

УДК 001.92
DOI: 10.25559/SITITO.019.202301.130-140

Оригинальная статья

Применение программно-аппаратной платформы Alterozoom в образовании

А. Л. Умнов

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, Российская Федерация
Адрес: 603022, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23
aluwl@inbox.ru

Аннотация

Статья посвящена описанию использования программно-аппаратного комплекса Alterozoom в образовательном процессе. Программно-аппаратный комплекс Alterozoom строится как система взаимодействующих через облачный сервис персональных информационных систем. Персональные информационные системы – это набор инструментов, позволяющих пользователю организовывать личное информационное пространство, в которое наряду с мультимедийными документами, организованными в базы знаний, документами входят интерфейсы умных вещей, объединяемых в сложные персональные системы интернета вещей. Персональные информационные системы могут использоваться для образовательных целей в виде персональных образовательных сред, в которых в интегрированном виде содержатся как виртуальные объекты (документы пользователя), так и образы реальных объектов. Интеграция виртуальных и реальных объектов позволяет организовывать образовательные материалы, дающие наглядное (интерактивное) представление об изучаемых предметах естественно научного цикла в связке с изучением информационных технологий, делающих возможным содержательное представление о объектах и процессах реального мира.

Ключевые слова: программно-аппаратный комплекс, интернет вещей, персональные образовательные среды

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Умнов А. Л. Применение программно-аппаратной платформы Alterozoom в образовании // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2023. Т. 19, № 1. С. 130-140. doi: <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202301.130-140>

© Умнов А. Л., 2023



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Application of Alterozoom Hardware and Software Platform in Education

A. L. Umnov

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Address: 23 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod 603022, Russian Federation
aluwl@inbox.ru

Abstract

The article describes the use of the Alterozoom hardware and software system in the educational process. The Alterozoom hardware and software system is built as a system of personal information systems interacting via a cloud service. Personal information systems are a set of tools that allow the user to organise a personal information space, which along with multimedia documents, organised into knowledge bases, documents include interfaces of smart things, which are combined into complex personal Internet of Things systems. Personal information systems can be used for educational purposes in the form of personal learning environments which contain both virtual objects (user documents) and images of real objects in an integrated form. Integration of virtual and real objects allows organizing educational materials that provide a visual (interactive) representation of the studied subjects of the natural science cycle in conjunction with the study of information technology, which makes a meaningful representation of real world objects and processes possible.

Keywords: software and hardware system, internet of things, personal learning environment

Conflict of interests: The author declares no conflict of interest.

For citation: Umnov A.L. Application of Alterozoom Hardware and Software Platform in Education. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2023;19(1):130-140. doi: <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202301.130-140>



Введение

Программно-аппаратная платформа Alterozoom разрабатывается в спин-офф структурах Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского в качестве инструмента, позволяющего решать как персональные, так и групповые задачи в цифровой сетевой экономике, в которой большое значение имеет самоорганизация сетевых экономических агентов разного масштаба (от физического лица – члена общества или индивидуального предпринимателя до крупной компании или некоммерческой организации глобального масштаба). Платформа строится как множество персональных информационных систем, которые могут работать как автономно (предоставляя услуги конкретному пользователю), так и объединяться для взаимодействия в рамках временных проектов или постоянно действующих организационных структур (в которых задействовано множество пользователей).

Персональные информационные среды формируются как набор инструментов, позволяющих пользователю работать как с документами, так и с умными вещами. Объединение информационных систем производится за счет облачных сервисов платформ.

К настоящему моменту платформа использовалась для:

- предоставления публичного сервиса по организации персональных знаний www.alterozoom.com;
- проведения школ “Технологии + Бизнес” (в рамках которых участники с использованием платформы создавали прототипы IoT-продуктов),
- создания адаптивной образовательной среды в рамках проекта ECOIMPACT программы ERASMUS+ www.ecoimpact-ple.com;
- проектов по созданию лабораторий инновационных технологий в вузах и школах г. Нижнего Новгорода и г. Нови Сад (Сербия);
- построения коммерческих систем мониторинга, в частности, системы мониторинга и управления внутренней средой замкнутых помещений в условиях эпидемий ЭДЕМ <https://ecoimpact-ple.com/en/documents/10215.html>.

В настоящее время проводятся эксперименты по использованию платформы для управления производственными процессами на предприятиях химической и судостроительной отраслей.

В качестве примера опишем использование платформы в сфере образования.

Цель исследования

Разработка на базе платформы Alterozoom образовательной системы, позволяющей обучающемуся изучать предметы естественно научного цикла самостоятельно собирая и систематизируя информацию по предмету с одновременной реализацией проектов в предметной области с использованием технологий интернета вещей.

Персональная образовательная среда на базе Alterozoom

Alterozoom - платформа, на базе которой могут быть созданы персональные образовательные среды и образовательные системы организаций, построенные на базе этих сред. Платформа обеспечивает создание и работу персональных образовательных сред для студентов, школьников или лиц, занимающихся повышением профессиональной квалификации в рамках каких-либо тематических курсов или путем самообразования. Концепция персональных образовательных сред (в англоязычной литературе - Personal learning environment (PLE)) – новый подход к процессу получения образования, предполагающий построение образовательного процесса с максимальной опорой на активные действия обучающегося. Университеты и другие образовательные учреждения при этом могут создавать образовательные ресурсы, максимально адаптированные к интеграции в персональные образовательные среды обучающихся, а также организовывать персонализированное взаимодействие обучающихся со своими преподавателями и тьюторами. В отличие от традиционных подходов, в рамках концепции PLE образование строится как бы “снизу вверх”: от обучающегося к обучающим. Следует подчеркнуть, что использование PLE подразумевает сочетание очного и дистанционного (онлайн) методов обучения. Инструменты PLE при этом могут быть задействованы при реализации и того и другого метода¹ [1-12].

