

РЫНОК КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ: СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ВЫЗОВЫ.

А.Н. Вахов, Е.А. Зотова, И.В. Коломеец, А.П. Рыжов, А.Ю. Шварц

Аннотация— В статье обсуждаются состояние, тренды и основные проблемы развития компьютерных обучающих систем. Проведенный анализ показывает, что основным вызовом и точкой роста для таких систем является адаптация и персонализация процесса обучения. Основные положения иллюстрируются на примере платформы Учи.ру

Ключевые слова— Обучающие системы, обучение математике, персонализация, адаптация.

I. ВВЕДЕНИЕ

Понятие компьютерных обучающих систем возникло практически одновременно с понятием искусственного интеллекта и претерпело значительную эволюцию одновременно с развитием компьютерных технологий. В данной статье мы не имеем возможности провести такой исторический экскурс; заинтересованному читателю можно порекомендовать работу [1], где эти вопросы достаточно детально обсуждаются. Однако, нельзя не отметить глобальных изменений, происшедших в последнее время и происходящих сейчас. Наиболее ярко они представлены в работах McKinsey Global Institute (MGI) [2], [3]. Авторы одного из наиболее авторитетных аналитических институтов, изучая влияние более 100 технологий на развитие экономики и общества, пришли к следующим заключениям:

1. Наиболее важными являются технологии, представленные на рис. 1 [2]. Там же представлены оценки экономического вклада технологии в 2025 году; с методикой расчета эффективности можно ознакомиться в [3].

2. Технологии автоматизации интеллектуальной деятельности (годовой вклад в экономику 2025 года от

Статья получена 23 декабря 2015.

Алексей Николаевич Вахов, ООО “Учи.ру”, Москва, Россия (e-mail: vakhov@uchi.ru).

Екатерина Александровна Зотова, ООО “Учи.ру”, Москва, Россия (e-mail: zotova@uchi.ru).

Иван Владимирович Коломеец, ООО “Учи.ру”, Москва, Россия (e-mail: kolomoetz@uchi.ru).

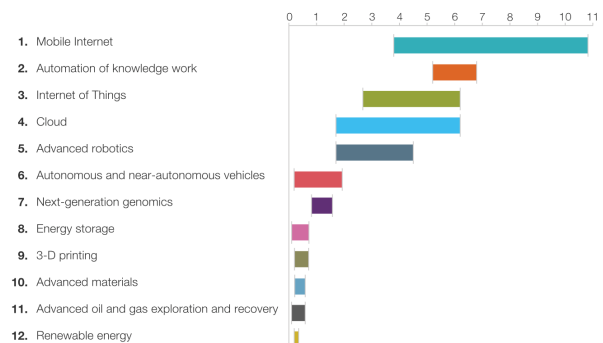
Александр Павлович Рыжов, Российская Академия Народного Хозяйства и Государственной Службы при Президенте РФ, Москва, Россия (e-mail: ryjov@mail.ru).

Анна Юрьевна Шварц, Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия (e-mail: shvarts.anna@gmail.com).

5,2 до 6,7 триллионов долларов США в текущих ценах)

A gallery of disruptive technologies

Estimated potential economic impact of technologies across sized applications in 2025. \$ trillion, annual



SOURCE: McKinsey Global Institute

Notes on sizing: These economic impact estimates are not comprehensive and include potential direct impact of sized applications only. They do not represent GDP or market size (revenue), but rather economic potential, including consumer surplus. The relative sizes of technology categories shown do not constitute a “ranking,” since our sizing is not comprehensive. We do not quantify the split or transfer of surplus among or across companies or consumers, since this would depend on emerging competitive dynamics and business models. Moreover, the estimates are not directly additive, since some applications and/or value drivers are overlapping across technologies. Finally, they are not fully risk- or probability-adjusted.

Рис.1. Список прорывных технологий по версии MGI.

в первую очередь обеспечат новые способы обучения на базе интеллектуальных систем и big data (рис. 2).

