

А.А. Захарова,
А.Г. Подвесовский,
Р.А. Крылов,
Н.С. Сильченко

Применение принципов метадизайна при разработке образовательной платформы

В статье рассматривается понятие метадизайна, как средства для построения образовательных траекторий, и исследуются вопросы проектирования и применения платформы, основанной на его принципах. На примере образовательной траектории при подготовке разработчиков программного обеспечения продемонстрирована реализация принципов метадизайна, рассмотрено формирование образовательных маршрутов в рамках траектории при помощи созданной образовательной платформы.

Ключевые слова: метадизайн, образовательные траектории, интерактивность, геймификация, симуляторы, визуализация.

A.A. Zakharova,
A.G. Podvesovsky,
R.A. Krylov,
N.S. Silchenko

Applying the principles of metadesign in the educational platform development

Modern requirements for educational technologies are flexibility and adaptability, with the consideration of the student's individual characteristics, learning style and basic competencies. The most important resource is time, therefore, shortening the training time and obtaining the most useful and complementary professional competencies and knowledge is an urgent and important task.

The article discusses the concept of metadesign as a means for building learning paths, and examines the design and platform application based on its principles. Implementing metadesign principles is demonstrated on the example of the educational trajectory while training software developers. Forming the learning paths within the trajectory using the created educational platform is considered.

The functional requirements for the educational platform are stated. The principles of building an educational trajectory within the framework of the platform using modern educational trends and simulators are described.

Keywords: metadesign, educational trajectories, interactivity, gamification, simulators, visualization.

Введение

В современных условиях возрастает актуальность проблем повышения эффективности образовательного процесса и расширения форм и способов его реализации, что в значительной мере усугубляется распространением практики дистанционного обучения. Следует отметить, что это актуально для всех категорий обучающихся и всех видов образовательных программ – как основных, так и дополнительных.

Существующие инструменты не позволяют с нужной степенью оперативности адаптиро-

вать образовательный контент и подстраиваться под запросы как отдельных пользователей, так и в целом рынка образовательных услуг [1]. Постоянно ведется работа над разработкой новых образовательных подходов и принципов, удовлетворяющих возникающие потребности.

В настоящее время образовательные тренды направлены на повышение гибкости и ускорение получения профессиональных навыков и компетенций. Среди пользователей становятся востребованы как краткосрочные, «атомарные» (направленные на получение отдельных знаний или компетенций) курсы, а

также возможность формировать и гибко изменять образовательную траекторию, основываясь на актуальных потребностях рынка труда [1, 2].

Помимо этого, при выборе образовательных технологий и педагогических методик следует учитывать ментальность обучаемого контингента. Так, для современного школьника или студента хорошие результаты показывают геймификация и интерактивные приемы при реализации образовательного процесса, поскольку через взаимодействие с предметной областью напрямую («тактильно») можно получить широкий спектр навыков, при этом сокращая финансовые издержки и риски, если речь идет о подготовке кадров для высокотехнологичных сфер труда. Реализация интерактивности происходит посредством применения интерактивных тренажеров и симуляторов. Геймификация может быть реализована на основе применения соревновательного подхода – создания различного рода соревнований между обучающимися в рамках одной фокус-группы. Подробнее это изложено в работах [3, 4], посвященных исследованию геймификации в образовательном процессе.

В качестве подхода к созданию образовательных платформ, обобщающего все современные образовательные тенденции, можно рассматривать метадизайн [1, 2, 5]. Метадизайн позволяет выстраивать образовательные траектории путем комбинирования обучающего материала и образовательных технологий, используемых для его подачи.

На текущий момент у данного термина нет устоявшегося определения. Рассмотрим ряд определений, которые можно встретить в литературе.

Метадизайн – это чистое, новое пространство в котором нет шаблонов [1].

Метадизайн – это синоним творчества в его первозданном, аутентичном смысле [2].

Метадизайн – это новая концептуальная основа, направленная на определение и создание социальной, экономической и технической инфраструктуры, в которой могут появиться новые формы совместного проектирования [6].

В рамках данной работы и в контексте образовательного процесса под метадизайном будем понимать подход, подразумевающий формирование персональных образовательных траекторий для каждого обучающегося индивидуально, основываясь его на сильных и слабых сторонах.