PLE позволяет:

1. повысить эффективность усвоения новых знаний за счет:
 - активной работы обучающегося с образовательными материалами, заключающейся в многократному обращению к образовательным материалам, структурировании и переработке его, ответах на вопросы, выполнении заданий и т.п.
 - максимальной адаптации процесса обучения к возможностям и интересам обучающегося (обучающийся имеет возможность выбора темпа освоения материала и предпочтительной формы, в которой материал представлен)
2. позволить обучающемуся свободно комбинировать образовательные материалы из различных источников
3. обеспечить человеку возможность «обучения в течение всей жизни», а не только в период формального образования
4. создавать портфолио реальных проектов, которые могут быть представлены работодателям для анализа

Платформа Alterozoom позволяет организовать обучение в рамках концепции персональной образовательной среды, предоставляя обучающемуся большой набор инструментов для работы с информацией. Эти инструменты доступны как в онлайн, так и в офлайн режимах. Особенностью платформы является возможность для обучающегося работать не только с виртуальными информационными объектами (мультимедийными документами, интернет-ссылками, тестами и т.п.), но также и с объектами реального мира - умными вещами. Данная возможность позволяет естественным образом включать

¹ Anderson L. W., Krathwohl D. R. A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. New York : Longman, 2001. 352 p.; Focifios D. Reseña de la aplicación: Symboloo EDU [Review of the app: Symboloo EDU] // Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación. 2017. Vol. 4, no. 1. P. 67-70. <https://doi.org/10.17979/reipe.2017.4.1.2226>; Pauk W., Owens R. J. Q. The Cornell system: Take effective notes. Ch. 10 // How to Study in College. Tenth edition. Boston, MA, Wadsworth, 2010. P. 235-277; Skinner B. F. The Technology of Teaching. New York : Appleton-Century-Crofts, 1968. 271 p.



в процесс обучения работу с умными вещами, которыми могут быть лабораторные установки, различного рода тренажеры, устройства, контролирующие психофизическое состояние обучающегося и т.п. Также интеграция умных вещей в образовательную среду дает возможность использовать проектный стиль обучения, при котором обучающийся должен пройти все стадии проекта от планирования до получения готового продукта, являющегося целью работы. При этом создаваемый в ходе проекта объект обростаёт встроенной в систему документацией, протоколами испытаний, результатами измерений, которые могут автоматически пополняться в ходе работы над проектом, а также справочными и образовательными материалами, которые могут быть использованы при развитии проекта и при подготовке следующих поколений обучающихся. Создаваемый в ходе проекта объект, например техническая система, сразу получает панели управления, которыми можно пользоваться как в рамках образовательной среды, так и отдельно при переводе созданной системы в эксплуатационный режим.

Под руководством автора статьи² на базе платформы Alterozoom была создана информационная система для адаптивной образовательной среды для проекта ECOIMPACT программы ERASMUS+.

Возможности PLE для обучающегося

1. Использовать PLE в рамках формального образовательного процесса в вузе, для которого подготовлены специальные материалы, использующие возможности PLE;
2. Использовать PLE для сбора и анализа информации в интернете и других источниках в «свободном» режиме (без специально подготовленных материалов);
3. Создавать портфолио своих персональных проектов;
4. Организовывать процесс взаимного консультирования и обучения, в который вовлекается произвольный круг пользователей PLE (в ходе консультирования и обсуждения сохраняется приватность);
5. Организовывать коллективные проекты, использующие технологии интернета вещей.

Возможности PLE для преподавателя

1. Самосовершенствоваться, выступая, в данном случае, в роли обучающегося (см. выше).
2. Создавать образовательные материалы для формального образовательного процесса, использующие все возможности PLE
3. Организовывать образовательный процесс с группами обучающихся с возможностью персонального взаимодействия с каждым по схеме «тьютор-ученик». Преподаватель имеет возможность в онлайн режиме с использованием механизма диалогов, привязанных к конкретным документам, обсуждать ход выполнения заданий обучающимся, который обучающийся отражает в самом документе, например, дневнике проекта,

контрольной работе или шаблоне для самостоятельной работы.

4. Организовать репозиторий образовательных, справочных и научных материалов для использования профессорско-преподавательским составом при участии представителей индустрии и других стейкхолдеров.
5. Организовывать коллективные проекты, использующие технологии интернета вещей.

Возможности PLE для работодателя

1. Возможность в реальном времени иметь доступ к полному портфолио, формируемому обучающимся в течение всего периода обучения. Доступ к портфолио позволяет проверять добросовестность освоения обучающимся конкретных дисциплин (как в рамках формального образовательного процесса, так и в рамках неформальных образовательных мероприятий, а также в рамках самообразования);
2. Возможность в приватном режиме комментировать материалы портфолио обучающегося, задавать ему вопросы, давать рекомендации и задания;
3. Возможность организовывать для групп обучающихся контролируемые и направляемые проекты (с целью отслеживания их квалификации и личных навыков). Важной особенностью персональной образовательной среды, построенной на базе платформы Alterozoom, является возможность сочетать изучение предметов естественно научного цикла с изучением информационных технологий, в частности, технологий интернета вещей. Подобная возможность соответствует современным тенденциям использования технологий интернета вещей в образовании [13-25].