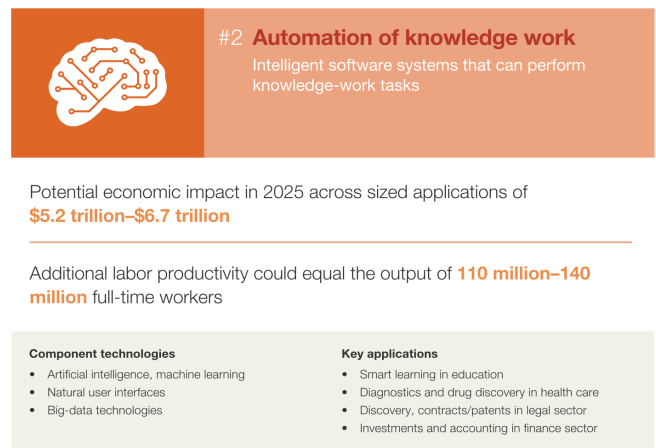


Рис.2. Основные параметры технологии автоматизации интеллектуальной деятельности по версии MGI.

Основным аргументом в пользу такого влияния обучающих систем на экономику авторы видят всеми нами осознаваемое противоречие: исчезновение массовых специальностей (машинистки, операторы ЭВМ и пр.) и появление новых (потребность – сотни тысяч/ миллионы рабочих мест) с одной стороны и практическое отсутствие развития технологий обучения – с другой. Имеется в виду не замена мела и деревянной

доски на компьютер и интерактивную доску, а принципиальные новшества, соразмерные вызовами современной экономики. Более подробно с этим можно ознакомиться в лекции доктора биологических наук, доктора филологических наук, профессора СПбГУ Черниговской Т.В. [4].

II. СТРУКТУРА РЫНКА КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

Первые компьютерные обучающие системы появились в 90-х годах прошлого века представляли собой учебные материалы (тексты, картинки, клипы и пр.) в электронной форме с гиперссылками, распространяемые на наиболее удобном для того времени носителе - CD-ROM диске. Со временем возникла специализация по контенту (математика, физика, иностранные языки, музыка и т.п.), добавлялись мультимедийные эффекты, возникали клиент - серверные решения (с развитием доступа в Интернет), но мышление в стиле «контент с гиперссылками» было преобладающим. Потребности участников образовательного процесса – студентов, образовательных учреждений, производителей образовательного контента удовлетворялись разработкой специальных информационных систем или адаптацией известных решений для нужд участников, что привело к формированию определенного направления в современных информационных технологиях.

Сложившийся к настоящему времени ландшафт направления компьютерных обучающих систем (Ed Tech в англоязычной терминологии) наиболее полно представлен в [5].

На верхнем уровне выделяются инструменты/системы для:

- Студентов
- Преподавателей
- Учебных заведений и предприятий

Дальше предлагается следующая классификация:

Для студентов:

• Агрегаторы - компании, предоставляющие доступ к контенту. Выделяют:

- Discovery – помогают найти контент
- Accredited Programs - компании с признаваемой степенью

• Провайдеры – компании, которые создают контент.

Наибольшее распространение:

- Иностранные языки
- Хобби
- Навыки 21 века

• Разработчики инструментов

- Tutoring – помогают студентам учиться
- Gaming - игры как форма обучения

• Поставщики контента – компании, доставляющие контент до студента. Часто относят поставщиков:

- Учебников (для традиционного контента)
- Устройств (для цифрового контента)

• Финансовые сервисы (текущий объем – более 1 триллиона долларов США)

Для преподавателей:

- Classroom Management
 - In-class administration – стандартный набор рутинных операций по управлению процессом обучения
 - Student Analytics/ Reporting – набор стандартных аналитических инструментов, позволяющих понимать и визуализировать прогресс в обучении студента/ класса/ школы и т.п.
 - Curriculum
 - Организация учебного материала в виде курса
 - Поиск и создание учебного материала/ контента
 - Professional Development – инструменты обучения учителей
- Для учебных заведений и предприятий:
- Back office. Обычно включают в себя:
 - Staffing and Professional Assessment – кадровое управление и оценка преподавательского состава
 - Финансовый сервис (в основном, привлечение денег)
 - Student Information Systems - управление данными по студентам
 - Learning Management Systems – управление процессом обучения
 - Front office. Обычно включает:
 - Recruiting and Enrollment - нахождение и удержание студентов
 - Online Distribution – системы, позволяющие синхронизировать on-line и off-line обучение
 - Learning Content – репозиторий учебных материалов
 - Credentialing - технологии учета и валидации достижений в обучении

Суммируя перечисленное, структуру рынка компьютерных обучающих систем можно представить в виде следующего графа (Рис. 3).

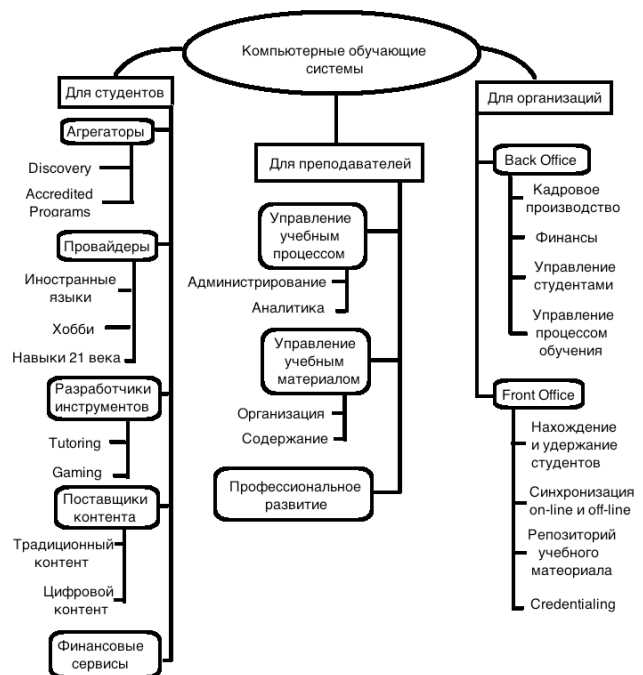


Рис. 3. Структура рынка компьютерных обучающих систем.

Поэтому когда мы говорим о компьютерных технологиях в образовании, необходимо уточнение – все

перечисленное может быть отнесено к таким технологиям.

Что может быть отличительной чертой рынка компьютерных обучающих систем? Ясно, что системы кадрового производства, финансов, нахождения и удержания студентов и т.п. являются достаточно стандартными учетными, финансовыми и CRM системами с естественным учетом особенностей образовательного процесса. Их адаптация для нужд образовательного процесса является достаточно стандартной задачей и не может быть драйвером рынка. Уникальными или специфическими именно для этого рынка являются системы, помогающие эффективно усваивать необходимый учебный материал. Именно их мы будем рассматривать ниже.

И последнее необходимое уточнение – аудитория. Выделяют школьное образование (иногда с включением дошкольного), высшее образование и профессиональное/ корпоративное дополнительное образование; иногда добавляют раздел «навыки/ увлечения/ хобби» - это что-то не связанное с профессиональной деятельностью – охота, фотография и пр. Ясно, что у каждой аудитории много специфики, и соответствующие системы отличаются существенно. Ниже для определенности мы будем иметь ввиду школьное образование как наиболее понятное большинству читателей и как наиболее понятное авторам - создателям и разработчикам платформы Учи.ру – лидера школьного образования в России.

III. ТОЧКИ РОСТА РЫНКА КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

Как было отмечено выше, специфическими для рынка компьютерных обучающих систем являются системы, помогающие эффективно усваивать необходимый учебный материал. Развитие именно таких систем определяет технологическое развитие всего рынка – все остальное более или менее «стандартные» решения.

