

Е.Е. Ковшов,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «МГТУ СТАНКИН»

В.А. Кравцов,
руководитель проектов,
ЗАО «РБОТ», Москва

Применение мобильной ассистивной робототехники для качественного развития цифровой инженерной школы

В статье рассматриваются новые подходы и прикладные аспекты построения информационно-образовательной среды на базе предлагаемой авторами автоматизированной информационно-управляющей системы образовательного учреждения, включающей ассистивных мобильных роботов. Использование трехслойной топологии позволяет обеспечить качественно новый уровень реализации образовательных процессов для всех пользователей системы. Рассматривается сервисно-ориентированная архитектура информационного доступа. Делается вывод о соответствии данных принципов и методов построения информационно-образовательной среды современным критериям развития и совершенствования институциональных механизмов «цифровой инженерной школы».

Ключевые слова: информационно-образовательная среда, цифровая инженерная школа, цифровое производство, ассистивный мобильный робот, Индустрия 4.0.

Одной из основных задач, стоящих перед образовательным учреждением (ОУ) любого уровня является создание и развитие информационной образовательной среды (ИОС). Её определение дано в «Концепции развития единой информационной образовательной среды в Российской Федерации» (ЕИОС) как «совокупность информационных и информационно-образовательных решений, основанных на общих правилах и подходах Концепции, способствующих созданию условий успешной реализации целей федеральных и иных государственных образовательных стандартов и федеральных и иных государственных требований к образовательным программам и услугам, обновления форм, средств, технологий и методов реализации образовательных программ и услуг, преподавания дисциплин и распространения знаний,

расширения доступности качественного образования» [1]. Фактически сегодня развитие ИОС становится одним из двигателей создания инновационной «цифровой экономики», основой качественной подготовки квалифицированных практико-ориентированных кадров для внедрения «цифрового производства» в России.

Одна из основных задач, сформулированных в принятой Советом безопасности РФ Стратегии развития информационного общества, заключается в повышении качества образования на основе развития и использования информационных и коммуникационных технологий. При этом ИОС может рассматриваться не только как средство повышения качества образовательного процесса на базе развития цифровых сервисов для педагогов и учащихся, формализации и интеграции

различных образовательных ресурсов в единое информационно-коммуникационное пространство ОУ, но и как полноценный участник (субъект) образовательного процесса [2].

Данное расширенное понимание ИОС позволяет предложить инновационные подходы и методы для организационного, информационного и технологического взаимодействия между учащимися, педагогами и адаптированным цифровым образовательным контентом. Фактически мы можем рассматривать такую ИОС, как мультиагентную автоматизированную информационно управляющую систему ОУ (ИУС), определяющую алгоритмы сбора, адаптации, хранения и предоставления авторизованного доступа к информации в рамках различных интерактивных сервисов.

С точки зрения топологии построения ИУС ОУ предлагается многослойная, в частном случае трехслойная архитектура, позволяющая отделить верхний уровень (ядро) системы от первичного слоя сбора и обработки информации, связанного с конкретными драйверами взаимодействия (получения и передачи данных) с внешней средой. Промежуточный слой осуществляет хранение информации, реализует алгоритмы координации действий сенсоров и управляющих органов (актуаторов) первичного слоя системы и обмен с верхним слоем. При этом ядро системы или верхний уровень реализует агрегацию информации и реализует базовые алгоритмы функционирования ИУС, с элементами искусственного интеллекта (ИИ), в том числе, взаимодействие с внешними пользователями, ИУС других ОУ и более верхним уровнем районной или городской информационной сети.