Архитектура платформы Alterozoom

Платформа Alterozoom имеет в своем составе:

1. Сервер баз знаний (реализованный на языке Haskell), предназначенный для хранения в структурированном виде и выдачи по различным вариантам запросов документов и ряда других информационных объектов. Сервер также формирует интерфейсы, позволяющие пользователям создавать и редактировать свои документы и размещать их в приватном или публичном доступе в виде интернет-страниц и их коллекций, организованных в виде баз знаний;
2. Общий сервер интернета вещей системы, предназначенный для размещения данных, поступающих с локальных (пользовательских) серверов интернета вещей, а также для обработки этих данных представления в сети интернет;
3. Локальные сервера интернета вещей, предназначенные для организации взаимодействия умных вещей в рамках одной выделенной технической системы (экспериментальной установки, лаборатории с несколькими рабочими местами, учебного класса, школы, вуза, умного дома и т.п.). Локальные сервера могут работать независимо от общего сервера системы;
4. Умные вещи на базе платформы Arduino, адаптированные

² ECOIMPACT Personal Learning Environment: A new educational tool to facilitate the application of the Internet of Things and personal learning technologies in meteorology / A. Umnov, S. Tyuryakov, S. Snizhko [и др.] // Global Campus Innovations. ETR-27. Vol. IV – Technology-enhanced Learning. World Meteorological Organization, 2020. P. 3-17. [Электронный ресурс]. URL: <https://ecoimpact-ple.com/en/documents/7727.html> (дата обращения: 23.11.2022).



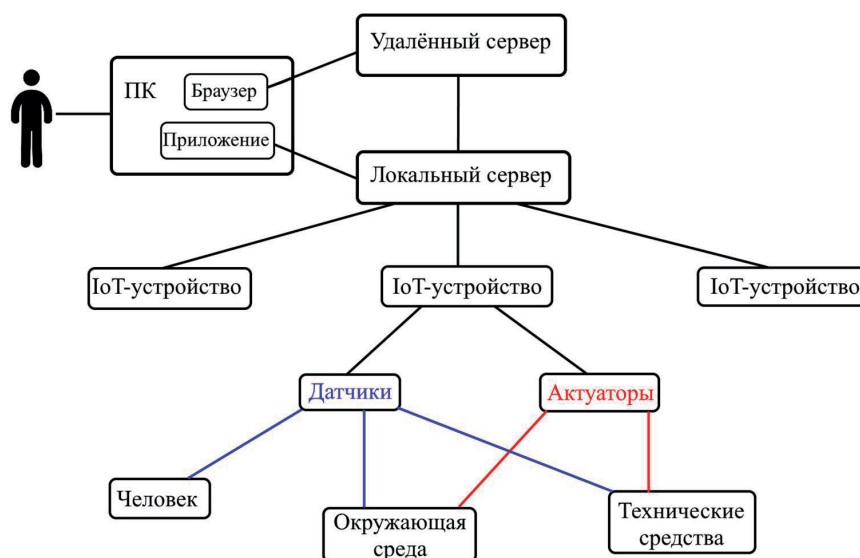
для работы с локальными серверами в составе платформы Alterozoom (возможно использование других платформ или изготовление специальных устройств - интеграция происходит на программном уровне);

5. Кроссплатформенные приложения для компьютеров (реализованные на фреймвеке QT), являющиеся комплексным инструментом для работы пользователя с информацией в виде мультимедийных документов, интернет-ссылок, математических данных и т.п. Приложение может работать автономно или в режиме синхронизации с сервером баз знаний системы. Приложение также позволяет пользователю взаимодействовать с локальным сервером интернета вещей или с умной вещью,

подключенной непосредственно к компьютеру, на котором оно установлено, получая от них данные и осуществляя управление имис помощью виртуальной приборной панели;

6. Подсистемы виртуальной реальности, построенный на базе Unrealengine. Подсистема имеет в своем составе конструктор виртуальных моделей умных локаций (комнат, домов и т.п.). Платформа позволяет связать виртуальную модель с реальным объектом двусторонней связью, благодаря которой изменения в реальном объекте, например, включение света, приводят к изменениям в виртуальной реальности и наоборот.

Архитектура IoT-части платформы показана на рисунке 1.



Р и с. 1. Архитектура IoT-части системы
F i g. 1. The architecture of the IoT part of the system

Источник: здесь и далее в статье все рисунки составлены автором.

Source: Hereinafter in this article all figures were made by the author.

Возможности компьютерного приложения

Приложение для компьютера позволяет пользователю:

1. Создавать и редактировать (с помощью специального мэшап-редактора) информационные объекты нескольких типов:

- мультимедийные документы (в HTML-формате), имеющие в своем составе текстовую информацию, изображения, видео, списки, таблицы, интерактивные карты, специальные блоки, позволяющие выделять контент по смыслу и т.п;
- интернет-закладки;
- документы с математическими данными, представляющие данные в виде таблиц и графиков;
- шаблоны (заготовки) документов (для их последующего многократного использования);
- приборные панели для отображения данных, поступающих с умных вещей и управления этими вещами;
- визуальные программы для локального сервера, управляющие в автоматическом режиме поведением создаваемых IoT-систем;

