнили как минимум одну задачу на MOOK. В этом случае была использована логическая регрессия, учитывался показатель «Время на задачу» – период времени в журнале MOOK было сгенерировано хотя бы одного событие пользователем за определённый порог времени (10 минут, 30 минут, 60 минут), время между данными порогами было определено как «Действие вне задачи».

Данные показатели использовались в качестве предикторов в модели, прогнозирующей вероятность выполнения курса. Результаты анализа показывают, что прогностическая сила логистической регрессионной модели достигает точности около 93% и зависит от значения порогового времени внеплановой деятельности.

Исходя из вышеперечисленного, предлагаемый процесс прогнозирования результативности MOOK методами интеллектуального анализа можно описать следующим алгоритмом:

1. Определение задачи прогнозирования.
2. Сбор и обработка данных.
3. Выбор параметров (характеристик), выбор коррелированных переменных.
4. Применение алгоритмов статистической классификации и алгоритмов регрессии.

Также для решения данной задачи в работе предлагается использование следующих алгоритмов:

- линейная и логистическая регрессии;
- метод k-ближайших соседей;

- деревья решений;
- наивный классификатор Байеса;
- Байесовский сети;
- метод опорных векторов;
- нейронные сети;
- ансамблевые методы.

В заключении хотелось бы сказать, что результаты анализа вышеописанных работы показывают, что в большинстве случаев уделяется внимание какому-то одному типу исходных данных (время на МООК, нажатие клавиш, щелчки мыши, время, потраченное на задачу и др.) и что использование только подсчета действий в качестве косвенного показателя времени выполнения задач в исследованиях, может не точно описывать процесс обучения пользователей МООК, поскольку он не отражает качество, например непрерывную продолжительность действий.

Дальнейшей работой станет выбор оптимального алгоритма или их комбинации для решения задачи прогнозирования результативности освоения МООК на основе анализа данных о поведении пользователей в процессе его изучения.

Библиографический список

1. Шубинцев В. Д. Массовые открытые онлайн-курсы как этап информатизации сферы образования // Научное сообщество студентов: Междисциплинарные исследования: XXXVI международной студенческой научно-практической конференции № 1(36). URL: [https://sibac.info/archive/meghdis/1\(36\).pdf](https://sibac.info/archive/meghdis/1(36).pdf) (дата обращения: 21.10.2021).
2. Белоножко П. П., Карпенко А. П., Храмов Д. А. Анализ образовательных данных: направления и перспективы применения // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №4 (2017) URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf>.
3. Baker R., Siemens G. Educational Data Mining and Learning Analytics. URL: <http://www.columbia.edu/~rsb2162/BakerSiemensHandbook2013.pdf>.
4. Siemens G., Baker R. Learning Analytics and Educational Data Mining: Towards Communication and Collaboration // Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge, 2012. URL: <http://www.columbia.edu/~rsb2162/LAKs%20reformatting%20v2.pdf>.
5. Romero C., Ventura S. Educational Data Mining: A Review of the State of the Art // IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics. Part C (Applications and Reviews). 2010, V. 40, № 6. P. 601–618. doi: 10.1109/TSMCC.2010.2053532.
6. Lerche Kiel. Predicting student achievement in learning management systems by log data analysis // Computers in Human Behavior. Vol. 89. – 2018. – P. 367–372. – URL: doi.org/10.1016/j.chb.2018.06.015.
7. Breslow Lori & Pritchard, David & DeBoer, Jennifer & Stump, Glenda & D. Ho, Andrew & Seaton, Daniel. (2013). Studying Learning in the Worldwide Classroom: Research into edX's First MOOC. Research in Practice and Assessment
8. Waheed H., Hassan S.-Ul, Aljohani N.R., Hardman J., Nawaz R. Predicting academic performance of students from VLE big data using deep learning models // Computers in Human Behavior. – 2019. – Vol. 104. – URL: doi.org/10.1016/j.chb.2019.106189.
9. Lee Y. Effect of uninterrupted time-on-task on students' success in Massive Open Online Courses // Computers in Human Behavior. – 2018. – Vol. 86.

МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ КРЕДИТНОГО СКОРИНГА

И. В. Михайлов, Н. Д. Москин

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

dr.migo@yandex.ru, moskin@petsu.ru

Система оценки кредитоспособности лица, основанная на статистических методах, получила название кредитный скоринг. В работе исследуются такие алгоритмы классификации, как метод k-ближайших соседей, дерево принятия решений, случайный лес. После подготовки данных была построена базовая модель и оценена при помощи матрицы ошибок. Затем была проведена оптимизация модели путем под-

бора гиперпараметров. Также начата разработка веб-сервиса на фреймворке Flask, в которой будет реализована построенная модель.

Ключевые слова: машинное обучение, кредитный скоринг, случайный лес, веб-сервис.

MACHINE LEARNING METHODS IN THE CREDIT SCORING PROBLEM

I. V. Mikhailov, N. D. Moskin

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The system of assessing a person's creditworthiness based on statistical methods is called credit scoring. In the paper such classification algorithms as the k-nearest neighbors method, decision tree and random forest are investigated. After data preparation, a basic model was built and evaluated using an error matrix. Then the model was optimized by selecting hyperparameters. The development of a web service on the Flask framework also has begun, in which the constructed model will be implemented.

Key words: machine learning, credit scoring, random forest, web service.

Кредитный скоринг – это оценка кредитоспособности потенциальных заемщиков, основанная на подсчете баллов для каждого клиента в зависимости от различных показателей (возраста, размера доходов, образования и т. п.). По этой оценке определяется, стоит ли выдавать кредит этому клиенту или нет [1].

Автоматизированные скоринговые системы используются в большинстве современных банков и финансовых организаций. Они позволяют исключить возможную субъективную оценку потенциального заемщика сотрудником банка. Также такие системы позволяют поставить процесс выдачи кредитов на поток – потенциально ненадежные клиенты отсекаются на первом этапе, освобождая время сотрудников банка. Это выгодно как для кредиторов, которые могут работать с большим количеством надежных клиентов, так и для заемщиков, которые могут подавать заявки удаленно, без посещения офиса организации.

Задача кредитного скоринга – типичный пример задачи классификации, где каждый рассматриваемый объект относится к одному из заранее определенных классов на основе его формализованных признаков. Все множество заемщиков делится на два класса – в зависимости от того, стоит ли выдавать им кредит или нет. Говоря о задаче классификации в контексте машинного обучения, она относится к обучению с учителем [2, 3].

В ходе данного исследования была проведена работа с данными, построение и оптимизация модели машинного обучения с использованием языка Python и его библиотек. Затем планируется разработать веб-сервис на фреймворке Flask, в котором будет представлена работа построенной модели. Пользователь, указывая свои данные в профиле и выбирая кредитный продукт, может получить одобрение или отказ по нему.

В ходе работы было рассмотрено несколько алгоритмов классификации:

1. Метод k-ближайших соседей.

Для определения того, к какому классу отнести выбранный объект, рассматриваются классы k ближайших соседей этого объекта. Наиболее распространенный среди них класс и становится классом объекта.

Хотя алгоритм может быть применим к выборкам с большим количеством признаков, наиболее удобен он в задачах, где у объектов есть один главный признак либо его легко определить. В нашей задаче количество признаков может быть велико. Также такой метод зачастую не является эффективным на реальных задачах. Точность его низка, а скорость работы достаточно медленная.

2. Дерево принятия решений.

Еще один популярный алгоритм классификации – дерево решений – сочетает в себе простоту и эффективность. Для каждого признака в датасете алгоритм формирует вершину, при этом, чем важнее признак, тем ближе он корню дерева. Для определения класса объекта осуществляется проход от корня дерева к листьям, где лист – присваиваемый объекту класс. Дерево решений относится к жадным алгоритмам, поскольку принимая наилучшие локальные решения, в конечном итоге мы приходим к глобальному результату.

Несмотря на то, что модель хорошо работает со слабо обработанными данными и имеет прозрачную структуру, присутствуют и недостатки: частое переобучение и не слишком высокая точность. Для того чтобы устранить их можно использовать расширенную версию алгоритма – случайный лес.

3. Случайный лес.

Основная идея заключается в использовании большого ансамбля решающих деревьев, каждое из которых само по себе даёт очень невысокое качество классификации, но за счёт их большого количества результат получается хорошим, точность решения увеличивается. Единственный недостаток по сравнению с одиночным деревом, это больший размер получающихся моделей.

Для задачи кредитного скоринга случайный лес является одним из наиболее подходящих алгоритмов [4]. Он и реализуется в данной работе для построения качественной, высокоточной модели классификации.

В качестве набора данных взят датасет с платформы Kaggle – Credit Risk Dataset, который содержит более 32 тысяч записей с информацией о заёмщиках и о том, вернули ли они кредит в срок или нет. Данные о каждом заемщике включают в себя 12 признаков (например, возраст, личный доход, кредитный рейтинг, размер и процентная ставка займа, невозвраты кредитов в прошлом и др.). Алгоритм классификации определяет заемщика к одному из двух классов (0 – кредит возвращен, 1 – кредит не возвращен).

Данные в сыром виде могут ухудшить качество и точность работы модели, поэтому их необходимо обработать. Над данными были проведены следующие операции:

1. Заполнены пустые значения признаков в некоторых записях (кредитной истории и ставки по кредиту).
2. Удалены дубликаты записей.
3. Категориальные признаки (например, такие как степень владения недвижимостью) преобразованы в числовые.

После подготовки данных была построена базовая модель и оценена при помощи матрицы ошибок. Затем был проведен подбор гиперпараметров модели для улучшения качества ее работы [5]. Скоринговая модель верно определяет невозврат кредита в 92% случаев.

Создание веб-сервиса является оставшейся частью всего проекта. Как уже было сказано, он будет базироваться на фреймворке Flask и взаимодействовать с моделью через REST API, отправляя все необходимые данные о пользователе и кредите в JSON формате и получая назад результат прогнозирования. Сервис будет иметь механизм регистрации и авторизации, профиль пользователя для заполнения его данных и хранения списка одобренных кредитов, страницу выбора кредитных продуктов.

Библиографический список

1. Глинкина Е. В. Кредитный скоринг как инструмент эффективной оценки кредитоспособности // Финансы и кредит. – 2011. – № 16 (448). – С. 43–47.
2. Michie D., Spiegelhalter D. J., Taylor C. C. Machine Learning, Neural and Statistical Classification. London, Ellis Horwood, 1994. – 298 p.
3. Волкова Е. С., Гисин В. Б., Соловьев В. И. Современные подходы к применению методов интеллектуального анализа данных в задаче кредитного скоринга // Финансы и кредит. – 2017. – Т. 23. № 34. – С. 2044–2060.
4. Kaszyński D., Kamiński B., Szapiro T. Credit scoring in context of interpretable machine learning. Theory and Practice. Warsaw, SGH Publishing House, 2020. – 380 p.
5. Cheng A. Random Forest, метод главных компонент и оптимизация гиперпараметров: пример решения задачи классификации на Python [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – URL: <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/488342/>. – (02.11.2021).

РЕАЛИЗАЦИЯ ФОРМАТА СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ И ЕГО ПРЕИМУЩЕСТВА

А. И. Назаров

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

anazarov@petsu.ru

Переход к постиндустриальной экономике сформировал характерные для данного этапа развития общества запросы. В современном обществе востребованы прозрачность и открытость услуг, получение объективной и достоверной информации, доступ к большим массивам данных, идеи открытого и непрерывного образования, возможность адаптации к быстро изменяющимся условиям и др. Эти запросы сформировали потребность в цифровой трансформации всех сфер деятельности человека, в т. ч. образования.

В докладе рассмотрены возможности сетевых образовательных модулей по физике, реализованных на платформе электронного обучения Blackboard, для получения результатов, характерных для обучения в цифровой среде. Представлена методика реализации моделей смешанного обучения, способы формирования индивидуальной образовательной траектории и осуществления мониторинга за процессом и результатами обучения.

Ключевые слова: цифровизация образования, онлайн обучение физике, непрерывное образование.

IMPLEMENTATION OF THE BLENDED LEARNING FORMAT IN A DIGITAL ENVIRONMENT AND IT'S ADVANTAGES

A. I. Nazarov

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The transition to a post-industrial economy has formed the demands characteristic of this stage of society's development. Now especially relevant are transparency and openness of services, obtaining objective and reliable information, access to large amounts of data, ideas of open and long-life education, the ability to adapt to rapidly changing conditions, etc. These requests have formed the need in digital transformation of all spheres of human activity, including education.

The report considers the possibilities of networked educational modules in physics, implemented on the Blackboard e-learning platform, to obtain of training results specific to learning in a digital environment. The method of blended learning models implementation, ways of forming an individual educational trajectory and monitoring the process and learning outcomes are presented.

Key words: digitalization of education, online physics training, long-life education.

Одной из характерных особенностей постиндустриального общества является его всеобъемлющая цифровизация. Важно, что цели цифровизации не ограничиваются только повышением эффективности процессов в различных видах деятельности, например, за счет использования электронных баз данных, электронного документооборота, применения онлайн-опросов, современных средств коммуникаций и т. д. Принципиально новые цели отражаются в качественных устойчивых изменениях, происходящих в современном обществе. [1].

В этой связи сфере профессионального образования актуальными стали следующие задачи:

- формирование объективных и достоверных данных для обеспечения эффективной управленческой, образовательной и научной деятельности вуза;
- обеспечение адаптированного образования, ориентированного на потребности работодателей и обучающихся;
- сокращение сроков освоения образовательных программ и повышение их насыщенности, формирование продуктивной образовательной среды;
- формирование цифрового следа: оценивание результатов обучения, участия в проектной и инновационной деятельности, грантовой активности и т. д.;

- реализация различных моделей смешанного и онлайн обучения [2], что позволяет расширить аудиторию слушателей образовательных программ или отдельных учебных модулей и обеспечить деятельностный характер обучения.

Для решения этих задач мы спроектировали сетевые образовательные модули по физике, которые используем на инженерных направлениях подготовки бакалавриата ПетрГУ. Особенностью этих образовательных модулей является их доступность на платформе электронного обучения LMS Blackboard, широкое использование цифровых технологий для формирования содержания и индивидуализации обучения по физике, разнообразие форм представления учебного материала, наличие разноплановых заданий для выявления планируемых результатов обучения, использование средств мониторинга за процессом и результатами обучения.

Сетевые образовательные модули размещены на образовательном портале ПетрГУ edu.petrstu.ru. За каждой группой студентов закреплен соответствующий модуль, доступ к которому требует авторизации. Работа с модулями может быть организована в различных форматах: очное обучение, смешанное обучение с использованием цифровых технологий, онлайн обучение. Последнее особенно актуально в период пандемии и для студентов-заочников.

Образовательные модули сформированы по структурно-функциональному принципу. Тематические модули, как отдельные структурные элементы курса включают в себя функциональные элементы: содержание лекции; вебинар лекции; презентацию лекций; мультимедийные приложения; материалы, сформированные с помощью интернет-сервисов; материалы для практических занятий; тесты и творческие задания. Самостоятельной составляющей образовательного модуля является лабораторный практикум (реальный и виртуальный).

Цифровые технологии позволяют реализовать балльно-рейтинговую систему оценивания результатов обучения. При ее создании мы использовали цифровую интерпретацию таксономии Блума в виде педагогического колеса Каррингтона. Соответственно предложенной методике сначала производился выбор уровней освоения учебного материала (в когнитивной области), затем формулировались задания, выполнение которых предполагало использование цифровых инструментов и действий по работе с этими инструментами. Для оценивания выполнения заданий творческого плана сформулированы критерии и показатели. Успешность выполнения каждого действия оценивается в баллах. Необходимый для выполнения заданий материал представлен в разной форме: расширенного спектра лекции, презентации, онлайн лекции, видеофрагментов демонстрационного эксперимента, виртуальных лабораторных работ, ссылок на интернет ресурсы.

Индивидуализация обучения реализована посредством формирования различных траекторий обучения. Это достигается посредством предоставления следующих возможностей: выбора темпа освоения учебного материала (понедельное планирование или свободное изучение), выбора функциональных элементов тематических модулей, индивидуального графика выполнения лабораторных работ, онлайн консультаций, указания времени и срока доступа к заданиям, обеспечения доступа для отдельных групп обучающихся, доступа в зависимости от результатов выполнения определенных заданий и т. д.

Лекции в синхронном формате (в случае необходимости), диалог и консультации реализованы с помощью инструментов платформы Blackboard (электронная почта, форумы), интернет-сервиса portfolio.petrstu.ru и программы для видеоконференций Zoom.

Формирование цифрового следа обеспечивается фиксацией на платформе Blackboard последней даты обращения к образовательному модулю, количеством и временем доступа к его функциональным элементам, временем выполнения задания, формированием средней и медианной оценки за выполненные задания. В качестве средства мониторинга используется анкетирование, проводимое с помощью инструмента «Опрос».

В целом, предложенные средства, технологии и методики смешанного обучения в цифровой среде позволяют обеспечить полноту и целостность учебного материала, разнообразие форм его представления исходя из целей физического образования и потребностей личности обучающегося. Организация обучения физике с использованием сетевых образовательных модулей обеспечивает достижение метапредметных результатов обучения и в том числе – выработку умения учиться, что особенно важно для реализации концепции непрерывного образования.

Библиографический список

1. Сердитова Н. Е. Образование, качество и цифровая трансформация / Н. Е. Сердитова, А. В. Белогорниковский // Высшее образование в России. 2020. № 4. С. 9–15.

2. Даутова О. Б. Массовый формат смешанного обучения как движение к цифровой трансформации образования / О. Б. Даутова, Е. Ю. Игнатъева, О. Н. Шилова // Непрерывное образование: XXI век. 2020. Вып. 3 (31). DOI : 10.15393/j5.art.2020.6045.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ОБУЧЕНИИ СВАРОЧНЫМ РАБОТАМ

Д. В. Павлов, О. Н. Галактионов
Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
ong66@mail.ru

Проанализированы перспективы создания виртуального сварочного оборудования для адекватной имитации реальной рабочей ситуации при выполнении сварочных работ. Цель разработки тренажера обеспечить более глубокое погружение обучаемого в виртуальную реальность с визуализацией получаемого сварного шва. Проведенный краткий анализ систем используемых для аналогичных процессов позволил выделить основные характеристики оборудования и уточнить целевые параметры системы в целом.

Ключевые слова: виртуальная реальность, сварка, тренажер.

APPLICATION OF VIRTUAL REALITY SYSTEMS IN WELDING TRAINING

D. V. Pavlov, O. N. Galaktionov
Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

Prospects for the creation of virtual welding equipment for adequate imitation of a real working situation during welding are analyzed. The purpose of the simulator development is to provide a deeper immersion of the trainee in virtual reality with visualization of the resulting weld. A brief analysis of the systems used for similar processes made it possible to highlight the main characteristics of the equipment and clarify the target parameters of the system as a whole.

Key words: virtual reality, welding, simulator.

Сварочные соединения используются во всех сферах производства от простейших конструкций до элементов и узлов атомных станций. В связи с этим профессия сварщика стала одной из наиболее распространенных профессий. Однако, возможность работы сварщика с какой то группой узлов и конструкций требует определенного уровня его подготовки и, следовательно, сертификации для обеспечения гарантированного уровня работоспособности узла собранного при помощи сварочных соединений.

В подготовке и сертификации сварщика есть несколько вариантов использования виртуальной реальности: обучение, проверка знаний, сертификация и популяризация профессии.

Обучение с использованием VR позволит нагляднее показывать материал, показывая возможности сварки в широком диапазоне условий, и поможет лучше освоить базовые навыки сварки, не подвергая опасности жизнь и здоровье ученика и сэкономив на расходных материалах, оборудовании.

Проверка знаний поможет производственному отделу лучше понимать уровень практических навыков, принять более точное решение о потенциальном рабочем месте или установить квалификацию сварщика.

На ярмарках вакансий или конференциях демонстрация работы сварщика с помощью виртуальной реальности может заинтересовать больше людей из-за возможности попробовать себя в этой профессии, используя виртуальное оборудование и реалистичную симуляцию процесса сварки, что даст желающему освоить сварочное дело опыт работы близкий к реальному.

На данный момент существуют несколько систем программного обеспечения, которые симулируют процесс сварки.

Одним из них является «Тренажер сварщика ТСВ-02», который включает в себя сенсорный монитор, имитатор ручного инструмента сварщика, ЭВМ и программное обеспечение к нему [1]. Данный тренажер не использует виртуальную реальность в обычном понимании, но как пример того, каким может быть тренажер, его стоит рассмотреть. «Тренажер сварщика ТСВ-02» выводит изображение на

сенсорный экран, а инструмент сварщика, при соприкосновении с экраном, взаимодействует с виртуальными объектами.

Компания ABICOR BINZEL производит сварочный тренажер Soldamatic, который включает в себя шлем виртуальной реальности, стилизованный под сварочную маску, ЭВМ стилизованный под трансформатор, имитаторы электрододержателей и вспомогательное оборудование. Также в комплект входят специальные шаблоны, которые имитируют детали для сварочных работ, с которыми работают на тренажере во время выполнения задания. Имеется симуляция нескольких видов сварки, реалистичное отображение сварного шва, а также разные варианты заданий для отработки конкретных действий во время сварки [2].

У компании Lincoln Electric есть 3 вида тренажера сварочных работ, которые отличаются количеством оборудования и их размером. В VRTEX Engage комплект оборудования состоит из кейса со встроенным компьютером, сенсорным монитором и контроллером, стилизованными под сварочное оборудование [3]. Комплект не предусматривает использования виртуальной реальности.

В VRTEX Mobile входит небольшой штатив, корпус с вычислительной мощностью, монитор отдельно от корпуса, 3 модели скрепленных пластин, контроллеры и шлем, стилизованный под сварочное оборудование. В этом комплекте используется виртуальная реальность, имеется симуляция разных видов сварки и моделируется реалистичный сварочный шов[4].

В VRTEX 360 входит то же оборудование, что и в VRTEX Mobile, за исключением того, что в комплекте больше разновидностей заготовок для заданий и высокий штатив с подставками для большего удобства[5].

В России ведутся достаточно активные работы по обоснованию параметров виртуальных систем имитирующих работу сварщика [6, 7]. Примечательно, что обе они выполнены в областях производства предъявляющих максимальные требования к качеству выполняемого сварного шва – ОАО «Атоммашэкспорт» [6] и Волгодонского филиала НИЯУ МИФИ.

Требования к разработке виртуальных тренажеров ручной дуговой сварки обусловлены следующим: невозможность в оперативном режиме учитывать индивидуальные особенности обучаемого; невозможность в ряде случаев использовать автоматические виды сварки – высота расположения, доставка и установка оборудования, сложность шва и его выполнения, усугубляющаяся высокими требованиями к качеству сварного шва; работа в замкнутых помещениях – корабельные корпуса; выполнение ремонтных работ.

Задачи разработки на фоне существующих конструкций представляются следующими: детально исследовать особенности существующих тренажеров, вычленив потенциал неразработанных сфер; выделить основные параметры процесса ручной дуговой сварки и разработать методы их отображения в интерактивной визуализации.

Библиографический список

1. Тренажер сварщика TCB-02. – Текст : электронный // labstand.ru : [сайт]. – URL: https://labstand.ru/catalog/trenazhery_svarshchika/trenazher_svarshchika_tsv02_1632 (дата обращения: 14.05.2021).
2. Сварочный тренажер Soldamatic. – Текст : электронный // deltasvar : [сайт]. – URL: <https://clck.ru/V2GjS> (дата обращения: 14.05.2021).
3. Учебная система VRTEX® Engage™. – Текст : электронный // Lincoln Electric : [сайт]. – URL: <https://www.lincolnelectric.com/ru-ru/equipment/training-equipment/vrtex360/Pages/vrtex-engage.aspx> (дата обращения: 14.05.2021).
4. Виртуальный сварочный симулятор VRTEX® Mobile. – Текст : электронный // Lincoln Electric : [сайт]. – URL: <https://www.lincolnelectric.com/ru-ru/equipment/training-equipment/vrtex360/Pages/vrtex-mobile.aspx> (дата обращения: 14.05.2021).
5. Виртуальный сварочный тренажер VRTEX 360®. – Текст : электронный // Lincoln Electric : [сайт]. – URL: <https://www.lincolnelectric.com/ru-ru/equipment/training-equipment/vrtex360/Pages/vrtex-360.aspx> (дата обращения: 14.05.2021).
6. Ишигов И. О. Информационно-измерительная система для испытательного стенда обучения операторов-сварщиков ручной дуговой сварки : диссертация ... кандидата технических наук : 05.11.16 / Место защиты: Волгогр. гос. техн. ун-т.- Новочеркасск, 2008. 139 с.
7. Толстов В. А. Информационно-измерительная система для комплекса управления интерактивной визуализацией на компьютерном тренажёре процесса сварки плавлением: диссертация ... кандидата технических наук : 05.11.16 / Толстов Виктор Андреевич; [Место защиты: Волгоградский государственный технический университет]. Волгоград, 2014. – 143 с.

ВОЗМОЖНОСТИ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВАХ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В. В. Перминов, Д. Ж. Корзун

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

perminov@cs.petsu.ru, dkorzun@cs.petsu.ru

Рассмотрен вопрос обучения нейронных сетей непосредственно на периферийных устройствах интернета вещей. Приведены примеры существующих программных технологий, а также, предложена новая технология, покрывающая дополнительный спектр нейропроцессорных устройств.

Ключевые слова: трансферное обучение, обучение на устройстве.

OPPORTUNITIES FOR ON-DEVICE LEARNING NEURAL NETWORKS ON IOT EDGE DEVICES

V. V. Perminov, D. G. Korzun

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The issue of training neural networks directly on the peripheral devices of the Internet of Things is considered. Examples of using software technologies are given, and a new one is proposed that covers an additional hardware platforms.

Key words: transfer learning, on-device learning.

Преобладающая в наши дни парадигма использования моделей машинного и глубокого обучения на периферийных устройствах интернета вещей заключается в обучении модели в облаке, на высокопроизводительных серверах или кластерах, и выполнении обработки данных с помощью обученной модели на периферийном устройстве интернета вещей [1]. Данный подход предполагает сбор данных на уровне устройства и передачу их в облако, где они объединяются с данными, собранными с других устройств, обрабатываются и используются для обучения модели машинного обучения. По завершении обучения полученная модель отправляется из облака обратно на устройство, где она используется для улучшения интеллектуального поведения устройства. В облачной парадигме на устройстве выполняется только обработка данных, логический вывод (англ. inference), то есть выполнение модели, обученной в облаке. Такое разделение ролей – сбор данных и обработка на периферии, обучение модели в облаке – естественно, учитывая, что устройства конечных пользователей имеют ограничения по форм-фактору и стоимости, которые в свою очередь накладывают ограничения на производительность, объем памяти и энергию, которую они потребляют.

Облачные системы имеют доступ к почти безграничным ресурсам и ограничены только соотношениями стоимости, что делает их идеальными для ресурсоёмких задач, таких как хранение данных, обработка данных и построение моделей. Однако облачная парадигма также имеет недостатки, которые будут становиться более явными по мере того, как приложения искусственного интеллекта будут становиться повсеместным аспектом жизни. Основное внимание уделяется конфиденциальности и безопасности пользовательских данных, поскольку эти данные необходимо передавать в облако и хранить там, как правило, на неопределенный срок. Передача пользовательских данных подвержена атакам с целью подмены или перехвата, а сохранённые данные оставляют возможность несанкционированного доступа [2].

Помимо вопросов конфиденциальности и безопасности, интеллектуальные устройства предполагают, что их поведение будет адаптировано специально для каждого потребителя. Однако модели с обучением в облаке, как правило, менее персонализированы, поскольку они строятся на основе данных, агрегированных от многих потребителей, и каждая модель построена для нацеливания на широкие сегменты пользователей, поскольку создание индивидуальных моделей для каждого потребителя и каждого устройства в большинстве случаев является непомерно дорогостоящим. Эта деперсонализация также применима к распределенным парадигмам, таким как федеративное обучение, которые обычно предполагают получение глобальной модели путём усреднения индивидуальных моделей.