Такая распределенная инфраструктура ИУС позволяет разместить наиболее важные с точки зрения времени отклика датчики и актуаторы системы (нижний слой) и «бизнес-правила» взаимодействия системы с ее субъектами (промежуточный слой) на уровне локальной сети ОУ, т.е. быстрого доступа (в



Робот R.VOT 100 - участник концерта в школе г. Муром

том числе беспроводного) в режиме реального времени. Верхний уровень ИУС предлагается размещать в «облачном» хранилище данных, поскольку взаимодействие верхнего и промежуточного слоев носит асинхронный характер и инициализируется соответствующим слоем по мере необходимости. Верхний слой работает преимущественно с агрегированной информацией, которая хранится на том же сетевом уровне и не требует значительного трафика с локальной сетью ОУ.

Предлагаемая инфраструктура в форме ИУС должна стать платформой, на которой могут разрабатываться различные цифровые образовательные сервисы. Она хорошо вписывается в известные архитектуры построения приложений «as-a-service» (SaaS, PaaS, IaaS), а также поддерживает концепцию открытой образовательной среды. При этом ИУС ОУ должна интегрировать в себя существующие образовательные технологии и сервисы прозрачно для конечных пользователей, а также предложить совершенно новые возможности на базе интеллектуальной обработки информации с сенсоров и актуаторов системы. Фактически ИУС обеспечивает инфраструктуру и технологию построения современной информационной образовательной среды, инкапсулируя в себе все аспекты взаимодействия живых и «цифровых» субъектов образовательного процесса, делая его функционально и логически завершенным.

Важным преимуществом предлагаемой ИУС является отсутствие необходимости специальной адаптации существующих в ОУ образовательных сервисов, ведь они построены по однослойной схеме и легко интегрируются на уровне промежуточного слоя ИУ. На первом этапе достаточно предоставить их конечному пользователю «как есть», оставив возможность быстрого доступа к этим приложениям с помощью единого интерфейса взаимодействия ИУС. Однако понятно, что такая простая интеграция лишает данные приложения многих возможностей, которые заложены в архитектуре ИУС. Поэтому на втором этапе построения системы разработчики могут адаптировать свои приложения, используя заложенные в открытой архитектуре ИУС мощные возможности.



Робот R.VOT 100 как все ученики в классе за партой

Например, система контроля и управления доступом в современном ОУ включает в себя специальные смарт-карты для учеников и педагогов, содержащие *NFC (RFID)* чипы, позволяющие фиксировать проход его носителя через специальные считыватели при входе и выходе из ОУ. Однако данная технология перестает работать корректно, если ученик забыл смарт-карту дома или передал ее своему однокласснику, чтобы тот зафиксировал его присутствие в школе. Если мы установим считыватели определенной персональной информации об ученике при входе в класс и часто посещаемые места в

школе, то обмануть систему становится практически невозможно. Ведь войдя в школу, ученик не может не перемещаться по ней, или перемещаться вместе с другим учеником, синхронно бывая рядом в одних и тех же местах. Таким образом, путем установки дополнительных недорогих датчиков можно существенно повысить надежность системы, а добавив интеллектуальную обработку данных с датчиков определять качество прохождения пользователем учебной программы. Данная информация может быть использована другими приложениями системы, например, журналом посещаемости занятий и электронным журналом, а с помощью верхнего уровня ИУС быть доступной не только педагогам, но и родителям ученика.

Рассмотрим более подробно каждый слой ИУС ОУ. Нижний слой системы представляет собой датчики, сенсоры и актуаторы (управляющие механизмы) системы, каждый из которых принимает и отправляет информацию в собственном формате. Это фактически органы взаимодействия ИУС с внешней средой, образно говоря, ее «глаза» и «уши», а с внедрением новых роботизированных технологий и «руки» системы. В настоящий момент информационно-коммуникационная среда ОУ взаимодействует с внешним миром посредством различных терминальных (оконечных) устройств (компьютеры, планшетные ПК, смартфоны), а отдельные сервисы (та же СКУД ОУ) с помощью специальных считывателей радиочастотных меток. Среда взаимодействия, как правило, *WEB*-интерфейс, хотя существует тенденция все большего использования мобильных приложений. ИУС может использовать те же оконечные устройства и существующие датчики, но предлагает качественно новый уровень интерактивности за счет использования: уже развернутых сенсоров для получения дополнительной информации; новых типов современных сенсоров; биометрических и других персонализированных данных пользователей; сенсоров современных мобиль-

ных устройств пользователей; ассистивных роботизированных технологий.