2. Организовывать информационные объекты с помощью дерева категорий и баз знаний, группируя их по смыслу. Любой информационный объект (документ) может одновременно принадлежать нескольким категориям. Любой информационный объект для облегчения его поиска и восприятия может быть снабжен рядом атрибутов (ключевыми словами, аннотацией, географической меткой, временной меткой, хэш-тегом). К документам могут привязываться дочерние документы;

3. Создавать короткие заметки в т.н. записных книжках;

4. Использовать географическую карту для отображения информационных объектов, имеющих географическую метку;

5. Использовать календарь для поиска информационных объектов по дате создания и временной метке;

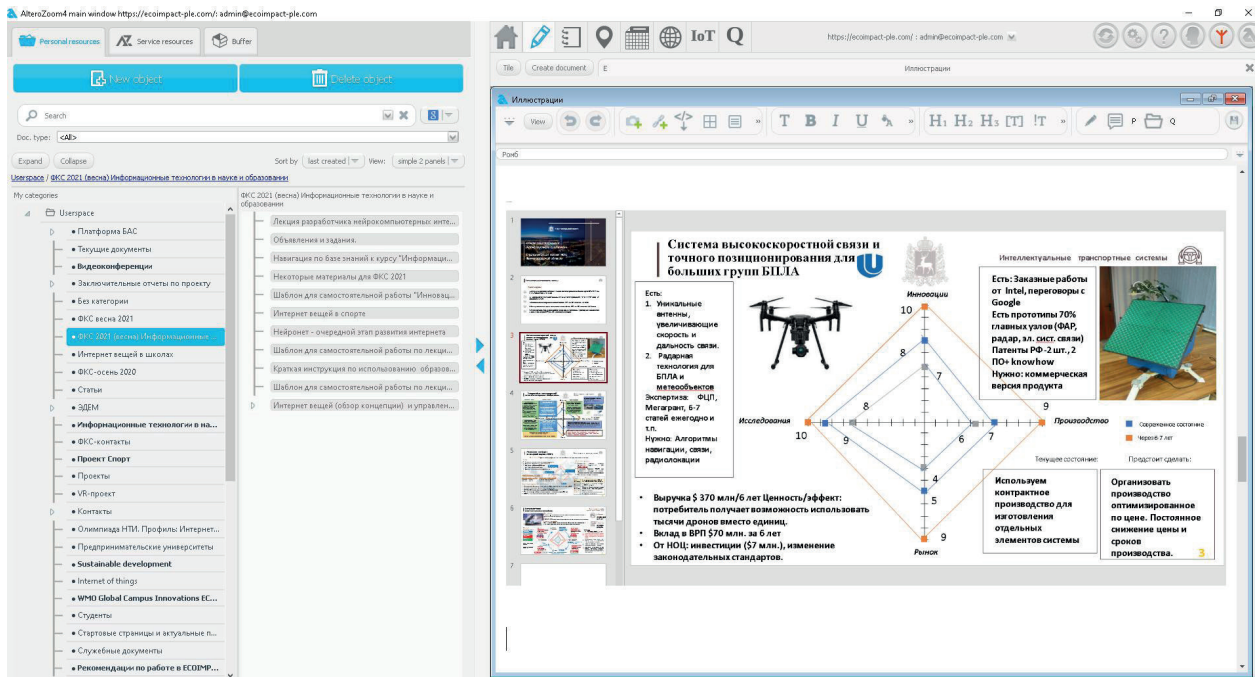
6. Открывать интернет-закладки во встроенном в приложение интернет-браузере;

7. Управлять подключениями умных вещей;

8. Работать с цитатами, извлекая их из разных документов и группируя в один документ.

На рисунке 2 показан интерфейс компьютерного приложения в режиме работы с мультимедийным документом.





Р и с. 2. Вид интерфейса компьютерного приложения, демонстрирующий систему навигации по категориям и открытый в меш-ап редакторе документ из одной из категорий

Fig. 2. Computer application interface view showing the category navigation system and a document from one of the categories opened in the mash-up editor

На рисунках 3 и 4 показаны виртуальные приборные панели, позволяющие оператору IoT-системы отслеживать изменение ее характеристик в реальном времени и управлять системой в ручном режиме.

