

Технологии автоматизации проектирования и реализации образовательных траекторий для подготовки высококвалифицированных кадров в области высокопроизводительных вычислений и компьютерного моделирования*

А.В. Духанов¹

Университет ИТМО¹

В данной работе предложены технологии быстрой разработки образовательных ресурсов и траекторий с применением облачных вычислений второго поколения. В основе технологий лежит принцип трансляции результатов научной деятельности в форме статей, облачных сервисов, представленных в виде композитных приложений, в образовательные ресурсы. За счет данного принципа студенты имеют прямой доступ к актуальным продуктам научной деятельности, а преподаватели могут создавать разнообразные учебные ресурсы и траектории, развертывать креативные образовательные среды, кратно экономя время. Подход успешно применяется в разработке и реализации различных образовательных программ в области суперкомпьютерных технологий, в том числе на уровне международной магистратуры и аспирантуры.

Ключевые слова: образовательный ресурс, образовательная траектория, научный объект, многоразовый учебный объект, принцип трансляции, облачные технологии второго поколения, композитные приложения.

1. Введение

Стремительное развитие ИКТ оказало существенное влияние на общество и основные тренды в его развитии. Суперкомпьютерные технологии стали доступны практически для каждого ученого, которому требуется выполнять сложные расчеты, а практически каждый крупный российский и зарубежный университет имеет в своем распоряжении суперкомпьютер. За счет роста производительности компьютерных систем решение сложных задач переходит на новый уровень детализации, в том числе с применением мультиагентного подхода. В частности, в рамках проекта «Технологии экстренных вычислений в задачах планирования и диспетчеризации маршрутов наземного общественного транспорта» было необходимо разработать модель с настолько большим количеством агентов (более 10 млн.) [1,2], что потребовалось применение распределенных вычислений с задействованием до нескольких десятков вычислительных ядер. За счет доступности технологий высокопроизводительных вычислений и, соответственно, более частого применения подходов прямого компьютерного моделирования, значительно увеличилась доля междисциплинарных задач, решение которых требует разработки синтетических компьютерных решений на базе прикладных программных пакетов.

2. Проблема разработки актуальных образовательных ресурсов и траекторий в современных условиях быстрых изменений в науке и технологиях

В нашем развивающемся обществе подготовка высококвалифицированных кадров (в том числе магистров и кандидатов наук) перестала быть классической образовательной задачей, а существующие в настоящее время технологии разработки и реализации соответствующих образовательных траекторий и ресурсов теряют свою эффективность. В настоящее время существуют современные устоявшиеся стандарты разработки и интеграции различных типов образо-

* Работа поддержана в рамках Проекта повышения конкурентоспособности ведущих российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров (Проект «5-100») – договор 074-U01.

вательных ресурсов, в том числе признанный стандарт Learning Tools Interoperability (LTI) (LTI) [3], концепция Reusable Learning Object (RLO) [4]. Такие стандарты позволяют быстро создавать и развертывать образовательные системы, доступные практически с любого устройства. Но их ахиллесовой пятой является то, что сами образовательные ресурсы должны разрабатываться отдельно, в том числе на уровне упрощенных копий/представлений сложных компьютерных моделей или реальных процессов. А в тренде быстрых обновлений научных результатов и технологических решений, образовательный ресурс на момент времени окончания его разработки становится устаревшим (неактуальным).

Кроме заведомого устаревания образовательного ресурса до момента завершения его разработки возникают другие не менее тревожные негативные факторы. Во-первых, большинство ИТ-решений в области образования ориентированы на конкретную научную или предметную дисциплину, при том, что объем междисциплинарных исследований стремительно растет. Стандарт LTI и концепция RLO частично исправляют сложившуюся ситуацию, но не позволяют изучать реальные процессы на системном уровне, а лишь путем последовательного рассмотрения соответствующих компонент. Во-вторых, современные ИТ-решения для образования (в том числе облачные продукты) прежде всего ориентированы на существующие бизнес-процессы, и, тем самым, сильно ограничивают возможности создания креативных междисциплинарных образовательных сред для постановки и развития у обучаемых не только профессиональных, но и общих компетенций (метакомпетенций), например, «Умение работать в команде над проектом в условиях неопределенности». И, в-третьих, предлагая студенту отдельно разработанные учебные материалы, мы заведомо ограничиваем ему доступ к первичным научным результатам и технологическим решениям. После завершения обучения выпускнику потребуется значительное время на адаптацию к новым условиям работодателя (стажировки, корпоративное обучение и т.д.).