По мере того, как устройства становятся более мощными, появляется возможность устранить недостатки облачной модели, перенеся часть или весь процесс обучения модели на само устройство.

Обучение современных моделей нейронных сетей «с нуля», демонстрирующих передовые результаты в задачах анализа изображений, текстов и речи, требует десятков гигабайт оперативной памяти и триллионов операций и на сегодняшний день возможно только в условиях дата-центров. Обучение нейронных сетей на доступной сегодня аппаратной базе периферийных устройств интернета вещей возможно с использованием метода трансферного обучения (англ. Transfer Learning) [3]. Данный метод предполагает использование в качестве основы нейронной сети, предварительно обученной для решения задачи А на большом объёме данных. В процессе трансферного обучения выполняется обучение нейронной сети для решения задачи Б, путём модификации только части нейронной сети, как правило, нескольких последних слоёв. Успешность применения метода трансферного обучения зависит от того, насколько схожи задачи А и Б между собой.

Основная цель, с которой, как правило, применяется трансферное обучение, это улучшение обобщающей способности модели при недостаточном объёме обучающих данных. В то же время, с точки зрения ограниченности ресурсов при обучении на периферийных устройствах интернета вещей, трансферное обучение позволяет сократить вычислительные затраты, т. к. вычисления проводятся только над последними несколькими слоями нейронной сети, которые, в частности для классификаторов на основе свёрточных нейронных сетей, составляют малую часть от общего количества вычислений. Также возможен выигрыш в объёме памяти, требуемой для хранения обучающего набора данных, т. к. требуется хранить только входные данные обучающей части нейронной сети, представляющие собой вектора признаков и занимающие меньший объём.

Для таких аппаратных платформ, как одноплатные компьютеры, поддерживающие стандартные фреймворки машинного обучения, такие как TensorFlow или PyTorch, трансферное обучение может быть реализовано непосредственно средствами данных фреймворков. Для мобильных платформ, а также для оптимизации производительности при использовании одноплатных компьютеров, может быть использован фреймворк TensorFlow Lite, получивший в последних версиях поддержку экспорта дополнительных графов вычислений для обучения нейронной сети (см.: https://www.tensorflow.org/lite/examples/on_device_training/overview). Особый интерес для реализации нейросетевых вычислений представляют специализированные нейропроцессорные устройства, предназначенные для эффективной нейросетевой обработки данных на базе специализированных аппаратных блоков [4]. Основным предназначением данных устройств является обработка данных с помощью предварительно обученных нейронных сетей, поэтому аппаратная поддержка обучения нейронных сетей в них отсутствует. Однако, обучение, как правило, может быть реализовано программно на процессорном ядре общего назначения (CPU). Так, для Google Coral Edge TPU предлагается технология программирования, в которой предлагается разделение нейронной сети на необучаемую и обучаемую части (см.: <https://coral.ai/docs/edgetpu/models-intro/#transfer-learning-on-device>). Необучаемая часть компилируется в оптимизированный формат для запуска на нейроускорителе. Обучаемая часть выполняется на CPU и поддерживает два метода обучения: импринтинг весов последнего слоя [5] и метод обратного распространения ошибки для последнего слоя.

В данной работе мы предлагаем методику для реализации трансферного обучения на нейропроцессоре Kendryte K210. Данная аппаратная платформа ориентирована на обработку данных с помощью свёрточных нейронных сетей и включает в себя двух-ядерный 64-разрядный процессор RISC-V, аппаратный ускоритель свёртки 1x1 и 3x3 (KPU), 8 Мбайт оперативной памяти, 2 из которых выделены под аппаратный ускоритель, а также ряд периферийных интерфейсов для подключения видеодатчика, дисплея, сенсоров, модулей связи и актуаторов. Kendryte K210 не предполагает функции обучения нейронной сети на самом устройстве. Насколько нам известно, на сегодняшний день отсутствуют инструменты для реализации обучения нейронных сетей на данной платформе. Предлагаемая нами технология схожа с методом обратного распространения, реализованном в платформе Google Coral Edge TPU и заключается в следующем порядке действий (рисунок 1):

- предварительное обучение нейронной сети;
- разделение нейронной сети на необучаемую и обучаемую части;
- конвертация необучаемой части в формат TensorFlow Lite и затем в KModel;
- генерация обучаемой части в формате, используемом библиотекой Learning-Lab-C-Library;
- развёртывание необучаемой и обучаемой части нейронной сети на устройстве.

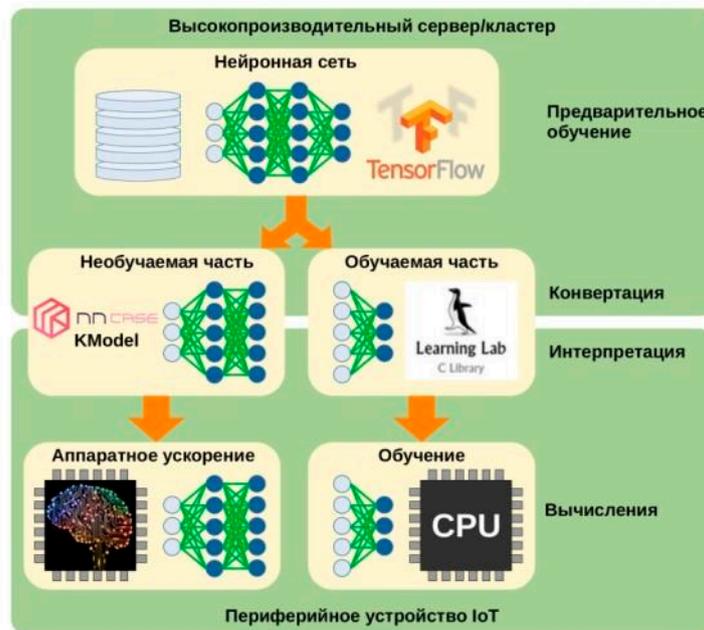


Рис. 1. Общая схема предлагаемой технологии трансферного обучения на нейропроцессоре Kendryte K210

Разработка и предварительное обучение нейронной сети выполняется на высокопроизводительной рабочей станции, сервере или кластере на больших объёмах данных, используя фреймворк TensorFlow и другие стандартные инструменты по усмотрению разработчика. Для автоматизации разделения и конвертации нейронной сети нами был разработан конвертер, использующий для конвертации необучаемой части нейросети в формат TensorFlow Lite стандартные инструменты TensorFlow и для последующей конвертации в формат KModel конвертер nncase. Для генерации обучаемой части использовалась Python-обвязка для библиотеки Learning-Lab-C-Library (см.: <https://github.com/VivianoRiccardo/Learning-Lab-C-Library>), что обеспечило возможность генерации структуры обучаемой части нейронной сети по образцу исходной нейронной сети, а также копирование весов предобученной модели. Для удобства использования обе части нейронной сети записываются в один файл, с указанием в начале файла их размеров.

Для генерации обучаемой части может быть использована структура и веса исходной обученной нейронной сети, если предполагается использование нейронной сети для решения той же задачи, на которой выполнялось обучение. Если предполагается использование нейронной сети для решения новой задачи, то структура обучаемой части задаётся исходя из специфики задачи, а веса инициализируются случайными значениями, после чего должна быть выполнена процедура трансферного обучения либо на этапе создания модели либо непосредственно на устройстве.

Вычисление необучаемой части нейронной сети на устройстве осуществляется с использованием интерпретатора nncase, входящего в стандартный комплект библиотек разработчика Kendryte K210. Интерпретатор nncase обеспечивает поддержку аппаратного ускорения последовательности операций свёртки, пакетной нормализации, вычисления функции активации и подвыборки. Такая последовательность операций является основным строительным блоком свёрточных нейронных сетей, где на данные операции приходится более 99% [6]. Вычисление обучаемой части нейронной сети осуществляется с использованием библиотеки Learning-Lab-C-Library, которая с минимальными изменениями может быть портирована на платформу Kendryte K210. Обучаемая часть, как правило представлена одним полносвязным слоем. Библиотека Learning-Lab-C-Library позволяет выполнять обучение данной части нейронной сети методом обратного распространения ошибки с использованием основных современных оптимизаторов и функций потерь. При необходимости могут быть реализованы рекуррентные слои, а также обучение с подкреплением.

Предлагаемая технология трансферного обучения на нейропроцессоре Kendryte K210 может быть использована для реализации системы голосового управления (по словарю команд) или распознавания объектов по изображению, которую пользователь может настроить для своих задач без использования дополнительных инструментов, непосредственно в условиях её эксплуатации. При этом дан-

ные не будут покидать устройство ни в процессе обучения системы, ни в процессе непосредственного использования. Также возможна адаптация предлагаемой технологии для других аппаратных платформ, для которых инструменты реализации трансферного обучения на устройстве не предоставляются производителем аппаратной платформы. Основным вопросом, требующим внимания, остаётся проработка сценариев взаимодействия пользователя с устройством для обучения нейронной сети при использовании метода обучения с учителем, либо разработка механизмов вычисления сигналов подкрепления при реализации обучения с подкреплением.

Поддержка исследований. Исследование выполнялось в Петрозаводском государственном университете при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения № 075-11-2019-088 от 20.12.2019 по теме «Создание высокотехнологичного производства мобильных микропроцессорных вычислительных модулей по технологии SiP, PoP для интеллектуального сбора, анализа данных и взаимодействия с окружающими источниками».

Библиографический список

1. Стукало С. Акселераторы нейронной сети серии UP AI CORE X на базе Intel Movidius от компании ААЕОН // Control Engineering Россия. – 2019. – №. 3. – С. 40–44.
2. Dhar S. et al. A survey of on-device machine learning: An algorithms and learning theory perspective // ACM Transactions on Internet of Things. – 2021. – Т. 2. – №. 3. – С. 1–49.
3. Tan C. et al. A survey on deep transfer learning // International conference on artificial neural networks. – Springer, Cham, 2018. – С. 270–279.
4. Perminov V., Ermakov V., Korzun D. Edge computing opportunities for vibration diagnostics of rotary machinery using neural network approach // System. – 2020. – Т. 210. – С. 10.
5. Qi H., Brown M., Lowe D. G. Low-shot learning with imprinted weights // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2018. – С. 5822–5830.
6. Perminov V., Ermakov V., Korzun D. Edge Analytics for Bearing Fault Diagnosis Based on Convolution Neural Network // Fuzzy Systems and Data Mining VII. – IOS Press, 2021. – С. 94–103.

СРАВНЕНИЕ ДВУХ ПОДХОДОВ К РАСПОЗНАВАНИЮ ПНЕВМОНИИ ПО РЕНТГЕНОВСКИМ СНИМКАМ

А. А. Печников, Н. А. Богданов

Институт прикладных математических исследований – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводский государственный университет, Санкт-Петербургский государственный университет
Петрозаводск, Санкт-Петербург
pechnikov@krc.karelia.ru

Сравниваются два подхода к задаче классификации рентгеновских снимков грудной клетки для диагностики пневмонии. Первый из них основан на применении нейронных сетей, а второй использует нормализованное расстояние сжатия. Высокие значения метрик качества классификации в обоих случаях убедительно свидетельствуют о надежном разграничении рентгеновских снимков грудной клетки у здоровых людей от больных пневмонией. Преимущества первого подхода проявляются при больших массивах данных обучающего множества, а второй подход позволяет решать эту же задачу при наличии малого числа классифицированных снимков, когда первый подход не работает. Это дает хорошие перспективы разработки компьютерных методов диагностики пневмонии, сочетающих оба подхода.

Ключевые слова: классификация изображений, сверточная нейронная сеть, нормализованное расстояние сжатия, обработка рентгеновских снимков, пневмония.

COMPARISON OF TWO APPROACHES TO THE RECOGNITION OF PNEUMONIA BY X-RAYS

A. A. Pechnikov, N. A. Bogdanov

Institute of Applied Mathematical Research of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk State University, St Petersburg University
Petrozavodsk, Saint-Petersburg

We compared two approaches for classification of x-ray images for presence of pneumonia. The first used approach relies on neural networks. The second approach utilises normalised compression distance. Experimental results show high accuracies for both approaches. This is a clear indication of reliability and applicability of either method for identifying the presence of pneumonia in x-ray images. The first approach performs well when ample training data is available. The second method is turn applicable when training data is limited and the first approach fails. These results provide a solid foundation for developing precise and reliable diagnostics of pneumonia, using a combination of the two approaches.

Key words: classification of images, convolutional neural network, normalised compression distance, X-ray processing, pneumonia.

Для распознавания пневмонии применяется компьютерная томография, однако компьютерные томографы пока есть далеко не во всех лечебных учреждениях. Рентгенологическая диагностика обладает меньшей разрешающей способностью и наличием шумов, но является более распространенной из-за большей доступности рентгеновских аппаратов. Поэтому актуальна разработка быстрых и надежных компьютерных программ, помогающих врачам оперативно обнаруживать заболевание по рентгеновским снимкам грудной клетки.

Первый подход основан на применении сверточной нейронной сети (СНС), на сегодняшний день являющейся одной из самых популярных и эффективных для решения задач распознавания изображений, включая рентгеновские снимки [1]. Для решения задачи распознавания пневмонии по рентгеновским снимкам нами была разработана СНС, имеющая следующую структуру: входной слой, 5 сверточных слоев, скрытый слой и выходной слой [2].

Второй подход, предлагаемый авторами, использует нормализованное расстояние сжатия [3]. Здесь основная идея алгоритма заключается в нахождении наиболее «близкого» по нормализованному расстоянию множества из двух множеств изображений: больных пневмонией и здоровых людей.

Рентгеновские снимки для данной работы взяты из базы социальной сети по обработке данных и машинному обучению Kaggle [4]. Здесь в формате .jpeg хранятся в виде отдельных файлов 5856 рентгеновских снимков, из которых 1583 принадлежат здоровым людям, а 4273 принадлежат людям, у которых выявлена пневмония. В базе Kaggle снимки классифицированы и им присвоены метки классов Normal и Pneumonia.

Реализация обоих алгоритмов выполнена на языке Python в среде разработки Pycharm с использованием открытой нейросетевой библиотеки Keras.

Проведенная серия экспериментов позволяет подобрать значения параметров для успешного решения поставленной задачи. Высокие значения метрик качества классификации в обоих случаях убедительно свидетельствуют о надежном разграничении рентгеновских снимков грудной клетки у здоровых людей от больных пневмонией. Преимущества первого подхода проявляются при больших массивах данных обучающего множества. Второй подход позволяет решать эту же задачу при наличии малого числа классифицированных снимков, когда первый подход не работает.

Библиографический список

1. Ефремцев В. Г., Ефремцев Н. Г., Тетерин Е. П., Тетерин П. Е., Базавлук Е. С. Классификация рентгеновских изображений грудной клетки больных вирусной пневмонией и COVID-19 с помощью нейронных сетей // Компьютерная оптика. 2021. Т. 45, № 1. С. 149–153.
2. Chhikara P., Singh P., Gupta P., Bhatia T. Deep convolutional neural network with transfer learning for detecting pneumonia on chest X-rays // Advances in Bioinformatics, Multimedia, and Electronics Circuits and Signals. – Springer, Singapore, 2020. P. 155–168.
3. Cilibrasi R., Vitanyi P. Clustering by compression // IEEE Transactions on Information Theory. 2005. V. 51, Iss. 4. P. 1523–1545.
4. Chest X-Ray Images (Pneumonia) Kaggle. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kaggle.com/paultimothymooney/chest-xray-pneumonia> (дата обращения 24.04.2021).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ИНДЕКСА ДЛЯ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЕЙ

И. В. Пешкова, А. В. Жуков, М. А. Мальцева
Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
iaminova@petrsu.ru

Статья посвящена использованию теории экстремальных значений и регенеративного метода для анализа характеристик качества обслуживания SDN сетей.

Ключевые слова: программно-конфигурируемые сети, качество обслуживания, экстремальный индекс, регенеративный метод.

APPLICATION OF EXTREMAL INDEX FOR QOS ANALYSIS OF SOFTWARE-DEFINED NETWORKS

I. V. Peshkova, A. V. Zhukov, M. A. Maltseva
Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The article is devoted to the application of extreme value theory and regenerative approach to the quality of service characteristic's analysis of software-defined networks.

Key words: software-defined networks, quality of service, extremal index, regenerative approach.

Программно-конфигурируемая сетевая (SDN) модель представляют собой современный инструмент управления конфигурацией сети и ресурсами. Для стабильной работы таких сетей очень важно обнаруживать перегрузки и прогнозировать будущие нагрузки, поскольку к ним предъявляются повышенные требования к безопасности, энергосбережению и качеству обслуживания (QoS) [1]. В качестве QoS характеристик могут рассматриваться, например, размер очереди к контроллеру и время ожидания отклика.

Исследование таких сетей часто выполняют на моделях с использованием имитационного моделирования. Одним из наиболее перспективных методов получения надежных оценок является регенеративное моделирование [2].

Для моделирования событий, связанных с превышением исследуемыми характеристиками сети некоторого порогового уровня может быть использована теория экстремальных значений. Поскольку экстремумы часто группируются по времени и превышения высокого порогового уровня происходят асимптотически не по одному, а группами (кластерами), то их кластеризация также изучается теорией экстремальных значений на основе так называемого экстремального индекса. Экстремальный индекс является важным параметром, который определяет предельное распределение экстремальных значений зависимых стационарных последовательностей как показатель, обратный среднему размеру кластера. Чем ближе значение экстремального индекса к нулю, тем больше размер кластера, тем больше встречается экстремальных значений. Значение экстремального индекса, близкое к 1 соответствует случаю, когда зависимостью можно пренебречь.

Теория экстремальных значений и регенеративное моделирование позволяют построить оценки вероятности превышения времени ожидания отклика или длины очереди заданного порогового уровня на выбранном интервале времени, а также их экстремальных индексов в рассматриваемых сетях.

Для односерверной сети с экспоненциальным распределением времени обслуживания и входного потока выражение для вычисления экстремального индекса известно в явном виде. Для других распределений может быть применено регенеративное моделирование для получения оценки экстремального индекса, а также для сравнения оценок экстремальных индексов, полученных при разных уровнях пороговых значений. Результаты численных экспериментов показывают, что оценки экстремального индекса, полученные на основе регенеративного моделирования, имеют наибольшую точность по сравнению с блочным методом.

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 19-07-00303.

Библиографический список

1. Аминев Д. А., Прокудин В. Н., Козырев Д. В., Киричек Р. В. Вопросы безопасности SDB в центре обработки данных // Материалы конференции Распределенные компьютерные и коммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN-2019). – 2019. – С. 1–11.
2. Пешкова И. В., Румянцев А. С. Методы регенеративного моделирования для анализа многосерверных систем обслуживания // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2018. – № 7. – С. 68–82.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ В ОБУЧЕНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЮ

В. А. Пономарев, К. А. Кулаков, Е. И. Рыбин, Н. А. Баженов

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

vadim@cs.petrSU.ru

Предложено применение методов и технологий непрерывной интеграции (continuous integration, CI) при обучении языкам программирования.

Ключевые слова: непрерывная интеграция, обучение языкам программирования, проверка кода.

APPLICATION OF CONTINUOUS INTEGRATION METHODS IN PROGRAMMING TEACHING

V. Ponomarev, K. Kulakov, E. Rybin, N. Bazhenov

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The application of methods and technologies of continuous integration (continuous integration, CI) in teaching programming languages is proposed.

Key words: continuous integration, programming teaching, code review.

В 2021/2022 учебном году преподаватели кафедры информатики и математического обеспечения ИМИТ ПетрГУ проводят учебные занятия по курсам «Системное программирование», «Операционные системы и оболочки», «Компьютерные сети», «Введение в тестирование ПО», «Web-технологии», включающие в себя лабораторные работы, на которых студенты выполняют учебные задания [1]. Результатом выполнения такого задания является программа на языке программирования Bash, C, PHP и др. (в зависимости от учебного курса).

Изучение на этих курсах языков программирования и информационных технологий требует выполнения множества технических проверок. Выполняется проверка кода (code review), включающая в себя проверку синтаксической корректности программы, проверку формальных требований (наличие сведений об авторе и лицензии, соответствие принятому стилю форматирования исходного кода и т. п.), проверку функциональных требований (программа делает то, что требуется в условиях задачи). Также в настоящее время вручную выполняется оценка программного кода на плагиат («Кажется, эту программу уже кто-то сдавал»). Студентам предоставляется обратная связь с результатами проверки.

При этом существует возможность снизить нагрузку на преподавателя за счет автоматизации части проверок (синтаксической корректности, формальных требований). В ряде случаев возможна проверка соответствия функциональным требованиям. Существуют также программные средства проверки программного кода на плагиат.

Для автоматизации таких проверок авторам представляется целесообразным использовать методы и программные средства, применяемые при непрерывной интеграции (continuous integration, CI) [3] программного кода. Непрерывная интеграция – практика, при которой разработчики программного обеспечения регулярно отправляют актуальные версии программного кода в центральный репозиторий, после чего автоматически выполняется статический анализ кода, компиляция и тестирование.

При непрерывной интеграции после внесения изменений в репозиторий программного обеспечения запускаются программные сценарии, которые могут выполнять любые необходимые действия с

исходным кодом: анализ качества, компиляцию, выполнение тестов и т. д. Авторам представляется целесообразным реализовать наиболее важные и часто встречающиеся проверки в виде таких программных сценариев.

При таком подходе первичная обратная связь и оценивание результатов выполнения лабораторных работ будет предоставляться автоматически после добавления студентом программного кода в репозиторий, без ожидания начала занятия и проверки кода преподавателем. При использовании индивидуальных репозиториях меньше будет провоцироваться плагиат программного кода. Также при хранении программного кода в репозитории появляется возможность отслеживания истории изменений.

В качестве недостатков предлагаемого подхода можно отметить усложнение процедуры сдачи задания студентом. Вместо демонстрации программного кода в компьютерном классе, или копирования файла в специально отведенный каталог файловой системы, от студента требуется знать основы работы с Git и уметь загружать программный код в репозиторий.

Существуют различные публично доступные системы непрерывной интеграции. Например, комбинация из систем GitHub, Travis CI, Coveralls и SonarCloud позволяет организовать процесс написания и хранения кода (GitHub), выполнения компиляции и запуска тестов (Travis CI), выполнения анализа покрытия кода тестами (Coveralls) и выполнения статического анализа кода (SonarCloud) [2]. Однако использование таких систем сопряжено с рядом трудностей. Обучающимся необходимо выполнить регистрацию на таких системах, что не гарантируется университетом. Системы предоставляют возможность использования только для публично доступного кода, что приводит к соблазну плагиата. Также системы постоянно развиваются и изменяются что приводит к появлению неожиданных проблем.

На момент написания тезисов (осень 2021 г.) в вычислительной системе ИМИТ установлена система управления репозиториями программного кода GitLab [4]. В рамках программы GitLab for Education получена лицензия Ultimate на 60 учетных записей (есть возможность увеличения количества учетных записей при необходимости). Подключены учетные записи студентов ИМИТ, преподавателей и сотрудников кафедры ИМО. Настроен механизм непрерывной интеграции, запущена виртуальная машина для сервера выполнения сценариев интеграции (GitLab runner). Идет разработка сценариев автоматизированной проверки для лабораторных работ по курсу «Системное программирование» и адаптация сценариев для лабораторных работ по курсу «Введение в тестирование ПО».

Библиографический список

1. Пономарев В. А. Опыт дистанционного преподавания дисциплины «Системное программирование» [Текст] / В. А. Пономарев, Н. А. Баженов, Е. И. Рыбин // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе: материалы XIV всероссийской науч.-практ. конф. (1–4 декабря 2020 года). – Петрозаводск, 2020. – С. 1–2. – Режим доступа: <https://it2020.petrso.ru/publication.php>.
2. Димитров В. М., Кулаков К. А. Комплексный подход к обучению тестированию программного обеспечения в образовательном процессе ПетрГУ [Текст] // Компьютерные инструменты в образовании. – Санкт-Петербург, 2019. – № 1. – С. 88–100.
3. Что такое непрерывная доставка? Режим доступа: <https://aws.amazon.com/ru/devops/continuous-delivery/>
4. GitLab. Режим доступа: <https://about.gitlab.com/>

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МУЗЕЯ ИНФОРМАТИКИ ПЕТРГУ

Е. С. Рёвин, М. А. Крышень, Ю. А. Богоявленский

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

reowin@yandex.ru

Статья посвящена разработке виртуального музея информатики Петрозаводского государственного университета. Представлен процесс разработки, используемые инструменты и результат работы на данный момент.

Ключевые слова: музей информатики, генератор статических сайтов, дизайн.

INFORMATION SYSTEM FOR THE PETRSU MUSEUM OF COMPUTING

E. Ryovin, M. Kryshen, I. Bogoiavlenskii

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The article is devoted to the development of the Virtual Museum of Computer Science of Petrozavodsk State University. Presented the process of development, used tools and the result of the work at the moment.

Key words: museum of computer science, static site generator, design.

Бурное развитие информационных технологий и их широкое использование во всех областях человеческой деятельности привело к изменению и модификации привычных реалий при их отражении в виртуальном пространстве. Примером этого, в частности, служат появившиеся и стремительно развивающиеся в сети Интернет так называемые виртуальные музеи [1], которые могут представить посетителям музейные электронные экспонаты, цифровые фото-, аудио- и видеоматериалы, анимацию и т. д.

Виртуальные музеи нужны современному обществу для того, чтобы показывать произведения искусства и многие другие экспонаты людям в совершенно другом формате. Также они позволяют сохранить в электронном виде уникальную архивную информацию, которая была записана на бумажных или магнитных носителях и которая со временем может быть утрачена.

Таким образом, виртуальный музей – это не просто сайт реально существующего музея, а созданный в сети оригинальный сайт, не имеющий своего аналога в реальности и представляющий любую тематику, если по ней находятся реальные материалы, имеющие свое физическое или идейное воплощение в реальном мире.

Цель – наглядно представить многообразие информатики и компьютерных наук и их приложений, показать вклад ученых ПетрГУ в преподавание и развитие направлений и приложений информатики [2].

Для создания виртуального музея были поставлены следующие задачи:

- Сбор материалов и разработка медиаресурса музея.
- Освещение научных разработок и проектов ученых ПетрГУ.
- Раскрытие многообразия направлений и приложений информатики.
- Поддержка учебно-воспитательной и профориентационной работы.

Концепция музейного пространства:

- Электронный медиаресурс.
- Аудитория для демонстрации.
- Проведение семинаров и конференций.

Основные категории:

- История информатики
- Развитие предметных областей
- Преподавание областей информатики

Содержание медиаресурса музея:

- История информатики:
 - Мировая история
 - Развитие информатики в СССР и России
 - Вклад ученых ПетрГУ
- Материалы будут структурированы согласно списку базовых предметных областей информатики.
- Преподавание и развитие областей информатики в ПетрГУ:
 - Образовательные курсы
 - Проекты
 - Актуальные научные исследования

Список предметных областей, которые будут описаны в виртуальном музее:

- Алгоритмы и теория сложности
- Архитектура и организация
- Вычислительная наука

- Графика и визуализация
- Дискретные структуры
- Интеллектуальные системы
- Информационная безопасность
- Информационный менеджмент
- Компьютерные сети
- Операционные системы
- Основы разработки ПО
- Основы систем
- Параллельные и распределенные вычисления
- Программная инженерия
- Разработка на базе платформ
- Социальные вопросы и профессиональная практика
- Человеко-машинное взаимодействие
- Языки программирования

Для реализации веб-сайта виртуального музея нами был выбран генератор статических сайтов. Генератором статических сайтов называется программный инструмент, превращающий текстовые записи в страницы в формате HTML. Основное преимущество генератора статических сайтов в том, что он преобразует множество разных файлов ресурсов в один веб-сайт, это означает, что контент и любые ресурсы сайта можно хранить отдельно от кода макета.