При этом происходит предварительная обработка, агрегирование и сегментирование всей полученной информации в едином информационном пространстве ИУС, ее классификация по различным критериям (надежность, важность, актуальность и т.п.), определение типов пользователей, данных и срочность их уведомлений.

Специфика данного слоя ИУС (размещение в ЛВС ОУ) позволяет оперировать данными с высокой скоростью и взаимодействовать с пользователями в реальном времени.

Часть сенсоров работают независимо от участия пользователей, другие требуют кооперативного взаимодействия. Использование считывателей смарт-карт, размещаемых по территории ОУ, позволяет получать информацию сразу же при прохождении пользователя, несущего смарт-карту, мимо него на определенном расстоянии. Для использования *Wi-Fi* точек доступа и радиочастотных меток (*iBeacon*), как средств внутренней навигации (*Indoor Navigation System - INS*), использования сенсоров мобильных устройств пользователей, необходима установка пользователями специального приложения ИУС на свое мобильное устройство. Однако сейчас, когда в смартфонах работают десятки сторонних приложений, иногда совершенно независимо от желания владельца, многие из которых абсолютно не нужны и только нагружают систему, разряжая батарею, установка специального полезного Приложения среди учеников и педагогов ОУ не представляет большую проблему.

В перспективе можно предложить специализированное персональное носимое устройство для использования в среде ИУС, например, фитнес-браслет или смарт-часы, включающее все необходимые функции контроля и управления.

Однако ИУС предлагает и совершенно инновационный подход к интерактивному взаимодействию в среде ОУ. Это актуаторы

системы в виде ассистивных мобильных роботов, которые на сегодняшний момент не нашли в ОУ должного распространения.

Ассистивные технологии получили свое название в связи с использованием их для людей с ограниченными возможностями здоровья. Ассистивными называют специальные технические средства, которые снимают барьеры на пути использования современных интернет и мобильных технологий людьми с ограниченными возможностями. Например, коммуникатор Брайля, использует в клавиатуре азбуку Брайля для ввода и считывания информации с «экрана», позволяя людям со слабым зрением пользоваться ресурсами сети Интернет, общаться в сети, читать и писать электронные документы, и даже, при соответствующей подготовке, писать программы. Для людей с ограничениями по слуху используют специальные наушники с костной проводимостью, имеются приложения для смартфона, преобразующие голос в «ручную» азбуку, перчатки, осуществляющие преобразование «пальцевой» азбуки в текст и т.п. Все это примеры ассистивных технических устройств.

В настоящее время ассистивными стали называть любые технологии, помогающие людям в общении с окружающей средой или облегчающие взаимодействие с цифровой информацией. Таким образом, смартфон или компьютер тоже можно назвать ассистивным устройством в широком смысле этого слова.

Мы будем использовать понятие ассистивных мобильных роботов в смысле интеграции в одном устройстве двух технологий: мобильной робототехники и цифровых интерфейсов взаимодействия с человеком для оказания ему информационной поддержки.

В информационной среде ОУ ассистивные мобильные роботы (АМР) могут выполнять множество функций, среди которых:

1) Презентационная - отображение «глобальной» информации об ОУ.

2) Информационная - отображение оперативной информации о структуре и мероприятиях ОУ.

3) Образовательная - участие в учебном процессе (как «субъект» или как «объект» исследования).

4) Проектная - использование программно-аппаратной составляющей для реализации инновационных проектов «Школы новых технологий» и «Цифровой инженерной школы».

5) Охранная – мобильная «интеллектуальная» видеокамера с записью всей видеoinформации и возможностью локального или удаленного просмотра и управления.