Метадизайн позволяет сочетает в себе

большинство существующих образовательных технологий, что делает его универсальным средством для построения образовательных технологий на его основе [7]. Вместе с тем, на текущий момент отсутствуют программные образовательные платформы, позволяющие в полной мере использовать все преимущества метадизайна. Таким образом, актуальной является задача разработки образовательной платформы, основанной на принципах метадизайна.

Особенности формирования образовательной траектории

Рассмотрим построение образовательной траектории на примере подготовки разработчиков программного обеспечения. Фрагмент образовательной траектории представлен на рис. 1.

Зеленым цветом выделены вводные курсы, предоставляющие базис для общепрофессиональных компетенций и знаний обучающихся. Желтым цветом отмечены «атомарные» курсы, которые формируют отдельные компетенции. Оранжевым цветом выделены вводные курсы, которые являются пререквизитами при получении профессиональных компетенций и знаний. Наконец, красным цветом обозначены узкоспециализированные курсы в рамках отдельной области знаний в области ИТ-технологий.

Построенная образовательная траектория служит для удовлетворения следующих запросов:

- а) получение новых профессиональных знаний, навыков и компетенций;
- б) развитие уже имеющихся навыков и компетенций;
- в) переобучение.

Получение и развитие профессиональных знаний, навыков и компетенций предполагает полное прохождение выбранной ветви образовательной траектории. Переобучение связано со сменой вектора развития и переходом в другую область знаний, не затрагивая уже изученный материал [6].

В рамках образовательной траектории существуют три вида курсов:

- 1) атомарные;
- 2) последовательные;
- 3) параллельные.

4) Атомарные курсы несут в себе некий обособленный набор полезных знаний, не нуждающихся в дополнительном изучении на данном этапе. Такими курсами в рассматри-

ваемом примере являются курсы «Структуры и алгоритмы обработки данных», «Функциональное и логическое программирование» и «Программирование на платформе 1С». Они могут рассматриваться как полезное дополне-

ние при изучении дисциплины «Программирование», способствуя расширению кругозора обучающегося, но для получения базовых навыков программирования не являются обязательными.