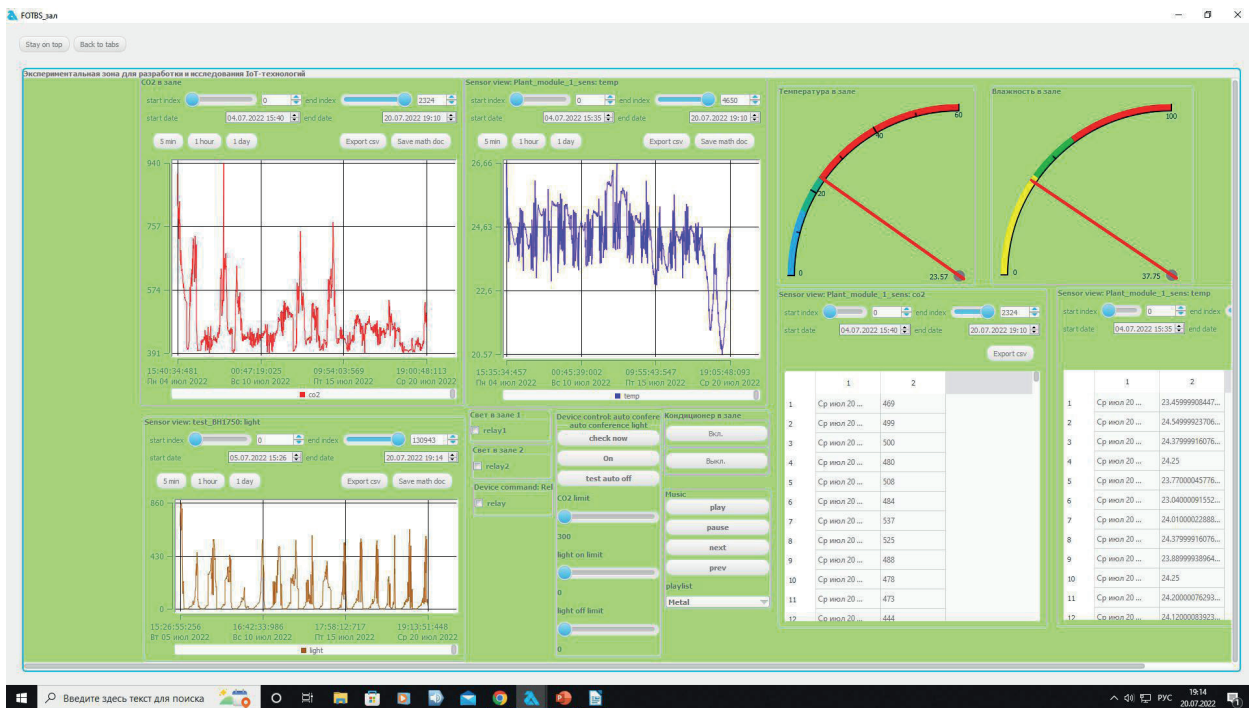
На рисунке 5 показан пример визуальной программы, для локального сервера, созданной в редакторе визуальных программ (в стиле lowcode). Визуальная программа позволяет управлять созданной пользователем системой в автоматическом режиме.



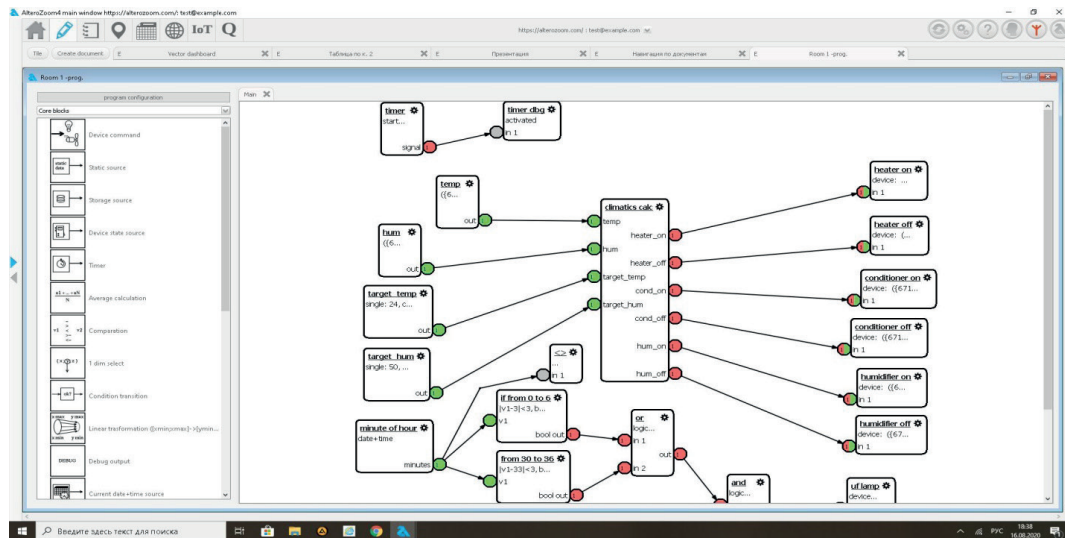
Р и с. 3. Вид виртуальной приборной панели, управляющей микроклиматом помещения, привязанной к плану помещения

Fig. 3. View of the virtual dashboard controlling the room climate, linked to the room plan





Р и с. 4. Вид виртуальной приборной панели системы ЭДЕМ
 Fig. 4. View of the virtual dashboard of the EDEM system



Р и с. 5. Вид интерфейса конструктора визуальных программ
 Fig. 5. View of the interface of the visual programme builder

Возможности веб-интерфейса

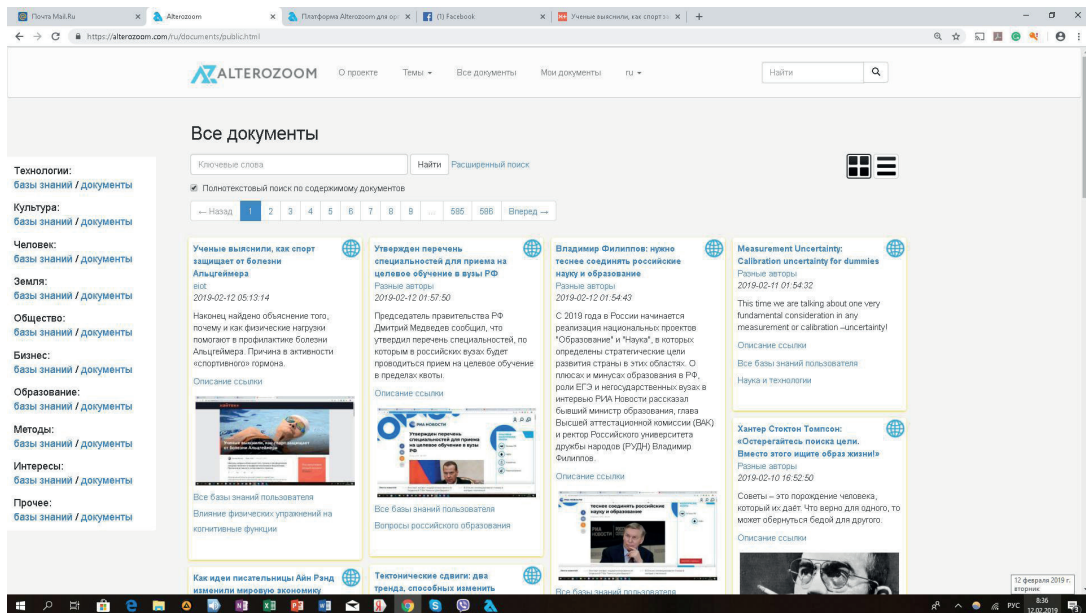
Веб-интерфейс имеет часть, предназначенную для поиска и отображения публичного контента, а также часть предназначенную для работы с персональным контентом. Публичный контент может быть найден с помощью полнотекстового поиска, а также ключевым словам, хэш-тегам и по принадлежности к выделенным темам сервиса. Кроме того публичный