Из нескольких вариантов был выбран Hugo [3], он является одним из самых популярных генераторов статических сайтов с открытым исходным кодом. Сайт генерируется на основе исходных файлов, представляющих содержимое страниц с помощью различных поддерживаемых языков разметки.

Для создания дизайна сайта в Hugo предлагается большое количество готовых тем, которые можно легко установить. В качестве дизайна был выбран стандартный шаблон, в котором содержится верхний колонтитул, основная часть и нижний колонтитул, в котором расположена контактная информация. Основная часть шаблона оформлена в виде списка элементов, которые могут представлять собой ссылки на разделы, темы, новости и т. д. Есть возможность просматривать каждую статью отдельно.



Рис. 1. Страница с темами

Дальнейшие планы:

- Усовершенствовать дизайн сайта и организацию контента
- Увеличить количество разделов и заполнить их содержимым
- Разработать навигацию
- Добавить строку поиска информации по сайту

На данный момент сайт находится в разработке и содержит несколько тем (см. рис. 1). Тема «История ИТ» заполнена содержимым.

Библиографический список

1. Наумова И. В. Что такое виртуальный музей и зачем он современному обществу / И. В. Наумова // Молодой ученый. – 2020. – № 8 (298). – С. 224–225. – URL: <https://moluch.ru/archive/298/67558/>
2. Voronin A. Perspectives on the Emergence of Computing Programs Propelled by Local Industry in Russia / A. Voronin, I. Bogoiavlenskii, V. Kuznetsov // ACM Inroads. Volume 6, Issue 4. – ACM, 2015. – pp. 41–51. DOI: <https://doi.org/10.1145/2824264>.
3. Hugo [electronic resource] – URL: <https://gohugo.io/>.

О МЕТРИКАХ ОЦЕНКИ АЛГОРИТМОВ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Г. Э. Рего

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

regoGr@yandex.ru

В статье приведена метрика эффективности для работы алгоритмов навигации мобильных роботов. Рассматриваются ситуации, когда такая метрика может быть полезнее, чем другие. Также приведен алгоритм, построенный специально для данной метрики.

Ключевые слова: мобильные роботы, навигация, оценка алгоритмов.

ON METRICS FOR EVALUATING NAVIGATION ALGORITHMS FOR MOBILE ROBOTS

G. E. Rego

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The article provides an efficiency metric for the operation of navigation algorithms for mobile robots. Situations where such a metric may be more useful than others are considered. There is also an algorithm built specifically for this metric.

Key words: mobile robots, navigation, algorithm evaluation.

Алгоритмы навигации мобильных роботов являются актуальными как никогда. Беспилотный транспорт, доставка продуктов, дроны и т. д. – все эти отрасли содержат в себе алгоритмы навигации. Универсальных алгоритмов навигации мобильных роботов, как и универсальных оценок качества этих алгоритмов не существует, поэтому под каждую конкретную задачу требуется свой алгоритм и своя метрика его работы.

Задачу можно описать следующим образом. Имеется мобильный робот, который находится в какой-то точке s на плоскости или в пространстве (если это дрон). Назовем s – источником. Предполагается, что координаты этой точки роботу известны. Имеется также другая точка t – приемник. Точка t – это то местоположение, в которое робот должен попасть, ее координаты также известны. Между s и t находятся какие-то препятствия, что не позволяет преодолеть расстояние между источником и приемником, двигаясь по отрезку между ними. Будем считать, что на роботе установлены сенсоры, которые позволяют ему оценивать свободное пространство между собой и наличие препятствий. Схематично, можно представить картинку с помощью лабиринта. Робот находится в какой-то точке лабиринта s , ему требуется найти выход t . Данная задача является весьма популярной, и исследователи проектируют и выпускают роботов, умеющих находить выход из лабиринта [1].

Самым простым алгоритмом выхода из лабиринта является правило правой руки. Нужно в исходной точке взяться рукой за правую стену и идти вдоль границы лабиринта, пока не встретится выход. Данное правило работает только для кривых Жордана, при условии, что в начальной точке мы взяли именно за границу самого лабиринта, а не за границу какого-нибудь внутреннего препятствия. Также популярным является семейство *bug*-алгоритмов. Они позволяют гарантированно находить решение для многих лабиринтов.

Основными метриками оценки эффективности алгоритмов являются пройденное роботом расстояние или время. В большинстве случаев подобные оценки выглядят разумными, потому что в работе мобильного робота прежде всего важно время, которое необходимо для прохождения от источника s до приемника t .

В данной работе предлагается рассмотрение такой метрики как количество поворотов, а также описание случаев, в которых она может пригодиться. Предположим, что робот движется с помощью инерциальных датчиков (акселерометр, гироскоп). Как известно, реальные датчики имеют погрешность измерений, что приводит к накоплению ошибки. Также есть механические ограничения на точность движения робота. Существуют алгоритмы, позволяющие скорректировать подобное накопление ошибок[2], однако и они не идеальны. В такой ситуации было бы полезно минимизировать количество поворотов мобильного робота, с целью ограничить накопление ошибки.

Вторым примером, когда полезно ограничить количество поворотов является случай, когда робот имеет большую массу и движется по нетвердой почве. Например, лесной робот, который ездит по лесосеке и собирает срубленные деревья. В реальности почва, по которой ездит тяжелая техника, при каждом проезде повреждается, а когда техника не просто едет, но еще и разворачивается с помощью танкового поворота, то почва повреждается существенно.

Поэтому в данной ситуации также важно минимизировать количество поворотов и, как следствие, степень повреждения почвы. Данное событие осложняется еще и тем, что масса робота варьируется в зависимости от того, сколько бревен находится на борту, а от этого, в свою очередь, меняется коэффициент повреждения почвы.

Существующие алгоритмы не направлены на уменьшение количества поворотов, хотя есть и локальные решения (например, выбирается более короткий путь, который зачастую имеет меньше поворотов). Исходя из вышесказанного, становится ясно, что под подобную метрику нужны специально разработанные алгоритмы.

Идеей для целого семейства может послужить простейший алгоритм следующего содержания:

1. Робот движется по направлению к цели. Если цель достигнута, КОНЕЦ.
2. Если робот уперся в препятствие, то он осуществляет поворот, например, направо. В случае, если робот уже был в этой точке, то осуществляется поворот налево. Общее правило: каждый нечетный раз – направо, каждый четный – налево.
3. Далее робот движется вдоль границы препятствия до момента, когда необходимо сделать поворот.
4. Вместо поворота робот продолжает движение вперед до тех пор, пока не наткнется на новое препятствие (переход на шаг 2), либо не станет возможным движение по направлению к цели (переход на шаг 1).

В дальнейшем планируется апробация данного алгоритма, сравнение его (по количеству поворотов) с существующими алгоритмами, а также усовершенствование в соответствии с конкретными условиями задачи.

В данном исследовании приведена метрика оценки алгоритмов навигации мобильных роботов, обосновано ее применение для конкретных условий и приведен базовый алгоритм, на основе которого можно строить более сложные алгоритмы для решения конкретных задач.

Библиографический список

1. R. Covaci, G. Harja and I. Nascu, «Autonomous Maze Solving Robot», 2020 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR), 2020, pp. 1–4, doi: 10.1109/AQTR49680.2020.9129943.
2. P. Z. De, D. F. Shan and L. Z. Qiang, «Research on Optimized Speed Measurement Algorithm Based on Error Correction», 2019 Chinese Automation Congress (CAC), 2019, pp. 1882–1887, doi: 10.1109/CAC48633.2019.8996757.

ПРОГРАММНАЯ АРХИТЕКТУРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА И ЕГО ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

Г. Э. Рего

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

regoGr@yandex.ru

В тезисах описывается архитектура, которая позволяет осуществить взаимодействие между реальным роботом и его цифровым двойником. Описаны используемые программы, методы, а также приведено обоснование выбора того или иного инструмента.

Ключевые слова: робот-манипулятор, цифровой двойник, программная архитектура.

SOFTWARE ARCHITECTURE FOR ENSURING THE INTERACTION OF A ROBOTIC ARM AND ITS DIGITAL TWIN

G. E. Rego

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The abstract describes the architecture that allows interaction between a real robot and its digital twin. The programs and methods used are described, and the rationale for the choice of one or another tool is given.

Key words: robot arm, digital twin, software architecture.

Роботы-манипуляторы являются одним из самых популярных видов роботов на сегодняшний день. В основном они применяются в промышленности для сборки оборудования или сортировки чего-либо. Данные области носят детерминистический характер. Это означает, что зачастую робот повторяет одни и те же манипуляции в конечном множестве положений.

Программирование подобного поведения манипуляторов не составляет труда, при условии, что известны все его характеристики, координаты конечного множества положений, их последовательность, а сам манипулятор выполняет команды с достаточной для достижения поставленной цели точностью.

Цифровые двойники[1], в свою очередь, являются вспомогательным инструментом, как на этапе разработки робота, так и на этапе эксплуатации. На этапе разработки цифровой двойник может сократить затраченные ресурсы. Например, можно смитировать работу реального робота, увидеть его слабые стороны и устранить недостатки без сборки реального робота. На этапе эксплуатации зачастую бывает полезно иметь цифровой двойник, чтобы работать с роботом удаленно, при этом имея всю информацию о его положении и состоянии.

Была поставлена задача исследования работы точности манипулятора при взаимодействии с окружающей средой. Это означает, что манипулятор двигается не в заранее заданном множестве положений, а с помощью алгоритмов динамически рассчитывает движения звеньев, необходимые для достижения поставленной цели.

Для решения поставленной задачи необходимо было разработать программную архитектуру, которая включала бы в себя три модуля: цифровой двойник, программа для управления реальным роботом, программа для взаимодействия первых двух модулей. Основой для программной архитектуры стали: реальный робот-манипулятор компании ABB с одноплатным компьютером RaspberryPi, инструмент для симуляции работы роботов Robot Operating System (ROS) и язык программирования Python. Основными требованиями к программной архитектуре являются простота ее реализации: в виду ограниченных сроков проекта, наладить работу модулей для проведения экспериментов нужно было быстро; а также надежность работы: необходимо обеспечить проведение экспериментов без сбоев.

Задача расчета движения решается с помощью цифрового двойника. В цифровом двойнике, построенном с помощью ROS, применяется ведущая программа для расчета траектории движения роботов-манипуляторов MoveIt в частности. MoveIt является одной из ведущих для симуляции работы роботов манипуляторов, в которую встроено большинство современных методов манипуляции. Важнейшим преимуществом MoveIt является простота разработки ПО. Еще одним из важнейших пре-

имуществом является то, что она распространяется бесплатно. Также примечательно, что MoveIt используют такие гиганты как Microsoft, Google и NASA.

Более того, крупные робототехнические концерны, такие как, например, KUKA, выкладывают исходный код цифровых двойников в открытый доступ, что упрощает проведение работ с такими роботами. Однако, эта тенденция распространяется в основном на дорогих роботов, которые выпускаются под промышленные задачи. Исследователям, которые используют небольших роботов или роботов, которые не имеют большого количества выпускаемых единиц, приходится разрабатывать цифровых двойников и ПО для взаимодействия реального робота и цифрового двойника самостоятельно.

Расчет движения происходит для цифрового двойника с помощью интерфейса Move Group. На выходе в Move Group пользователь может получить углы поворотов для каждого сочленения (используется нотация Денавита-Хартенберга [2]). В данном исследовании все сочленения вращательного типа, поэтому речь идет именно об углах поворота. Существуют также и другие типы сочленений, для которых применяются другие типы управляющей информации). Углы поворота передаются в привязке к сочленениям, которые необходимо повернуть.

Еще одной подзадачей для задачи проекта является создание программы-прокладки между цифровым двойником и программой, которая управляет реальным роботом. Целями разработки данной программы являются трансляция движений, рассчитанных на цифровом двойнике, в команды для реального робота, а также ведение log-файла, в который записываются промежуточные положения звеньев, а также выполняемые команды. MoveIt использует механизм публикаций-подписчиков для передачи данных, например, о местоположении звеньев. Одним из таких подписчиков является программа-прокладка. После получения звеньев и углов, полученные данные преобразуются в формат команды для манипулятора. Стоит пояснить, что манипулятор управляется с помощью одноплатного компьютера RaspberryPi, в то время как симуляция робота и программа-прокладка, работают на отдельном персональном компьютере.

Программа написана на языке программирования Python. Python выбран исходя из того, что разработка на нем проста и требует меньших временных ресурсов в сравнении с другими языками программирования. В то же время, несмотря на то, что программа, если бы она была написана, например, на C-подобном языке, выполнялась бы быстрее, она требовала бы больших временных ресурсов на ее написание.

Взаимодействие программы-прокладки и реального манипулятора осуществляется с помощью сокета. Сокет также был написан на языке программирования Python. Пакет передаваемых данных содержит в себе тип команды, которую необходимо выполнить (поворот сочленения, сбор данных с датчиков и т. д.), и ее параметры (углы поворота, название датчика и т. д.). Программа на RaspberryPi подает команды конечным исполнителям (сервоприводам, датчикам) с помощью библиотек этих устройств, а в ответ посылает запрашиваемую информацию (статус выполнения команды, данные с датчиков и т. д.).

В ходе выполнения исследования была предложена программная архитектура, состоящая из трех модулей, позволяющая проводить эксперименты над реальным роботом с помощью его цифрового двойника. Ее отличительной особенностью является простота реализации. Надежность программной архитектуры обеспечивается за счет максимизации использования готовых модулей. Большая часть ПО используется в виде черного ящика, которому можно посылать запросы и получать на них ответ, что позволяет избежать сложных взаимодействий, порождающих непредвиденные ошибки.

Поддержка исследований. *Исследование выполняется в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение №075-15-2021-1007 от 28.09.2021 по теме «Программно-аппаратные методы сенсорики и машинного восприятия для робототехнических систем с автономным движением».*

Библиографический список

1. J. Wu, Y. Yang, X. Cheng, H. Zuo and Z. Cheng, «The Development of Digital Twin Technology Review», 2020 Chinese Automation Congress (CAC), 2020, pp. 4901–4906, doi: 10.1109/CAC51589.2020.9327756.
2. Denavit, Jacques; Hartenberg, Richard Scheunemann (1955). «A kinematic notation for lower-pair mechanisms based on matrices». Trans ASME J. Appl. Mech. 23: 215–221.

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА КАК ИНСТРУМЕНТ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЧНОСТИ ЕГО РАБОТЫ

Г. Э. Рего, А. С. Тарицына, Л. В. Щеголева

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

regoGr@yandex.ru, tarizina98@mail.ru, schegoleva@petrsu.ru

В докладе рассматривается задача управления роботом-манипулятором с использованием цифрового двойника. Для планирования движения звеньев цифрового двойника используется программное обеспечение MoveIt, которое позволяет решать задачи управления устройствами со сложной кинематикой, проверкой возникновения коллизий. На основе сравнения результатов движений цифрового двойника и реального робота-манипулятора можно будет оценить точность работы реального робота.

Ключевые слова: робот-манипулятор, моделирование, цифровой двойник, MoveIt.

THE DIGITAL TWIN OF A ROBOTIC ARM AS A TOOL FOR MEASURING THE ACCURACY OF ITS WORK

G. E. Rego, A. S. Tarisyna, L. V. Schegoleva

Petrozavodsk State University

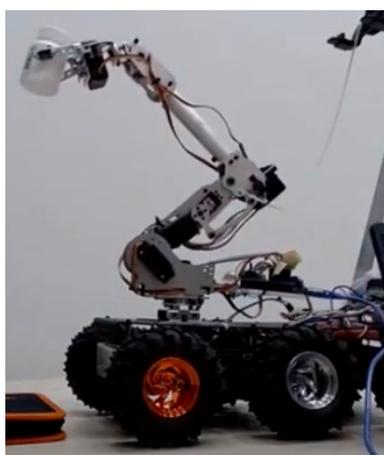
Petrozavodsk

The report discusses the problem of controlling a robotic arm using a digital twin. To plan the movement of the links of the digital twin, the MoveIt software is used, which allows solving problems of controlling devices with complex kinematics, checking the occurrence of collisions. By comparing the results of the movements of the digital twin and the real robotic arm, it will be possible to evaluate the accuracy of the robotic arm work.

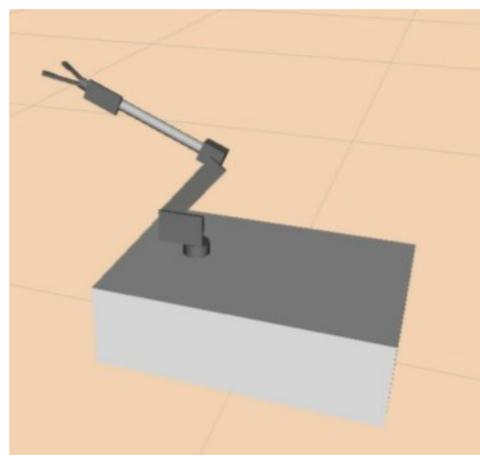
Key words: robotic arm, simulation, digital twin, MoveIt.

В современном мире все чаще используются технологии, целью которых является симуляция реальных объектов с целью тестирования каких-либо событий, условий, поведения и реакции. Одной из таких технологий являются цифровые двойники [1, 2]. Цифровой двойник представляет собой математическую модель реального объекта, а также может включать цифровую модель окружающего мира. Важной характеристикой цифрового двойника является обеспечение автоматического обмена данными между физическим и цифровым объектами. В настоящий момент цифровые двойники широко применяются в 3-х сферах: промышленности, медицине и умных городах.

В настоящем исследовании рассматривается робот-манипулятор ABB Industrial Robot с 6 степенями свободы (рис. 1а).



(а)



(б)

Рис. 1. Робот манипулятор (а) и его цифровой двойник (б)

Для создания 3D моделей используют систему автоматизированного проектирования (САПР), например, SolidWorks. С помощью этой программы создается модель, которую можно экспортиро-

вать в формат Unified Robot Description Format (URDF) – унифицированный формат описания роботов. В настоящем исследовании URDF-файл создается вручную.

Цифровой двойник состоит из набора звеньев и сочленений. Звено описывает твердое тело с инерцией, геометрическими формами и свойствами столкновения (упругое, жесткое и др.). Сочленение связывает два звена между собой и характеризуется кинематическими и динамическими свойствами. Сочленение имитирует работу сервоприводов и позволяет поворачивать одно звено относительно другого, тем самым имитируя работу манипулятора. Для ограничения движения сочленения можно указать предельно допустимые значения угла поворота.

С точки зрения реального мира задача для робота манипулятора может быть сформулирована, например, следующим образом: взять предмет, находящийся в одной точке трехмерного пространства, и переместить его в другую точку трехмерного пространства. Несмотря на простоту задания с математической точки зрения эта задача является достаточно сложной, так как надо в каждый момент времени одновременно управлять несколькими сервоприводами, решая на какой угол их повернуть. При этом, во время изменения положения звеньев могут возникать пересечения, приводящие к коллизиям – столкновениям, как между частями самого робота, так и между роботом и объектами внешнего мира.

Для оптимального планирования движений цифрового двойника предназначено программное обеспечение MoveIt, которое решает задачи управления устройствами со сложной кинематикой, проверки столкновений, захвата и восприятия.

На основе URDF файла в MoveIt Setup Assistant создается файл семантического описания робота в формате Semantic Robot Description Format (SRDF). Также создаются необходимые файлы конфигурации, содержащие информацию о совместных ограничениях, кинематике, используемых планировщиках движения и т. д.

Высокоуровневая системная архитектура MoveIt содержит основной узел, который называется `move_group`. Этот узел объединяет все отдельные компоненты вместе, чтобы предоставить пользователям набор действий и служб Robot Operation System (ROS).

Добавление объектов в среду и присоединение/отсоединение объектов от робота осуществляется программно на языке C++ с помощью пакета `move_group_interface`.

Визуализация работы цифрового двойника реализуется с помощью плагина Motion Planning для Rviz (рис. 16).

Чтобы установить соответствие/несоответствие работы цифровой модели и работы реального робота-манипулятора были проведены эксперименты. В качестве объекта для манипулирования взята пустая баночка от витаминов. В симуляции она была упрощена до цилиндра. С помощью плагина MotionPlanning были заданы начальные и конечные углы для звеньев цифрового двойника. Плагин вычислил оптимальную траекторию движения каждого звена манипулятора. Этот план был передан в качестве управления сервоприводами реального робота-манипулятора. В результате эксперимента захват предмета был выполнен в целом успешно, но с небольшим люфтом. Конечное положение манипулятора также незначительно отличалось от заданного.

В настоящее время разрабатывается методика оценки точности выполнения действий роботом-манипулятором, а также система автоматизированного замера всех отклонений и расчета агрегированной оценки точности.

Поддержка исследований. Исследование выполняется в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение №075-15-2021-1007 от 28.09.2021 по теме «Программно-аппаратные методы сенсорики и машинного восприятия для робототехнических систем с автономным движением».

Библиографический список

1. Aidan Fuller, Zhong Fan, Charles Day, & Chris Barlow (2020). Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research. IEEE Access, 1–1. doi:10.1109/access.2020.2998358.
2. Zexin Huang, Fenglei Li & Lin Xu (2020). Modeling and Simulation of 6 DOF Robotic Arm Based on Gazebo. 2020 6th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR). doi:10.1109/iccar49639.2020.9107989.

ФАКТОРЫ УСПЕШНОСТИ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА ВУЗА

О. Б. Рогова, И. В. Маханькова

Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
makhankova@petsu.ru

Во многих вузах страны, в ПетрГУ в том числе, существует проблема неуспевающих студентов. Разрабатываются мероприятия, направленные на уменьшение числа должников, в частности первокурсников, затрачиваются определенные человеческие, организационные и финансовые ресурсы. Авторами статьи были исследованы возможности прогнозирования возникновения трудностей в обучении первокурсников и их неуспеваемости в сессиях. В качестве исходных данных в исследовании использована только та информация, которой располагает вуз после завершения приемной кампании. Основным методом исследования стало применение дерева решений. В результате был сделан прогноз успешности, выявлены причины отклонения результатов успешности первокурсников и прогноза.

Ключевые слова: успешность обучения первокурсников, прогноз, дерево решений.

FACTORS OF THE FRESHMEN SUCCESSFUL ACADEMIC PERFORMANCE

O. B. Rogova, I. V. Makhankova

Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The problem of failing students has been known to many universities and Petrozavodsk State University is not an exception. To decrease the number of failing students, particularly among freshmen, different practices have been developed. Financial, organizational and capable human resources have been employed to solve the problem. The authors of the article studied the possibility of forecasting academic difficulties' occurrence in freshmen in the course of their study and the possibility of forecasting freshmen academic failure during their term exams. To conduct the research the information received upon admission campaign was used as the basic data. A decision tree method was employed as the main method of the study. As a result of the research the prognosis on the successful academic performance was made. The reasons affecting successful academic performance were identified. The forecast on the spread of academic performance results was made.

Key words: freshmen successful academic performance, prognosis, decision tree.

Во многих вузах страны, в ПетрГУ в том числе, существует проблема неуспевающих студентов. Разрабатываются мероприятия, направленные на уменьшение числа должников, в частности первокурсников, затрачиваются определенные человеческие, организационные и финансовые ресурсы. Нами проведено исследование, посвященное изучению возможностей прогнозирования возникновения трудностей в обучении первокурсников и их неуспеваемости в сессиях. В самом начале образовательного пути студента вуз располагает о нем лишь незначительной информацией: результаты ЕГЭ, место проживания до поступления в ПетрГУ, проживание в период обучения в университете (в общежитии, дома), пол, наличие/отсутствие медали, наличие/отсутствие договора о платном обучении. На начальном этапе нашего исследования мы задались вопросом о возможности использования этой информации для прогнозирования успешности обучения первокурсников [1–2].

Основным методом исследования стало применение дерева решений. В качестве исходных анализировались данные студентов ПетрГУ направлений прикладная математика и информатика, информационные системы и технологии и программная инженерия, поступивших в 2017, 2018 и 2019 годах. Построенное дерево решений позволило проанализировать данные первокурсников, поступивших в университет в указанные годы. На основе этого анализа был составлен прогноз успеваемости 112 студентов первого курса института математики и информационных технологий, поступивших в ПетрГУ в 2020 году. Число обучающихся, которые могли бы иметь академические задолженности за первую сессию, составило 48 человек [2].

На следующем этапе нашего исследования мы провели сравнение прогноза и реальных данных по итогам результатов сдачи первой сессии студентами названных выше направлений. Среди 112 первокурсников 74 – сдали все экзамены на положительные отметки, а должниками стали 38 человек. Среди должников дерево решений правильно определило 19 студентов, среди сдавших сессию правильно определены 43 студента. Число правильно определенных прогнозом должников составляет 50% от

общего числа неуспевающих. Точность общего прогноза успешности в первой сессии студентов 2020 года набора составила 55,4%, отдельно по неуспевающим студентам – 39,6%.

Таблица 1

Анализ обучающего дерева

Число прогнозируемых хвостистов (48 студентов)		Число прогнозируемых успешных студентов (74)	
определены верно	определены не верно	определены верно	определены не верно
19	29	43	31
39,6%	60,4%	58,1%	41,9%

Результат оказался ниже ожидаемого, поэтому потребовался анализ причин расхождения ожидаемого и действительного. Во-первых, было проведено сравнение числа ошибок прогнозирования по отдельным ветвям дерева. Оказалось, что после прохождения узла «живет в общежитии» в дереве решений точность прогнозирования хвостистов уменьшилась. Увеличился процент ошибок, то есть неправильно определенных хвостистов среди предполагаемых по сравнению с общим прогнозом (табл. 2). Точность прогноза успешности в первой сессии в этой части дерева составила 50%, отдельно по неуспевающим студентам – 25%.

Таблица 2

Анализ ветви обучающего дерева после узла «живет в общежитии»

Число прогнозируемых хвостистов (24 студента)		Число прогнозируемых успешных студентов (24)	
определены верно	определены не верно	определены верно	определены не верно
6	18	18	6
25 %	75%	75%	25%

Было построено новое дерево решений (назовем его контрольным), описывающее ту же предметную область, на данных тех же 112 студентов с учетом результатов первой сданной ими сессии, чтобы сравнить его с имеющимся деревом, построенным по данным за 2017–2019 годы (назовем его обучающим). В результате анализа двух деревьев оказалось, что изменился корневой узел. В обучающем дереве в качестве корневого узла выступал признак «наличие/отсутствие договора о платном обучении», а в контрольном – «ЕГЭ по математике», тогда как этот признак в обучающем дереве являлся только в узле на пятом уровне. Более того, в контрольном дереве признаки, связанные с ЕГЭ, приобрели больший вес, только они составляют три первых уровня дерева. Признак «наличие/отсутствие медали» в контрольном дереве оказался на четвертом, а не на третьем уровне. Интересен тот факт, что фактор «проживание в общежитии/дома», встречающийся на пятом уровне обучающего дерева, совсем отсутствует в контрольном. Зато признак «место жительства до поступления в ПетрГУ» имеется в контрольном дереве уже на четвертом уровне.

При анализе обучающего дерева на предыдущих этапах исследования нами было выявлено, что такой показатель, как результаты ЕГЭ, являлся важным для определения успешности обучения студентов первого курса, но не был столь доминирующим, как в контрольном дереве, построенном по данным первокурсников набора 2020 года.

Одна из веских причин выявленных различий результатов обучающего и контрольного деревьев в том, что одно из них построено с использованием данных в сильно изменившихся из-за пандемии 2020 года условиях получения образования. На обучающее множество дерева решений эти изменившиеся условия тоже оказали влияние. Факт, что в узле контрольного дерева появился признак «место жительства до поступления в ПетрГУ» и исчез признак «проживание в общежитии», подтверждает это влияние. Первокурсникам набора 2020 года пришлось, будучи еще школьниками, заканчивать школу, обучаясь в дистанционном режиме. Все учителя и учащиеся вынуждены были адаптироваться к новым условиям и формам обучения. Не во всех районах Карелии была возможность свободно пользоваться интернетом, не у всех школьников были компьютеры. Поступив в университет, первокурсники учились в условиях ограничений из-за пандемии, часть семестра обучались дистанционно, разъехавшись по домам, сдавали сессию в онлайн-режиме.

