



УДК 378.4+004.89

Как сохранить мировое лидерство в подготовке IT-специалистов

Анатолий Каргин,

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой информационных технологий,

Сергей Панченко,

доктор технических наук, профессор, ректор,
Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков

Сегодня ученые, политики, бизнесмены широко обсуждают наступление эры индустриальной революции 4.0 (Industry 4.0). О ее реальности свидетельствует тот факт, что на Всемирном экономическом форуме в Давосе в 2017 году тема четвертой промышленной революции была одной из главных и ей были посвящены 27 заседаний [1]. Третья цифровая революция сегодня переходит в четвертую, с которой связывают массовое внедрение в производство киберфизических систем. Такие системы будут объединяться в единую сеть, чтобы иметь возможность обмениваться информацией и знаниями друг с другом в режиме реального времени на основе технологии межмашинного взаимодействия (Machine-to-Machine, M2M), самонастраиваться и учиться новым моделям поведения [2 — 6]. Доступ в Internet получают не только вычислительные устройства типа компьютеров и мобильных телефонов, но и автомобили, фотоаппараты, стиральные машины, холодильники, медицинские датчики, наручные электронные часы и многие другие бытовые и промышленные машины.

Проекты «умных городов» (Smart City, SC) как первые признаки Industry 4.0 уже на протяжении более пяти лет реализуются во многих странах. Например, в КНР

в настоящее время 290 городов работают по проектам SC и планируется расширение этого опыта для 500 городов до конца 2017 года [7].

Индустриальная революция 4.0 — это цифровая революция на всех этапах производства: автономная работа «умных заводов» (Smart Plants, SP) и «умных машин» (Smart Machine, SM); интеграция с помощью сетевых технологий большого количества данных в облачных хранилищах с целью их интеллектуальной обработки для более эффективного производства.

Индустриальная революция 4.0 — это новая электронная база: интеллектуальные сенсоры и сенсорные системы, актуаторы и микропроцессоры разного уровня вычислительной мощности.

Индустриальная революция 4.0 — это и новые информационные технологии, основанные на моделях искусственного интеллекта, когнитивных и биологических наук, моделях поведения и развития, заимствованных у живой природы, результатах современных исследований головного мозга живых существ.

В докладе [8] о состоянии информатизации и развитии информационного общества в Украине за 2013 год выделены четыре основные тенденции: социальные сети, мобильные устройства, облачные

технологии и управление информацией. Отмечается, что объединение этих технологий существенно изменит бизнес и общество, разрушит старые бизнес-модели и создаст новых лидеров IT-рынка [9]. В соответствии с этими тенденциями ожидаются: рост влияния мобильных технологий и создание нового поколения мобильных вычислений; персонализация облачных сервисов и превращение их в центральный инструмент для пользователей; объединение данных и программ управления устройствами посредством «облаков» в Internet. Перечисленные предпосылки позволяют создать универсальный набор сервисов для пользователей и для корпоративного рынка «интернета вещей» (Internet of Things, IoT); обеспечить активизацию и слияние концепций IoT и BigData, что, в свою очередь, позволит обрабатывать большой объем неструктурированной информации и анализировать ее в реальном времени.

В документах [8 — 12] отмечается кадровая проблема, с которой сегодня столкнулась IT-индустрия Украины: недостаток кадров и неполное соответствие уровня знаний выпускников ВУЗов требованиям отраслей, которые инвестируют средства в индустриальную революцию 4.0. Среди причин отмечается недостаточный уровень подготовки по информатике у школьников, слабое обновление учебных планов университетского образования, несовершенство современных механизмов повышения квалификации преподавателей высших учебных заведений и, одной из главных причин называют относительно низкие должностные оклады в сфере образования IT по сравнению с окладами IT-специалистов в бизнесе. Рекомендации о путях решения указанной проблемы носят конструктивный характер. Авторы настоящей статьи видят одно из направлений решения проблемы в разработке таких программ подготовки специалистов, которые могут создать предпосылки конкурентоспособности выпускников.

С целью соответствия образования уровню развития технологий индустри-

альной революции 4.0 требуется пересмотр многих инженерных образовательных программ, введение новых и уход от устаревших технологий и методов обучения, что касается, прежде всего, IT-специальностей.