3. Принцип трансляции результатов научной деятельности в образовательные ресурсы и образовательные траектории

В настоящей работе предложено изложение разработанных в Университете ИТМО подходов и технологий, призванных решить вышеприведенные проблемы и обеспечить обучаемого прямым доступом к актуальным научным результатам и технологическим решениям. В основе данных подходов и технологий положен принцип прямой связи между сущностями RLO и Research Object (RO) [5], которые, несмотря на то, что разработаны разными группами ученых, имеют много общего между собой, в том числе возможность включения описательного контента и исполняемых модулей. RLO от RO принципиально отличается только тем, что в первом требуется наличие средств оценки результатов образования, что является неотъемлемой частью учебного процесса. Таким образом, мы можем реализовать принцип трансляции научных результатов и технологических решений, лишь добавляя в научный объект средство оценки результатов образования. При этом нас ничего не ограничивает использовать в создаваемом средстве оценки результатов образования компоненты того же или иного RO. На основе этого принципа и применения парадигмы Workflow, реализованной в облачной платформе высокопроизводительных вычислений CLAVIRE в виде композитных приложений [6], предложены три модели обучения студентов [7], использующих прикладные научные сервисы, скомпонованные в бесшовные композитные приложения. Эти модели позволяют изучать исходный процесс с применением подхода кибернетического черного ящика, идентификации внутрисистемных связей и воздействия на них через внутренние изменения в соответствующей системе. Здесь уже не нужно отдельно разрабатывать образовательный ресурс, поскольку он уже «оттранслирован» через вышеуказанные модели. Предложенный в работе [8] подход позволяет быстро наполнить полученный ресурс гипертекстовым материалом из научных статей и документации (например, быстро подготовить методические указания к лабораторным работам). А проверочное композитное приложение [7] завершает формирование соответствующего RLO. Применяя такой RLO, студенты имеют прямой доступ к актуальным научно-техническим ресурсам и могут самостоятельно или в командах изучать сложные реальные процессы, модифи-

цировать и синтезировать новые компьютерные модели с применением суперкомпьютерных технологий.

Трансляционный подход мы можем использовать для проектирования образовательных траекторий, когда научный объект реализован в CLAVIRE в форме Virtual Simulation Object (VSO) [9]. В этом случае мы можем сразу получить структуру уникального курса в заданной VSO области исследования, или применяя компоненты одного или более VSO синтезировать новые образовательные траектории (последовательности применения учебных объектов) [10]. В случае, когда явно с помощью VSO создать образовательную траекторию не удастся, ее можно сложить из учебных объектов с помощью генетического алгоритма. Целевые функции, разработанные с учетом градации результатов образования по исправленной таксономии Блума, правила применения генетических операторов приведены в работах [11,12].

4. Применение технологий автоматизации проектирования и реализации образовательных траекторий

Полученные технологии проектирования учебных ресурсов и образовательных траекторий могут успешно применяться в организации и реализации коллаборативных образовательных сред [13,14], в которых отношения между студентами и преподавателями в форме наставничества переходят в форму партнерства. В работе [14] показана возможность активного вовлечения студентов в проектирование, разработку и обновление учебных материалов и соответствующих образовательных траекторий.

Предложенные выше технологии были применены при разработке и наполнении кратко- и долгосрочных образовательных программ, в том числе в рамках реализации проекта «Суперкомпьютерное образование». В частности, с помощью данных технологий стала возможной реализация двух проектов в области организации межвузовской мобильности молодых ученых на принципиально новом уровне, не требующим физического сбора всех участников [15]. Также данные технологии применяются для динамического обновления структуры и содержимого магистерских программ в области суперкомпьютерных технологий, в том числе «Суперкомпьютерные технологии в междисциплинарных исследованиях» и «Суперкомпьютерные технологии в исследовании процессов большого города» [16,17]. Опыт применения выше упомянутых технологий показал, что при обеспечении актуальности образовательных ресурсов, прямого доступа студентов к научным результатам и технологическим решениям, широких возможностей создания коллаборативных образовательных сред, имеет место кратное снижение временных затрат, требуемое на их разработку.