контент (также, как и приватный) может быть найден через принадлежность к базам знаний. Для поиска внутри базы знаний могут быть использованы т.н. навигационные документы. Для создания как публичного, так и приватного контента пользователь может использовать мэшап веб-редактор. Возможности веб-редактора отличаются от возможностей редактора в приложении (их меньше). Вместе с тем, веб-редактор позволяет создавать вопросы и тесты (эта возможность

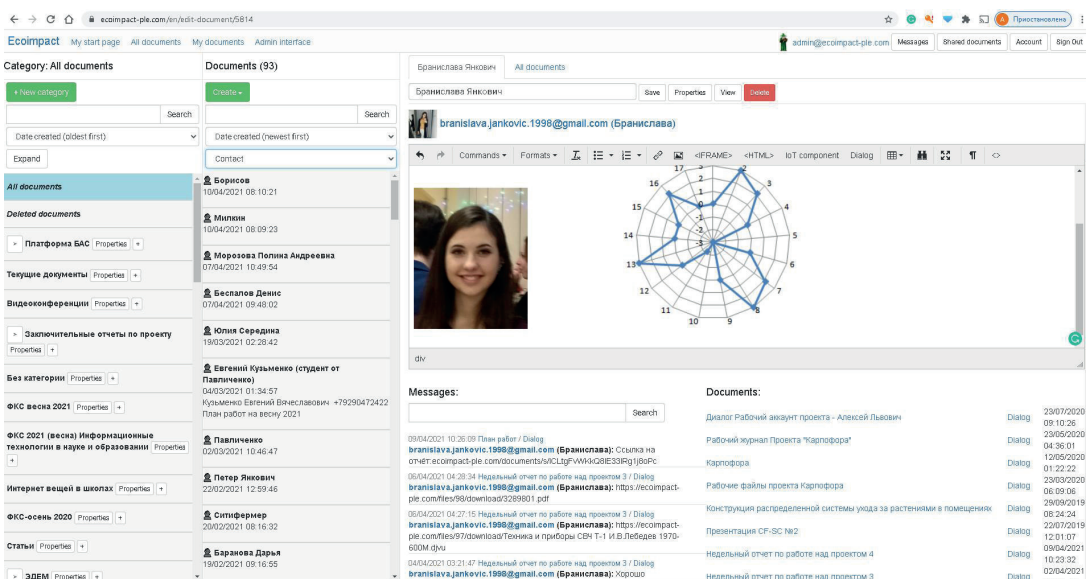


отсутствует у редактора приложения). Каждый документ в веб-интерфейсе может быть снабжен своим собственным диалоговым окном, позволяющим организовывать обсуждение содержания конкретного документа с управляемым доступом к этому документу различных пользователей. С помощью диалоговых окон, привязанных к конкретному контенту, может быть организовано как вертикальное взаимодействие “учитель-ученик”, так и горизонтальное взаимодействие “пользователь-пользователь”, что позволяет строить сетевые обучающие структуры взаимного обучения. На рисунке 6 показан

веб-интерфейс публичного контента комплекса, который может создаваться для создания публичных образовательных и справочных материалов, публикации тематических новостей, а также для продвижения персональных и коллективных проектов в сети Интернет. На рисунке 7 показан пример частного контента, доступного через веб-интерфейс-списков пользователей с мини-досье, работающих совместно над одним проектом. На веб-странице также показана переписка пользователей и список их общих документов.



Р и с. 6. Вид веб-интерфейса страницы публичных документов на сайте комплекса
F i g. 6. View of the web interface of the public documents page on the complex website



Р и с. 7. Вид Веб-интерфейса с контактами пользователей, вовлеченных в общий проект
F i g. 7. View of the web-interface with the contacts of the users involved in the overall project