сознание того, что в IT пришла эра умных приложений, вызвало широкое обсуждение в университетской среде вопросов: «Насколько ВУЗы готовы к преподаванию новых технологий?», «Как учить новым технологиям?», «Какие еще образовательные процессы захватывают новые технологии?» и ряд других. Такие вопросы связаны не только с IT-образованием. Ученые американских и европейских университетов рассматривают указанную проблему шире. Поскольку цифровые технологии внедряются в повседневную жизнь, находят повсеместное распространение и IoT становится обычным явлением, то появляется глобального уровня задача: «нам нужно подумать о том, как лучше обучать людей концепциям компьютерной науки, независимо от их (профессиональных) целей в жизни» [13, 14].

Первые важные шаги в такой просветительской работе сделаны. Обсуждаются новые способы для школьных учителей с целью поощрять цифровую грамотность в эпоху IoT [14], осваивать методы интеграции IoT в науку, технологию, инженерию и математику при одновременном создании образовательных сред [15], использовать технологии работы с платформами IoT с открытым исходным кодом (в школах США, Англии и других странах детей учат использовать микробιβотеки, одноплатные компьютеры с беспроводной связью, сенсорами и программируемыми кнопками) [16].

В Украине в 2016 году компанией «Майкрософт Украина» презентован проект «Школа SMART» [17], главная цель которого — обучать школьников концепции IoT. В проекте участвуют десять учебных заведений. Реализация проекта ориентирована на вычислительные возможности микроконтроллера Arduino и

микропроцессора Raspberry Pi на основе облачной платформы Microsoft Azure IoT Suite.

Безусловно, появились бакалаврские и магистерские образовательные программы по IoT и в университетах. В последние годы в ежегодном отчете NMC Horizon Report Higher Education Edition значительное место отводится обсуждению образовательных программ, нацеленных на подготовку специалистов, востребованных новыми производственными отраслями, которые порождаются индустриальной революцией 4.0. В последнем отчете 2017 года [18] отмечается, что увеличение спроса на квалифицированных специалистов в таких областях, как инженерная техника, разработка датчиков, проектирование и интеграция систем, определило растущий тренд расширения учебных планов колледжей и университетов за счет введения подготовки по новым дисциплинам и программам. Рекомендации экспертов, мнения которых обобщены в отчете, сформулированы в виде шести основных направлений обучения студентов, которые смогут удовлетворить будущие потребности в рабочей силе. Три из шести направлений относятся к долгосрочным (от трех до пяти лет подготовки) и имеют непосредственное отношение к индустриальной революции 4.0. Это IoT, Learning Management systems (LMS) и Artificial Intelligence (AI). Рекомендации относятся к структуре и содержанию учебных программ. Общим является то, что программы должны быть междисциплинарными и многодисциплинарными [18].

Если учебные программы в Украине по специальности AI предлагаются студентам уже более двух десятков лет, то подготовка по IoT в виде самостоятельной программы считается новой. В последние годы ситуация в Украине изменилась. Абитуриентам предлагают образовательные программы, прямо нацеленные на подготовку по IoT или SM, например, в Львовском и Киевском политехнических университетах.

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, (УкрГУЖТ, <http://www.kart.edu.ua>) в этом учебном году в соответствии с междисциплинарным и многодисциплинарным подходом, начинает подготовку бакалавров по трем образовательным программам: «Технологии искусственного интеллекта» на базе специальности 126 — «Информационные системы и технологии», «Интеллектуальные информационные технологии» на базе специальности 123 — «Компьютерная инженерия» и «Интеллектуальные машины» на базе специальности 151 — «Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии». Для этого по инициативе ректора университета профессора С.В. Панченко и при непосредственном его участии была создана новая кафедра информационных технологий, укомплектованная кадрами и лабораторным оборудованием.

Возглавить кафедру был приглашен профессор А.А. Каргин, до этого более двадцати лет возглавлявший кафедру компьютерных технологий в Донецком национальном университете (ДонНУ). Профессор А.А. Каргин имеет достаточный опыт в подготовке IT-специалистов, востребованных не только в Украине, но и за рубежом. Под руководством А.А. Каргина студент Д. Гуртяк, как только в университете появились первые IBM совместимые компьютеры, разработал драйвер клавиатуры на основе кириллицы для MS DOS (так появился первый драйвер с кириллицей, который быстро разошелся по всему миру и стал известен как KeyRus Гуртяка). Среди выпускников кафедры, которой руководил А.А. Каргин, есть и ведущий разработчик программного обеспечения мобильных телефонов фирмы Nokia, и начальник отдела компьютерной анимации фирмы G. Lucas, и главный конструктор перспективных микропроцессоров Европейского отделения фирмы IBM. Конкурентность выпускников кафедры под руководством А.А. Каргина подтверждена и серебряной медалью за 8-е место на мировой студен-

ческой олимпиаде по спортивному программированию (г. Орландо, США, 2011).