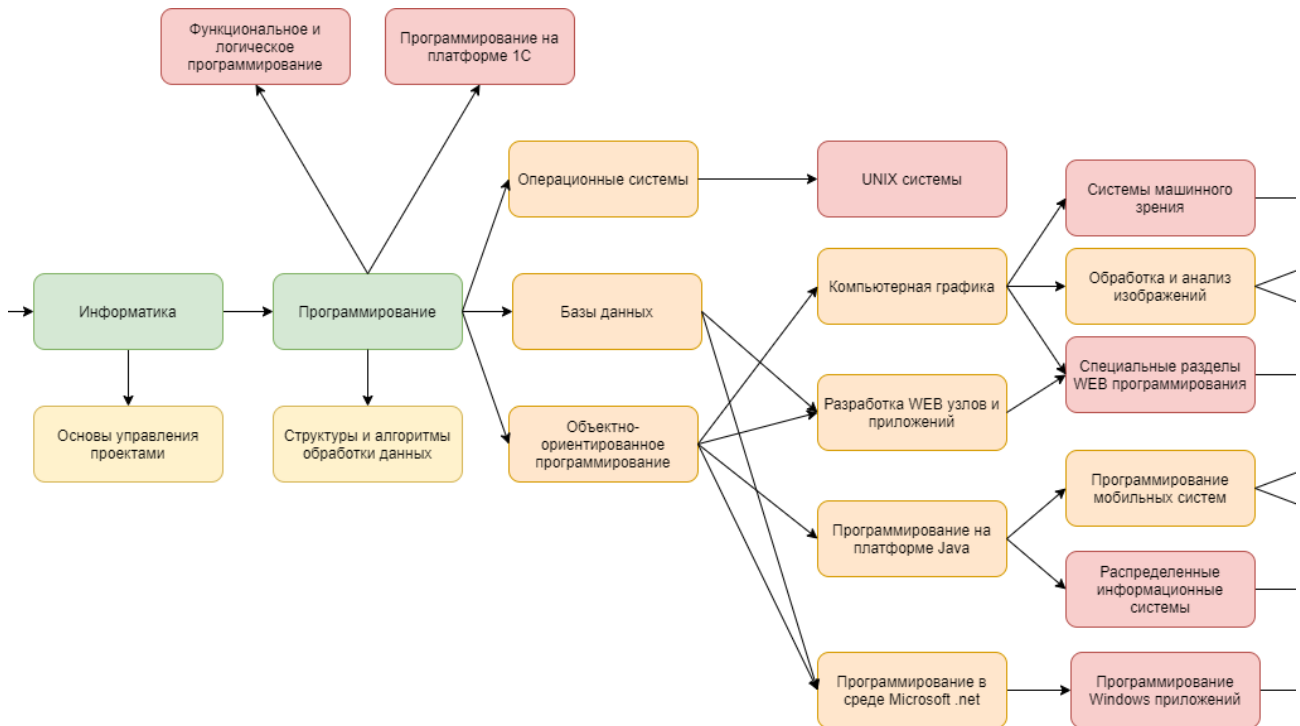


Рис. 1. Фрагмент образовательной траектории при подготовке разработчиков программного обеспечения

Последовательные курсы формируют образовательную траекторию, направленную на получение конкретных профессиональных знаний и навыков. Такие курсы, как правило, используются в рамках узкоспециализированных образовательных траекторий. Примером последовательных курсов могут являться «Операционные системы» и следующий за ним «UNIX-системы».

Параллельные курсы позволяют формировать вариативность и гибкость образовательного процесса с целью удовлетворить как запросы пользователя, так и запросы потенциальных работодателей. Кроме того, такая структура курсов позволяет более эффективно проходить процессы переобучения, позволяя расширить уже имеющиеся навыки и компетенции пользователя с минимальными временными затратами. Примером таких курсов могут служить курсы «Системы машинного зрения», «Обработка и анализ изображений» и «Специальные разделы WEB-программирования», следующие за курсом «Компьютерная графика».

Отдельно следует отметить, что в некоторых случаях для освоения последовательного

курса, необходимо освоить курс, идущий параллельно с предыдущими курсами, так как при его освоении используются данные, полученные сразу из обоих направлений. Так, для освоения курса «Специальные разделы WEB-программирования» необходимо предварительно изучить не только курс «Компьютерная графика», но и курс «Разработка WEB-узлов и приложений».

Таким образом, образовательная траектория представляется в виде ориентированного графа. Вершинами данного графа являются курсы, которые могут требовать наличия навыков и компетенций, полученные в рамках освоения предыдущих курсов. Кроме того, в зависимости от требований, времени, необходимого объема информации и возможностей обучающегося граф может видоизменяться, в нем могут появляться новые ответвления или же исключаться избыточные ветви.

Рассмотренный фрагмент образовательной траектории содержит большое количество вариантов для прохождения. Для наиболее эффективного выстраивания образовательного маршрута целесообразно использовать принципы метадизайна [8].

Принципы построения образовательной платформы

С учетом рассмотренных особенностей формирования образовательной траектории, можно определить основные требования к образовательной платформе с точки зрения пользователей. Современная образовательная платформа должна обеспечивать:

- формирование гибких образовательных траекторий;
- возможность создания новых и загрузки уже разработанных курсов;
- поддержку современных образовательных технологий, включая активные педагогические методики;
- реализацию механизма обратной связи

для взаимодействия пользователей;

- наличие вспомогательных средств для поддержки образовательных технологий.

В рамках рассматриваемой платформы в качестве вспомогательного средства выступает модуль симуляции [9]. Он необходим для разработки сценариев работы симуляторов, а также средств программной поддержки интерактивного взаимодействия с пользователем, геймификации, демонстрации результатов работы алгоритмов, моделирования реальных ситуаций (в том числе и критических) с целью обучения [10].

Образовательная платформа предусматривает следующие основные роли пользователей (рис. 2).