Обучение – одна из главных тайн мозга. Мозг – единственный орган, который умеет учиться [4]. Мы все были участниками этого процесса, большинство из нас учится всю жизнь. Несоответствие запроса современной экономики на массовое обучение новым специальностям, навыкам, знаниям, вызванное быстрой сменой технологий, с одной стороны и предложения образовательных институтов – с другой, является главным источником инноваций и роста в этой области. Инструменты обучения практически не менялись со времени начала массового использования книг, то есть на протяжении нескольких веков. Массовая доступность компьютеров и развитие ИТ технологий (в основном – сетевых) создают новую инфраструктуру, сравнимую по своему влиянию на повседневную жизнь с началом массового использования книг и печатной продукции. Поэтому естественным является вопрос: что является необходимыми условиями для использования особенностей новой технологической среды в обучении?

Если рассматривать процесс обучения как управление в рамках стандартной кибернетической системы [22] (Рис. 4), можно сказать, что для организации такого

процесса как минимум необходимо:

- иметь разнообразие контента (прямая связь)
- иметь возможность измерения действий ученика (обратная связь)

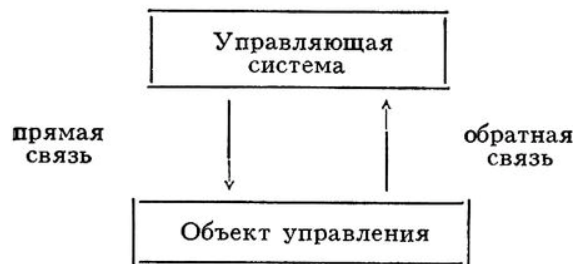


Рис. 4. Схема простейшей кибернетической системы.

Кроме перечисленного необходимо также иметь критерий качества управления (задается извне; может быть несколько критериев) и, собственно, алгоритм управления (тоже задается извне). Однако, без наличия прямой и обратной связи – собственного контента и собственного измерительного механизма никакого отличия от «книжной» технологии обучения не возникает. Заметим, что в рамках стандартного процесса обучения такие связи также присутствуют, но реализуются без привлечения информационных технологий. Использование современных ИТ дает дополнительные возможности и имеет потенциал качественного изменения процесса обучения.

Сформулированные выше необходимые условия позволяют достаточно легко понять, какие компании способны разработать новые компьютерные системы обучения, а какие – нет. К последним можно отнести значительное количество компаний, собирающих контент (клипы, отсканированные материалы и пр.) и предлагающих его клиентам или компаниям, не имеющих трекинга активности пользователя (всяческая обратная связь в виде опросов – не в счет). Есть ли компании, удовлетворяющие сформулированным выше необходимым условиям? Да. Из зарубежных компаний выделяется Knewton (<https://www.knewton.com>), которая была организована выходцами из известной компании Kaplan (<http://www.kaplan.com>); можно также упомянуть компанию Grockit (<https://grockit.com>), имеющую очень интересные решения и купленную одной из компаний холдинга Kaplan - Kaplan Test Prep (<http://www.kaptest.com>). Отечественный рынок является намного более молодым: для примера – Kaplan имеет 77-и летнюю историю и 20-и летний опыт использования on-line решений в обучении. Однако, на отечественном рынке, несмотря на его молодость и известные особенности, тоже есть компании, обладающие необходимым набором свойств. Примером такой компании является Учи.ру (<http://www.uchi.ru>).

Учи.ру — это онлайн платформа, где ученики начальной школы изучают математику в интерактивной форме. Весь курс разложен на более 700 взаимосвязанных интерактивных заданий по всем темам математики начальной школы, разработанных

профессиональными методистами в соответствии с учебной программой. Подход к обучению базируется на данных современных исследований российского [15] и зарубежного [21] математического образования и включает в себя принцип множественных репрезентаций [16], принцип активности ученика, особое внимание уделяется развитию теоретического восприятия [19].

В настоящее время (по состоянию на декабрь 2015 г.) услугами компании пользуются более 350 000 школьников (около 8% всех школьников РФ соответствующих классов), более 20 000 учителей, работающих в 8 000 школах РФ. Решено более 70 000 000 заданий, причем большая часть – с сентября 2015 года. Таким образом, Учи.ру является лидером своего сегмента в России.