Гущественным является опыт А.А. Каргина и в создании «умных машин». Под его научным руководством разработана технология ситуационных интеллектуальных машин обработки информации, которая была применена при создании более 15 интеллектуальных систем автоматического управления техническими комплексами [19]. Наиболее значимая среди внедренных систем — интеллектуальная система нанесения гальванопокрытия в г. Ленинграде («безлюдный цех»), была разработана и внедрена по постановлению Совета Министров СССР от 31.05.84 по программе создания образцово-показательного производства.

Почему университет железнодорожного транспорта в числе первых взялся за подготовку IT-специалистов, которые будут востребованы Industry 4.0? Отрасль железнодорожного транспорта в мире является одним из лидеров по внедрению технологий Industry 4.0. Проиллюстрируем это данными из плана реализации стратегического развития железнодорожной отрасли Великобритании (Rail Technical Strategy Capability Delivery Plan, RTS CDP) [20], рассчитанного на 30 лет. В Великобритании удельный вес пассажирских и грузовых перевозок железнодорожным транспортом самый высокий и развитию этой отрасли уделяется особое внимание. В плане реализации стратегии, утвержденной на государственном уровне в 2012 году, предусмотрено двенадцать ключевых направлений, связанных между собой и с объемами финансирования:

1. Уменьшение интервала между движущимися поездами, предусматривается не просто уменьшение интервала движения между смежными составами, но и концептуальные изменения, включающие динамическое реформирование составов, что требует разработки интеллектуальных систем автовождения поездов с использованием локальной и глобальной сенсорной информации о состоянии инфраструктуры.

2. Минимальные сбои в движении поездов. Планируется контроль состояния работоспособности в режиме реального времени с помощью множества интеллектуальных встроенных датчиков, которые соединены вместе в IoT. Аэрокосмические SM предоставляют дополнительную визуальную и географическую информацию об инфраструктуре и подвижном составе. Интеллектуальная разведка в реальном времени, используя машинное обучение и большую аналитику данных, формирует планы профилактического обслуживания.

3. Эффективный пассажиропоток через станции и поезда рассматривается с позиций SC, в котором железная дорога является частью интеллектуальных и интегрированных решений для мобильности, при этом решаются задачи автоматического направления на ближайшую доступную парковку, предложение транспортных решений для дальнейшего путешествия пассажиров, масштабирование вариантов транспортировки в соответствии с прогнозируемым спросом. Использование электронных билетов и биометрических систем на основе мобильных приложений снимает проблему «узких мест» и обеспечивает интеллектуальное управление потоками пассажиров (особенно на крупных узловых станциях).

4. Больше значимой информации из данных предполагает создание отраслевой информационной архитектуры и структуры управления информацией с целью координации информационных потребностей и защиты информации.

5. Оптимальное использование энергии, кроме чисто технических задач получения и преобразования энергии, требует создания интеллектуальной системы управления транспортировкой энергии внутри системы в соответствии с предложением и спросом.

6. Больше места в поездах обеспечивается способностью быстро и легко перестроить внутреннюю часть пассажирских поездов как при нормальной ежедневной эксплуатации, так и в особых ситуациях.

7. Обслуживание точно секунда в секунду предполагает улучшение ситуационной осведомленности, повышение операционной гибкости и обеспечение более быстрого восстановления от сбоев за счет знания местоположения и скорости поездов в реальном времени.

8. Интеллектуальные поезда — сеть полностью автономных интеллектуальных поездов будет саморегулироваться, вести переговоры класса М2М для согласования движения и разрешения потенциальных конфликтов; передача сигналов поезда будет перенесена из инфраструктуры в поезда с использованием новых технологий.

9. Персонализированная работа с клиентами — доступ к железной дороге на основе электронного билета; пассажиры автоматически идентифицируются и с их счетов взимаются соответствующие сборы за проезд; методами машинного обучения формируются характеристики пассажирских поездок и предоставляются в режиме реального времени как руководства, чтобы улучшить путешествие, основываясь на понимании предпочтений пассажиров.

10. Гибкие грузоперевозки — предполагается, что железная дорога может полностью интегрироваться с интермодальными грузовыми и сервисными услугами на новых рынках для легких товаров высокой стоимости, грузовые вагоны будут обладать гибкостью для увеличения разнообразия загружаемых грузов и максимального использования вагонов, модальные обмены будут автоматизированы, позволяя быстро и эффективно передавать грузы для последующего транзита.