Рис. 2. Роли пользователей образовательной платформы

Обучающийся получает возможность зарегистрироваться, авторизоваться, заполнить дополнительную информацию о своих достижениях с возможностью ее верификации, связаться с автором образовательных траекторий и выстроить собственную, и, исходя из нее, найти базовый курс и подписаться на него. В рамках курса пользователь с ролью «Обучающийся» должен иметь возможность изучать предоставленный материал, просматривать видеоролики, скачивать дополнительные материалы, получать задания в рамках курса и решать их и работать на предоставленных в рамках курса симуляторах. Также пользователю с данной ролью должна быть доступна

возможность получения обратной связи с авторами курса, обучающим персоналом и модераторами.

Для *создателей контента* становятся доступными следующие дополнительные возможности: создание курсов, разработка дополнительного программного обеспечения, а также проверка и верификация полученных компетенций. В рамках создания курсов пользователю с данной ролью должен быть доступен следующий набор опций: загрузка дополнительного материала и видеороликов, добавление текстового и графического контента, создание задач в рамках курса. Также в рамках курса должна быть доступна возможность

создания дополнительного программного обеспечения в виде сценариев, представленных в виде симуляторов и интерактивных моделей, с возможностью реализации собственного визуального отображения. Помимо этого, создателям контента должно быть доступна возможность привлечения дополнительного обучающего персонала для поддержания работы курса.

Основной функцией *автора образовательных траекторий* является формирование индивидуальных образовательных траекторий для обучающихся, на основе требований к формируемым компетенциям, с учетом текущего уровня их подготовки и доступных курсов. Пользователю с данной ролью должна быть доступна возможность взаимодействия с обучающимися и доступа к информации об уровне их подготовки, а также, при необходи-

мости, возможность формирования запросов на создание нового образовательного контента.

Обучающий персонал привлекается создателями контента для поддержания работы курса, если в этом присутствует необходимость. Обучающий персонал получает ограниченные права роли создателей контента в рамках курса. Ограничения формируют сами создатели контента.

Реализация образовательной платформы

На рис. 3 показано представление рассмотренной выше образовательной траектории в среде образовательной платформы. Траектория представляется в виде дерева, ветви которого представляют возможные последовательности курсов.