Особенностью программного обеспечения системы Uchi.ru является возможность сбора и накопления всей возможной информации о поведении ученика в процессе решения задач: время решения, количество правильных ответов, характеристики не правильных ответов и др. Мы понимаем, происходит поиск правильного решения целенаправленно или случайным образом, насколько ученик внимателен, степень утомления («играется» ли он мышкой, например). Накопленные данные позволяют применять широкий набор инструментов анализа данных для оптимизации процесса обучения и его настройки для конкретного ученика (персонализации процесса обучения) [24]. Нарботанные шаблоны и решения составят основу Smart learning in Education (Рис. 2) или, более широко, «вычислительной педагогики», способной решать упомянутые выше вызовы современной экономики.

В настоящее время компания начала работы по разработке и тестированию системы персонализации и оптимизации обучения на основе технологии оценки и мониторинга сложных процессов, которая применялись авторами для разработки соответствующих систем для различных областей от соблюдения международных договоров [6, 7] (заказчик – Международное Агентство по Атомной Энергии) до процессов разработки в микроэлектронике [8, 9] (заказчик – Cadence Design Systems, Inc. – лидер рынка САПР микроэлектроники). Математические и технологические основы таких систем, а также особенности разработки приложений достаточно подробно описаны, например, в [10, 11]. Отметим, что в рамках описанных подходов возможна разработка оптимальных систем персонализации процесса обучения [13, 14].

Потенциал этого направления огромен. В качестве еще одного примера таких перспектив авторы советуют ознакомиться с работами Рэя Курцвейла (Ray Kurzweil – технический директор Google), например, его интервью [23] и многими другими его выступлениями и публикациями, которые без труда можно найти в интернете. Один из главных тезисов Курцвейла – биологическая эволюция перешла в технологическую, и это определяет развитие человечества сейчас. Возникновение смешанных сетей, где роботы и люди учатся, взрослеют, совместно решают свои задачи

видится ближайшей перспективной. Социальные сущности (social beings), живущие одновременно в реальном и виртуальном мире, будут оказывать все большее влияние на все аспекты нашей повседневной жизни. Ясно, что создание и функционирование таких сетей без новых технологий обучения невозможно.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потребности современной экономики диктуют необходимость массового обучения и переобучения большого количества людей. Традиционные технологии обучения, не меняющиеся в течение многих десятилетий, не способны удовлетворить эту потребность. Данное объективное противоречие является источником инноваций в этой области.

Рынок компьютерных обучающих систем (Ed Tech в англоязычной терминологии), начинавшийся с гипертекстовых мультимедийных систем, в настоящее время имеет четкую структуризацию. Его отличительной чертой являются системы, помогающие осваивать учебный материал наиболее эффективным образом. Драйвером для таких систем является индивидуализация обучения – адаптивная подстройка под особенности конкретного ученика и состояния внешней среды. Необходимыми условиями для реализации такой индивидуализации обучения является наличие вариативного контента и возможности измерения реакций ученика в процессе обучения. Компании, не владеющие контентом и/или средствами измерения, не могут даже теоретически разработать средства индивидуализации обучения. Примерами компаний, удовлетворяющих таким необходимым условиям являются Knowton (зарубежный рынок) и Учи.ру (отечественный рынок).