Однако, как только мы рассматриваем АМР в качестве актуатора ИУС, его «нагрузка» сразу многократно возрастает, приобретая качественно новые функции:

1) Инфраструктурная – построение мобильных *Wi-Fi* и *Bluetooth* - сетей для внутренней навигации (*INS*) и распознавания внешних объектов.

2) Идентификация и учет учащихся, педагогов и посетителей - с помощью биометрического распознавания, например, по лицу или сетчатке глаза, в случае записи шаблона в ИУС, при этом, шаблоны могут формироваться «на лету» в процессе «общения» субъекта с роботом.

3) Безопасность – размещение на роботе пожарных датчиков, сенсоров и анализаторов опасных газов и токсичных соединений.

4) Экологическая – слежение за параметрами окружающей среды (температура, влажность, давление), содержанием кислорода и углекислоты в окружающем воздухе.

5) Медицинская – фиксация различных жизненных показателей состояния здоровья субъекта: температуры тела, частоты сердечных сокращений, изменение цвета кожных покровов, изменения цвета радужки глаза, в процессе общения человека с роботом.

6) «Умная школа» – поддержание комфортного для человека уровня освещения и его ограничение при отсутствии людей и в ночное время, открытие и закрытие окон (требуется специальные механизмы), регулировка температуры и влажности в помещении (требуется специальные механизмы).

7) Оповещения – робот всегда готов передать персональное сообщение своему собеседнику, в случае успешной идентификации, или сообщение об экстренной или чрезвычайной ситуации.

Большая часть информации с сенсоров может быть принята и обработана в полностью автоматическом режиме, однако, например, снятие медицинских показателей может потребовать от человека по запросу робота, поднести палец или руку к специальному датчику на «теле» робота. В результате программирования робота, это будет происходить в ненавязчивой и игровой форме, подразумевающей некие действия пользователя, символизирующие дружбу с роботом, что будет интересно, особенно для учеников младших классов.

Отличительной чертой АМР, как наиболее интерактивного актуатора ИУС, является его эффективность с точки зрения эргономики, достигаемая за счет дружелюбного внешнего вида и персонализации диалога с пользователем, наличия удобных мультимодальных средств взаимодействия (интерактивный экран, реагирующий на контекст диалога, голова робота с «лицом», способным выражать эмоции, сенсорные поверхности, реагирующие на прикосновения, чат-бот и голосовое управление). Наличие манипуляторов – «рук» робота для простейших жестов также способствует повышению качества «общения» робота с окружающими людьми.

Другим важнейшим аспектом применения ассистивной мобильной робототехники в информационно-образовательной среде ОУ является развитие практико-ориентированных инженерных и научно-исследовательских навыков учащихся на базе изучения технологий робототехники и смежных с ней дисциплин. Платформа ИУС, имеющая трехслойную архитектуру, оснащенная современными датчиками, включающая роботов, предоставляет широкий спектр возможностей для изучения всех направлений современных цифровых технологий: машинного зрения (*Computer*

Vision), глубокого обучения (*Deep Learning*), интернета вещей (*Internet of Things*), облачного хранилища (*Cloud Storage*) и использования больших данных (*Big Data*), мехатроники, моделирования, низкоуровневого и высокоуровневого программирования.

Так, в работе [3] рассматриваются новые научно-технические направления в сфере ассистивной мобильной робототехники как средство подготовки кадров для инновационных отраслей машиностроения. Отмечается ведущая роль работы над научно-исследовательскими и прикладными проектами, связанными с реальными задачами. В качестве примера приводится разработка программного комплекса *indoor*-навигации (*INS*) для ассистивного мобильного робота, работающего в информационно-образовательной среде ОУ.