На начальных этапах исследования была использована только та информация о студентах, которой располагает вуз после приемной комиссии и строился прогноз на результативность сдачи первой экзаменационной сессии. Однако, важно знать, влияют ли выделенные факторы на дальнейшую

успешность обучения студентов, в частности при сдаче второй сессии, если влияние сохраняется, то какие факторы являются доминирующими.

Для продолжения исследования было решено включить в множество факторов еще один: результаты первой сессии. Выборка студентов осталась прежней. Имеющаяся база данных была дополнена данными об отметках студентов института математики и информационных технологий, поступивших в 2017, 2018 и 2019 годах, отчислениях по результатам первой сессии, переводами на другие направления. На основании дополненной базы данных было построено дерево решений и сделан прогноз успешности обучающихся на вторую сессию.

Набор первокурсников института в 2020 году составил 112 человек, после первой сессии было отчислено (ушли в академический отпуск, перевелись) 11 человек. Среди продолжающих обучение число студентов, которые могли бы иметь академические задолженности за вторую сессию, составило 38 человек, соответственно 63 студента должны были по прогнозу успешно сдать экзамены. В реальности 54 студента успешно сдали вторую сессию и 47 имеют долги. Дерево решений правильно определило 29 должников, среди сдавших сессию правильно определены 45 студентов. См. таблицу 3.

Таблица 3

Анализ дерева

Число прогнозируемых хвостистов (38 студентов)		Число прогнозируемых успешных студентов (63)	
определены верно	определены не верно	определены верно	определены не верно
29	9	45	18
76,3%	23,7%	71,4%	28,6%

Число правильно определенных прогнозом должников составляет 76,3% от общего числа неуспевающих. Точность общего прогноза успешности в первой сессии студентов 2020 года набора составила 73,2%.

Мы провели сравнительный анализ нового дерева и дерева, построенного ранее на данных, не включающих результаты первой сессии. Изменилась не только корневая вершина, но и вершины второго уровня. Раньше в корне находился фактор «Наличие договора», факторами 2 уровня были данные ЕГЭ. Теперь на их месте категории: «Средний балл первой сессии меньше 3,7» и «Есть тройки». Факторы, связанные с ЕГЭ, имеются на третьем и четвертом уровнях. Также на четвертом уровне есть фактор «Проживает в общежитии». Как показал анализ, в новом дереве решений встречаются только два фактора из всей информации о студентах, которой располагает вуз после приемной комиссии.

Проведенное исследование показывает, что дерево решений позволяет с определенной точностью прогнозировать успешность и определять первокурсников, у которых могут возникнуть трудности и долги за первую сессию. При этом возникла гипотеза о том, что влияние на успешность обучения начального набора факторов ослабевает от сессии к сессии. Дальнейшая работа будет направлена, в частности, на исследование выдвинутой гипотезы.

Библиографический список

1. Маханькова И. В. Кластеризация институтов ПетрГУ на основе информации о первокурсниках [Текст] / И. В. Маханькова, О. Б. Рогова // Материалы XII всероссийской научно-практической конференции «Цифровые технологии в образовании, науке, обществе». – Петрозаводск, 2018. – С. 199–202.
2. Маханькова И. В., Рогова О. Б. Применение деревьев решений для прогнозирования неуспеваемости студентов. [Электронный ресурс] / И. В. Маханькова, О. Б. Рогова // Материалы XIV всероссийской научно-практической конференции «Цифровые технологии в образовании, науке, обществе». – Петрозаводск, 2020. – С. 100–102.

ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ БИОНИЧЕСКОГО КОСТЮМА В ТАКТИЛЬНОМ ИНТЕРНЕТЕ

К. А. Смирнов, Д. Ж. Корзун

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

kostsmornov814@gmail.com, dkorzun@cs.karelia.ru

В работе описываются технологии тактильного интернета и умного текстиля, необходимые для разработки приложения по контролю за состоянием человека. В частности, такое приложение может использоваться для задач цифровизации здравоохранения, позволяя получать и анализировать данные с датчиков умного текстиля.

Ключевые слова: бионический костюм, умный текстиль, тактильный интернет, телемедицина.

BIONIC SUIT SOFTWARE APPLICATION ON THE TACTILE INTERNET

K. A. Smirnov, D. G. Korzun

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The paper describes the technologies of the tactile Internet and smart textiles, which are necessary for the development of an application for monitoring human condition. In particular, such an application can be used for tasks of digitalization of healthcare, allowing to receive and analyze data from sensors of smart textiles.

Key words: bionic suit, smart textiles, tactile internet, telemedicine.

В настоящее время цифровизация здравоохранения и здорового образа жизни является активно развивающейся областью для внедрения искусственного интеллекта [7]. Однако она основана не только на умных устройствах, оснащенных различными датчиками и приводами, но и на приложениях, которые отвечают за их координацию и работу.

Цель исследования – рассмотреть необходимые технологии для разработки приложения по контролю за нарушениями в сердечно-сосудистой системе пациента. Такое приложение основывается на данных, полученных с сенсоров умного текстиля; может применяться в телемедицине и мобильном здравоохранении.

Требования к приложению

Самое частое использование умных устройств контроля за здоровьем наблюдается за пациентами, которые страдают от проблем с сердцем, поскольку такие заболевания требуют экстренного вмешательства при каком-либо нарушении. Предлагается разработать приложение, которое на основе таких показателей сенсоров на ЭКГ и частота сердцебиения будет делать выводы о риске возникновения какого-либо заболевания. Приложение должно иметь возможность анализировать не только заранее записанный загружаемый файл, но и поток данных, поступающий в реальном времени, поскольку именно такой режим работы представляет интерес для телемедицины.

Также в приложении должна быть возможность хранить уже полученные в реальном времени данные с датчиков для дальнейшей возможности повторного просмотра истории показаний. Анализ ЭКГ происходит посредством контурного анализа – нахождения на графике кардиограммы особых точек, которые имеют диагностически важное значение и могут свидетельствовать о наличии определенных заболеваний или рисков их возникновения. Примечательной особенностью контурного анализа является то, что для его проведения достаточно снимать 4-х отводную ЭКГ, а значит можно не подключать грудные электроды, что увеличивает диапазон устройств, показатели которых могут анализироваться, а также уменьшает количество используемых датчиков, что положительно скажется на времени обработки [1].

Для разработки приложения необходимо воспользоваться технологиями тактильного интернета, а также технологиями умного текстиля и телемедицины.

Необходимые технологии тактильного интернета

Одним из важнейших критериев приложения является обработка данных в реальном времени, что зависит не только от быстродействия заложенного алгоритма анализа, но и от скорости получения данных. Для минимизации задержки передачи показателей можно воспользоваться следующими технологиями:

- F-OFDM (Filtered-OFDM) – это улучшенная технология OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing), в которой разбиение на поднесущие плоскости организовано таким образом, что под каждую задачу будет использоваться определенный набор параметров [5]. Благодаря возможности настроить каждый параметр по отдельности, обработка сигнала становится более точной, быстрой и менее энергоемкой. Первые результаты планового тестирования показали, что F-OFDM увеличивает общую пропускную способность системы на 10% благодаря использованию свободных защищенных полос в системе LTE [6].
- Технология SCMA (Sparse Code Multiple Access) – это технология многостанционного доступа на основе разреженных кодов, которая позволяет скомбинировать технологию OFDMA с CDMA кодом, тем самым позволяя обеспечить более широкий доступ для отдельных устройств. Идея данной технологии заключена в улучшении спектральной эффективности беспроводного радиодоступа. Основана на идее преобразования поступающего потока данных в набор кодовых слов, состоящих из различных многомерных шифровых символов; каждое кодовое слово представляет один из распределенных уровней передачи (transmission layer). Кодовое слово выбирается из кодовых книг SCMA для конкретного уровня, благодаря этому несколько потоков данных могут разделять одни и те же частотно-временные ресурсы OFDMA сигнала [5]. Эксперименты показали, что данная технология увеличивает пропускную способность нисходящего канала на 80%, а количество одновременно подключенных устройств в 4 раза [8].
- Предсказательные движения – по характеру изменения сердечного ритма и ЭКГ с учетом движется ли пациент или находится в покое, они определяют дальнейшую тенденцию изменения состояния и могут заблаговременно предупредить о возникновении критической ситуации, еще до того, как датчики ее зафиксируют. Кроме того, для анализа движения пациента можно передавать не все его пространственные координаты, а лишь то, как они изменяются, что, в свою очередь, поможет сократить задержку еще сильнее [4].

Необходимые технологии сенсорных систем на основе умного текстиля

Умный текстиль – это текстиль, способный воспринимать данные из окружающей среды благодаря набору датчиков, реагировать и адаптироваться к ним, за счет встроенных в его структуру специальных функциональных возможностей.

В структуре ткани должен быть набор из сенсора и исполняющего механизма, для того, чтобы она могла называться умным текстилем. Этот набор также может быть дополнен блоком обработки. Основными компонентами умного текстиля являются наноэлектронные и микроэлектронные устройства [9].

Для корректной работы приложения, пациента необходимо оборудовать предметом такой одежды, чтобы он во время повседневной жизни находился под контролем за счет постоянного анализа встроенными сенсорами; лучше всего подойдет умная футболка.

В ткань умной футболки встроены датчики, которые отслеживают различные человеческие показатели, такие как частота сердцебиения (с учетом движется ли человек в пространстве или нет), давление и температура тела. Микроконтроллер, встроенный в футболку, производит оцифровку сигнала для дальнейшей его передачи на сервер для мониторинга в реальном времени. Происходит это по беспроводному соединению. В нашем случае такая футболка является основным измерительным прибором, который производит сбор данных и их передачу на анализ [3].

Для того чтобы умный текстиль выполнял свою функцию, необходимо обрабатывать считываемые и посылаемые им биомедицинские сигналы. На сервер сигналы поступают в оцифрованном и удобном для анализа и измерений виде. Поступающую с биомедицинских датчиков информацию разделяют на признаки и параметры. Признаки – это наличие или отсутствие какого-либо свойства или заболевание, а параметр – его количественная характеристика (величина). Этапы обработки медико-биологических сигналов с сенсоров умной футболки:

1. Сбор и первичная обработка данных – накопление необходимого количества данных для адекватного анализа.
2. Оценка эффективности измерения – определение погрешности измерений и точности сигналов.
3. Сохранение данных – полученные данные фиксируются на физических носителях (например, на SSD ПК, на котором ведется их сбор).
4. Формализация и стандартизация данных – сведение данных к единой форме, в которой их возможно обработать, а также они будут обладать сопоставимостью между собой.

5. Фильтрация данных – очищение ненужных данных, которые либо демонстрируют неважную неизменность процесса, либо обусловлены сбоем сенсоров.
6. Кодировка данных – сведение к единому виду представления данных.
7. Сортировка данных – упорядочение данных по какому-либо ключевому признаку.
8. Сжатие данных – уменьшение размера для последующей более быстрой отправки на сервер обработки.
9. Защита данных – шифрование отправляемых данных, для того, чтобы третьи лица не могли их изменить и (или) перехватить.
10. Обработка данных и вынесение вердикта [2].

Выделенные в результате исследований технологии являются основой для разработки приложения по контролю за состоянием пациента с использованием умного текстиля. Описанные технологии тактильного интернета позволяют осуществлять передачу данных с небольшой задержкой, тем самым делая приложение актуальным для применения в телемедицине, а исследованные технологии сенсорных систем дают возможность корректно осуществлять обработку данных с датчиков умного текстиля для последующего их использования в алгоритме для обработки и анализа.

Поддержка исследований. Исследование выполняется в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение №075-15-2021-1007 от 28.09.2021 по теме «Программно-аппаратные методы сенсорики и машинного восприятия для робототехнических систем с автономным движением».

Библиографический список

1. Контурный анализ ЭКГ: анализ сердечного ритма [Электронный ресурс]. – URL: <https://bioscaner.com/tech/konturnyj-analiz-ekg/> – (13.11.2021)
2. Общая характеристика измерительных преобразователей биомедицинских сигналов. [Электронный ресурс]. – URL: https://moodle.kstu.ru/pluginfile.php/366685/mod_resource/content/2/Лекция%201.pdf – (13.11.2021).
3. Решетникова В.П., Саврасова Ю.С., Чаплыгина Д.И. «Умные» футболки // Актуальные проблемы охраны труда. Курск, 2015. – С. 279–283.
4. Шалагинов А. Тактильный Интернет (Tactile Internet) в сети 5G. [Электронный ресурс]. – URL: <https://shalaginov.com/2017/01/30/тактильный-интернет-tactile-internet-в-сети-5g/> – (13.11.2021)
5. Ястребова А. А., Выборнова А. И., Киричек Р. В. Обзор концепции тактильного интернета и технологий для его реализации // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2016. – Т. 4. – № 4. – С. 89–96.
6. 5G: Full Spectrum Access, New Architecture, New AirInterface [Электронный ресурс]. – URL: http://www.huawei.com/minisite/5g/en/technologicalinnovation.html?ic_source=fmwc17&ic_medium=hwdc – (13.11.2021)
7. Korzun D. G. Internet of Things Meets Mobile Health Systems in Smart Spaces: An Overview // Internet of Things and Big Data Technologies for Next Generation Healthcare. – 2017. – Vol. 23. – P.111–129.
8. Soldani D. 5G Communications: Development and Prospects [Электронный ресурс]. – URL: https://sdn.ieee.org/images/files/pdf/MobileEdgeCloud/june2016_soldani_-_5g-communications-development-and-prospects.pdf – (13.11.2021)
9. Van Langenhove L., Hertleer C., Westbroek P., Priniotakis J. Textile sensors for healthcare. Materials, Systems and Applications Woodhead Publishing Series in Textiles. – Cambridge, 2007. – 336 p. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845690274500069> – (13.11.2021).

СЕГМЕНТАЦИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЛЕСА НА ИЗОБРАЖЕНИИ

Н. В. Смирнов, К. А. Логвинов, А. В. Кабонен

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

smirnovn@petsu.ru, logvinov.k.a.98@gmail.com, alexkabonen@mail.ru

В статье рассматривается применение сегментации с помощью сверточной нейронной сети Unet для нахождения областей изображения с наличием деревьев. Изображения были получены с помощью

квадрокоптера Phantom 4 pro. Проведенные эксперименты показали, что Unet достаточно точно находит области деревьев.

Ключевые слова: сегментация изображений, Unet, сверточная нейронная сеть, таксация.

HIGHLIGHT FOREST IN IMAGES BY SEGMENTATION

N. V. Smirnov, K. A. Logvinov, A. V. Kabonen

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

Paper is focused on task of segmentation using the Unet convolutional neural network to find image regions with the presence of trees. Images were captured using a Phantom 4 pro quadcopter. Experiments have shown that Unet finds areas of trees quite accurately.

Key words: image segmentation, Unet, convolutional neural network, forest inventory.

Подеревная таксация леса – важная задача лесного хозяйства. Увеличение доступности изображений высокого разрешения с беспилотного летательного аппарата обуславливает возможность применения новых подходов для решения этой задачи. Как правило, анализ таких изображений производится без использования автоматического поиска деревьев, что существенно замедляет вычисление таксационных характеристик лесных насаждений. Для выделения области изображения, занятой деревьями, можно использовать сегментацию. На практике для решения задачи сегментации наиболее часто используются методы, включающие:

- пороговая сегментация [1],
- алгоритмы, предлагаемые библиотекой OpenCV [2],
- графо-ориентированная сегментация [3],
- алгоритмы на основе сверточных нейронных сетей [3].

Алгоритмы на основе сверточных нейронных сетей широко применяются в задачах сегментации и на практике показывают высокую точность. Среди архитектур сверточных нейронных сетей можно выделить архитектуру нейросети Unet [4].

Для анализа были использованы RGB фотографии территории арборетума Ботанического сада ПетрГУ, полученные с помощью квадрокоптера Phantom 4 pro. Фотографии имеют размер 5472x3648 px (рис. 1). На некоторые из этих фотографий были нанесены маски, которые показывают области, содержащие деревья. Фотографии, для которых получены маски, были разделены на изображения меньшего размера 608x608 px (рис. 2), всего 270 изображений. Такое разбиение позволяет увеличить количество изображений, а также распределить их на тренировочное, валидационное и тестовое множества.

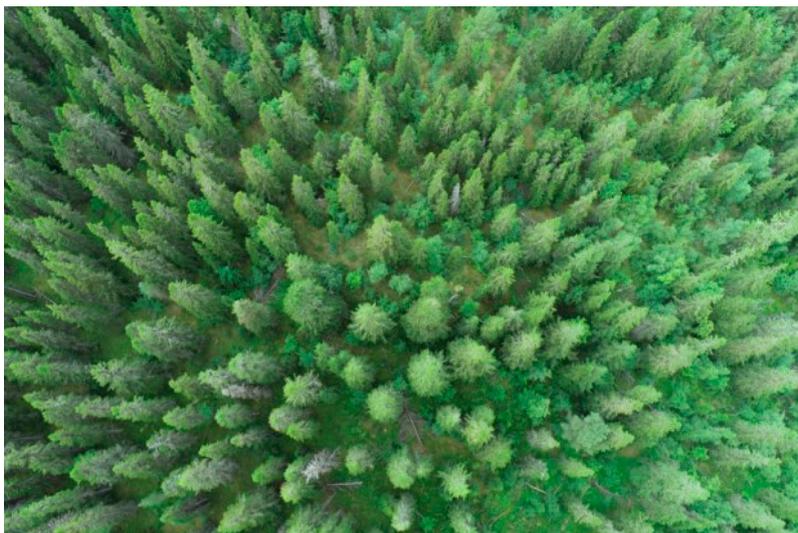


Рис. 1. Пример исходной фотографии

В процессе обучения сети к тренировочным изображениям случайным образом применяются следующие аугментации: отражение по горизонтали и вертикали, поворот, смещение и масштабирование, изменение яркости и контраста.



Рис. 2. Пример обработанного изображения

Для оценки качества модели была использована метрика IoU (Intersection over Union) (1). Метрику IoU часто используют в задаче сегментации изображений, она показывает, насколько точно предсказанная маска соответствует достоверной. Вычисляется эта метрика как отношение площади пересечения предсказанной и достоверной масок к площади их объединения (рис. 3).

$$IoU = \frac{TP}{TP + FP + FN}, \quad (1)$$

где TP – количество пикселей, верно классифицированных как лес, FP – количество пикселей, ложно классифицированных как лес, FN – количество пикселей, ложно классифицированных как лес.

$$IoU = \frac{\text{Площадь пересечения}}{\text{Площадь объединения}} = \frac{\text{Area of Intersection}}{\text{Area of Union}}$$

Рис. 3. Метрика IoU

Результат работы настроенной модели представлен на рисунке 4. В левой части рисунка 4 представлено исходное изображение, в центральной части – вручную нанесенная маска, в правой части – маска, предсказанная полученной моделью.



Рис. 4. Результат работы разработанной модели

Архитектура Unet позволяет брать за основу различные сверточные нейронные сети (СНС). В таблице 1 представлены полученные в ходе экспериментов значения метрики IoU для различных СНС.

Таблица 1

Значение метрики IoU при различных СНС

Unet с СНС	IoU
resnet152	0.79350
densenet201	0.80568
inceptionv3	0.79940
inceptionresnetv2	0.83708
efficientnetb3	0.73275
efficientnetb5	0.85815
seresnext101	0.82867
senet154	0.82602

Результат проведенных экспериментов показал, что предсказанная маска достаточно точно соответствует действительной. Наибольшее значение 0,86 метрики IoU было получено при использовании архитектуры Unet и СНС efficientnetb5.

В дальнейшем планируется сегментировать границы деревьев, для выделения отдельных деревьев. Подразумевается, что при вычитании маски полученной для границ деревьев из основной маски, останется маска, выделяющая каждое дерево индивидуально.

Библиографический список

1. Хабр [Электронный ресурс] / Сегментация изображения. URL: <https://habr.com/ru/post/128768>. – (19.09.2021).
2. Хабр [Электронный ресурс] / Обзор алгоритмов сегментации. URL: <https://habr.com/ru/company/intel/blog/266347>. – (19.09.2021).
3. Университет ИТМО [Электронный ресурс] / Сегментация изображений. URL: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Сегментация_изображений. – (19.09.2021).
4. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation [Электронный ресурс] // arXiv.org, 2015. – URL: <https://arxiv.org/abs/1505.04597>. – (19.09.2021).

МЕТОДЫ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ФОТОГРАФИЯХ

Н. В. Смирнов, А. С. Чернышов, А. В. Семенов

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

smirnovn@petsu.ru, sanna-benelli@mail.ru, alexsem26@gmail.com

В работе рассмотрена задача классификации фотографий людей в различных эмоциональных состояниях. Найдены значения параметров и архитектура нейронной сети, которые обеспечивают наибольшие значения метрик классификации.

Ключевые слова: распознавание эмоций, dlib, глубокое обучение, нейронные сети.

DEEP LEARNING METHODS IN TASK OF PERSON EMOTION RECOGNIZING IN PHOTOGRAPHS

N. V. Smirnov, A. S. Chernyshov, A. V. Semenov

Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

Paper is focused on the problem of classifying photographs of people in various emotional states. The values of parameters and neural network architecture, which provide the highest classification metrics, were found.

Key words: emotion recognition, dlib, deep learning, neural networks.

Распознавание эмоционального состояния человека на фотографиях и в видеопотоке является одной из актуальных задач в области применения глубокого обучения. Человеческие эмоции выражаются мимикой, при этом каждой эмоции соответствует характерный набор положений антропометрических точек (ключевых точек на лице человека). Выражение основных эмоций на лицах людей не зависит от расы, культуры, пола или возраста человека [1].

Для решения задачи распознавания эмоций необходимо провести локализацию лица, извлечь координаты ключевых точек и выявить взаимосвязи между взаимным расположением антропометрических точек и эмоцией человека.

Методы локализации лица на изображении и нахождения антропометрических точек реализованы в библиотеке dlib [2], которая написана на языке C++ и имеет возможность использования на языке Python. Библиотека dlib позволяет детектировать 68 антропометрических точек на лице человека и возвращает их координаты x , y .

Для уменьшения размерности входного вектора вместо двух координат одной антропометрической точки можно использовать расстояние от левого верхнего угла лица до антропометрической точки, при этом эти расстояния масштабируются относительно размера изображения. Полученные векторы передаются в модель глубокого обучения – перцептрон.

В исследовании использован набор KDEF¹, включающий в себя 980 фронтальных изображений лиц людей, по 140 с каждой из семи базовых эмоций. Для обучения сети использовано 90 % фотографий, а 10 % – для тестирования.

Задача распознавания эмоционального состояния человека на фотографии является задачей сопоставления этой фотографии к одному из базовых классов эмоционального состояния (задача классификации): нейтральность, злость, грусть, удивление, счастье, отвращение, испуг. Для решения задачи классификации эмоций на фотографиях использованы Python 3.8 и библиотека PyTorch. Проведены тесты с различным количеством слоев перцептрона, количеством нейронов в слоях и с различными оптимизаторами. Для оценки качества моделей использованы следующие метрики: точность (precision) (1), полнота (recall) (2), метрика $f1$ (3):

$$\text{precision} = TP / (TP + FP), \quad (1)$$

$$\text{recall} = TP / (TP + FN), \quad (2)$$

$$f1 = 2 / (\text{recall}^{-1} + \text{precision}^{-1}), \quad (3)$$

где TP – количество элементов выборки, которые классификатор верно классифицировал как объекты целевого класса, FP – количество элементов выборки, которые классификатор ложно классифицировал как объекты целевого класса, TN – количество элементов выборки, которые классификатор верно классифицировал как объекты нецелевого класса, FN – количество элементов выборки, которые классификатор ложно классифицировал как объекты нецелевого класса. Критерием выбора модели является максимизация значения метрики $f1$.

Для решения задачи классификации семи эмоций был разработан однослойный перцептрон. В ходе численных экспериментов выявлено, что наибольшее значение средневзвешенной метрики $f1$ обеспечивается при использовании оптимизатора Adam и функции потерь CrossEntropyLoss. Для обучения использовано по 126 фотографий каждого класса, для тестирования – по 14. По результатам

¹ E. Lundqvist, D., Flykt, A., & Öhman, A. (1998). The Karolinska Directed Emotional Faces - KDEF, CD ROM from Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet.

тестирования установлено, что классификатор обеспечил значение 0,7 средневзвешенной метрики f1. Матрицы метрик и ошибок приведены на рисунках 1 и 2 соответственно.

	precision	recall	f1-score	support
Нейтральность	0.67	0.57	0.62	14
Злость	0.80	0.57	0.67	14
Грусть	0.70	0.50	0.58	14
Удивление	1.00	0.86	0.92	14
Счастье	0.92	0.86	0.89	14
Отвращение	0.42	1.00	0.60	14
Испуг	0.88	0.50	0.64	14
accuracy			0.69	98
macro avg	0.77	0.69	0.70	98
weighted avg	0.77	0.69	0.70	98

Рис. 1. Матрица метрик однослойного перцептрона



Рис. 2. Матрица ошибок однослойного перцептрона

Для увеличения значения метрики f1 проведены эксперименты с различным количеством эпох обучения, различными оптимизаторами (Adam, Adamax, Adadelata, SGD, Adagrad, RMSprop), произведена модификация архитектуры перцептрона: добавлен второй скрытый слой, увеличено количество нейронов в скрытых слоях. При обучении и тестировании двухслойного перцептрона использованы те же наборы данных, что и для однослойного перцептрона. Наибольшее значение 0,8 средневзвешенной метрики f1 получено при использовании оптимизатора Adamax и обучении на 2000 эпохах. На рисунках 3 и 4 представлены результаты тестирования двухслойного перцептрона.

	precision	recall	f1-score	support
Нейтральность	0.73	0.79	0.76	14
Злость	0.69	0.79	0.73	14
Грусть	0.64	0.64	0.64	14
Удивление	0.86	0.86	0.86	14
Счастье	1.00	1.00	1.00	14
Отвращение	0.83	0.71	0.77	14
Испуг	0.85	0.79	0.81	14
accuracy			0.80	98
macro avg	0.80	0.80	0.80	98
weighted avg	0.80	0.80	0.80	98

Рис. 3. Матрица метрик двухслойного перцептрона



Рис. 4. Матрица ошибок двухслойного перцептрона

В результате исследования были разработаны и протестированы модели глубокого обучения способные с достаточно большой точностью решать задачи классификации семи классов эмоций на фотографиях лиц людей. Для увеличения значения метрики f1 можно провести дополнительные эксперименты, в которых увеличить размер обучающей выборки, изменить количество нейронов в скрытых слоях. Также планируется провести эксперименты с меньшим количеством антропометрических точек и применить другие методы машинного обучения.

Исследование выполняется в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение №075-15-2021-1007 от 28.09.2021 по теме «Программно-аппаратные методы сенсорики и машинного восприятия для робототехнических систем с автономным движением».

Библиографический список

1. В. Фризен Уоллес, Пол Экман. Узнай лжеца по выражению лица. СПб.: Питер, 2016.
2. Библиотека dlib [Электронный ресурс] // URL:<https://cv-blog.ru/?p=16>. – (02.05.2021).

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА УПРАЖНЕНИЙ ПО НЕМЕЦКОМУ ЯЗЫКУ «DAFT» НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБРАЩЕНИЯ К ЛИНГВИСТИЧЕСКОМУ КОРПУСУ

А. А. Солнышков, И. А. Котюрова
Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
solnyshkov.a48@gmail.com

В статье рассматривается проблема формирования преподавателем пула упражнений по различным темам немецкого языка и способ ее решения: веб-приложение DaFT, как источник уникальных и оригинальных упражнений на заполнение пропусков. Также в статье рассматривается принцип работы DaFT и его преимущества над аналогами.