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Алисеичик П.А., Вашик К., Кнап Ж., Кудрявцев В.Б., Строгалов А.С., Шеховцов С.Г. Компьютерные обучающие системы. *Интеллектуальные системы*, Т.8, 2004 г. с. 5-44.
- [2] *A gallery of disruptive technologies* - http://www.mckinsey.com/assets/dotcom/mgi/slideshows/disruptive_tech/index.html#
- [3] James Manyika, Michael Chui, Jacques Bughin, Richard Dobbs, Peter Bisson, Alex Marrs. *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*. McKinsey Global Institute (MGI), May 2013, 176 p. - http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/disruptive_techologies
- [4] Черниговская Т.В. *Как научить мозг учиться?* <http://www.youtube.com/watch?v=nEGmdlJE8M>
- [5] *Ed Tech Market Map by Flybridge Capital Partners* on 25 September 2015. <https://prezi.com/xguky7u7aur6/ed-tech-market-map/>
- [6] Ryjov A., Belenki A., Fattah A., Hooper R., Pouchkarev V., Zadeh L.A. *Development of an Intelligent System for Monitoring and Evaluation of Peaceful Nuclear Activities (DISNA) Volume 1: Conceptual Model*. IAEA, STR-310, Vienna, 1998, 122 p.
- [7] Fattah A., Pouchkarev V., Belenki A., Ryjov A., Zadeh L.A. Application of Granularity Computing to Confirm Compliance with Non-Proliferation Treaty. In: *Data Mining, Rough Sets and Granular Computing*. Tsau Young Lin, Yiyu Y. Yao, L.A. Zadeh (Eds.). Physica-Verlag Heidelberg, 2002, p. 308-338.
- [8] Lebedev A.A., Ryjov A.P. Design team capability and project progress evaluation based on information monitoring technology. *5th International Conference on Soft Computing, Computing with Words*

and Perceptions in System Analysis, Decision and Control. 2-4 September 2009, Famagusta, North Cyprus, pp. 48-52.

- [9] Лебедев А.А., Рыжов А.П. Оценка и мониторинг проектов разработки высокотехнологических изделий на примере микроэлектроники. *Интеллектуальные системы*, Том 11, вып. 1-4, 2008, с. 55-82.
- [10] Ryjov A. Basic principles and foundations of information monitoring systems. In: *Monitoring, Security, and Rescue Techniques in Multi-agent Systems*. Barbara Dunin-Keplicz, Andrzej Jankowski, etc. (Eds.). Springer-Verlag, 2005, ISBN 3-540-23245-1, ISSN 16-15-3871, pp. 147-160.
- [11] Рыжов А.П. Информационный мониторинг сложных процессов: технологические и математические основы. *Интеллектуальные системы*, Том 11, вып. 1-4, 2008, с. 101-136.
- [12] *Смартфон определит депрессию точнее психолога*. <https://hi-tech.mail.ru/news/smartphones-and-depression/>
- [13] Alexander Ryjov. Towards an optimal task-driven information granulation. In: *Information Granularity, Big Data, and Computational Intelligence*. Witold Pedrycz and Shyi-Ming Chen (Eds.). Springer International Publishing Switzerland 2015, pp. 191-208.
- [14] Рыжов А.П. *Некоторые задачи оптимизации и персонализации социальных сетей*. – Saarbrücken, LAP, 2015, 88 с.
- [15] Shvarts. A. Russian mathematics education: programs and practices (series on mathematics education, volume 5). *Research in Mathematics Education*, 3(15):318–323, 2013. [DOI]
- [16] Шварц А.Ю. Роль чувственных представлений в математическом познании и понимании математики. *Психологические исследования: электронный научный журнал*, 17(3), 2011.
- [17] Barmby P., Andrà C., Arzarello F., Gomez, D. Obersteiner A., Shvarts A. (2014) The use of eye-tracking technology in mathematics education research. In Nicol, C., Liljedahl, P., Oesterle, S. & Allan, D. (Eds.). *Proceedings of the Joint Meeting of PME 38 and PME-NA 36 (Vol. 1)*. Vancouver, Canada: PME. P. 253
- [18] Chumachenko D., Shvarts A., Budanov A. The development of the visual perception of the cartesian coordinate system: an eye tracking study (2014) In Nicol, C., Liljedahl, P., Oesterle, S. & Allan, D. (Eds.). *Proceedings of the Joint Meeting of PME 38 and PME-NA 36 (Vol. 2)*. Vancouver, Canada: PME.
- [19] Krichevets, A.N., Shvarts, A.Yu., & Chumachenko, D.V. (2014). Perceptual action of novices and experts in operating visual representations of a mathematical concept. *Psychology. Journal of Higher School of Economics*, 11(3).
- [20] Ахутина Т, Корнеев А., Матвеева Е., Агрис А. Возрастные изменения высших психических функций у детей 7-9 лет с разными типами дефицита регуляции активности. *Психология. Журнал Высшей Школы экономики*. — 2015. — Т. 12, № 3. — С. 131–152.
- [21] A. Gutiérrez & P. Voero (Eds.), *Handbook of research on the psychology of mathematics education*. Rotterdam: Sense, 2006.
- [22] В.М. Глушков. *Кибернетика*. Доступно: <http://victor-safronov.ru/systems-analysis/glossary/cybernetics.html>
- [23] Рэй Курцвейл. *Как технологии изменят нас*. - Доступно: <http://t-human.com/blogs/blog/video/31.html>
- [24] Вахов А.Н., Зотова Е.А., Коломеец И.В., Рыжов А.П., Шварц А.Ю. Платформа UCHI.RU: опыт разработки и перспективы развития. *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. ISSN 2411-1473, Том 2 (N 11), 2015, с. 31-36.