Однако *INS* является лишь одной из подсистем ИУС ОУ, и включает в себя навигационные и гео-информационные сервисы для всех мобильных субъектов в сети, в том числе для учащихся. Для этого достаточно установить на его мобильное устройство приложение ИУС, в котором интегрированы алгоритмы работы с внутренними и внешними сенсорами, а также взаимодействие с ИУС посредством *Wi-Fi*. Используя новые возможности, учащиеся легко могут найти нужную аудиторию, где будут проходить занятия, не заблудиться в коридорах учебного заведения, а в случае экстренных ситуаций найти правильный путь для эвакуации. Сервисы ИУС не только собирают сведения о «траектории движения», но и, в зависимости от настройки, ненавязчиво предоставляют информационные подсказки и напоминания.

Промежуточный или второй слой ИУС представляет собой стек «бизнес-правил» нижнего уровня, на основе которых осуществляется интеграция данных различных сенсоров и актуаторов системы. Этот уровень превращает специфическую информацию, поступающую с различных датчиков системы в унифицированный абстрактный вид (с помощью специальной обработки про-

граммами-драйверами), пригодный для последующей агрегации и анализа. Здесь также осуществляется хранение обработанной информации в первичном неагрегированном виде, пригодном для оперативного доступа и анализа сервисами, работающими на данном уровне и обслуживающими соответствующие запросы пользователей ИУС и ядра системы.

Только промежуточный уровень осуществляет обмен информацией одновременно с нижним и верхним уровнем – ядром системы. Напрямую нижний и верхний уровни не взаимодействуют.

На промежуточном уровне обработка информации происходит практически в реальном времени, позволяя пользователям осуществлять, например, интерактивное взаимодействие с ассистивными мобильными роботами, использовать систему биометрического распознавания для персонализации общения. Хранение важной первичной информации на уровне ЛВС ОУ также способствует повышению безопасности доступа к ней.

Многие имеющиеся информационные сервисы в ОУ используют в качестве основы промежуточный слой, правда, с оговоркой, что они «не знают» о возможностях нижнего и верхнего уровней. Они применяют однослойную архитектуру, при этом напрямую работая с информационными ресурсами в интернете, т.е. дублируют функции верхнего уровня. Это ресурсоемко и неэффективно. Трёхслойная архитектура позволяет заменить множество дублирующих сервисов в различных приложениях на один, универсальный и эффективный, имеющий доступ ко всей необходимой информации, в том числе данным ИУС других ОУ при соответствующем уровне прав пользователя.

Итак, наконец, верхний слой ИУС, ядро системы, обеспечивает взаимодействие ИУС с внешними пользователями и сервисами, позволяет объединять структурно ИУС различных ОУ в районные и городские сети, предоставляя уполномоченным пользователям быстрый доступ к агрегированным данным по запросу.

Ядро системы обеспечивает механизмы агрегирования и сегментирования первичных данных на основе интеллектуальных алгоритмов *Big Data* и специальных «бизнес-правил», разработанных на основе предыдущего «опыта» ИУС. Мы пока не говорим о возможности самообучения ядра системы, данные правила на первом этапе реализации ИУС будут составляться администраторами системы.

Одна из основных бизнес - задач ИУС – обеспечение и развитие лояльности пользователей. Поэтому будут заложены определенные механизмы реализации автоподстройки и прогностического анализа в ядре системы под нужды конкретных пользователей, таким образом, чтобы наиболее эффективно осуществлять взаимодействие с ними.

Размещение ядра системы предполагается в «облаке». Современные облачные сервисы для ОУ обсуждаются во многих работах, например, в [4] рассматриваются различные аспекты применения облачных технологий, описываются их преимущества по сравнению со стандартными средствами организации образовательной среды.

Исходя из принципов построения ИУС, можно также рассматривать ее как прототип цифровой интеллектуальной платформы промышленного предприятия, служащий для подготовки будущих инженеров к работе в условиях эпохи «Индустрии 4.0». Современные вызовы требуют от кадров инновационной России широкой всеобъемлющей подготовки и практических навыков взаимодействия с цифровой средой современного предприятия. Развитие технологий предполагает всё большую роль автоматизированных систем управления производством и интеграцию человека в систему, как ее составной части (на всех уровнях – от роли сенсора и актуатора до элемента интеллектуального ядра, выполнения контрольной и надзорной функций).