Ключевые слова: иностранный язык, упражнения, немецкий язык, лингвистический корпус, генератор упражнений.

DEVELOPMENT OF A TEST GENERATOR FOR GERMAN AS L2 «DAFT» BASED ON AUTOMATIC ACCESS TO THE LINGUISTIC CORPUS

A. A. Solnyshkov, I. A. Kotiurova
Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The article deals with the CONCEPT of forming a pool of exercises by a teacher, on various topics for the German language as L2 and a way to implement it: the DaFT web application as a source of unique and original exercises for filling in gaps. The article also discusses the principle of operation of the DaFT and its advantages over the analogues.

Key words: foreign language, exercises, the german language as L2, linguistic corpus, test generator.

Основным методом контроля знаний обучающихся в области грамматики, орфографии и пунктуации служат письменные тесты и упражнения, например, упражнения на заполнение пропусков. Используется ли такое упражнение в качестве обучающего средства или в качестве контролирующего знания теста, определяется только намерением преподавателя. Форма остается единой, поэтому мы говорим о тестах и упражнениях, как об одной и той же формальной единице. Во многих случаях преподаватель формирует такие упражнения и тесты сам, используя для этого бумажные пособия, содержащие упражнения по различным грамматическим темам, их цифровые версии или различные интернет-источники. Процесс формирования пула упражнений является трудоёмким, времязатратным и монотонным. Кроме того, большинство хороших пособий являются общеизвестными и используются преподавателями уже долгое время, поэтому потеряли свою оригинальность, а новые сборники упражнений выходят довольно редко и стоят достаточно дорого. Исходя из вышеперечисленных проблем, мы, коллектив лингвистов, преподавателей немецкого языка и it-специалистов, поставили перед собой задачу: избавить преподавателя от рутинной работы по формированию пула упражнений для обучающихся.

Так, было принято решение создать генератор уникальных упражнений и тестов, используя современные корпусные технологии. В настоящее время началась разработка веб-приложения Генератор упражнений DaFT, задачей которого будет являться автоматическое создание упражнений и тестов на заполнение пропусков на основе обращения к лингвистическому корпусу. Взаимодействие с корпусом будет обеспечиваться за счёт разрабатываемого it-специалистами алгоритма.

Лингвистический корпус – это совокупность текстов, собранных в соответствии с определёнными принципами, размеченных по определённому стандарту и обеспеченных специализированной поисковой системой. Базой для создания упражнений приложением DaFT будет являться открытый сбалансированный лингвистический корпус немецкого языка DWDS, который представляет собой совокупность аутентичных немецких текстов общим объемом 28 001 858 006 токенов. Использование такого корпуса повысит качество обучающего материала, поскольку является аутентичным ресурсом живого языка.

Итак, мы предлагаем совершенно новый подход к составлению упражнений по немецкому языку, а именно автоматическую генерацию упражнений на заполнение пропусков. Пользователь сможет

выбрать одну из трех опций: генерация по определенному типу лингвистической ошибки, по конкретному слову (словосочетанию) на немецком языке или по слову в сочетании с типом ошибки, и сервис сам подберет подходящие предложения на основе автоматического обращения к лингвистическому корпусу.

Принцип работы Генератора упражнений DaFT (Deutsch als Fremdsprache Testhersteller) будет основан на поиске предложений в корпусе DWDS. Основу поиска в лингвистическом корпусе будет составлять разработанная нашим коллективом классификация ошибок, которые допускаются студентами при обучении немецкому языку. Исходя из того, что наша классификация в первую очередь включает подробную систему грамматических ошибок, производить поиск в веб-приложении можно будет по одной из предложенных грамматических тем (например, склонение имен существительных или управление глаголов).

Удобство использования разрабатываемого веб-приложения DaFT будет обеспечиваться его доступностью и простотой использования. Приложение будет базироваться на собственном веб-сайте и иметь 3 языка пользовательского интерфейса: русский, английский и немецкий. Перед началом работы с DaFT пользователю будет необходимо приобрести подписку, оплата будет происходить непосредственно на сайте, подписка будет действовать 30 дней со дня покупки. Пользователь сможет выбрать варианты подписки: 50 генераций, 100 генераций или 500 генераций. Одна генерация будет включать в себя 10 готовых упражнений на заполнение пропусков. Готовое упражнение пользователь сможет редактировать: удалять неподходящие предложения или добавлять новые, добавить можно будет ровно столько, сколько было удалено. Также пользователь будет иметь возможность сохранить готовое упражнение в текстовый файл, что обеспечит удобство в реализации самого задания: преподаватель сможет хранить упражнения в памяти компьютера или в облачном хранилище, сможет без труда распечатать текст или быстро отправить задание студентам. Преимущество данных упражнений будет заключаться еще и в том, что оригинальность их наполнения исключает возможность поиска ключей. Ключи будут формироваться автоматически, располагаясь непосредственно за предложениями с пропуском.

Таким образом, разрабатываемое веб-приложение DaFT могло бы стать альтернативой ныне существующим источникам упражнений по немецкому языку и иметь ряд значимых преимуществ: оригинальность упражнений, доступность каждому пользователю, более низкая цена в сравнении с бумажными пособиями, удобство в использовании. По нашему мнению, данное веб-приложение избавит преподавателя иностранного языка от рутинной работы, облегчит его деятельность, а также сделает контроль знаний обучающихся с помощью письменных тестов и упражнений эффективнее и интереснее.

Библиографический список

1. Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.dwds.de>.
2. Котюрова И. А. Проблемы создания классификатора ошибок для разметки корпуса учебных текстов на немецком языке [Электронный ресурс] / И. А. Котюрова // Межкультурное пространство: лингвистический и дидактический аспекты. Сборник статей по материалам научно-практической онлайн-конференции с международным участием (Петрозаводск, 26–27 ноября 2020 г.). Петрозаводск, 2021. Т. 2. С. 34–41.

БОТ «ВИКИСКЛАДА» ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДАННЫХ О КООРДИНАТАХ ИЗ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ФАЙЛОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А. В. Соловьев

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

avsolov@petsu.ru

Описана неинтерактивная программа (бот), которая перебирает изображения из указанной категории «Викисклада» (Wikimedia Commons) и извлекает метаинформацию в формате XML для дронов DJI. Если в метаданных содержатся координаты места съёмки изображения, а соответствующая этому изображению страница «Викисклада» не содержит шаблон `{{Location}}`, бот добавляет этот шаблон и структурированные данные с координатами.

Ключевые слова: геотеггинг, Викисклад, структурированные данные.

WIKIMEDIA COMMONS BOT FOR EXTRACTING LOCATION COORDINATES FROM SPECIFIC IMAGE FILES

A. V. Soloviev

Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

A non-interactive program (bot) is described. The bot iterates over images from the specified Wikimedia Commons category and extracts metadata in XMP format for DJI drones. If metadata contains the geographic coordinates of an image, and the Wikimedia Commons page corresponding to this image does not contain the template `{{Location}}`, the bot adds this template and structured data with coordinates.

Key words: geotagging, Wikimedia Commons, structured data.

В волонтерской деятельности в проектах Wikimedia требуется загружать фотографии различных объектов. Современная цифровая фототехника, оборудованная GPS-приёмниками, обычно автоматически добавляет метаданные с координатами места съёмки в файл изображения. Сопоставление изображения с географическими координатами называется геотеггингом. Геотеггирование фотографий даёт новые возможности по агрегации и выборке информации из больших баз данных [1]. Например, становится возможен поиск фотографий, сделанных вблизи определённого места.

Общепринятый формат хранения такой информации – EXIF (Exchangeable Image File Format). Для этого в формате предусмотрен тег GPSInfo с набором полей (GPSLatitude – широта, GPSLongitude – долгота, GPSAltitude – высота и др.).

Используются также и другие протоколы хранения метаданных, которые могут дублировать или дополнять формат EXIF: XMP (Extensible Metadata Platform), IPTC-Info (International Press Telecommunications Council) и др. Однако мастер загрузки изображений сайта «Викисклад» (Wikimedia Commons) распознаёт координаты только в формате EXIF. Извлечённые из EXIF координаты автоматически помещаются на вики-страницу изображения в шаблон Location. Два обязательных атрибута шаблона – долгота и широта. Например:

```
{{Location|61.781869|34.35912}}
```

Дополнительно могут быть указаны: направление съёмки (heading), масштаб карты при отображении координат (scale), размер объекта на карте (dim) и прочее. Кроме того, с 2017 года на «Викискладе» внедряется размещение метаданных об изображении, в том числе с поддержкой мультиязычности, в структурированном виде в формате «Викиданных» – Structured Data on Commons (SDC) [2]. Структурированием текстовых данных, содержащихся на вики-странице изображения, и переводом их в машиночитаемый вид занимаются несколько регулярно запускаемых ботов «Викисклада».

Было замечено, что в некоторых случаях в метаданных EXIF фотографий с дронов DJI координаты отсутствуют. Это может быть связано с настройками устройства или с некорректной работой программ обработки изображений, которые могут использоваться перед загрузкой на «Викисклад». Тем не менее, дроны DJI дублируют информацию о географических координатах в формате XMP, откуда их всё ещё возможно извлечь. Широта помещается в атрибут `drone-dji:Latitude` или `drone-dji:GpsLatitude`, а долгота – в `drone-dji:Longitude` или `drone-dji:GpsLongitude`. Также интерес представляет атрибут `drone-dji:GimbalYawDegree` (угол рыскания), который соответствует курсовому направлению съёмки дрона.

Был разработан бот (неинтерактивная программа) XMP2LOC [3], который при помощи REST API MediaWiki определяет список файлов, относящихся к указанной категории «Викисклада», и, если для какого-либо файла в метаданных вики-страницы не заданы координаты, загружает сам файл изображения и пытается искать координаты в формате XMP. В случае успеха на странице фотографии размещается шаблон `{{Location}}` с найденными координатами и направлением съёмки. Также координаты добавляются в структурированные данные SDC.

В качестве входных параметров программе задаются: название категории «Викисклада», которую необходимо обработать, и учётные данные пользователя, от имени которого будут производиться изменения. Диагностические сообщения о ходе работы программы выдаются на стандартный вывод.

Программа разработана на языке Python и пригодна для неинтерактивного исполнения в серверных средах Unix или Windows (в качестве бота).

После успешной авторизации бот делает серию запросов к API «Викисклада» с параметрами `action=query` и `list=categorymembers`, чтобы получить список страниц в заданной категории. Эти запросы составляют серию, поскольку API ограничивает количество выдаваемых результатов в одном

запросе. Чтобы перебрать все страницы списка, удовлетворяющего критериям запроса, запрос повторяется с параметром `smcontinue`.

Для каждой страницы из списка выполняется запрос API с параметрами `action=query`, `prop=wbentityusage|imageinfo|revisions` и `iiprop=url|extmetadata`. Запрос атрибута `wbentityusage` позволяет получить идентификатор структурированных данных (SDC). В атрибуте `imageinfo` хранится путь к исходному файлу изображения (`url`) и его метаданные (`extmetadata`). Атрибут `revisions` (версии страницы) необходим при редактировании вики-страницы.

Если в метаданных `imageinfo.extmetadata` присутствуют поля `GPSLatitude` и `GPSLongitude`, то для данного изображения геотег уже задан. В противном случае загружается файл исходного изображения. При помощи шаблонов регулярных выражений в теле файла осуществляется поиск атрибутов `drone-dji` в формате XMP. Когда такие атрибуты найдены, загружается текстовое содержимое вики-страницы изображения при помощи запроса API с параметрами `action=parse` и `prop=wikitext`. Выполняется дополнительная проверка, что шаблон `{{Location|...}}` в тексте страницы отсутствует. После чего формируется новое содержимое для первой секции страницы, содержащее в конце текст `{{Location|...}}` с широтой, долготой и, при наличии, направлением съёмки. Новое содержимое отправляется POST-запросом API с параметрами: `action=edit`, `title` – название страницы, `token` – токен авторизации, `bot` – флаг бота, `section=1`, `basetimestamp` – временной штамп редактируемой версии страницы, `text` – текстовое содержимое секции, `summary` – комментарий к правке. Следующей правкой изменяются структурированные данные, для этого отправляется POST-запрос с параметрами: `action=wbcreateclaim`, `entity` – идентификатор SDC, `token` – токен авторизации, `bot` – флаг бота, `basetrevid` – идентификатор редактируемой версии страницы, `snaktype=value` – тип нотации SDC, `property=P1259` – идентификатор свойства «координаты точки обзора», `value` – значение свойства (задаётся в виде JSON-строки с полями `latitude` (долгота), `longitude` (широта), `precision` (точность, указывается $1E-6$), `globe` (система координат, указывается Земля <http://www.wikidata.org/entity/Q2>).

Разработанный бот был запущен для технической категории «Taken with DJI FC2103», в которой находилось на момент запуска 420 файлов. Среди этих файлов 289 уже содержали информацию о координатах. Бот нашёл в XMP ранее не добавленные координаты у 123 файлов. У 8 файлов координаты обнаружить не удалось.

Таким образом, разработанное программное средство позволяет значительно повысить степень автоматизации при решении проблемы отсутствующих координат у фотографий с дронов DJI.

Библиографический список

1. Luo J. Geotagging in multimedia and computer vision – a survey / J. Luo, D. Joshi, J. Yu, et al. // *Multimedia Tools Applications*. – 2011. – V. 51. – Pp. 187–211. – URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0623-y>.
2. McAnrew, E. Structured data on Wikimedia Commons: today and tomorrow // *Wikimedian in Residence Channel* – 2021. – 16 Aug. – URL: https://media.ed.ac.uk/media/Structured+data+on+Wikimedia+CommonsA+today+and+tomorrow/1_j6trhb12.
3. XMP2LOC : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / А. В. Соловьев ; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петрозаводский государственный университет». – № 2021665635 ; заявл. 22.09.2021 ; опубл. 30.09.2021. – 1 с.

СЕТЕВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ (GERDA)

А. В. Соловьев, А. П. Мошевикин
Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
avsolov@petsu.ru

В статье рассмотрены возможности интеграции комплекса GeRDA в сетевую инфраструктуру предприятия. Удаленный доступ к установке возможен как с помощью WiFi, так и проводным способом. Реализовано управление несколькими комплексами GeRDA с одного рабочего места. Для диагностирования

неисправностей и обновления встроенного программного обеспечения служба технической поддержки использует VPN-канал.

Ключевые слова: WiFi, автоматизированные исследования, геохимический анализ, трёхкоординатный станок ЧПУ.

NETWORK INFRASTRUCTURE OF GEOCHEMICAL RESEARCH AND DOCUMENTATION ASSISTANT (GERDA)

A. V. Soloviev, A. P. Moschevikin

Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

GeRDA setup might be integrated into local network. Remote access is provided both via WiFi and wired connection. Several setups can be controlled from the single computer. Technical support service uses VPN channels to analyze the problems and to upgrade the server software.

Key words: WiFi, automated research, geochemical analysis, probe assay, CNC.

С 2019 г. сотрудниками кафедры информационно-измерительных систем и физической электроники ПетрГУ в партнерстве с MEFFA LAB OY ведётся разработка автоматизированного комплекса для геохимических исследований и документирования (GeRDA). В основе комплекса – трёхкоординатный стол с числовым программным управлением (ЧПУ), на каретке которого могут быть закреплены различные инструменты, такие как рентгено-флюоресцентный анализатор (РФА), фотокамера, каппаметр и др. Благодаря удалённому управлению этими инструментами комплекс GeRDA может быть использован для автоматизации исследования керна непосредственно в керновых ящиках, лито-геохимических проб в полевых пакетах, шламовых проб бескернового бурения и т. п. В [1] приведен обзор используемых методик и аппаратного обеспечения для проведения различного рода геохимических исследований. Большинство подобных приборов может быть включено в состав комплекса GeRDA.

Наиболее типичный сценарий работы с комплексом заключается в следующем. Пользователь размещает исследуемые образцы на поверхности координатного стола (это могут быть пробы в полевых пакетах или отрезки керна в ящиках). Если установка укомплектована камерой общего вида, то далее можно сделать общий снимок стола, по которому намечаются точки измерений. Если камеры нет, координаты точек измерений определяются по координатной сетке. Совокупность отмеченных точек составляет задание, которое затем передаётся на автономное исполнение в блок управления установкой. Кроме деления точек измерений на сеансы работы – задания, предусмотрено также логическое деление точек измерений на объекты. В рамках объекта точки могут быть дополнительно сгруппированы и каждая из них может быть атрибутирована, например, глубиной (в случае керна). Более подробное описание комплекса GeRDA приведено в [2].

Блок управления комплексом GeRDA построен на основе одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi 3B+ под управлением операционной системы Raspbian GNU/Linux 10. Программа управления установкой представляет собой клиент-серверное приложение с веб-интерфейсом. Пользователи взаимодействуют с установкой в браузере через веб-интерфейс, так что на компьютере пользователя устанавливать дополнительное программное обеспечение не требуется. Поскольку микрокомпьютер Raspberry оборудован несколькими типами внешних интерфейсов: Wi-Fi и Ethernet, – предусмотрены различные варианты подключения пользователя к блоку управления GeRDA.

Основной способ управления установкой – через WiFi-интерфейс. На Raspberry развёрнута служба `hostapd`, конфигурирующая WiFi-интерфейс в режиме точки доступа. Идентификатор сети генерируется на основе идентификатора установки. Авторизация происходит с использованием предустановленного пароля (WPA2-PSK). Пользователь может подключиться к установке GeRDA с ноутбука или смартфона, используя браузер. Находясь в сети установки, пользователь обращается к ней по статическому адресу <http://192.168.0.1/gerda/>. Взаимодействие между пользователем и установкой в изолированном сетевом сегменте предприятия условно обозначено цифрой 1 на рисунке 1. Такой сценарий работы востребован в полевых условиях, когда вычислительная сеть и покрытие Интернет отсутствуют.

Если необходима интеграция установки в корпоративную сеть предприятия, установка подключается через Ethernet-интерфейс (обозначено цифрой 2 на рисунке 1). Он настроен на динамическое

получение IP-адреса по протоколу DHCP. Рекомендуется предварительно настроить корпоративный DHCP-сервер на выдачу установке фиксированного IP-адреса по MAC-адресу, который указан в паспорте установки. Также установка может быть обнаружена в сети такими утилитами как arp-scan.

Кроме того, установка может быть включена в корпоративную сеть через Wi-Fi интерфейс (обозначено цифрой 3 на рисунке 1). Стартовый сценарий запуска предусматривает поиск на внешнем USB-накопителе конфигурационного файла с атрибутами доступа к корпоративному WiFi-сегменту. Если такой конфигурационный файл найден, то сервис hostapd не запускается и WiFi-интерфейс микрокомпьютера остаётся в режиме клиента.

Для обеспечения доступа удалённой технической поддержки используется технология VPN (цифра 4 на рисунке 1). В блоке управления GeRDA настроен OpenVPN-клиент. Когда установка подключена к Интернету, через веб-интерфейс по команде пользователя может быть запущен OpenVPN-клиент. Кроме кабельного подключения к Интернету, предусмотрена также возможность использования LTE/GSM-модема.

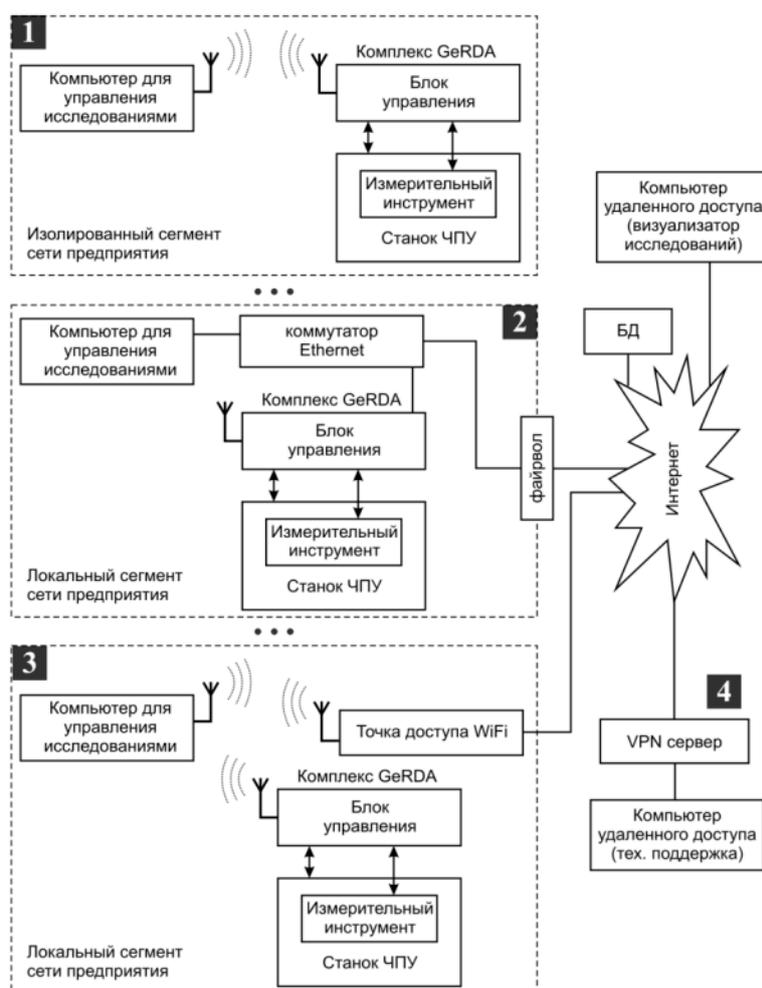


Рис. 1. Сетевая инфраструктура комплекса GeRDA

Предложенные варианты сетевой инфраструктуры охватывают большинство необходимых сценариев использования установки. Даже если несколько установок находится в одной сети, ими можно управлять с одного рабочего места (рисунок 2). У каждой установки будет свой собственный адрес, а в веб-интерфейсе панели управления в левом верхнем углу отображается идентификатор установки. Пока одна установка занята циклом измерений, оператор в другой вкладке браузера может готовить задание для второй установки. Это позволяет получить дополнительный экономический эффект, кроме того выигрыша, который даёт сам факт автоматизации исследований.

Описанные варианты сетевой инфраструктуры были апробированы более чем десятью заказчиками в различных частях мира.

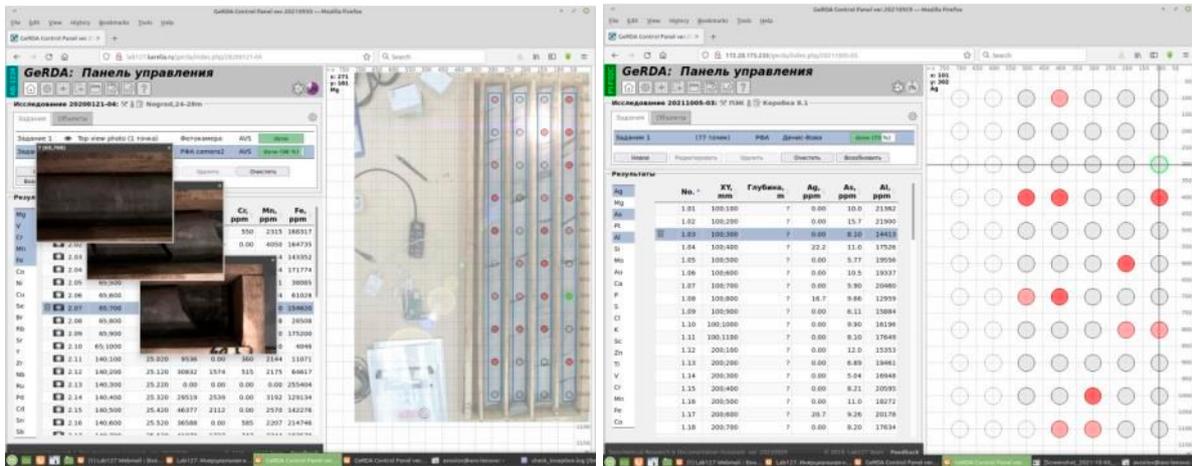


Рис. 2. Одновременное выполнение исследований на двух установках GeRDA. В левом верхнем углу веб-страницы в цветном прямоугольнике обозначен идентификатор установки

Библиографический список

1. Lemiery B. Introduction: New developments in field portable geochemical techniques and site technologies and their place in mineral exploration / B. Lemiery, Y. Uvarova // Exploration 17, Field Analysis Workshop (Oct 2017, Toronto, Canada). – Toronto, 2017. – URL: <https://hal-brgm.archives-ouvertes.fr/hal-01740971>.
2. Мощевикин А. GeRDA – комплекс автоматизации геохимических исследований и документирования / А. Мощевикин, А. Соловьев // Control Engineering Россия. – 2020. – № 4 (88). – С. 63–69.

ОБЗОР РЕШЕНИЙ ПО ПЕРЕДАЧЕ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ДАННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

И. В. Сосновский, Д. Ж. Корзун
Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
sosnovski_ptz@mail.ru, dkorzun@cs.karelia.ru

В работе представлен обзор решений по передаче мультимедийных данных технологий виртуальной и дополненной реальностей. Исследованы возможности существующих решений для условий мобильных коммуникаций и взаимодействия с пользователями с целью дальнейшего их применения в рамках разрабатываемых приложений, использующих технологии виртуальной и дополненной реальностей

Ключевые слова: технология виртуальной реальности, технология дополненной реальности, нейросеть, мультимедийные данные.

OVERVIEW OF MULTIMEDIA DATA TRANSMISSION SOLUTIONS USING VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY TECHNOLOGIES

I. V. Sosnovskiy, D. G. Korzun
Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The paper presents an overview of solutions for the transfer of multimedia data of virtual and augmented reality technologies. The possibilities of existing solutions for the conditions of mobile communications and interaction with users are investigated in order to further apply them within the framework of developed applications using virtual and augmented reality technologies.

Key words: virtual reality, augmented reality, neural network, multimedia.

В современном мире происходят активное развитие и внедрение технологий виртуальной (VR) и дополненной реальностей (AR) в различные сферы деятельности. Внедрение данных технологий вызывает ряд потребностей в разработке, одной из которых является передача мультимедийных данных по сети интернет между приложениями, использующими технологии VR и AR. Такими данными являются аудио, видеоданные, изображения, данные для синхронизации виртуальных объектов. Таким образом, целью данной работы является исследование возможностей существующих решений для условий мобильных коммуникаций и взаимодействия с пользователями при использовании технологий VR и AR.

В VR передача аудио и видео данных, а также изображений практически не отличается от передачи данных виртуальной среды запущенной на обычном компьютере. А вот синхронизация объектов отличается, поскольку в VR, например, необходимо отслеживать для синхронизации пользователей не только положение аватаров, как на ПК, но и положение наклонов головы пользователя, а также положение рук. Это необходимо для того, чтобы пользователи видели действия друг друга. Так, например, используя такую синхронизацию, студенты Йельского университета, не только бы отточили навыки проведения хирургических операций [1], но и научились бы работать в команде при проведении операций, а также корректировать ошибки других, что в свою очередь может уменьшить совершения ими ошибок при реальных операциях.

В AR же нет особых отличий при передаче звука и изображений, но есть существенные отличия при передаче видеоданных и данных синхронизации объектов. Особенность передачи видео в приложениях, использующих AR, заключается в том, что необходимо объединять два видеопотока: реальный и виртуальный. Реальный видеопоток связан с данными полученными с камеры устройства, он показывает наш реальный мир. Виртуальный видеопоток – это цифровые объекты, созданные программой. Так, при использовании приложений с объединенной видео передачей другие пользователи могли бы, например, видеть, как видит мир человек, находящийся в очках AR. Так, например, модернизировав виртуального ассистента, описанного в статье [2], можно передавать данные, которые видит пользователь с приложением, использующим AR, некоторому эксперту, который бы дал комментарии по поводу показаний датчиков.