5. Заключение

Современное общество характеризуется быстрыми изменениями и совершенствованиями научных достижений и технологий, на которые активно влияют информационно-коммуникационные технологии. Особенно быстро обновляются технологии высокопроизводительных вычислений и компьютерного моделирования. В данной работе предложены технологии быстрой разработки и реализации образовательных ресурсов и траекторий с применением облачных технологий второго поколения. Лежащий в основе принцип трансляции научных ресурсов в учебные, позволяет предоставлять студентам прямой доступ к актуальным научным достижениям. Здесь, кроме разработки соответствующих ресурсов, преподаватели имеют возможность развертывать креативные междисциплинарные образовательные среды, при том, что время на все работы снижается в несколько раз. Предложенные технологии позволяют успешно реализовывать различные образовательные программы в области суперкомпьютерных технологий, в том числе международные магистерские программы двойного диплома.

Литература

1. Духанов А.В. [и др.] Технологии экстренных вычислений в задачах планирования и диспетчеризации маршрутов наземного общественного транспорта // Научно-технический

- вестник ИТМО. 2013. № 5. P. 173–174.
2. Ivanov S. V., Knyazkov K. V. Evaluation of in-vehicle Decision Support System for Emergency Evacuation // *Procedia Comput. Sci.* Elsevier Masson SAS, 2014. Vol. 29. P. 1656–1666.
 3. 7 Things You Should Know About Learning Tools Interoperability. 2013.
(<https://www.imsglobal.org/sites/default/files/7things.pdf> : дата обращения: 31.07.2016)
 4. Grunwald S., Reddy K.R. Concept Guide on Reusable Learning Objects with Application to Soil, Water and Environmental Sciences. Gainesville, 2007. 1-12 p.
(<https://oerasia.org/OERResources/4.pdf> : дата обращения 31.07.2016)
 5. Bechhofer S. [и др.] Research Objects: Towards Exchange and Reuse of Digital Knowledge // *Nat. Preced.* 2010.
 6. Knyazkov K. V. [и др.] CLAVIRE: e-Science infrastructure for data-driven computing // *J. Comput. Sci.* Elsevier B.V., 2012. Vol. 3, № 6. P. 504–510.
 7. Dukhanov A., Karpova M., Bochenina K. Design Virtual Learning Labs for Courses in Computational Science with Use of Cloud Computing Technologies // *Procedia Comput. Sci.* Elsevier Masson SAS, 2014. Vol. 29. P. 2472–2482.
 8. Bochenina K., Dukhanov A. An approach to a rapid development of the problem-oriented educational services based on the results of scientific researches // *WIT Trans. Eng. Sci.* 2015. Vol. 93. P. 877–884.
 9. Smirnov P.A., Kovalchuk S. V., Dukhanov A. V. Domain Ontologies Integration for Virtual Modelling and Simulation Environments // *Procedia Comput. Sci.* Elsevier Masson SAS, 2014. Vol. 29. P. 2507–2514.
 10. Dukhanov A. [и др.] e-Learning Course Design Based on the Virtual Simulation Objects Concept // *Proceedings of the 2014 IEEE 8th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*. 2014. P. 508–513.
 11. Dukhanov A., Karpova M., Shmelev V. An Automation of the Course Design with use of Learning Objects with Evaluation based on the Bloom Taxonomy // *9th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies, AICT 2015 - Conference Proceedings*. Red Hook, NY 12571 USA: IEEE, 2015. P. 138–142.
 12. Dukhanov A., Karpova M., Shmelev V. An Automation of the Course Design Based on Mathematical Modeling and Genetic Algorithms // *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 2015. P. 1840–1843.
 13. Bilyatdinova A. [и др.] Virtual Environment for Creative and Collaborative Learning // *Proceedings of the 9th International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems*. 2014. P. 313–320.
 14. Dukhanov A. [и др.] The Approach to Design of STEM Courses ' Learning Resources based on Students ' Activity with the use of Scientific Resources ' Databases // *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. 2015. P. 2429–2434.
 15. Духанов А.В. [и др.] Облачные технологии в задачах интерактивной 3D-визуализации: опыт организации межвузовской мобильности молодых ученых // *Информационно-измерительные и управляющие системы*. 2012. Vol. 11. P. 25–33.
 16. Bilyatdinova A. [и др.] Dutch-Russian Double Degree Master's Program Curricula in Computational Science and High Performance Computing // *Proceedings of the 44th IEEE Frontiers in Education Conference*. 2014. P. 1275–1282.
 17. Krzhizhanovskaya V. V. [и др.] Russian-Dutch double-degree Master's programme in computational science in the age of global education // *J. Comput. Sci.* 2015. Vol. 10. P. 288–298.