Будущее цифровое производство станет гибким и быстро адаптируемым для выпуска новой продукции без серьезной техно-

логической перестройки, за счет создания универсальных роботизированных производственно-технологических центров. Взаимодействие между этими центрами будет осуществляться с помощью логистической системы на основе грузовых робокаров. Мощная сеть промышленных камер, датчиков и сенсоров позволит получать в центре управления информацию о течении производственного процесса и возможном возникновении нештатных ситуаций.

Поэтому требования к человеку, как структурной единице производственного процесса, будут включать понимание внутренних механизмов и информационно-управляющих воздействий производственной среды, знание принципов и методов, лежащих в основе обрабатываемых центров и цепочки технологических операций.



Степан дома, но присутствует на уроке через робота телеприсутствия R.BOT 100

Прогнозируемое развитие цифрового производства уже сегодня требует изменения подходов и ориентиров в подготовке высококвалифицированных кадров, переосмысления принципов и методологии образовательного процесса, внедрения инновационных идей и механизмов приобретения соответствующих сложных технических навыков.

Один из методов решения данной задачи предлагает модель «Цифровая инженер-

ная школа» в рамках Федерального проекта «Российская инженерная школа», изложенная в работе [5]. В статье рассматриваются прикладные аспекты промышленной информатики, как основы цифровых технологий для максимальной автоматизации различных производственных процессов и создания безлюдных технологий, а также - для профессионального обучения молодёжи. В рамках предлагаемой модели авторы делают акцент на развитии промышленной информатики как инструмента проектирования информационных технологий для различных отраслей промышленности. На ее основе формируется цифровая интеллектуальная платформа для разработки различных сервисно-ориентированных приложений. Например, интеллектуальная программная платформа для сбора и обработки данных автоматизированной информационно-измерительной системы контроля герметичности масс-спектрометрическим методом.

Подходы и модели, изложенные авторами в [5], хорошо коррелируются с ИУС ОУ, рассматриваемой в данной статье, что позволяет говорить о масштабируемости образовательного процесса и наличии единых механизмов его реализации.

Современный период развития общества характеризуется глобальным проникновением информационно-коммуникационных технологий в нашу жизнь. Изменились способы получения человеком информации и его взаимодействия с окружающим миром. Образовательный процесс должен ответить на эти вызовы и использовать весь потенциал

современных средств и технологий для достижения качественно лучшего результата в подготовке учащихся к будущей профессии. ИУС, предлагаемая авторами, соответствует этим критериям и обеспечивает инновационный комплексный подход к построению ИОС современного ОУ.

Библиографический список

1. Концепция развития единой информационной образовательной среды в Российской Федерации» [Электронный ресурс] / Официальный ресурс Министерства образования и науки РФ. – режим доступа: https://minobr.gov-murman.ru/files/eios_conception.pdf (дата обращения: 23.08.2018)
2. Конопатова Н.К. Информационно-образовательная среда как важнейшее условие достижения нового качества образования. [Электронный ресурс] / Официальный портал Адмиралтейский район Санкт-Петербурга. Образование. - режим доступа: http://www.adm-edu.spb.ru/sites/default/files/sovremennaya_obrazovatel'naya_sreda.pdf (дата обращения: 23.08.2018)
3. Ковшов Е.Е., Кравцов В.А. Прикладные исследования и проекты в сфере робототехники как основа подготовки научно-инженерных кадров инновационной России // *Техническое творчество молодежи* – 2018. - № 1(107) январь - февраль.
4. Ананченко И.В. Облачные технологии в высшем образовании // *Современные наукоемкие технологии*. – 2015. – № 5. – С. 48-52; URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=35037> (дата обращения: 24.08.2018).
5. Ковшов Е.Е., Косач А.А., Глухих О.А. Промышленная информатика как базис цифрового производства и профессионального образования молодёжи // *Техническое творчество молодежи* – 2018. - № 4 (110) июль - август.