11. Недорогие железнодорожные решения обеспечиваются проектированием, построением и эксплуатацией железнодорожных линий и поездов с использованием современных материалов и технологических решений.

12. Ускоренное исследование, разработка и внедрение технологий реализуются инвестициями в научные проекты и их тестирование.

Реализация направлений такой программы требует IT-специалистов нового поколения как для разработки новых систем, так и для их последующего обслуживания.

Для поддержки конкурентоспособности будущих инженеров, способных решать указанные задачи, необходим новый подход к структуре учебных планов, введение новых дисциплин и пересмотр содержания традиционных дисциплин.

До 2000 года сильной стороной IT-выпускников Украины, которая давала молодым специалистам преимущества и на западном рынке труда, по сравнению с выпускниками западноевропейских и американских университетов, была фундаментальная подготовка: глубокие знания по высшей, дискретной и вычислительной математике, теории алгоритмов, архитектуре компьютеров и, конечно же, по программированию. Фундаментальные знания позволяли быстро осваивать новые технологии, среды и языки программирования. Но поскольку IT — самая динамичная отрасль знаний, то, естественно, выпускники университетов, несмотря на введение новых курсов, выходили на IT-рынок с устаревшими знаниями. И те, кто самостоятельно не был способен освоить и использовать новые технологии, проигрывали конкурентную борьбу за рабочие места.

Со временем разнообразие IT начало резко увеличиваться. Ситуация, когда в IT-индустрии стал использоваться широчайший набор IT, привела к узкой специализации. Работодатели для своих компаний стали требовать специалистов, имеющих навыки работы с конкретным небольшим набором IT. Это способствовало введению специализаций (в образовательных программах). Сегодня IT находится на новом витке развития с выходом на лидирующие позиции технологий AI. Кроме новой, отличной от классической, математической базы, используются знания из других областей, таких как биология, психология, когнитивные науки. Поэтому IT становится междисциплинарной

наукой. Кроме этого, в технологиях SM, IoT и других, о которых шла речь в связи с Industry 4.0, стирается грань между аппаратным и программным обеспечением: разработать простейшую IoT-систему двум совместно работающим IT-специалистам, получившим образование отдельно по программному и аппаратному обеспечению, невозможно без глубокого понимания задач смежной специализации. IT-специалист нового поколения должен знать и иметь навыки из нескольких смежных областей знаний и учебный план программы подготовки такого специалиста должен быть междисциплинарным.

Таким образом, созрело противоречие, которое раньше разрешалось за счет обновления содержания курсов эволюционным путем и сводилось к введению одного-двух спецкурсов. Сегодняшний вызов IT-индустрии относится к революционным. И это требует особого внимания, если мы не хотим утратить лидирующие позиции в подготовке IT-специалистов.

Первое, что требует переосмысления, — смена приоритетов подготовки на младших курсах между фундаментальной математической подготовкой и IT. Вместо узкого представления о SM и IoT как только о технических проектах подготовка на первых курсах должна дать инструменты исследования и понимания окружающего мира. Такая переориентация позволит реализовать потенциал Industry 4.0.

Преподавание концепций IoT первокурсникам — непростая задача: студенты не готовы к программированию приложений для сетей и датчиков. Большинство предлагаемых инструментов разработки требуют знаний в области аппаратного обеспечения. Таких знаний трудно ожидать от студентов первого курса в связи с их перегруженностью фундаментальными дисциплинами и отсутствием достаточных временных ресурсов.

В образовательных программах, которые предлагает УкрГУЖТ, предпринята попытка разрешить эту проблему,

и уже на первом курсе на базе четырех дисциплин — «Алгоритмизация и программирование», «Введение в IT», «Физика» и «Высшая математика» — студенты должны приобрести навыки разработки учебной IoT: опрос датчика, измеряющего физический параметр, после предварительной обработки — передача данных по беспроводной сети на персональный компьютер в сети Internet, и организация хранения этих данных в облачной структуре. Студент приобретает навыки работы на языке Python, программирования контроллера ESP с использованием библиотек, интеграции отдельных аппаратных средств (датчик, микроконтроллер, модули беспроводной связи). На старших курсах разработка учебного проекта продолжается по мере освоения блоков дисциплин, посвященных углубленному программированию, архитектуре систем и сетей, вычислительной математике, искусственному интеллекту и другим. Выпускные бакалаврские и магистерские работы являются завершающей стадией серии таких микропроектов, а предметной областью всех работ — объекты автоматизации железнодорожной отрасли.