Пример образовательного проекта

В качестве примера использования платформы с максимальным задействованием всех ее возможностей можно рассмотреть проект “Саенсбокс-Физический мир”, реализуемый в рамках программы “Студенческий стартап” Фонда содействия инновациям <https://www.fasie.ru/> студенческой командой под руководством и непосредственным участии разработчиков платформы Alterozoom. Целью проекта “Саенсбокс-Физический мир” является создание тренажера для вузов и школ, позволяющего в комплексе осваивать как предметы естественнонаучного цикла (в первую очередь, физику), так и информационные технологии. Тренажер представляет собой большой изолированный от окружающего пространства прозрачными стенами квазигерметичный объем (3x3x2 м3), внутри которого организуется множество физических явлений (механических, электромагнитных, термодинамических), управление которыми и изучение которых ведется с использованием блоков датчиков и актуаторов, подключенных к платформе Alterozoom. Наряду с физическими явлениями в том же объеме размещаются блоки, позволяющие демонстрировать технологии связи, локации, мониторинга среды, управления сложными системами и т.п. Перемещение объектов (блоков датчиков и актуаторов, а также конструктивных элементов) внутри Саенсбокса производится с помощью декартового робота, управляемого в ручном или автоматическом режимах с использованием платформы Alterozoom. Пользователь может наблюдать за процессами, происходящими внутри Саенсбокса как через его прозрачные стенки, так и с помощью перемещаемого декартовым роботом интеллектуального видеодатчика³. Интеллектуальный датчик, работающий с использованием искусственных нейронных сетей, может быть научен распознаванию физических явлений и их стадий по их визуальным образам. Показания всех датчиков, а также органы управления блоками Саенс бокса выводятся на виртуальную приборную панель, создаваемую пользователем с помощью конструкто-

ра виртуальных приборных панелей. Автоматическое управление процессами в Саенсбоксе осуществляется с помощью разрабатываемых пользователем визуальных программ или программ на JavaScript. Задания на проведение исследований, справочные, рабочие и отчетные материалы оформляются в виде мультимедийных документов, размещаемых в базах знаний, доступ к которым может быть как персональным, так и групповым и публичным. В мультимедийные документы могут транслироваться как исторические, так и приходящие в реальном времени данные экспериментов в виде графиков, таблиц, видео и т.п. Работа с Саенсбоксом должна позволять изучать как отдельные физические законы, так и комплексные физические явления, технологии, работающие в условиях реальных сред (с наличием шумов, возмущающих воздействий, сложных связей между элементами систем), а также цифровые технологии, относящиеся к научным лабораториям или современным автоматизированным производствам.

Заключение

В результате проделанной работы на базе программно-аппаратной платформы Alterozoom создана образовательная система, работающая в рамках концепции персональных образовательных сред, и позволяющая обучающемуся не только самостоятельно осваивать и систематизировать мультимедийные образовательные материалы, но и создавать с использованием технологий интернета вещей сложные многокомпонентные системы, демонстрирующие реальные процессы физического мира и возможности по управлению этими процессами с помощью информационных технологий. В процессе обучения пользователи работают с платформой (с аппаратной и программной ее частями), позволяющей реализовывать реальные индустриальные проекты. Полученные пользователями навыки могут быть востребованы при создании собственных продуктов в рамках стартапов и при автоматизации существующих производств, построенных на предыдущем этапе развития техники.

References

- [1] Attwell G. Personal Learning Environments – The future of eLearning? *eLearning Papers*. 2007;2(1):1-8. Available at: <http://www.elearningeuropa.info/files/media/media11561.pdf> (accessed 23.11.2022).
- [2] Attwell G., Bimrose J., Brown A., Barnes S.-A. Maturing Learning: Mash up Personal Learning Environments. *CEUR Workshop Proceedings*. 2008;388:78-86. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-388/attwell.pdf> (accessed 23.11.2022).
- [3] Barrett H.C., Garrett, N. Online personal learning environments: structuring electronic portfolios for lifelong and life-wide learning. *On the Horizon*. 2009;17(2):142-152. <https://doi.org/10.1108/10748120910965511>
- [4] Chatti M., Jarke M., Wang Z., Specht M. SMashup Personal Learning Environments. *CEUR Workshop Proceedings*. 2009;506:6-14. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-506/chatti.pdf> (accessed 23.11.2022).
- [5] Elfeky A.I.M. The effect of personal learning environments on participants' higher order thinking skills and satisfaction. *Innovations in Education and Teaching International*. 2019;56(4):505-516. <https://doi.org/10.1080/14703297.2018.1534601>
- [6] Emurian H.H., Holden H.K., Abarbanel R.A. Managing programmed instruction and collaborative peer tutoring in the classroom: Applications in teaching Java™. *Computers in Human Behavior*. 2008;24(2):576-614. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2007.02.007>
- [7] Nelkner T., Reinhardt W., Attwell G. Concept of a Tool Wrapper Infrastructure for Supporting Services in a PLE. *CEUR Workshop Proceedings*. 2008;383:1-10. Available at: http://ftp.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-383/leb08_nelkner.pdf (accessed 23.11.2022).

³ Янкович Б., Беспалов Д. А. Автономный интеллектуальный видеодатчик для распознавания болезней растений // Труды XXVI Научной конференции по радиофизике. Нижний Новгород : ННГУ, 2022. С. 546-550 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rf.unn.ru/wp-content/uploads/sites/21/2022/10/rf-conf-2022-wireless-communication.pdf> (дата обращения: 23.11.2022).