Международной олимпиады по физике.

Алексей Николаевич Вахов родился в г. Перми в 1984 году. Магистр прикладных математики и физики Московского физико-технического института.

Он является техническим директором компании Учи.ру (Москва), имеет более 7 лет опыта разработки сложного программного обеспечения, 3 года управления проектами.

Вахов А.Н. Входит в TOP-100 контрибьютеров Руби он Рейлс. Обладатель золотой медали



Екатерина Александровна Зотова родилась в г. Темиртау Карагандинской области Казахстана в 25 января 1989 году. Магистр прикладных математики и физики Московского физико-технического института., магистр экономики Российской экономической школы.

Она является Операционным директором компании Учи.ру (Москва). Имеет более трех лет опыта в венчурных и прямых инвестициях. Работала в компаниях Edison VC и АФК Система.



Иван Владимирович Коломеец родился в г. Старый Оскол в 1985 году. Магистр прикладных математики и физики Московского физико-технического института.

Он является основателем и Генеральным директором компании Учи.ру (Москва). Работал в нескольких высокотехнологических компаниях России на руководящих позициях.

Коломеец И.В. является победителем Всероссийской олимпиады по физике.



Александр Павлович Рыжов родился в Ярославской области в 1960 году. Выпускник МГУ им. М.В. Ломоносова и IEDC – Bled School of Management (Словения), кандидат физико-математических наук, доктор технических наук, MBA, профессор.

Он является Доцентом механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Профессором и Заведующим кафедрой экономического факультета Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ. Работал Советником Директора ИМТиВТ им. С.А. Лебедева РАН (Москва), Заместителем Генерального директора Cadence Design Systems, Inc. (Москва), занимал руководящие позиции в ряде отечественных и международных высокотехнологических компаний. Автор более 80 научных работ, включая 4 книги и главы в 10 книгах. Специалист в области интеллектуальных систем, теории нечетких множеств и ее приложений, систем оценки и мониторинга сложных процессов.



Анна Юрьевна Шварц родилась в г. Москве в 1983 году. Выпускница МГУ им. М.В. Ломоносова, кандидат психологических наук.

Она является руководителем Отдела педагогических разработок компании Учи.ру (Москва), старшим научным сотрудником факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова. Область научных интересов: психология обучения математике, математическое мышление. Автор более 30 научных публикаций.

EdTech market: landscape, perspectives, and challenges.

A.N. Vakhov, E.A. Zotova, I.V. Kolomoetz, A.P. Ryjov, A.Y. Shvarts.

Abstract. State of the art, trends, and main challenges of educational technology market have been discussed in the article. The analysis shown that the main challenge and apical point for educational systems is adaptation and personification of educational process. The principal grounds are illustrated on the example of Uchi.ru platform.

Keywords - Educational systems, math learning, personification, adaptation.