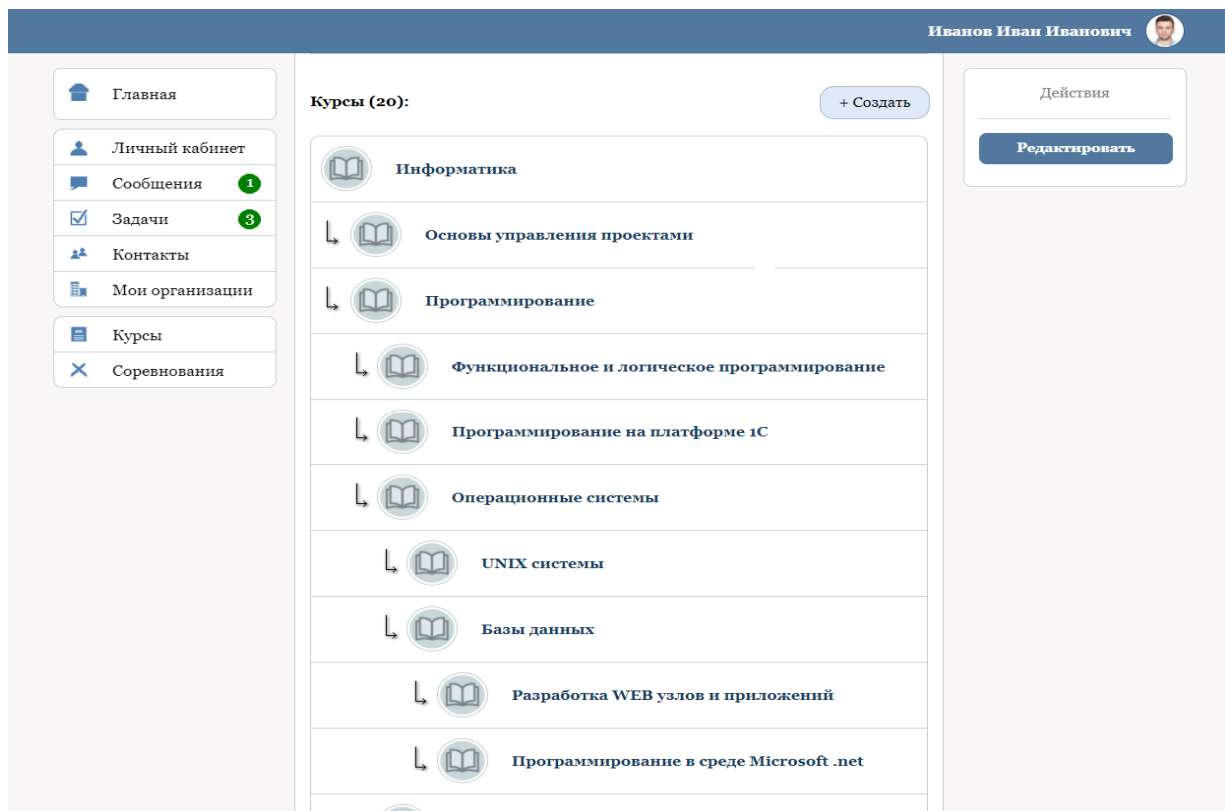


Рис. 3. Представление образовательной траектории в среде образовательной платформы

Каждый курс строится на основе наборов следующих элементов:

- лекция (текстовые, графические и видеоматериалы);
- практика (задание, вспомогательные материалы, настраиваемое поле для ответов);
- интерактивная модель, симулятор (дополнительное программное обеспечение);
- тест.

Пример структуры курса показан на рис. 4.

По мере освоения курсов становятся доступными переходы к другим курсам, входящим в состав образовательной траектории («Рекомендовано к изучению»). Курсы, которые предназначены для расширения кругозора, помечены как «Дополнительные». Курсы, затрагивающие узконаправленные предметные области, помечены как «Профессиональное обучение» (рис. 5).

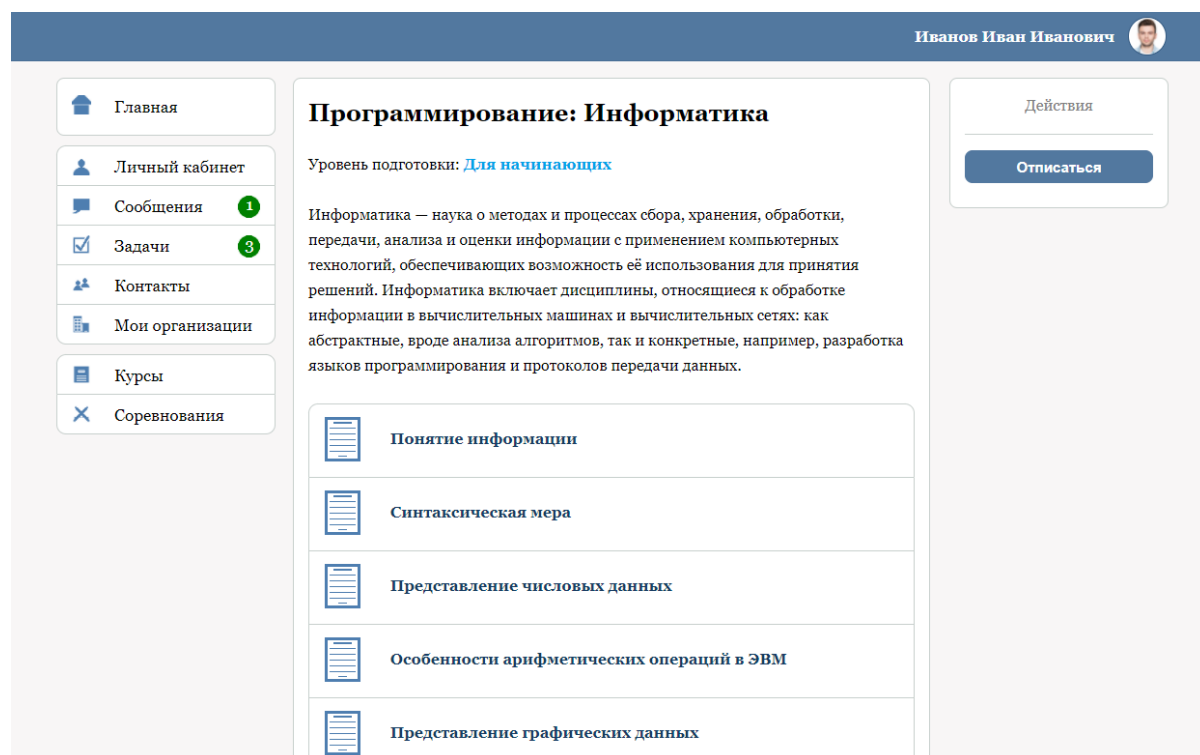


Рис. 4. Пример структуры курса «Информатика»