Такой подход стимулирует творчество и самостоятельность, студенты сами предлагают идеи проекта, решения и воплощают эти идеи в рабочих прототипах. Появляется заинтересованность в изучении как классических дисциплин фундаментальной подготовки, так и профессиональных.

Обучение технологиям IoT, безусловно, должно опираться на соответствующую лабораторную базу. Минимальный набор инструментария в лаборатории включает: платы разработки на основе микроконтроллеров и микропроцессорных систем; расширенные встроенные системы; среды разработки программного обеспечения и доступ к облачной инфраструктуре. Сегодня студентам в лабораториях доступны такие платы для разработки, как Raspberry Pi, Arduino, ESP, имеющие несколько

типов внешних интерфейсов ввода/вывода. Спектр расширенных встроенных систем представлен большим набором разного рода интеллектуальных сенсоров, мобильных платформ, роботов, дронов и других подвижных моделей, которые имеют собственные микроконтроллеры, сенсоры разной природы, приводы на исполнительные механизмы и беспроводную связь с Internet.

При организации лабораторного практикума важными критериями выступают стоимость и масштабируемость: каждый студент должен получить полноценный инструментарий «IoT в коробке». Современный уровень цен на указанные компоненты лабораторного практикума делает доступным для университетов такой подход. Причем это аппаратный ресурс неодноразового использования, однако оборачиваемость его не менее четырех лет.

Сейчас активно разрабатываются аппаратные и программные платформы, распространяемые на принципах Open Source, что позволяет частично сократить расходы на лабораторную базу. Преимущества Open Source выражаются в простоте переконфигурирования электронных компонентов и возможности использования стандартных языков программирования (C/C++, C#, Python или Java) для разработки программного обеспечения IoT-устройств.

По мнению многих IT-специалистов, сегодня пришло время создавать крупномасштабные инфраструктуры для преподавания широкого круга тем, связанных концепцией Industry 4.0. Разработка такой инфраструктуры — дело непростое и потребует многолетнего проекта с привлечением междисциплинарной группы преподавателей и значительных финансовых и технических ресурсов.

Понимание необходимости подготовки кадров для железнодорожной отрасли в области IT приводит к пониманию необходимости использования опыта подготовки IT-специалистов в развитых странах мира.

Для этого нужно:

1. Участвовать в программах поддержки университетов со стороны ведущих IT-компаний мира (Microsoft, IBM, Cisco, Amazon, Siemens) с целью использования современного лицензионного программного обеспечения для подготовки IT-специалистов и получения учебных материалов, в частности по IoT [21, 22].

2. Стимулировать прохождение курсов (с получением сертификатов) по IT-технологиям в ведущих центрах online-подготовки [23 — 25] как для преподавателей, так и для студентов. Обоснование потребности в бесплатной форме обучения и сертификации при регистрации позволяет получить знания и украинским студентам, и преподавателям.

3. Обеспечивать кафедры в украинских вузах по подготовке IT-специалистов комплектами доступных микропроцессоров и микроконтроллеров с наборами сенсоров и актуаторов для проведения лабораторных занятий. В отличие от персональных компьютеров, такие комплекты позволяют студентам создавать модельные образцы сложных программных комплексов реального времени.

4. Создавать в технических университетах возможность корпоративного доступа к ресурсам общества IEEE как наиболее информативного центра современных инноваций в области IT [26].

5. Активно участвовать в Хартии «Индустрия 4.0 в Україні» с целью подготовки IT-специалистов в соответствии с требованиями высокотехнологичных секторов экономики Украины [12].

6. Участвовать в бизнес-форумах по Industry 4.0 с целью привлечения молодежи к конкурсам по IoT [27].

7. Обеспечить доступность беспроводных сетей хорошего качества на территории университетов, что позволит построить инфраструктуру для студенческих проектов по IoT.

8. Стимулировать работу студентов с использованием ресурсов GitHub [28] как источника проектов в области IT и плат-

формы для размещения коллективных проектов.

9. Создавать условия и повсеместно стимулировать изучение английского языка для практической работы студентов и преподавателей с современными информационными ресурсами по IT.