Также, в AR есть трудность с передачей данных для синхронизации виртуальных объектов, поскольку положение виртуальных объектов зависит от положения меток в реальном мире, например, QR-кодов или распознанных объектов или изображений.

Для решения проблемы синхронизации в VR можно рассматривать руки и голову пользователя как отдельные виртуальные объекты, и синхронизировать их. Или же можно применить обученные нейронные сети, обученные на изображениях, для создания виртуальных персонажей, например, как нейронная сеть, указанная в статье [3].

Для синхронизации объектов при использовании технологии AR часто используют систему маркеров – QR-кодов для распознавания положения виртуальных объектов относительно реального пространства, но данная методика требует дополнительной настройки пространства путем наклеивания меток. Также, появляются решения для отслеживания, не использующие метки. Например, фотосервис Prisma разработал алгоритм [4], анализирующий окружающую среду примерно около 30 секунд, а также анализирует данные от других пользователей поблизости при помощи технологий Bluetooth или Wi-Fi, что позволяет пользователям видеть виртуальные объекты, поставленные другими пользователями.

При передаче видео возможно упрощение, для уменьшения трафика, который передается между клиентами. Для этой задачи можно использовать нейросети, например, повторяющуюся сеть для оценки качества видео [5] и нейросетевой фильтр для сжатия видео [6].

В табл. 1 представлены исследованные решения задач передачи данных синхронизации виртуальных объектов, видеоданных при использовании технологий VR и AR. Исходя из таблицы, видно, что использование этих решений позволит полностью или в большей степени решить проблемы синхронизации виртуальных объектов, как в дополненной реальности, так и в виртуальной реальности, уменьшить сетевой трафик при передаче видеоданных, а также определять при помощи нейросети в какой момент ухудшилось качество передачи видеоданных, что позволит подстраивать трафик под возможности сети.

Таблица 1

Исследованные решения и их возможности применения с технологиями VR и AR

Исследованные решения	Возможность использования решения с технологией	
	VR	AR
Photo Stand-Out [3]	Позволяет создать виртуального персонажа, что упростит отслеживание виртуальных объектов	Отсутствует
Prisma [4]	Отсутствует	Позволяет синхронизировать виртуальные объекты через Wi-fi или Bluetooth
RIRNet [5]	Позволяет оценить качество передаваемого видео	
Эффективная адаптация нейросетевого фильтра [6]	Позволяет сжимать видео для уменьшения видеотрафика	

Поддержка исследований. Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РФФИ № 19-07-01027.

Библиографический список

1. Николай Краюшкин. Виртуальная реальность в образовании / Краюшкин Николай. – Текст : электронный // Центр развития компетенций в бизнес-информатике Высшей школы бизнеса : [сайт]. – URL: <https://hsbi.hse.ru/articles/virtualnaya-realnost-v-obrazovanii/> (дата обращения: 13.11.2021).
2. Павлов Д. В. Case Study of Using Virtual and Augmented Reality in Industrial Systems Monitoring [Text] / Д.В. Павлов, И.В. Сосновский, В.М. Димитров, В.В. Мелентьев, Д.Ж. Корзун // Proceedings of the 26th Conference of Open Innovations Association FRUCT. Full papers section. – IEEE, 2020. – P. 367–375. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9087410>. – ISSN 2305-7254.
3. Photo Stand-Out: Photography with Virtual Character / Wang Yujia, Hou Sifan, Ning Bing, Liang Wei. // MM '20: Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia. – Seattle: Association for Computing Machinery, New York, NY, United States, 2020. – С. 781–788.
4. Альберт Хабибрахимов Создатели фотосервиса Prisma разработали систему синхронизации AR-объектов на нескольких устройствах / Хабибрахимов Альберт. – Текст : электронный // vc.ru : [сайт]. – URL: <https://vc.ru/flood/37634-sozdateli-fotoservisa-prisma-razrabotali-sistemu-sinhronizacii-ar-obektov-na-neskolkih-ustroystvah> (дата обращения: 13.11.2021).
5. RIRNet: Recurrent-In-Recurrent Network for Video Quality Assessment / Chen Pengfei, Li Leida, Ma Lei [и др.]. // MM '20: Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia. – Seattle : Association for Computing Machinery, New York, NY, United States, 2020. – С. 834–842.
6. Efficient Adaptation of Neural Network Filter for Video Compression / Lam Yat-Hong, Zare Alireza, Cricri Francesco [и др.]. // MM '20: Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia. – Seattle : Association for Computing Machinery, New York, NY, United States, 2020. – С. 358–356.

ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ИНТЕГРИРОВАННАЯ РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ИНТЕРНЕТ-СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕСТИРОВАНИЯ – НОВЫЕ МОДУЛИ И РЕЗУЛЬТАТЫ СЕМИЛЕТНЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Б. Г. Строганов, М. В. Кулебякин

Российский университет дружбы народов
Москва

b.stroganov@gmail.com, kulebyakin@gmail.com

В статье изложены основные результаты 7-летней эксплуатации Интегрированной распределенной веб-системы информационного обмена результатами тестирования. Приведены разработанные и внед-

ренные способы автоматизации ввода данных из программ тестирования с разнообразными структурами выполнения.

Ключевые слова: интернет-технологии, интернет-тестирование, дизайн, интерфейс, база данных, json, xml.

THE ALL-RUSSIAN INTEGRATED DISTRIBUTED INTERNET SYSTEM OF INFORMATION EXCHANGE OF TEST RESULTS – NEW MODULES AND RESULTS OF SEVEN-YEAR OPERATION

B. G. Stroganov, M. V. Kulebyakin
Peoples' Friendship University of Russia
Moscow

The article presents the main results of the 7-year operation of an Integrated distributed web system for the information exchange of test results. The developed and implemented methods of automating data entry from testing programs with various execution structures are presented.

Key words: internet technologies, internet testing, design, interface, database, json, xml.

Разработанная нами Интегрированная распределенная веб-система информационного обмена результатами тестирования (далее Система) была представлена на данной конференции в 2017 году (XI – конференция).

Эксплуатация этой общероссийской Системы, размещенной на серверах РУДН, началась с 01.01.2015 года и в настоящее время с ней работают 18 федеральных Вузов – <http://testrus.rudn.ru> (Головных центров Системы – ГЦ), каждый из которых собирает через Систему информацию о результатах тестирования мигрантов от более 1300 организаций (локальных центров – ЛЦ), из которых более 100 расположены за рубежом.

За указанный период через Систему, по результатам успешного тестирования, мигрантам было выдано более 5 миллионов сертификатов.

Система показала удобство и высокую надежность в работе. За 7 лет не наблюдалось ни одного сбоя в работе по причине отказа оборудования или программного обеспечения Системы.

В Системе реализован поиск информации, как для сотрудников ГЦ, так и для сторонних организаций, имеющих право доступа, например, для сотрудников МВД всех регионов России.

Таким образом, Система обладает уникальной базой данных (БД) по выданным сертификатам и создание соответствующих запросов к ней позволяет получить самую разнообразную статистическую информацию.

В первоначальном варианте в Системе предполагался ручной ввод в соответствующие формы исходной информации по мигрантам и результатам их экзаменов. Однако, в процессе развития Системы некоторые организации (ЛЦ) разработали и стали использовать свои программы проведения тестовых испытаний, в которые уже были введены исходные данные по мигрантам, а результаты экзаменов получались в машинном виде, как результат работы программы тестирования.

В таких случаях повторный ручной ввод исходных данных и результатов экзаменов мигрантов в Систему становился явно нецелесообразным. В связи с чем встала задача загрузки исходных данных и результатов тестирования мигрантов непосредственно из программ тестирования ЛЦ.

Положение осложнялось большим многообразием программ тестирования, разработанных и используемых ЛЦ.

Первым решением этой задачи оказалось использование XML-файлов, содержащих всю необходимую информацию, которые по определенным единым для всех правилам должна формировать программа тестирования ЛЦ. Такой XML-файл для адекватной загрузки в Систему должен был содержать не только данные по мигрантам и баллам, полученным на экзаменах, но и тип экзамена, идентификатор ЛЦ и др.

Для реализации указанного ввода данных в Системе был создан специальный тип автоматизированного ЛЦ (АЛЦ). АЛЦ загружает каждую тестовую сессию в Систему, в свой ГЦ посредством специального .xml-файла. В файле помимо основных данных указывается что получено тестируемым: сертификат или справка. При загрузке этот факт проверяется по введенным баллам и в случае ошибки выдается сообщение – «Несоответствие баллов сертификату! – Проверить введенные баллы!», ли-

бо «Превышен максимально возможный бал – 85». Также проверяются введенные в свойствах АЛЦ договора на услуги и страны тестируемых (по xml – справочникам).

Конкретный пример:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<act contract="168" type="2"> – act contract – идентификатор договора с АЛЦ
    type – идентификатор типа экзамена
<number>90876</number> – number – внутренний номер
<testing_date>28.02.2020</testing_date> – дата тестирования
<official>Федотова Яна Григорьевна</official> – должностное лицо, утверждающее акт
<responsible>Семенова Татьяна Владимировна</responsible> – ответственный за
    проведение тестирования

<comment/> – комментарии
<testors> – список тестеров (обязательно 2 человека)
<testor>Петрова О. А.</testor> – фио тестора
<testor>Иванова О. И.</testor> – фио тестора
</testors>
<tests> – проведённые тестирования
<test level="13"> – идентификатор уровня тестирования
    <people> – список протестированных
        <man is_retry="0" citizen="159"> – передача? 1 – да, 0 – нет; идентификатор страны
            гражданства
        <surname_rus>Рахимов</surname_rus> – фамилия на русском
        <name_rus>Одил Иванович</name_rus> – имя на русском
        <surname_lat>Rahimov</surname_lat> – фамилия латиницей
        <name_lat>Odil</name_lat> – имя латиницей
        <passport_name>Паспорт</passport_name> название документа удостоверяющего
            личность
        <passport_series>40134302</passport_series> – серия документа
        <passport/> – номер документа
        <passport_date>27.01.2017</passport_date> – дата выдачи документа
        <passport_department>ГО УВД в Согд</passport_department> – организация,
            выдавшая документа
    <testing_date>28.02.2020</testing_date> – дата тестирования
    <birth_date>07.10.1991</birth_date> – дата рождения
    <birth_place>Таджикистан</birth_place> – место рождения
    <migration_card_series>4617</migration_card_series> – серия миграционной карты
    <migration_card_number>0304026</migration_card_number> – номер
    <doc_type>certificate</doc_type> – результат экзамена (certificate или note)
    <subtests> – список сданных субтестов
        <subtest num="1">42</subtest> – результат сдачи в баллах
        <subtest num="2">26</subtest>
        <subtest num="3">38</subtest>
        <subtest num="4">42</subtest>
        <subtest num="5">58</subtest>
        <subtest num="6">60</subtest>
        <subtest num="7">70</subtest>
    </subtests>
```

Этот файл формирует программа тестирования в АЛЦ и потом его загружают в Систему. После проверки данных файла в Системе обрабатывается обычный алгоритм до выдачи сертификата.

Полную автоматизацию процесса передачи информации о тестировании мигрантов из программы тестирования в ЛЦ можно обеспечить, используя JSON – текстовый формат обмена данными, основанный на JavaScript.

Все обращения из программы тестирования АЛЦ автоматически осуществляются к конкретному, своему ГЦ, к файлу api.php (<https://доменГЦ/api.php>).

Учетные данные АЛЦ – логин и пароль выдаются администратором ГЦ и обязательно изменяются каждые 3 месяца.

Ключ для подписывания данных – API_KEY, выдаётся администраторами Системы.

Далее формируется GET – запрос в виде массива, в строку которого последовательно записываются ключи и их значения, разделённые символом – точка запятая. В конец строки дописывается API_KEY – ключ1;значение1;ключ2;значение2;API_KEY.

Далее вычисляется md5 хэш от сформированной строки и записывается в GET параметром sign.

Реализация на PHP:

```
<?php
define('API_KEY','qazwsx123456');
$query = [
    'format'=>'json',
    'method' => ' contracts',
    'timestamp'=>'2021-04-26 12:34:56',
];
ksort($query);
$key_query = [];
foreach($query as $k=>$v){
    $key_query[]=$k;
    $key_query[]=$v;
}
$key_query[]=API_KEY;
$key_string = implode(',',$key_query);
```

```
$sign = md5($key_string);
```

```
$query['sign'] = $sign;
```

Формат запроса имеет вид:

```
{
    "timestamp":"","
    "method":"","
    "lc":{
        "login":"","
        "password":""
    },
    "data":{
    }
}
```

где: timestamp – Время запроса (текущее время) в формате 2021-04-26 12:34:56,

method – имя вызываемого метода,

lc – учетные данные АЛЦ,

data – параметры вызываемого метода.

Успешный ответ на запрос имеет вид:

```
{
    "success": true,
    "response":{
    }
}
```

Ответ с ошибкой имеет вид:

```
{
    "success":false,
    "errors":[
        {
            "name":"Имя ошибки",
            "payload":{}
        }
    ]
}
```

В качестве ошибок могут быть: auth – учётные данные АЛЦ не верны, json.structure – неверная структура запроса, man.gender – неверно указан пол и др.

В качестве метода используются: `contracts` – список активных договоров, `test_levels` – список доступных уровней тестирования, `signers` – список подписывающих документ от АЛЦ и др.

Таким образом, осуществляется полная автоматизация загрузки данных в Систему от локальных центров – мест тестирования.

Библиографический список

1. Строганов Б. Г. Интегрированная распределенная веб-система информационного обмена результатами тестирования – на примере общероссийской системы. – Петрозаводск: Петрозаводский Государственный университет, Материалы XIII всероссийской научно-практической конференции, 2017, с. 157–160.
2. Строганов Б. Г., Шевцов В. В., Кулебякин М. В., Симаров Д. А., Любушкин Е. В. Система информационного обмена результатами экзаменов по русскому языку, истории России и основам законодательства Российской Федерации между центрами тестирования, головными вузами, Минобрнауки России, МИДа России и МВД России (ИРСИОРТ).- Москва, 2019, патент №2019664281.
3. Jeff Friesen. Java XML and JSON. Document Processing for Java SE. APRESS, 2019, 548 с.

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ ДЛЯ КОНКУРСА ПО ТВОРЧЕСКОМУ ПРОГРАММИРОВАНИЮ

Т. Г. Суровцова, А. М. Воронова, С. И. Ванаг

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

tsurovceva@petsu.ru

В конкурсе по творческому программированию для детей оценивается не только разработанный алгоритм и качество программы, но и реализованная интерактивная анимация, а именно оригинальность идеи и содержания, творческий подход к реализации проекта, соответствие его заданию. Были разработаны критерии для проведения экспертной оценки проектов и опробованы при проведении конкурса по творческому программированию на Scratch.

Ключевые слова: творческое программирование, Scratch, техническое творчество, экспертное оценивание, разработка рейтинга.

DEVELOPMENT OF EVALUATION CRITERIA FOR A CREATIVE PROGRAMMING COMPETITION

T. G. Surovtsova, A. M. Voronova, S. I. Vanag

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

In the creative programming competition for children, not only a developed algorithm and a quality of the program are evaluated, but also a implemented interactive animation, a originality of the idea and content, a creative approach to the implementation of the project, and suitability for the task. Criteria for peer review of projects were developed and tested in a creative programming competition in Scratch.

Key words: creative programming, Scratch, technical creativity, peer review, rating development.

Современные дети рано знакомятся с информационными технологиями, в том числе с основами алгоритмов и программирования. Даже для самых маленьких детей, которые еще не умеют читать, есть блочные языки программирования, в которых команды представлены в виде пиктограмм. Знакомство с программированием происходит в игровой форме и ориентировано на возраст участников, поэтому и проводимые конкурсы должны быть адаптированы для ребят начальной школы.

В рамках Открытых республиканских соревнований по образовательной и спортивной робототехнике – RoboSkills 2021, проходивших 10–11 апреля 2021 в Республике Карелия в Петрозаводске на площадке детского технопарка Кванториум Сампо проводился в гибридном формате конкурс «Творческое задание Scratch (до 5 класса)», регламент конкурса [1]. В конкурсе приняли участие 37 команд.

Творческое задание по программированию для детей с одной стороны позволяет в процессе игры познакомиться со всеми основными конструкциями и идеями, используемыми в языках программирования, так есть возможность для работы с переменными и их типами, реализация ветвлений и циклов, выполнение математических операций. Кроме этого, особенностью языка Scratch [2, 3] является реализация объектного подхода, а именно для каждого объекта можно задать его свойства и методы, выполнение которых происходит при наступлении определенных событий. С другой стороны, творческое задание позволяет ребенку проявить свою фантазию и эрудицию. Рассказать свою собственную историю в виде анимации.

Участникам соревнований было предложено создать интерактивную анимацию в среде программирования Scratch. Тема задания была объявлена на соревнованиях. Задание выполнялось участниками полностью самостоятельно без использования предварительных заготовок в течение 1 часа. В качестве задания была выбрана игра в прятки.

Для оценки результатов были разработаны критерии оценивания. Были выделены две группы критериев: отвечающие за творческую составляющую (1 – проект) и за программную реализацию (2 – качество алгоритма). На баллы, отвечающие за проект необходимо выделить 60% баллов, за качество алгоритма 40%. Данное соотношение можно менять в зависимости от целей конкурса, но на наш взгляд, творческая составляющая должна быть достаточно высокой.

Для оценки проекта были определены следующие критерии:

1.1 Соответствие заданной теме и сюжетное единство. Есть ли в сюжете интерактивной анимации развитие предложенной темы? Есть единый сюжет? (60%)

1.2 Оригинальность идеи и содержание проекта. Вы удивились? Было интересно или скучно? Узнали что-то новое для себя? (10%)

1.3 Творческий подход. Никогда не видели, чтобы так делали? Необычно и непохоже на другие проекты? (10%)

1.4 Сложность проекта. Использование возможностей Scratch просто на пределе! (10%)

1.5 Качество исполнения. Понятность интерфейса, дизайн, удобство структуры и навигации. Все на своих местах и ничего лишнего? (10%)

В скобках указан вклад критерия в общую оценку.

При оценивании по каждому критерию выставлялась оценка 0/1/2/3: 0 – не соответствует критерию; 1 – есть движение в правильном направлении; 2 – есть замечания; 3 – все замечательно. Далее происходило вычисление доли полученных баллов в зависимости от оценки, то есть итоговый балл за проект мог получить 0, 1/3, 2/3, 1 доли от максимального балла.

Конкурс творческий, но необходимо оценивать и качество полученного программного кода, поэтому были разработаны критерии, которые предполагают оценивание того, насколько знаком участник с понятиями, используемыми в программировании. Были предложены следующие критерии:

2.1 умение использовать блоки группы движение;

2.2 умение использовать блоки группы внешность;

2.3 умение использовать блоков группы звук;

2.4 передача управления между спрайтами с помощью сообщений;

2.5 смена фона (сцены);

2.6 умение работы с костюмами спрайтов;

2.7 наличие ветвления в программе (*);

2.8 наличие цикла в программе (*);

2.9 наличие реакции на действия пользователя (обработка событий нажатия на кнопки и (или) диалог с пользователем);

2.10 умение работать с сенсорами;

2.11 умение работать с переменными и (или) списками (*);

2.12 умение самостоятельно рисовать спрайты;

2.13 умение самостоятельно рисовать фоны;

2.14 отсутствие ошибок в алгоритме (если нет ошибок).

Более сложные критерии для реализации участниками, отмеченные звездочкой, оценивались более высоким баллом, например, если обычный критерий давал 2 балла, сложный – 4 балла. Для оценки по каждому критерию использовались оценки: 0 – нет; 1 – есть, то есть, учитывался балл по критерию или нет.

Как уже было отмечено выше, на данный блок критериев необходимо выделять не более 40% баллов. Таким образом, нами приведено примерное рекомендуемое распределение баллов в процен-

тах по каждой группе критериев и внутри группы. Далее происходит суммирование баллов, набранных каждой командой.

Создание комплексной оценки на основе индивидуальных экспертных оценок судей может проходить по-разному. В нашем случае из-за большого количества проектов они были поделены на группы по 10, каждую группу оценивало не менее двух судей. Находилась средняя оценка по полученным баллам от членов жюри. Далее формировался рейтинг команд.

Возможно использование двухэтапного оценивания. Команды делят на группы, каждую из которых просматривает не менее двух судей. Каждый судья составляет индивидуальный рейтинг в группе команд. Этап составления индивидуального рейтинга для каждого судьи важен, так как убирает возможные отличия в процессе оценивания каждого судьи, кто-то склонен завышать, а кто-то занижать оценки, но общий рейтинг команд, тем не менее, формируется у каждого судьи.

Определяется средний рейтинг команды в группе. Далее выбираются команды, которые войдут в топ-команд, обычно это 1–2 место в каждой группе. Выбранные команды должны быть оценены несколькими судьями. Составляются рейтинги для каждого судьи. При возможности отбрасывается самый высокий и самый низкий рейтинг в том случае, если количество судей не менее 6. Полученный средний рейтинг и является результирующим местом команды.

Разработанная система оценивания была использована для экспертной оценки проектов по творческому программированию, показала свою сбалансированность и понятность для участников.

Библиографический список

1. Регламент состязаний «Творческое задание Scratch (до 5 класса)» [электронный ресурс]. URL: <https://robofinist.ru/files/78553/filename/2021-03-10-Scratch.pdf>. Яз. рус.
2. Онлайн редактор Scratch [электронный ресурс]. URL: <https://scratch.mit.edu/>.
3. Офлайн редактор Scratch [электронный ресурс]. URL: <https://scratch.mit.edu/download>.

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТАНДАРТА МЭК 61850 НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ НТЦ МЕХАНОТРОНИКА

А. А. Тихомиров

Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск
sasha.82@mail.ru

В работе рассмотрена архитектура информационной модели согласно стандарту МЭК 61850. Показано взаимодействие физических устройств на различных уровнях информационной модели. Приведена общая структура и функции учебных стендов для студентов электротехнических специальностей для изучения информационного обмена в рамках МЭК 61850.

Ключевые слова: МЭК 61850, релейная защита и автоматика, электроэнергетика.

CREATION OF TRAINING EQUIPMENT BASED ON INTELLIGENT RELAY PROTECTION DEVICES STC MECHANOTRONICS FOR STUDYING THE IEC 61850 STANDARD

A. A. Tikhomirov

Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The paper considers the architecture of the information model according to the IEC 61850 standard. The interaction of physical devices at different levels of the information model is shown. The general structure and functions of training stands for students of electrical engineering specialties for the study of information exchange within the framework of IEC 61850 are given.

Key words: IEC 61850, relay protection and automation, electric power engineering.

Одним из направлений развития систем электроснабжения является внедрение систем автоматизированного управления и сбора информации, которые позволяют удаленно осуществлять управление и сбор информации с минимальным участием человека.

Традиционные системы автоматизации в области электроэнергетики до недавнего времени имели электромеханическую базу, где связи между элементами осуществлялись с помощью обычных электропроводников, а данные передавались в аналоговом виде.

С появлением микропроцессорных систем появилась возможность заменить электромеханическую базу на цифровую, что позволило значительно увеличить скорость работы, а также сложность алгоритмов, в том числе внедрить адаптивные системы, которые в зависимости от развития аварийной ситуации изменяют параметры своей работы. При этом сбор данных с первичных устройств остался аналоговым, а цифровые устройства автоматики и управления предполагают объединение только по проприетарным протоколам обмена информации. Это означает, что терминалы релейной защиты и автоматики, а также системы АСКУЭ, от разных производителей нельзя гарантированно объединить вместе в единую систему [1–3].

Решением данной проблемы является введение открытого единого стандарта для обмена информацией в области электроэнергетики, который бы внедрялся во все интеллектуальные устройства вне зависимости от производителя. Таким решением стал стандарт МЭК 61850 [4], который, несмотря на достаточно сложную структуру, позволяет описывать практически любую информационную модель в области электроэнергетики.

Архитектура МЭК 61850 предполагает три уровня: полевой уровень (здесь располагается первичное оборудование, например трансформаторы тока, напряжения), уровень присоединений (терминалы релейной защиты и автоматики, контроллеры присоединений), станционный уровень (сервера, связь с диспетчерской). На каждом уровне архитектуры предполагается своя шина передачи данных, на уровне первичных устройств шина передачи мгновенных значений напряжения и тока (SV-сообщения), на уровне присоединений шина передачи сигналов РЗА (goose сообщения), а станционный уровень предполагает шину мониторинга и управления для связи с сервером (MMS сообщения).

Каждое устройство работающее в рамках стандарта МЭК 61850 должно иметь файл-описание, содержащее информацию об используемых переменных, то есть, что оно может принимать и отправлять в рамках единой системы. Одной из важных особенностей МЭК 61850 является использование объектно-ориентированного описания переменных используемых при информационном обмене, что позволяет по названию переменной, определять ее назначения, что избавляет от выучивания нумерации регистров. Согласно МЭК 61850 каждое устройство, работающее на любом уровне, является физическим устройством, а в каждом физическом устройстве может быть реализовано несколько логических устройств.

В одном физическом устройстве, могут быть реализованы несколько логических, так в терминале РЗА, которое на уровне присоединения будет восприниматься как физическое устройство, можно создать, например, два логических устройства, а именно логическое устройство автоматики и логическое устройство релейной защиты. В каждом логическом устройстве возможно создать ряд логических узлов, например в логическом устройстве релейной защиты может быть реализована логические узлы: токовая отсечки, дифференциальная защита и т. д., а в каждом логическом узле будут находиться некоторые атрибуты, например токовая уставка, время задержки, пуск по напряжению и т. д. Конфигурационный файл устройства представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Структура физического устройства МЭК 61850

В результате с каждым физическим устройством сопоставляется некоторый набор данных или атрибутов данных, а передача или прием осуществляется не отдельными значениями, а группой данных. Для описания устройств и функций согласно стандарту МЭК 61850 используется язык SCL (XML-подобный язык).

В рамках сотрудничества ПетрГУ и научно-технического центра Механотроника разработана программа по внедрению образовательного модуля цифровая подстанция МЭК 61850 в учебный процесс для студентов направления «Электроэнергетика и электротехника». В качестве физических устройств выбраны терминалы релейной защиты НТЦ Механотроника, которые объединены в общую сеть на основе стандарта МЭК 61850. Топология сети представлена на рис. 2.

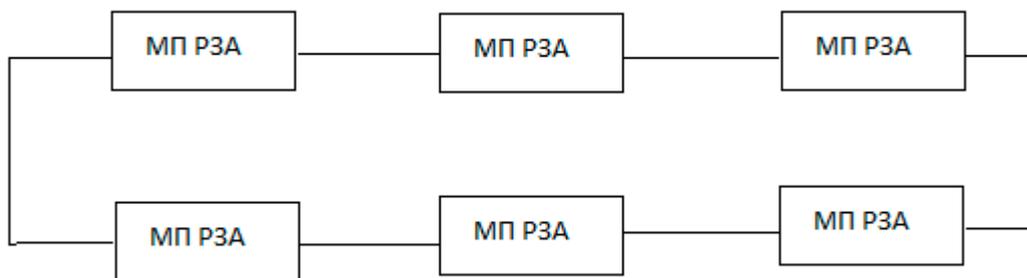


Рис. 2. Топология учебной сети на основе МЭК 61850

Здесь в рамках шины процесса, эта та шина, по которой первичные устройства обмениваются данными, студентами реализуется возможность изучения SV-потоков. SV-поток представляет собой сообщения, генерируемые через равные промежутки времени и содержащие значения токов и напряжений.

Таким образом, студенты электротехнических направлений получают возможность приобретать как теоретические, так и практические знания и умения в области МЭК 61850, а именно понимание структуры информационной модели, способов обмена информацией и методов конфигурирования устройств.

Библиографический список

1. Анохин А., Головин А. Протоколы связи в электроэнергетике. Предпосылки для создания стандарта МЭК 61850 // сайт журнала «Новости Электротехники».
2. Орлов Л., Егоров Д. МЭК61850 новый стандарт для построения систем автоматизации в энергетике // Электрические станции 2011. – С. 56–58.
3. Аношин А. О., Головин А. В. Стандарт МЭК-61850. / Электротехника. – 2013. – № 2. – С. 80.
4. IEC 61850. Communication networks and systems in substations, 2003.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ СОБЫТИЙ ИЗ МНОЖЕСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ ДВИЖЕНИИ РОБОТА

П. П. Ткаченко, Г. Р. Сафонов, К. А. Кулаков, О. Ю. Богоявленская

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

Ptkachen@gmail.com, jiri.safonov@gmail.com

В работе описан метод распознавания приоритетных событий в деятельности автономного мобильного устройства. Метод основан на графовой модели состояний и переходов между ними. Для определения событий переходов используются данные сенсоров, прошедшие этап отбора и фильтрации.

Ключевые слова: автономное мобильное устройство, приоритетные события, графы переходов, множественные источники данных.

DEVELOPMENT OF THE TOP PRIORITY EVENTS RECOGNITION METHOD BY MULTIPLE DATA SOURCES FOR A MOVING ROBOT

P. P. Tkachenko, G. R. Safonov, K. A. Kulakov, O. I. Bogoiavlenskaia

Petrozavodsk State University
Petrozavodsk

The work presents the method for priority events recognition for an autonomous moving robot. The method is based on the graph model which describes the events and possible transitions between the events. To identify the transition event the method uses multiple sensors data after filtering and selection stage.

Key words: autonomous mobile robot, priority events, state machine, multiple data sources.

Общее описание системы

Представленный в работе метод распознавания приоритетных событий в работе автономного мобильного устройства (АМУ) является элементом прототипа программно-аппаратного комплекса (ПАК) распознавания приоритетных событий при движении робота на основе адаптивной стратегии оперативного отбора информации о текущей ситуации.

Метод определения состояния основан на графовой модели состояний АМУ, для которой определяются функции перехода между состояниями. Событие перехода трактуется как приоритетное и распознается системой.

Разрабатываемая система представляет собой набор модулей:

- модуль получения данных с различных датчиков мобильного робота, в частности, например, акселерометра, гироскопа, ультразвукового дальномера;
- модуль фильтрации данных, использующий нечеткий метод отбора данных, основанный на адаптивной стратегии [1];
- модуль распознавания приоритетных событий, основанный на графовой модели, который также позволяет определять текущее состояние АМУ [2][3].

Входные данные и результаты работы модуля распознавания

Модуль распознавания приоритетных событий использует следующий набор входных данных:

1. Конфигурационный файл с настройками;
2. Данные с датчиков мобильного робота для анализа, полученные с помощью адаптивной стратегии оперативного отбора информации о текущей ситуации.

Конфигурационный файл содержит следующую информацию:

- значение констант, содержащих информацию о погрешности датчиков и количестве возможных состояний;
- набор переменных, обозначающих мгновенные значения с датчиков и используемые при описании дерева переходов;
- граф, содержащее описание функций перехода из одного состояния в другое.

Результатом работы модуля являются:

1. значение, однозначно идентифицирующее текущее состояние АМУ;
2. информация о наступлении события перехода.

Принцип работы функций перехода

При запуске модуля, класс реализации функций перехода производит разбор конфигурационного файла. Создается список переменных и констант, а также рекурсивно составляется граф переходов. Такой подход к работе с описанием графовой модели данных повышает приспособленность модуля к модификациям и позволяет использовать программный код для различных описаний графа состояний и определений функций переходов.

Дальнейшая задача класса реализаций состоит в предоставлении графовой модели информации о возможности перехода из одного состояния в другое. Для этого, отправляется запрос в формате «текущее состояние, состояние в которое совершаем переход, набор показаний с датчиков». На основе данных о состояниях из множества функций по ключу находится необходимая функция, в которую подставляются значение констант и показаний датчиков и возвращается логическое значение об истинности условия.

Принцип работы графовой модели

Для реализации графовой модели определяется матрица весов переходов. Строки матрицы соответствуют состояниям, из которых возможен переход, а столбцы состояниям в которые переход происходит. На основе функций перехода формируется бинарный вектор, индексы элементов которого соответствуют номеру состояния перехода, а сами значения соответственно определяют возможность перехода.

Полученный вектор поэлементно умножается на строку матрицы, номер которой соответствуют состоянию системы на предыдущей итерации. Далее определяется максимальный элемент и его индекс, если полученный элемент не равен нулю, то состояние системы обновляется в соответствии со значением индекса максимального элемента, иначе состояние не изменяется.

Матрица весов, её размерность и номер начального состояния системы передаётся при инициализации экземпляра класса конечного автомата.

Пример графовой модели и функций перехода

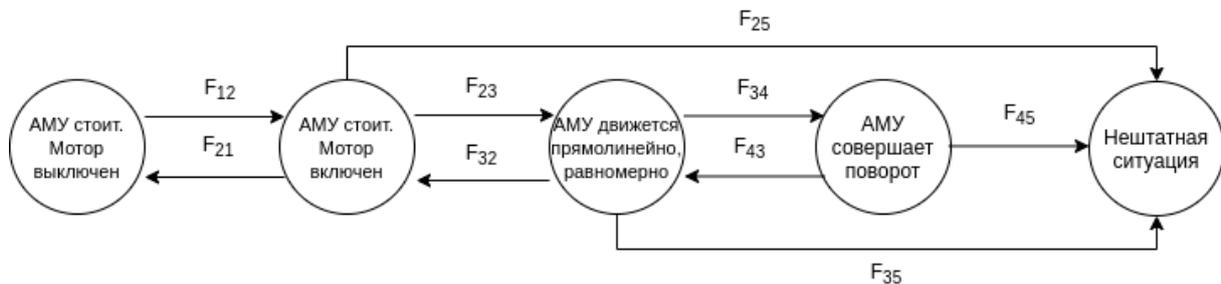


Рис. 1. Пример графовой модели

На схеме представлен пример графа с 5 состояниями.

Условия выполнения функций перехода:

F12 – Показания акселерометра отличны от нуля

F21 – Показания акселерометра эквивалентны нулю

F23 – Показания акселерометра и приращение показаний дальнометра отличны от нуля

F32 – Показания акселерометра отличны от нуля, приращение показаний дальнометра эквивалентны нулю

F34 – Показания гироскопа отличны от нуля

F43 – Показания гироскопа, акселерометра, приращение показаний дальнометра отличны от нуля

F25, F35, F45 – Показания датчиков превышают значение определенные для корректной работы АМУ.

Применимость

На основе информации о текущем состоянии автономного робота с помощью физических датчиков, наборе состояний системы, а также возможностью перехода из одного состояния в другое, в дальнейшем, можно внедрить систему управления автономным роботом.

Поддержка исследований. Исследование выполняется в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Соглашение №075-15-2021-1007 от 28.09.2021 по теме «Программно-аппаратные методы сенсорики и машинного восприятия для робототехнических систем с автономным движением».

Библиографический список

1. Богоявленская О. Ю. Intelligent Data Selection in Robot Movement [Текст] / О. Ю. Богоявленская, Д. Ж. Корзун // Proceedings of the 28th Conference of Open Innovations Association FRUCT, Moscow, Russia. ISSN 2305-7254, FRUCT Oy, e-ISSN 2343-0737 (license CC BY-ND). – Москва, 2021. – С. 684–687. – Режим доступа: <https://fruct.org/publications/acm28/files/zzKor.pdf>. – ISSN 2305-7254
2. Daniel O. Sales, Diogo O. Correa, Leandro C. Fernandes, Denis F. Wolf, Fernando S. Osório, Adaptive finite state machine based visual autonomous navigation system, Engineering Applications of Artificial

Intelligence, Volume 29, 2014 – С. 152–162, ISSN 0952-1976 – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2013.12.006>

3. Антошкин С. Б. Разработка алгоритмов управления движением автономных мобильных роботов на базе нечеткой логики / С. Б. Антошкин, Р. Ю. Оболтин // Молодая наука Сибири. – 2020. – № 2(8). – С. 246–255. – Режим доступа: https://mnv.irgups.ru/sites/default/files/articles_pdf_files/antoshkin_s.b._statya.pdf.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ROSETTA STONE ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ В УНИВЕРСИТЕТЕ

М. П. Трутенко, Н. Н. Иванова, Е. Б. Егоркина

Московский международный университет

Москва

rectorat@mmu.ru

Статья посвящена проблеме использования обучающей программы Rosetta Stone при изучении иностранных языков в Университете. Рассматриваются различные варианты использования этой программы при обучении, ее преимущества, подробно описывается ее структура и содержание.

Ключевые слова: информационные технологии, иностранный язык, интернет-ресурсы, обучающая программа, обучение иностранному языку.

TEACHING AND LEARNING FOREIGN LANGUAGES WITH THE HELP OF THE PROGRAM ROSETTA STONE AT UNIVERSITY

M. P. Trutenko, N. N. Ivanova, E. B. Egorkina

Moscow international university

Moscow

This article is devoted to the usage of the language learning program Rosetta Stone in teaching and learning foreign languages at the University. Using this learning program for teaching and learning different types of speech activities are considered. The advantages of Rosetta Stone in University are covered. The structure and content of educational software are described in detail.

Key words: information technology, foreign language, Internet resources, learning program, teaching foreign language.

В настоящее время в большинстве образовательных учреждений высшего образования значительно выросла роль различных обучающих дистанционных программ. Иностранные языки выступают в качестве основного и наиболее эффективного средства обмена информацией среди людей всего мира. Изучение иностранного языка – достаточно нелегкое дело, и во время пандемии, когда студенты учатся онлайн, актуально и остро встал вопрос изучения языковых дисциплин онлайн.

Основная трудность в обучении иностранному языку заключается в том, что основной целью обучения является не формирование теоретических знаний, а практическое овладение языком, а точнее основными видами речевой деятельности: аудирование, говорение, чтение и письмо.

Главная задача преподавателя заключается в том, чтобы выбрать такие методы обучения, которые дадут возможность каждому студенту продемонстрировать свои знания и способности. В этом случае на помощь преподавателю приходят различные обучающие компьютерные программы.

Как эти программы помогают студентам и преподавателям в обучении иностранным языкам?

Во-первых, при обучении аудированию студенты имеют возможность прослушивать аутентичные тексты. При обучении фонетической стороне речи каждый студент имеет возможность слышать и произносить фразы на иностранном языке в микрофон.

Во-вторых, при изучении грамматических правил, студент может выполнять различные грамматические упражнения.

В-третьих, заниматься поиском слов в словаре, выполнять различные виды упражнений по лексике.

Программы делают занятия по языку не только интересными, но и позволяют студентам окунуться в атмосферу реального общения, например, при прослушивании аутентичных текстов или во время виртуального общения с носителями языка.

Использование различных обучающих компьютерных программ осуществляет реализацию личностно-ориентированного подхода в обучении, помогая сделать обучение языку дифференцированным, то есть позволяет учитывать не только способности и склонности студентов, но, что очень важно – их уровни знаний.

Рассмотрим некоторые преимущества их использования:

- мультимедийность текста (видео, аудио, связь с большим количеством разнообразных источников);
- высокая мотивированность и заинтересованность студентов;
- неограниченное количество актуальной и разнообразной информации;
- самоконтроль студентов и контроль преподавателя;
- возможность общения (синхронного / асинхронного) с (виртуальными) носителями языка;
- значительное увеличение процесса обучения при наличии свободного доступа к Интернету.

Что же это такое – обучающая программа?

Обучающая программа – это полное описание процесса обучения, содержащее учебный материал, задания, необходимые для его усвоения, и указания по их выполнению и контролю. Как правило, она оформляется в виде совокупности относительно небольших разделов учебного материала, заканчивающихся контрольным вопросом, заданием или указанием обучаемому относительно его дальнейших действий. Использовать их на занятиях можно как основное средство при обучении произношению, устной речи, чтению, письму, при отработке грамматического материала.

С одной стороны, разнообразие тем, красочность и увлекательность компьютерных обучающих программ вызывают огромный интерес у студентов. Компьютер даёт возможность индивидуализации процесса обучения. Каждый студент работает так, как может, в своем режиме. Он имеет возможность остановиться, подумать, исправить ошибку.

С другой стороны, обучающие программы, несомненно, оказывают неоценимую помощь преподавателю в обучении иностранным языкам. Это и обилие языкового и страноведческого материала, их подробное описание, возможность самому общаться на иностранном языке постоянно повышая уровень своей квалификации. Однако, преподаватель должен не только хорошо ориентироваться в огромном количестве обучающих программ, но и подходить к ним с четкими целями и задачами в обучении.

В нашей статье мы решили подробнее рассмотреть такую обучающую компьютерную программу как Rosetta Stone. Данная программа отличается красочным, живым оформлением, большим количеством игровых моментов, что способствует быстрому запоминанию и мотивирует студентов к активному изучению иностранного языка, а также делает процесс изучения языка более легким и интересным.

Следует отметить, что данная программа подходит для всех уровней иностранного языка, так как включает в себя несколько уровней: с Beginner до Advanced.

Каждый уровень делится на разделы, а разделы на уроки. В начале каждого урока обучающийся получает информацию о том, какие лексические и грамматические темы будут в нем представлены.

Лексические упражнения первых уроков построены так, что обучающийся сначала прослушивает выражение на иностранном языке, а затем ему предлагается расставить слова в правильном порядке в соответствии с услышанным. Выполнив все задания одного упражнения, обучающийся, сразу же может получить оценку результатов выполнения в процентах и сведения о сделанных ошибках.

Что касается грамматического материала, то он объясняется на конкретных примерах, но также у обучающегося есть возможность просмотреть грамматическую справку, нажав на специальный значок на странице, где информация изложена более подробно.

Для отработки произношения данная программа оснащена системой распознавания речи, которая позволяет обучающемуся записать фразы с помощью микрофона, затем данные фразы будут проанализированы, а результат будет выведен на экран.

В конце каждого урока обучающийся получает отчет о проделанной работе. Результаты работы представлены как по каждому упражнению урока, так и по всему уроку в целом. Также у обучающегося есть возможность вернуться к упражнениям, где были допущены ошибки, и выполнить эти упражнения повторно.

Каждый урок включает различные интерактивные упражнения, которые необходимо выполнять друг за другом. Структура каждого урока такова, что обучающийся последовательно овладевает но-

вым материалом и имеет возможность тренировать его. Следует ответить, что данная программа может быть использована в качестве дополнения к уроку, а также для самостоятельного иностранного языка.

Наличие возможности контролировать процесс обучения, как в роли преподавателя, так и в роли куратора, позволяет организовать эффективный учебный процесс, оптимально сочетая очные и дистанционные занятия.

Порталы, к которым предоставляется доступ:

- Портал учащегося (доступ к полному лингвистическому контенту выбранного для изучения языка).
- Портал преподавателя (доступ к детальному мониторингу и инструментарию создания учебных траекторий). Количество преподавателей не ограничено.
- Портал руководителя или куратора учебного процесса (общий обзор результатов обучения и активности преподавателей).
- Портал администратора.

Особенности доступа к portalу учащегося:

- Английский британский, английский американский, французский, немецкий
- Охватывает все уровни: A1 – C1
- Содержит материалы/каталоги по ежедневным ситуациям и по профессиональным направлениям
- Включает интегрированную онлайн библиотеку: спряжения, грамматические выражения, глоссарий, тексты о культуре, дополнительные интенсивы по узким тематикам, виртуальные диалоги
- Включает набор подлинных видео материалов Euronews и Associated Press с сопровождающими их заданиями. Актуализация материалов производится регулярно
- Содержит 3 вида тестов: предварительный, текущий и тест достижений
- Результат теста достижений соответствует основным тестовым шкалам: TOEIC, TOEFL, BULATS и CEFR.

Rosetta Stone в настоящее время продолжает активно насыщаться учебными материалами и новыми педагогическими технологиями.

С ее помощью обучающийся интуитивно:

- изучает и отрабатывает применение грамматических правил;
- нарабатывает активный словарный запас;
- учится читать, писать, понимать устную речь и говорить.

Весь учебный процесс может четко контролироваться ответственными сотрудниками и преподавателями. Учебный процесс можно строить гибко, оптимально сочетая очные, онлайн и дистанционные занятия.

В программе также представлены:

- учебные материалы по множеству актуальных тематик;
- интуитивное захватывающее обучение;
- мобильные приложения;
- гибкая настройка уровней сложности.

Таким образом, сложившаяся ситуация требует активного использования обучающих программ на занятиях.

Такие онлайн тренажеры способствуют формированию навыка самостоятельной работы обучаемого, предоставляют условия, при которых обучающиеся самостоятельно формируют свои знания, отрабатывают и закрепляют их.

ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ К ОБУЧЕНИЮ ШКОЛЬНИКОВ ОСНОВАМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Е. В. Филимонова

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

filimonova.ev@gmail.com

В работе анализируется обучение школьников основам искусственного интеллекта, актуализируется проблематика и представлен опыт обучения бакалавров направления «педагогическое образование» профилей «математика и информатика» в области искусственного интеллекта как основы профессиональной подготовки будущего учителя информатики.

Ключевые слова: педагогическое образование, профессиональная подготовка, будущий учитель информатики, искусственный интеллект.

PREPARING FUTURE COMPUTER SCIENCE TEACHERS TO TEACH STUDENTS THE BASICS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

E. V. Filimonova

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The paper analyzes the teaching of the basics of artificial intelligence to schoolchildren, actualizes the problems and presents the experience of teaching bachelors in the direction of «pedagogical education» of the profiles «mathematics and computer science» in the field of artificial intelligence as the basis for the professional training of a future computer science teacher.

Key words: pedagogical education, professional training, a future teacher of computer science, artificial intelligence.