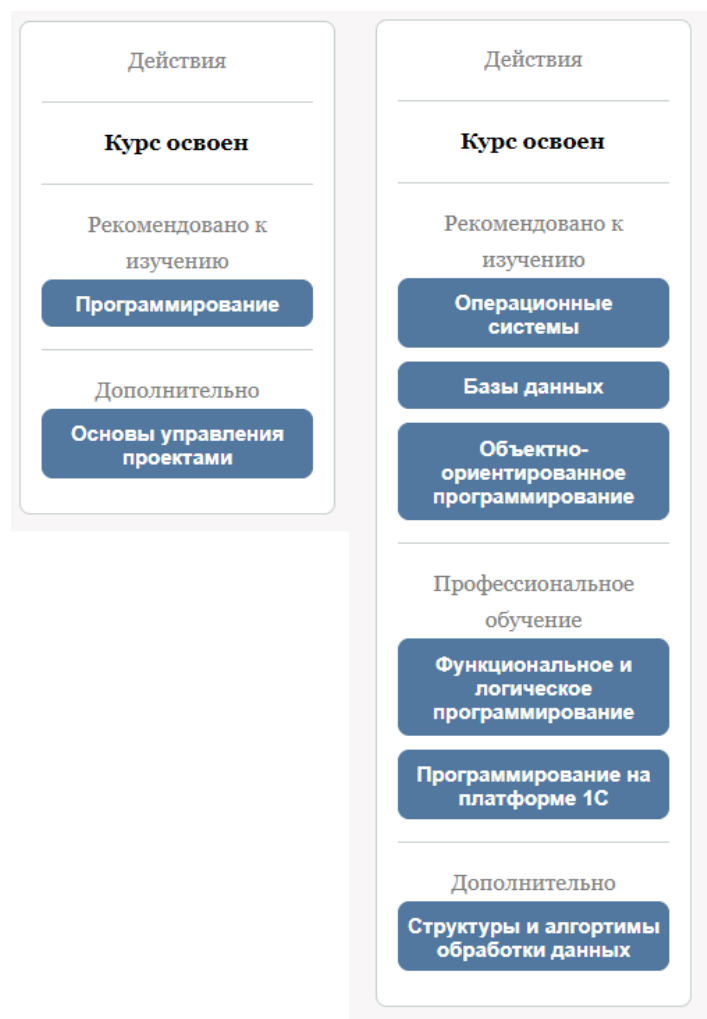


Рис. 5. Переходы между курсами

Как отмечалось ранее, некоторые курсы требуют предварительного освоения сразу нескольких курсов, идущих параллельно. При-

мером такого курса является курс «Разработка WEB узлов и приложений» (рис. 6).



Рис. 6. Пример курса с ограничениями

Ряд курсов включают симуляторы и интерактивные модели, предназначенные для визуальной демонстрации работы изучаемых в них

методов и алгоритмов. Пример симулятора для курса «Обработка и анализ изображений» представлен на рис. 7.