Литература

1. *Промышленная революция 4.0. На пороге новой эпохи* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://chp.com.ua/all-news/item/46476-promyshlennaya-revoluyutsiya-4-0-na-poroge-novoj-epokhi>

2. *An Executive's Guide to Industry 4.0, Smart Factories and Beyond* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ioti.com/industrial-iiot/executive-s-guide-industry-40-smart-factories-and-beyond> May 24, 2017

3. "Industry 4.0 Survey: Building the Digital Enterprise," by Gary Mintchell, The Manufacturing Connection, September 16, 2016 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://themanufacturingconnection.com/2016/09/industry-4-0-survey-building-digital-enterprise/>

4. *12 Highlights from Siemens Massive Hannover Messe Booth* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ioti.com/iot-trends-and-analysis/12-highlights-siemens-massive-hannover-messe-booth>

5. *Microsoft Opens Its First European Lab for Internet of Things* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.ioti.com/security/new-version-mirai-botnet-emerges?NL=IOT-001UBER&Issue=IOT-001UBER_20170330_IOT-001UBER_743&sfvc4enews=42&cl=article_4_b&utm_rid=CPG03000003510982&utm_campaign=18092&utm_medium=email&elq2=505e563a1b4246bfb53337910454e703

6. *SAP Leonardo: инвестируем в Интернет вещей два миллиарда евро* [Электронный ресурс]. — Режим досту-

па: <https://www.sap.com/cis/trends/internet-of-things.html>

7. *China's 'smart cities' to number 500 before end of 2017* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.chinadaily.com.cn/china/2017-04/21/content_29024793.htm

8. *Доповідь про стан інформатизації та розвиток інформаційного суспільства в Україні за 2013 рік, 123 с.* http://www.dknii.gov.ua/sites/default/files/stan_informatyzacii_20132.pdf

9. *Постанова Верховної Ради України «Про Рекомендації парламентських слухань на тему: «Реформи галузі інформаційно-комунікаційних технологій та розвиток інформаційного простору України»* (Відомості Верховної Ради (ВВР). — 2016. — № 17. — ст.191) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1073-19>

10. *Індустрія 4.0 в Україні* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://industry4-0-ukraine.com.ua/>

11. *Рух «Індустрія 4.0 в Україні» об'єднує гравців IT та АСУ ТП* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://appau.org.ua/ru/Ruh_Industry_4-0_v_Ukraini_obednue_gravciv_%D0%86%D0%A2_ta_ASUTP

12. *Хартія «Індустрія 4.0 в Україні»* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://appau.org.ua/ru/Hartiya_Industriya_4-0_in_Ukraine

13. *Ebling Maria R. Pervasive Computing and the Internet of Things, IEEE CS, Pervasive Computing, Jan-Mar 2016, pp. 2-4* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7389283>

14. *Schmidt A. Increasing Computer Literacy with the BBC micro: bit, IEEE Pervasive Computing, vol. 15, Apr-June 2016, pp. 5-7* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7445632>

15. *Park N. and Ko Y. Computer Education's Teaching-Learning Methods Using Educational Programming Language Based on STEAM Education* [Электрон-

ный ресурс]. — Режим доступа: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-35606-3_38.pdf

16. *Resnick M. et al. Scratch: Programming for All*, Communications of the ACM, 2009, vol. 52, no. 11, pp. 60-67 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://web.media.mit.edu/~mres/papers/Scratch-CACM-final.pdf>

17. «Майкрософт Украина» поддержала обучение школьников основам IoT [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://ko.com.ua/majkrosoft_ukraina_podderzhala_obuchenie_shkolnikov_osnovam_iot_117893

18. *NMC Horizon Report 2017 Higher Education Edition* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://cdn.nmc.org/media/2017-nmc-horizon-report-HEEN.pdf>

19. *Каргин А. А.* Введение в интеллектуальные машины. Кн. 1. Интеллектуальные регуляторы / А. А. Каргин. — Донецк : Норд-Пресс, ДонНУ, 2010. — 526 с.

20. *Rail Technical Strategy Capability Delivery Plan* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.rssb.co.uk/rts/Documents/2017-01-27-rail-technical-strategy-capability-delivery-plan-brochure.pdf>

21. *Welcome to IBM Global University Programs* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.research.ibm.com/university/>

22. *Cisco Connected Rail* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/industries/transportation/rail.html>

23. *Take the world's best courses, online* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.coursera.org/>

24. *Learn from Stanford Online. For anyone, anywhere, anytime* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://lagunita.stanford.edu/>

25. *Free Online Courses. Advance Your Career. Improve Your Life* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.edx.org/>

26. *Institute of Electrical and Electronics Engineers* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ieee.org/index.html>

27. *CIS Events Group. Your new marketing wave...* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ciseventsgroup.com/>

28. *Built for developers* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://github.com/>

20.07.2017