The Technologies of Automation of Design and Implementation Educational Trajectories to Teach and Train Professionals in the Area of High-Performance Computing and Computer Simulation

A.V. Dukhanov¹

ITMO University¹

This work is devoted to the approach to translation of scientific results to educational resources and trajectories with the use of concepts of research objects, reusable learning objects, virtual simulation objects, cloud computing technologies, and workflow paradigm. This approach gives students direct access to the actual scientific results, including computer aided programs, facilitates teachers' efforts to design and implement learning resources and trajectories (the time is reduced two, three times, or more), allows them to evolve creative interdisciplinary educational environments. Our approach was applied for different short and long-term educational programs in the area of high-performance computing and computer simulation, including the double degree master's program, "Supercomputer technologies in interdisciplinary research.

Keywords: learning resource, educational trajectory, research object, reusable learning object, the approach to translation, the second generation of cloud technologies, composite applications.

References

1. Dukhanov A.V., e.a. Urgent Computing for Scheduling and Dispatching of Public Conveyances // Sci. and Tech. Journal of Informational Technologies, Mechanics and Optics.. 2013. № 5. P. 173–174.
2. Ivanov S. V., Knyazkov K. V. Evaluation of in-vehicle Decision Support System for Emergency Evacuation // Procedia Comput. Sci. Elsevier Masson SAS, 2014. Vol. 29. P. 1656–1666.
3. 7 Things You Should Know About Learning Tools Interoperability. 2013 (<https://www.imsglobal.org/sites/default/files/7things.pdf> : accessed 07-31-2016).
4. Grunwald S., Reddy K.R. Concept Guide on Reusable Learning Objects with Application to Soil, Water and Environmental Sciences. Gainesville, 2007. 1-12 p. (<https://oerasia.org/OERResources/4.pdf>: accessed 07-31-2016)
5. Bechhofer S., e.a. Research Objects: Towards Exchange and Reuse of Digital Knowledge // Nat. Preced. 2010.
6. Knyazkov K. V., e.a. CLAVIRE: e-Science infrastructure for data-driven computing // J. Comput. Sci. Elsevier B.V., 2012. Vol. 3, № 6. P. 504–510.
7. Dukhanov A., Karpova M., Bochenina K. Design Virtual Learning Labs for Courses in Computational Science with Use of Cloud Computing Technologies // Procedia Comput. Sci. Elsevier Masson SAS, 2014. Vol. 29. P. 2472–2482.
8. Bochenina K., Dukhanov A. An approach to a rapid development of the problem-oriented educational services based on the results of scientific researches // WIT Trans. Eng. Sci. 2015. Vol. 93. P. 877–884.
9. Smirnov P.A., Kovalchuk S. V., Dukhanov A. V. Domain Ontologies Integration for Virtual Modelling and Simulation Environments // Procedia Comput. Sci. Elsevier Masson SAS, 2014. Vol. 29. P. 2507–2514.
10. Dukhanov A., e.a. e-Learning Course Design Based on the Virtual Simulation Objects Concept // Proceedings of the 2014 IEEE 8th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). 2014. P. 508–513.
11. Dukhanov A., Karpova M., Shmelev V. An Automation of the Course Design with use of Learning Objects with Evaluation based on the Bloom Taxonomy // 9th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies, AICT 2015 -

- Conference Proceedings. Red Hook, NY 12571 USA: IEEE, 2015. P. 138–142.
12. Dukhanov A., Karpova M., Shmelev V. An Automation of the Course Design Based on Mathematical Modeling and Genetic Algorithms // 2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). IEEE, 2015. P. 1840–1843.
 13. Bilyatdinova A., e.a. Virtual Environment for Creative and Collaborative Learning // Proceedings of the 9th International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems. 2014. P. 313–320.
 14. Dukhanov A., e.a. The Approach to Design of STEM Courses ' Learning Resources based on Students ' Activity with the use of Scientific Resources ' Databases // 2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). 2015. P. 2429–2434.
 15. Dukhanov A., e.a. Interactive 3D-visualization tasks with using cloud computing: experience in inter-university mobility of young scientists // *Informatsionno-izmeritelnye i upravlyayushchie sistemy*" (Information-measuring and Control Systems), 2012. Vol. 11. P. 25–33.
 16. Dukhanov A., e.a. Dutch-Russian Double Degree Master's Program Curricula in Computational Science and High Performance Computing // Proceedings of the 44th IEEE Frontiers in Education Conference. 2014. P. 1275–1282.
 17. Krzhizhanovskaya V. V., e.a. Russian-Dutch double-degree Master's programme in computational science in the age of global education // *J. Comput. Sci.* 2015. Vol. 10. P. 288–298.