- [8] Torres Kompen R., Edirisingha P., Canaleta X., Alsina M., Monguet J.M. Personal learning Environments based on Web 2.0 services in higher education. *Telematics and Informatics*. 2019;38:194-206. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.10.003>
- [9] Rahimi E., van den Berg J., Veen E. Facilitating student-driven constructing of learning environments using Web 2.0 personal learning environments. *Computers & Education*. 2015;81:235-246. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.10.012>
- [10] Şendurur E., Şendurur P. Design and Development of Hybrid Instructional Materials: A Theoretical Framework. In: Queirós R. (ed.) *Fostering Pedagogy Through Micro and Adaptive Learning in Higher Education: Trends, Tools, and Applications*. Hershey, PA: IGI Global, 2023. p. 30-58. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8656-6.ch002>
- [11] Leone S. Characterisation of a personal learning environment as a lifelong learning tool. New York: Springer Publishing Company; 2013. 88 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6274-3>
- [12] Elsafi A. Formal and Informal Learning Using Mobile Technology. In: Yu S., Ally M., Tsinakos A. (eds.) *Mobile and Ubiquitous Learning. Perspectives on Rethinking and Reforming Education*. Singapore: Springer; 2018. p. 177-189. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6144-8_11
- [13] Subbarao V., Srinivas K., Pavithr R.S. A survey on internet of things based smart, digital green and intelligent campus. In: 2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU). Ghaziabad, India: IEEE Computer Society; 2019. p. 1-6. <https://doi.org/10.1109/IoT-SIU.2019.8777476>
- [14] Ciolacu M.I., Binder L., Svasta P., Tache I., Stoichescu D. Education 4.0 – Jump to Innovation with IoT in Higher Education. In: 2019 IEEE 25th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME). Cluj-Napoca, Romania: IEEE Computer Society; 2019. p. 135-141. <https://doi.org/10.1109/SIITME47687.2019.8990825>
- [15] Jaklič A. IoT as an Introduction to Computer Science and Engineering: A Case for NodeMCU in STEM-C Education. In: 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). Porto, Portugal: IEEE Computer Society; 2020. p. 91-95. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125356>
- [16] Jaklić A. Educating the Educators for Introducing Internet of Things to Primary and Secondary Schools' Curriculums. In: 2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO). Opatija, Croatia: IEEE Computer Society; 2020. p. 632-635. <https://doi.org/10.23919/MIPRO48935.2020.9245223>
- [17] Felicia A., Wong W.K., Loh W.N., Juwono F.H. Increasing Role of IoT in Education Sector: A Review of Internet of Educational Things (IoEdT). In: 2021 International Conference on Green Energy, Computing and Sustainable Technology (GECOST). Miri, Malaysia: IEEE Computer Society; 2021. p. 1-6. <https://doi.org/10.1109/GECOST52368.2021.9538781>
- [18] Santos M., Carlos V. Smart School Lab and Participatory Citizenship: The potential of the Internet of Things. In: 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). Seville, Spain: IEEE Computer Society; 2020. p. 1-5. <https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9140860>
- [19] Willyarto M.N., Yunus U., Reksodipuro A.S., Liawatimena S. Comparison Road Safety Education with and without IoT to Develop Perceptual Motor Skills in Early Childhood Children Aged 4-5. In: 2019 International Conference of Artificial Intelligence and Information Technology (ICAIT). Yogyakarta, Indonesia: IEEE Computer Society; 2019. p. 511-516. <https://doi.org/10.1109/ICAIT.2019.8834486>
- [20] Ota K., Nakajima T., Suda H. A Short-Term Course of STEAM Education through IoT Exercises for High School Students. In: 2020 IEEE 44th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC). Madrid, Spain: IEEE Computer Society; 2020. p. 153-157. <https://doi.org/10.1109/COMPSAC48688.2020.00028>
- [21] Haroon A., Ali Shah M., Asim Y., Naeem W., Kamran M., Javaid Q. Constraints in the IoT: The World in 2020 and Beyond. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2016;7(11):252-271. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2016.071133>
- [22] Mkrttchian V., et al. Big Data and Internet of Things (IoT) Technologies' Influence on Higher Education: Current State and Future Prospects. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*. 2021;16(5):137-157. <https://doi.org/10.4018/IJWLTT.20210901.0a8>
- [23] Jaya M., Tong G., Razak M., Zabidi A., Hisham S. Geofence Alerts Application With GPS Tracking For Children Monitoring (CTS). In: 2021 International Conference on Software Engineering & Computer Systems and 4th International Conference on Computational Science and Information Management (ICSECS-ICOCSIM). Pekan, Malaysia: IEEE Computer Society; 2021. p. 222-226. <https://doi.org/10.1109/ICSECS52883.2021.00047>
- [24] Luo H., Wang C., Luo H., Zhang F., Lin F., Xu G. G2F: A Secure User Authentication for Rapid Smart Home IoT Management. *IEEE Internet of Things Journal*. 2021;8(13):10884-10895. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3050710>
- [25] Choi W., Kim J., Lee S.E., Park E. Smart home and internet of things: A bibliometric study. *Journal of Cleaner Production*. 2021;301:126908. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126908>

Поступила 23.11.2022; одобрена после рецензирования 09.02.2023; принята к публикации 01.03.2023.

Submitted 23.11.2022; approved after reviewing 09.02.2023; accepted for publication 01.03.2023.



Об авторе:

Умнов Алексей Львович, заведующий лабораторией физических основ и технологий беспроводной связи радиофизического факультета, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (603022, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23), кандидат физико-математических наук, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2027-8611>, aluwl@inbox.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the author:

Alexey L. Umnov, Head of the Laboratory of Physical Bases and Technologies of Wireless Communication, Radio-Physical Faculty, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (23 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod 603022, Russian Federation), Cand. Sci. (Phys.-Math.), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2027-8611>, aluwl@inbox.ru

The author has read and approved the final manuscript.