Как сообщается в паспорте «дорожной карты» развития искусственного интеллекта (ИИ) на период до 2024 года, изучение ИИ планируется включить в школьную программу в 2021 году, а к концу 2024 года планируется, что его будут изучать в половине российских школ. Кроме того, с 2021 года также планируется ежегодно проводить всероссийскую олимпиаду по ИИ, которая даст преимущества при поступлении в вузы. Мероприятия планируется реализовать в рамках федерального проекта «Искусственный интеллект» национальной программы «Цифровая экономика» (<https://tass.ru/nacionalnye-proekty/7813455>).

Для системы школьного образования данное направление в подготовке не является принципиально новым, хотя и не получило широкого распространения на практике, в том числе и на уроках информатики. В свое время (2010) И. Г. Семакиным и Л. Н. Ясницким [1], ведущими учеными и специалистами в области школьной информатики и искусственного интеллекта, высказывалась необходимость изучения в общеобразовательном курсе информатики темы искусственного интеллекта на ознакомительном уровне, авторы представляли следующее содержание: «Искусственный интеллект: история развития, области применения, модели знаний и экспертные системы, нейрокомпьютеры и нейросети» [1, с. 53], в практической части работа учеников основана на использовании готовых нейросетевых моделей и демоверсий экспертных систем. Отметим, что на базовом уровне в учебниках информатики для основной школы (Семакин И. Г.) уделяется внимание направлению моделирования знаний и представлению об экспертных системах.

Для предпрофессиональной подготовки школьников в рамках профильного обучения информатике в старших классах предложен элективный курс «Искусственный интеллект» (2012), разработанный Л. Н. Ясницким и Ф. М. Черепановым [2–4]. Авторами созданы учебное пособие для школьников, методическое пособие для учителей и компьютерный практикум с системой лабораторных работ от изучения математической модели нейрона и моделирования логических функций, модели перцептрона и распознавания символов, до изучения нейронных сетей и применения их в решении отдельных практических задач. Для углубленного уровня изучения информатики в школе в настоящее время созданы учебные программы и учебники, например, Калинина И. А., Самылкиной Н. Н. [5], которые включают в содержание обучения вопросы искусственного интеллекта в рамках отдельных тем в старшей школе.

Со стороны крупных компаний, таких как «Сбер», Microsoft, появилось большое количество образовательных проектов и программ для школьников, например, проект «Академия искусственного интеллекта для школьников» (<https://ai-academy.ru/>), модуль «Машинное обучение и большие данные» для общего образования (<https://education.microsoft.com/ru-ru>). В рамках «AI-Academy» представляются вводные уроки о роли искусственного интеллекта, машинного обучения и о профессии Data Scientist, а также длительный он-лайн курс машинного обучения (Machine learning) для школьников, соревнования и олимпиады по искусственному интеллекту. Созданный на образовательной платформе Microsoft образовательный модуль машинного обучения знакомит школьников с технологией больших данных и отдельными алгоритмами машинного обучения, их реализацией в рамках исследования готовых имеющихся наборов данных. Учащиеся реализуют три учебных проекта такие, как, например, прогнозирование кредитного риска, а также для практической работы в рамках проектов представлены два кейса, выполняемых на портале Microsoft Azure: кейс по расчету цены автомобиля по готовому датасету и кейс по предсказанию опытности игрока в «Dota 2» по датасету.

Широкое распространение современных технологий, использующих интеллектуальные алгоритмы и большие данные, расширение образовательных материалов для школьников, создают условия для обновления подходов к преподаванию вопросов искусственного интеллекта в школьном курсе информатики. Вместе с этим для учителя информатики становится актуальной задача овладения как содержанием обучения в области искусственного интеллекта, так и методикой обучения школьников в общеобразовательном и углубленном курсе информатики.

Для успешной подготовки будущих учителей информатики в области искусственного интеллекта в учебные планы ПетрГУ для бакалавров направления «Педагогическое образование» профилей «математика и информатика» включена специальная дисциплина «Основы искусственного интеллекта». В настоящее время дисциплина предлагается по выбору студента, а в учебных планах ФГОС третьего поколения входит в перечень дисциплин, формируемых участниками образовательных отношений. Во многом дисциплина наследует содержание курса «Основы искусственного интеллекта», который был включен в стандарт по информатике ГОС ВПО 2000 г (<http://fgosvo.ru/archivegosvpo/157/155/6/730>) и изучался студентами – будущими учителями информатики. Требованиями к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы подготовки учителя информатики по специальности 030100 информатика представлено примерное содержание дисциплины: «Основные направления исследований в области искусственного интеллекта. Система знаний. Модели представления знаний: логическая, сетевая, фреймовая, продукционная. Понятие об экспертной системе (ЭС). Общая характеристика ЭС. Виды ЭС и типы решаемых задач. Структура и режимы использования ЭС. Классификация инструментальных средств ЭС и организация знаний в ЭС. Интеллектуальные информационные ЭС. Представление о логическом программировании. Представление знаний о предметной области в виде фактов и правил базы знаний Пролога. Deskриптивный, процедурный и машинный смысл программы на Прологе. Рекурсия и структуры данных в программах на Прологе. Представление о функциональном программировании». С появлением учебной литературы для студентов, ориентированной на изучение нейронных сетей и их применения, в учебную дисциплину «Основы ИИ» включен дополнительный раздел для введения в нейроинформатику и искусственные нейронные сети: «Нейроинформатика. Биологический нейрон и нейронные сети. Математический нейрон Мак-Каллока–Питтса. Функциональная схема. Моделирование логических функций. Персептрон Розенблатта. Обучение персептрона. Алгоритм и правило Хебба. Распознавание букв. Многослойный персептрон. Метод обратного распространения ошибки. Возможности и области применения персептронов. Перспективы развития нейрокомпьютеров». На лабораторных занятиях по данному разделу студенты знакомятся с электронным практикумом для изучения нейронных сетей и используют в практических задачах учебный симулятор нейронных сетей – Нейросимулятор, разработанный Ф. М. Черепановым для освоения основ проектирования нейронных сетей [6].

Перечислим вслед за автором достоинства нейросимулятора, такие как, простота в освоении программного инструмента и удобство применения; наличие русскоязычного интерфейса и возможность применения как в вузе, так и в школе; высокая наглядность, большое количество информации представлено в графическом виде; поддержка классических нейросетевых моделей и алгоритмов обучения для начального знакомства с классическими исследованиями в данной предметной области, которые являются наиболее простыми, с последующим переходом к рассмотрению более поздних и сложных моделей; доступность, учебный нейросимулятор предлагается для использования в комплексе с практикумом бесплатно. Опыт обучения студентов показал, что содержание доступно обу-

чающимся не только профилями «математика и информатика», но и профилями «начальное образование и информатика».

Знакомство студентов с программой элективного курса «Искусственный интеллект» для школьников, его основными целями, задачами осуществляется в курсе «Методика обучения информатике» в рамках отдельной темы занятий, в которой уделяется внимание вопросам организации профильного обучения в школе и предлагается обзор элективных курсов для различных профилей подготовки.

Вместе с этим, отметим, что направление интеллектуального анализа данных и использование современных языков программирования, методов и алгоритмов машинного обучения в дисциплинах и учебных планах направления «Педагогическое образование» для профиля «математика и информатика» не реализовано и находится на начальном этапе становления. В настоящее время разработана и включена в учебные планы программа дисциплины «Программирование на Python», в содержании которой кроме изучения основ языка программирования предложены отдельные практико-ориентированные темы для знакомства с библиотеками анализа данных и визуализации, обзор задач машинного обучения и отдельные примеры моделей классификации (Iris Dataset, K-Nearest Neighbors Classifier), регрессии (Diabetes Dataset, Linear Regression).

Дальнейшее развитие данного направления в обучении бакалавров педагогического образования – будущих учителей информатики – представляется важным для формирования его профессиональной готовности к обучению школьников основам искусственного интеллекта. Во-первых, изучение программирования на Python становится стандартом в основной и в профильной школе наряду с PascalABC.Net, C++, и авторы учебников для школы реализуют обучение программированию на Python; во-вторых, происходит обновление содержания и появилась отдельная тема искусственного интеллекта в углубленном курсе информатики; в-третьих, внеурочная и проектная деятельность учащихся в школе может быть направлена, в том числе, на решение школьниками практических задач с использованием облачных платформ, готовых библиотек машинного обучения. В дополнение следует отметить важность подготовки студентов в области интеллектуального анализа образовательных данных [7].

Библиографический список

1. Семакин И. Г., Ясницкий Л. Н. Искусственный интеллект и школьный курс информатики // Информатика и образование, № 9, 2010. С. 48–54.
2. Ясницкий Л. Н., Черепанов Ф. М. Искусственный интеллект. Элективный курс: Методическое пособие по преподаванию. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 216 с.
3. Ясницкий Л. Н. Искусственный интеллект. Элективный курс: учебное пособие. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. 197 с.
4. Ясницкий Л. Н., Черепанов Ф.М. Элективный курс «Искусственный интеллект» // «Лаборатория знаний», №1, 2012. Режим доступа: <https://lbz.ru/gazeta/2012/1/1nomer.pdf> (10.11.2021)
5. Калинин И. А., Самылкина Н. Н. Информатика. Углублённый уровень: учебник для 11 класса. М.: БИНОМ, 2013.
6. Черепанов Ф. М. Симулятор нейронных сетей для вузов // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. Вып. 3 (11). Пермь: Изд. Пермского ун-та, 2012. С. 98–105.
7. Рыжова Н. И., Филимонова Е. В., Королева Н. Ю. Составляющие информационно-вычислительной деятельности как основа решения цифровых образовательных задач // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании. Материалы V Международной научной конференции. В 2-х частях. Под общей редакцией М. В. Носкова. Красноярск, 2021. С. 290–296.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОБЕЗЛИЧЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

О. Ю. Ярига, А. В. Семенов

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

alexsem26@gmail.com

Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) является актуальной задачей, обусловленной лидирующим уровнем смертности от них в мире. Каждый год от ССЗ умирает 17,9 миллионов человек, а это каждая третья смерть в общемировых масштабах [2]. От таких ССЗ, как ишемическая болезнь сердца (ИБС) и инсульт, в 2016 г. умерло 15,2 миллиона человек [3]. Ключевым инструментом профилактики является оценка имеющихся факторов риска и данных о здоровье пациентов с целью определения сердечно-сосудистого риска. В последнее время активно изучается применение различных алгоритмов машинного обучения (МО), позволяющих создавать точные модели оценки ССЗ. Такие модели позволяют учитывать большое количество разнообразных входных параметров (предикторов), выявить риски и предсказывать развитие ССЗ и осложнения. В медицинской практике, для прогнозирования ССЗ используются множество факторов риска [1]. Это усложняет МО тем, что необходимо разрабатывать несколько моделей и вычислять корреляцию между ними.

Проблемами создания прогностических моделей являются высокая сложность анализа данных, исследование точности и производительности различных алгоритмов МО. При решении задач МО, применяются методы предварительной обработки и очистки данных, затем выбирается необходимый набор признаков, которые делают данные пригодными для обработки моделями машинного обучения. После этих шагов должен быть осуществлён выбор алгоритма и оптимизация параметров для максимизации прогнозируемой производительности (точности) конечной модели. Для выполнения этих задач требуются специальные знания.

В данной работе рассматривается выбор, создание, обучение и кросс-валидация модели машинного обучения, позволяющей на основе предварительного анализа большого количества обезличенных медицинских данных создать прогнозную модель, которая поможет врачам анализировать данные и предсказывать наступление сердечно-сосудистых заболеваний.

Исходный набор данных был предоставлен компанией ООО «К-Скай» и является её собственностью. Все данные, используемые для обучения моделей машинного обучения в рамках этой работы, являются реальными неперсонифицированными данными пациентов различных клиник из нескольких регионов РФ и не подлежат разглашению.

Ключевые слова: машинное обучение, искусственный интеллект, нейронная сеть, сердечно-сосудистые заболевания, прогнозирование заболеваний, анализ медицинских данных.

PREDICTION THE PROBABILITY OF CARDIOVASCULAR DISEASES OCCURRENCE AND PROGRESSION OF PATIENTS BASED ON THE ANALYSIS OF DEPERSONALIZED MEDICAL DATA USING MACHINE LEARNING

O. Yariga, A. Semenov

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

Prevention of cardiovascular diseases (CVD) is a critical problem due to the high mortality rate in the world [1]. Every year, 17.9 million people die from CVD, one in three deaths worldwide [2]. CVD, such as coronary heart disease (CHD) and stroke, killed 15.2 million people in 2016 [3]. A key prevention mechanism is assessing existing risk factors and patient health data to determine cardiovascular risk. Recently, the usage of various machine learning algorithms (ML) that allow creating accurate models for estimating CVD has been actively studied. Such models will enable us to consider a large number of different input parameters (predictors), identify risks, and predict the development of CVD and complications. In medical practice, many risk factors are used to predict

CVD [1]. This complicates the ML because it is necessary to develop several models and calculate the correlation between them.

The problems of creating predictive models are the high complexity of data analysis, studying the accuracy and performance of various ML algorithms. During solving MO tasks, methods of preprocessing and data cleaning with necessary set of features, which were selected for making the data suitable for processing by machine learning models should be used. After these steps, the algorithm should be selected and parameters optimized to maximize the predicted performance (accuracy) of the final model. Special knowledge is required to perform these tasks.

This paper discusses the selection, creation, training and cross-validation of a machine learning model that allows, based on a preliminary analysis of a large amount of impersonal medical data, to create a predictive model that will help doctors analyze data and predict the onset of cardiovascular diseases.

The original data set was provided by K-Sky LLC and is property of company. All the data used to train machine-learning models in this work are real non-personalized data of patients from various clinics from several regions of the Russian Federation and are not subject to disclosure.

Key words: machine learning, artificial intelligence, neural network, cardiovascular diseases, disease prediction, medical data analysis.

Машинное обучение широко используется для анализа клинических данных. Перед обучением модели необходимо выбрать алгоритм машинного обучения, кроме того, необходимо задать значения одного или нескольких параметров модели, называемых гиперпараметрами.[4] Выбор алгоритмов и значений гиперпараметров требует расширенных знаний в области машинного обучения и многих трудоемких ручных итераций.

Особенностью медицинских данных является их крайне низкая степень формализации: зачастую, лечащие врачи и другие медицинские работники просто не имеют достаточного количества времени для того, чтобы формализовать данные клинических исследований, анализов, результатов диагностики и т.п. Зачастую, все эти данные собраны в произвольном порядке, и анализировать их может только опытный специалист.

Чтобы добиться максимальной точности прогнозов при построении, обучении и применении моделей машинного обучения нужно в первую очередь понять, какие медицинские показатели (данные лабораторных исследований, осмотров, опросов, результатов диагностики и т. д.) стоит отбирать для анализа.

В исследовании по изучению влияния различных лабораторных параметров на кардиомаркеры, проведенном российскими учеными, авторы пришли к выводу, что из рассматриваемых факторов сердечно-сосудистого риска в популяции наиболее часто встречалась ГХЭ (гиперхолестеринемия) – 30%, по стандартизованной оценке, затем ГГ (гипергликемия) – 26,5%, ожирение – 20% и ПАД (повышенное артериальное давление) – 19% ГХЭ, ГГ и ожирение чаще встречались у женщин, ПАД – у мужчин. Основные тенденции распространенности факторов сердечно-сосудистого риска в возрастных группах 20–85 лет и 25–64 лет совпадали: наиболее часто встречалась ГХЭ, затем ГГ, ожирение, ПАД [5].

В рамках данной работы осуществлен выбор и нормализация медицинских данных, разработана модель машинного обучения, предназначенная для выявления различных сердечно-сосудистых заболеваний, а также, произведена ее валидация и оценка работоспособности при использовании в реальных условиях.

Для создания модели машинного обучения, использовались библиотеки Keras и Tensorflow совместно с языком программирования Python. Также, при подготовке и обработке данных, были использованы библиотеки Numpy и Pandas.

Входной набор данных для обучения модели включает такие признаки: пол, курение, частота дыхания, ЧСС, рост, вес, систолическое и диастолическое давление, уровень глюкозы, уровень холестерина и другие (всего – 25 признаков). Выходные результаты образуют три подмодели, каждая из которых прогнозирует риск в процентах: риск развития ССЗ, суммарный сердечно-сосудистый риск (аналог шкалы SCORE) и риск возможной госпитализации пациента с ССЗ.

В ходе работы было составлено и проверено несколько архитектур моделей машинного обучения. Ниже приведена сравнительная таблица параметров архитектур этих моделей:

Информация о сводных параметрах архитектур моделей и их точности на валидационной выборке

Функция активации (промежуточные слои /выходной слой)	Функция потерь	Оптимизатор	Количество эпох	Число слоев /нейронов	Точность
tanh/tahn	MSE	SGD	200-500	3/230	35%
elu/sigmoid	MAE	SGD	200-500	3/230	55%
elu/sigmoid	SH	Adam	200-500	3/230	71%
relu/sigmoid	SCCE	Adam	200-500	3/250	75%
relu/softmax	BCE	Adam	300-500	3/260	85%
relu/sigmoid	BCE	Adam	300-600	3/260	91%

На основе последней архитектуры были созданы три подмодели со следующей архитектурой:

- Первый (входной) слой – 26 нейронов, функции активации relu
- Второй (промежуточный слой) – 10 нейронов, функция активации relu
- Третий (выходной) слой – 1 нейрон, функция активации sigmoid
- Оптимизатор – Adam (lr = 0.0001)
- Функция потерь – binary_crossentropy
- Метрика – точность (accuracy)
- Оптимальное количество итераций обучения – 250 – 500.

После обучения и валидации одной из итоговых подмоделей был получен следующий график точности:

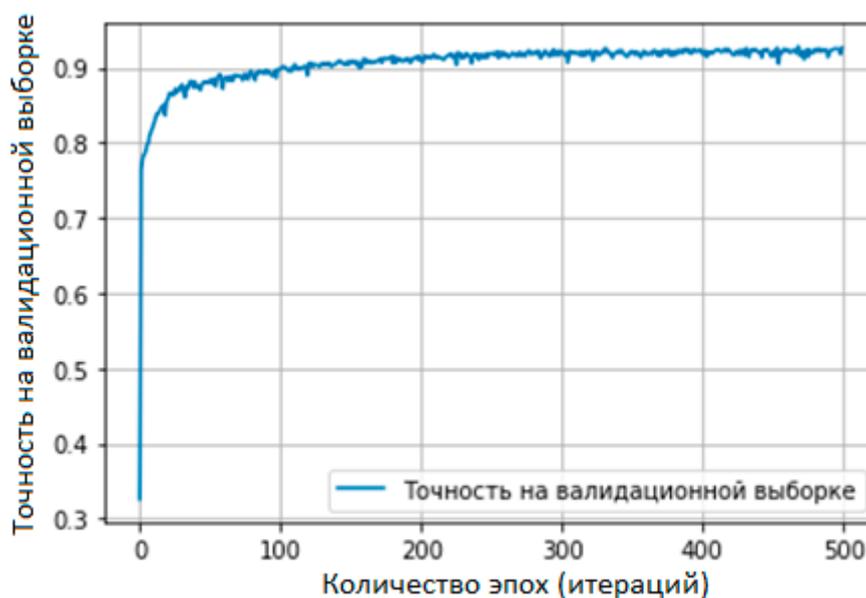


Рис. 1. График изменения точности на валидационной выборке

Обучение и валидация двух других подмоделей практически не отличаются от представленной выше.

После того, как была проведена валидация всех трех подмоделей, можно сказать, что они показали успешный результат и могут быть применены для анализа реальных данных пациента. При непосредственном анализе реальных данных, можно ожидать снижение точности до 80-85%, что также будет являться нормой для моделей машинного обучения.

В дальнейшем, обученные подмодели планируется объединить в одну модель машинного обучения и встроить в онлайн-сервис, который позволит пользователям самим в полуавтоматическом ре-

жиме ввести свои медицинские данные и получить прогноз заболеваний ССЗ, суммарного сердечно-сосудистого риска и риска госпитализации с сердечно-сосудистым заболеванием.

Библиографический список

1. D. V. Gavrilov, L. M. Serova, I. N. Korsakov, A. V. Gusev, R. E. Novitsky, and T. Y. Kuznetsova. Prediction of cardiovascular events using a comprehensive assessment of risk factors using machine learning methods // *Doctor*, no. 5, pp. 41–45, 2020.
2. J. A. A. G. Damen et al. Prediction models for cardiovascular disease risk in the general population: systematic review, *BMJ*, p. i2416, May 2016, doi: 10.1136/bmj.i2416.
3. J. K. Kim and S. Kang. Neural Network-Based Coronary Heart Disease Risk Prediction Using Feature Correlation Analysis // *J. Healthc. Eng.*, vol. 2017, pp. 1–13, 2017, doi: 10.1155/2017/2780501.
4. X. Zeng and G. Luo. Progressive sampling-based Bayesian optimization for efficient and automatic machine learning model selection, // *Heal. Inf. Sci. Syst.*, vol. 5, no. 1, 2017, doi: 10.1007/s13755-017-0023-z.
5. С. П. Щелыкалина, Т. А. Ерюкова, Д. В. Николаев, К. А. Коростылев, Распространенность факторов сердечно-сосудистого и метаболического рисков по данным центров здоровья // *Клиническая медицина*, Том. 23, №. 1, стр. 4–10, 2017 г..
6. М. Б. Даутова, А. М. Бауедимова, С. О. Осикбаева, М. С. Журунова, Е. А. Ерлан. Кардиомаркеры сердца для прогнозирования сердечно-сосудистых заболеваний в экспериментальной биологии // *Вестник КазНМУ № 2-2017*, vol. 11, 2017.

ИНДЕКС ФАМИЛИЙ АВТОРОВ СТАТЕЙ**Б**

Баженов Н. А.	93
Баллок Е. Н.	4
Барский Е. Д.	8
Барский Максим Е.	5
Барский Матвей Е.	5
Беляев М. А.	11, 35
Беседный Н. Г.	14
Богданов Н. А.	90
Богданова М. В.	17
Богоявленская О. Ю.	19, 64, 131
Богоявленский Ю. А.	20, 25, 94
Будникова Н. А.	27

В

Ванаг С. И.	127
Величко А. А.	57
Волкова Т. В.	29
Воронин В. Ю.	32
Воронова А. М.	127

Г

Галактионов О. Н.	85
Голубев Е. В.	33
Горбачёва П. А.	17

Д

Демина С. А.	8
Димитров В. М.	35, 39
Дуплий Д. О.	32

Е

Евсеева О. К.	50
Егоркина Е. Б.	134
Ермаков В. А.	41
Ершова Н. Ю.	44, 48
Ефлов В. Б.	50, 52

Ж

Жильцова Е. И.	53
Житова Д. Н.	32
Жуков А. В.	55, 92

З

Завражная Е. А.	8
----------------------	---

И

Иванова Н. Н.	134
Изотов Ю. А.	57

К

Кабонен А. В.	108
Когочев А. Ю.	48
Корзун Д. Ж.	14, 35, 41, 60, 64, 68, 87, 106, 121
Корякина А. Н.	33
Котгорова И. А.	115
Крышень М. А.	63, 94
Кулаков К. А.	4, 64, 67, 93, 131
Кулебякин М. В.	123
Курочкин А. В.	17

Л

Логвинов К. А.	108
Луньков П. В.	11

М

Мадрахимова Д. С.	39, 68
Мальцева М. А.	92
Марахтанов А. Г.	60, 71, 73
Марченков С. А.	14
Маханькова И. В.	33, 103
Машкова П. А.	52
Мельников В. А.	55
Миллер Д. Д.	78
Михайлов И. В.	80
Москин Н. Д.	67, 80
Мощевикин А. П.	118

Н

Назаров А. И.	83
--------------------	----

П

Павлов Д. В.	85
Паренченков Е. О.	71
Перминов В. В.	87
Печников А. А.	90
Пешкова И. В.	92
Пономарев В. А.	39, 93
Путролайнен В. В.	11

Р

Рёвин Е. С.	94
Региня С. А.	11
Рего Г. Э.	97, 99, 101
Рогов А. А.	67
Рогова О. Б.	103
Рыбин Е. И.	93

С

Сафонов Г. Р.	131
Семенов А. В.	73, 111, 140
Семенов Н. Д.	73
Серов С. С.	32
Смирнов К. А.	106
Смирнов Н. В.	71, 73, 108, 111
Солнышков А. А.	115
Соловьёв А. В.	116, 118
Сосновский И. В.	121
Строганов Б. Г.	123
Суровцова Т. Г.	32, 127

Т

Тарицына А. С.	101
Тихомиров А. А.	129
Ткаченко П. П.	131
Трутенко М. П.	134

Ф

Филимонова Е. В.	137
-----------------------	-----

Ч

Чернышов А. С.	111
---------------------	-----

Щ

Щеголева Л. В.	53, 101
---------------------	---------

Я

Ярига О. Ю.	140
------------------	-----

ИНДЕКС НАИМЕНОВАНИЙ ОРГАНИЗАЦИЙ**И**

Институт прикладных математических исследований – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра 90

М

Московский международный университет 134
 Московский педагогический государственный университет 8

Н

Национальный исследовательский университет ИТМО 78

О

Оренбургский государственный университет.. 29

П

Петрозаводский государственный университет
 4, 11, 14, 17, 19, 20, 25,
 27, 32, 33, 35, 39, 41, 44,
 48, 50, 52, 53, 55, 57, 60,
 63, 64, 67, 68, 71, 73, 80,
 83, 85, 87, 90, 92, 93, 94,
 97, 99, 101, 103, 106, 108,
 111, 115, 116, 118, 121,
 127, 129, 131, 137, 140

Р

Российский университет дружбы народов 123

С

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова..... 17
 Санкт-Петербургский государственный университет..... 90

Ф

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации 5

СОДЕРЖАНИЕ

© Е. Н. БАЛЮК, К. А. КУЛАКОВ ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ХРАНИЛИЩА ДЛЯ АРХИВНЫХ ДАННЫХ ПОЛЬСКИХ ССЫЛЬНЫХ ОЛОНЕЦКОЙ ГУБЕРНИИ.....	4
© МАТВЕЙ Е. БАРСКИЙ, МАКСИМ Е. БАРСКИЙ АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ И ФИНАНСОВОГО УНИВЕРСИТЕТА	5
© Е. Д. БАРСКИЙ, Е. А. ЗАВРАЖНАЯ, С. А. ДЕМИНА ИНТЕРАКТИВНОСТЬ КАК СВОЙСТВО ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА В LMS MOODLE	8
© М. А. БЕЛЯЕВ, В. В. ПУТРОЛАЙНЕН, С. А. РЕГИНЯ, П. В. ЛУНЬКОВ МОДУЛЬ СБОРА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ	11
© Н. Г. БЕСЕДНЫЙ, С. А. МАРЧЕНКОВ, Д. Ж. КОРЗУН К РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРЕДПИСЫВАЮЩЕГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	14
© М. В. БОГДАНОВА, П. А. ГОРБАЧЁВА, А. В. КУРОЧКИН СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОГО КОНТРАКТА ПО НАУЧНО-ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗА 2017–2020 гг.	17
© О. Ю. БОГОЯВЛЕНСКАЯ СПЕЦИФИКА ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «КИБЕР-ФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ МАГИСТРАТУРЫ	19
© Ю. А. БОГОЯВЛЕНСКИЙ КОНСОЛИДАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО РУКОВОДСТВУ РАЗРАБОТКОЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МАГИСТРАНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА»	20
© Ю. А. БОГОЯВЛЕНСКИЙ ПРОСТАЯ ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ВИДЕОЛЕКЦИЙ	25
© Н. А. БУДНИКОВА ОПЫТ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОГРАММИРОВАНИЕ» СТУДЕНТАМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ	27
© Т. В. ВОЛКОВА ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ	29
© В. Ю. ВОРОНИН, Д. О. ДУПЛИЙ, Д. Н. ЖИТОВА, С. С. СЕРОВ, Т. Г. СУРОВЦОВА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИМУЛЯТОРОВ ПРИ РЕШЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПО РОБОТОТЕХНИКЕ	32
© Е. В. ГОЛУБЕВ, А. Н. КОРЯКИНА, И. В. МАХАНЬКОВА СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО «КОНСТРУКТОРА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ» – РАЗВИТИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПетрГУ	33
© В. М. ДИМИТРОВ, М. А. БЕЛЯЕВ, Д. Ж. КОРЗУН ВОЗМОЖНОСТИ УМНОГО ТЕКСТИЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОВЛЕЧЕННОСТИ ЧЕЛОВЕКА	35

© В. М. ДИМИТРОВ, Д. С. МАДРАХИМОВА, В. А. ПОНОМАРЕВ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ZABBIX ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СЕРВИСОВ	39
© В. А. ЕРМАКОВ, Д. Ж. КОРЗУН КОНЦЕПЦИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СЕНСОРНОЙ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОНОМНО ДВИЖУЩЕГОСЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА	41
© Н. Ю. ЕРШОВА РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ: ОПЫТ ФТИ ПетрГУ	44
© Н. Ю. ЕРШОВА, А. Ю. КОГОЧЕВ ПРАКТИКА ПЕРЕХОДА НА ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ПРОГРАММНОЕ И АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ПетрГУ	48
© В. Б. ЕФЛОВ, О. К. ЕВСЕЕВА СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ СЛУХОВЫХ КОСТЕЙ	50
© В. Б. ЕФЛОВ, П. А. МАШКОВА СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ ЧЕРЕПА ЧЕЛОВЕКА	52
© Е. И. ЖИЛЬЦОВА, Л. В. ЩЕГОЛЕВА АЛГОРИТМ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ОПИСАНИЯ ВНЕШНОСТИ ПЕРСОНАЖА ЛИТЕРАТУРНОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ	53
© А. В. ЖУКОВ, В. А. МЕЛЬНИКОВ ЭФФЕКТИВНЫЙ КОНТРАКТ ВУЗА: РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ В 2020 ГОДУ ...	55
© Ю. А. ИЗОТОВ, А. А. ВЕЛИЧКО ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ LOGNNET	57
© Д. Ж. КОРЗУН, А. Г. МАРАХТАНОВ О РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА «ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ МЕТОДЫ СЕНСОРИКИ И МАШИННОГО ВОСПРИЯТИЯ ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С АВТОНОМНЫМ ДВИЖЕНИЕМ»	60
© М. А. КРЫШЕНЬ ОБРАЗ ВИРТУАЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	63
© К. А. КУЛАКОВ, О. Ю. БОГОЯВЛЕНСКАЯ, Д. Ж. КОРЗУН ПОДХОД К РАСПОЗНАВАНИЮ ПРИОРИТЕТНЫХ СОБЫТИЙ ПРИ АВТОНОМНОМ ДВИЖЕНИИ РОБОТА	64
© К. А. КУЛАКОВ, Н. Д. МОСКИН, А. А. РОГОВ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА СПИСКОВ ТЕКСТОВ В ИС СМАЛТ	67
© Д. С. МАДРАХИМОВА, Д. Ж. КОРЗУН УМНЫЙ ДАТЧИК: К ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ РАБОТЫ СЕНСОРНЫХ УСТРОЙСТВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ	68
© А. Г. МАРАХТАНОВ, Е. О. ПАРЕНЧЕНКОВ, Н. В. СМИРНОВ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПО КУРСОРНОМУ ПОЧЕРКУ	71

© А. Г. МАРАХТАНОВ, Н. В. СМИРНОВ, А. В. СЕМЕНОВ, Н. Д. СЕМЕНОВ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ, ИСПОЛЮЮЩИХ МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА В ШЛЕМЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА ИЗОБРАЖЕНИИ.....	73
© Д. Д. МИЛЛЕР ОБЗОР МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСВОЕНИЯ МАССОВОГО ОТКРЫТОГО ОНЛАЙН-КУРСА	78
© И. В. МИХАЙЛОВ, Н. Д. МОСКИН МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ КРЕДИТНОГО СКОРИНГА	80
© А. И. НАЗАРОВ РЕАЛИЗАЦИЯ ФОРМАТА СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ И ЕГО ПРЕИМУЩЕСТВА	83
© Д. В. ПАВЛОВ, О. Н. ГАЛАКТИОНОВ ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ОБУЧЕНИИ СВАРОЧНЫМ РАБОТАМ.....	85
© В. В. ПЕРМИНОВ, Д. Ж. КОРЗУН ВОЗМОЖНОСТИ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВАХ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ.....	87
© А. А. ПЕЧНИКОВ, Н. А. БОГДАНОВ СРАВНЕНИЕ ДВУХ ПОДХОДОВ К РАСПОЗНАВАНИЮ ПНЕВМОНИИ ПО РЕНТГЕНОВСКИМ СНИМКАМ.....	90
© И. В. ПЕШКОВА, А. В. ЖУКОВ, М. А. МАЛЬЦЕВА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ИНДЕКСА ДЛЯ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЕЙ.....	92
© В. А. ПОНОМАРЕВ, К. А. КУЛАКОВ, Е. И. РЫБИН, Н. А. БАЖЕНОВ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ В ОБУЧЕНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЮ	93
© Е. С. РЁВИН, М. А. КРЫШЕНЬ, Ю. А. БОГОЯВЛЕНСКИЙ РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МУЗЕЯ ИНФОРМАТИКИ ПетрГУ	94
© Г. Э. РЕГО О МЕТРИКАХ ОЦЕНКИ АЛГОРИТМОВ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ	97
© Г. Э. РЕГО ПРОГРАММНАЯ АРХИТЕКТУРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА И ЕГО ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА.....	99
© Г. Э. РЕГО, А. С. ТАРИЦЫНА, Л. В. ЩЕГОЛЕВА ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА КАК ИНСТРУМЕНТ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЧНОСТИ ЕГО РАБОТЫ	101
© О. Б. РОГОВА, И. В. МАХАНЬКОВА ФАКТОРЫ УСПЕШНОСТИ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА ВУЗА.....	103

© К. А. СМЕРНОВ, Д. Ж. КОРЗУН ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ БИОНИЧЕСКОГО КОСТЮМА В ТАКТИЛЬНОМ ИНТЕРНЕТЕ	106
© Н. В. СМЕРНОВ, К. А. ЛОГВИНОВ, А. В. КАБОНЕН СЕКМЕНТАЦИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЛЕСА НА ИЗОБРАЖЕНИИ	108
© Н. В. СМЕРНОВ, А. С. ЧЕРНЫШОВ, А. В. СЕМЕНОВ МЕТОДЫ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ФОТОГРАФИЯХ	111
© А. А. СОЛНЫШКОВ, И. А. КОТЮРОВА РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА УПРАЖНЕНИЙ ПО НЕМЕЦКОМУ ЯЗЫКУ «DAFT» НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБРАЩЕНИЯ К ЛИНГВИСТИЧЕСКОМУ КОРПУСУ	115
© А. В. СОЛОВЬЕВ БОТ «ВИКИСКЛАДА» ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДАННЫХ О КООРДИНАТАХ ИЗ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ФАЙЛОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ	116
© А. В. СОЛОВЬЕВ, А. П. МОЩЕВИКИН СЕТЕВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ (GERDA)	118
© И. В. СОСНОВСКИЙ, Д. Ж. КОРЗУН ОБЗОР РЕШЕНИЙ ПО ПЕРЕДАЧЕ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ДАННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ	121
© Б. Г. СТРОГАНОВ, М. В. КУЛЕБЯКИН ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ИНТЕГРИРОВАННАЯ РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ИНТЕРНЕТ-СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕСТИРОВАНИЯ – НОВЫЕ МОДУЛИ И РЕЗУЛЬТАТЫ СЕМИЛЕТНЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	123
© Т. Г. СУРОВЦОВА, А. М. ВОРОНОВА, С. И. ВАНАГ РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ ДЛЯ КОНКУРСА ПО ТВОРЧЕСКОМУ ПРОГРАММИРОВАНИЮ	127
© А. А. ТИХОМИРОВ РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТАНДАРТА МЭК 61850 НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ НТЦ МЕХАНОТРОНИКА	129
© П. П. ТКАЧЕНКО, Г. Р. САФОНОВ, К. А. КУЛАКОВ, О. Ю. БОГОЯВЛЕНСКАЯ РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ СОБЫТИЙ ИЗ МНОЖЕСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ ДВИЖЕНИИ РОБОТА	131
© М. П. ТРУТЕНКО, Н. Н. ИВАНОВА, Е. Б. ЕГОРКИНА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ROSETTA STONE ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ В УНИВЕРСИТЕТЕ	134
© Е. В. ФИЛИМОНОВА ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ К ОБУЧЕНИЮ ШКОЛЬНИКОВ ОСНОВАМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	137

© **О. Ю. ЯРИГА, А. В. СЕМЕНОВ**

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПАЦИЕНТОВ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОБЕЗЛИЧЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ
С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 140**

ИНДЕКС ФАМИЛИЙ АВТОРОВ СТАТЕЙ144

ИНДЕКС НАИМЕНОВАНИЙ ОРГАНИЗАЦИЙ.....145

Научное электронное издание

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ,
ОБЩЕСТВЕ**

Материалы XV Всероссийской
научно-практической
конференции

30 ноября – 03 декабря 2021 года

Ответственный за выпуск *О. В. Обарчук*

Электронная версия,
оформление обложки *А. А. Сироткин*

Подписано к изготовлению 17.11.2021.
1 CD-R, 6,9 Мб. Тираж 100 экз. Изд. № 167

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33
<https://petsu.ru>
Тел.: (8142) 71-10-01 press.petsu.ru/UNIPRESS/UNIPRESS.html

Изготовлено в Издательстве ПетрГУ
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33
URL: press.petsu.ru/UNIPRESS/UNIPRESS.html
Тел./факс (8142) 78-15-40
npahomova@yandex.ru