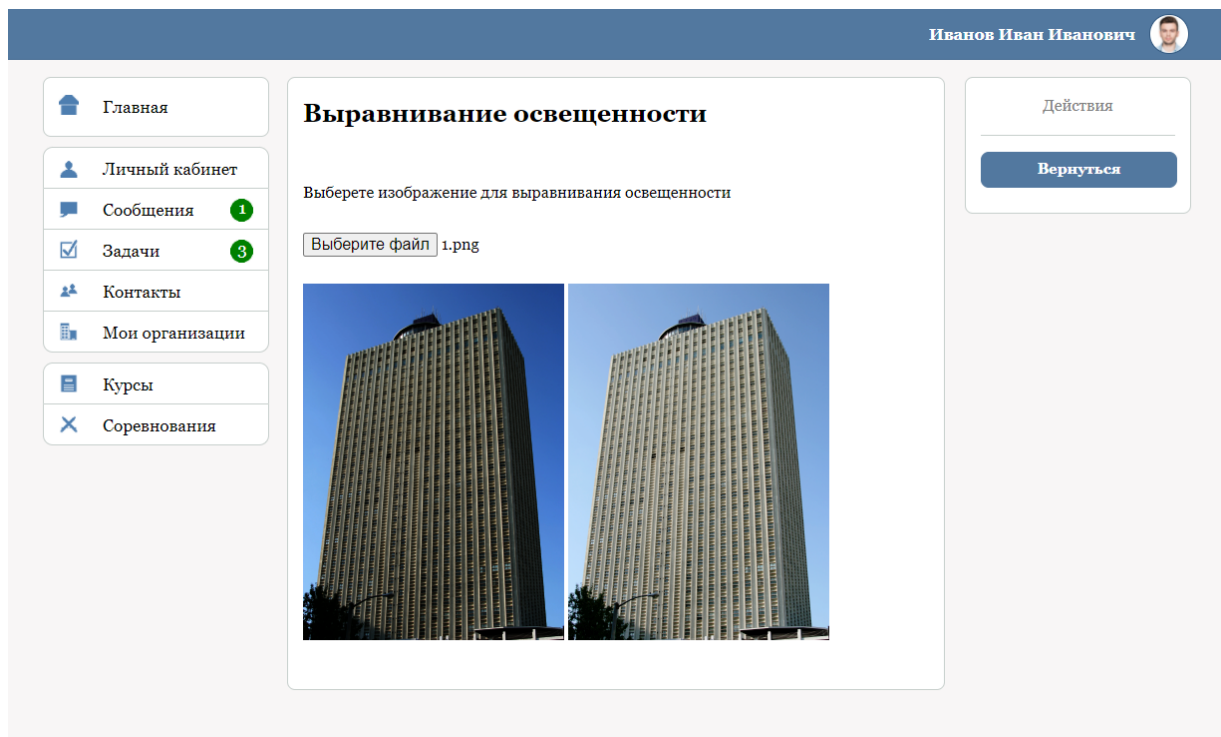


Рис. 7. Симулятор «Выравнивание освещенности»

Результаты и обсуждение

Применение образовательной платформы предполагает ряд преимуществ по сравнению с традиционными образовательными техноло-

гиями (табл. 1).

Для тестирования работоспособности и экспериментальной проверки образовательной платформы был выбран курс «Программирование». Материал курса был доработан и пе-

ренесен на платформу. Для курса был разработан набор симуляторов, демонстрирующих работу различных алгоритмов. Для экспериментов был привлечен поток студентов, обучающихся на первом курсе бакалавриата, общей численностью 100 человек. Поток был разбит на две подгруппы, одна из которых

проходила обучение с применением образовательной платформы, а второй было предложено прослушать лекционный материал и выполнить лабораторные работы традиционным способом. Полученные в рамках эксперимента результаты подтвердили преимущества образовательной платформы (табл. 2).

Таблица 1. Сравнение образовательных технологий

Критерий	Традиционные образовательные технологии	Применение образовательной платформы	Преимущества
Восприятие информации	Информация подается через доску либо презентацию. Требуются дополнительные пояснения	Работа производится через программную платформу. При появлении вопросов, материал пополняется	Значительное сокращение дополнительных вопросов по теме. Возможность повторного освоения материала
Получение заданий	Ознакомление происходит через отдельные файлы. Для их получения необходимо зайти на ftp университета	Задания расположены в рамках курса	Сокращение времени поиска материала
Оценка знаний	Происходит через прямое или косвенное взаимодействие с преподавателем	Автоматизирована. Тесты и часть лабораторных работ проверяются системой автоматически	Значительное сокращение затрачиваемого времени преподавателем
Наглядность требуемых результатов	Результат работы программного кода представлен в виде картинок. Для подтверждения правильности выполнения работы необходимо уточнение у преподавателя.	Имеются встроенные симуляторы, демонстрирующие работу части программного кода (зачастую, базовой версии алгоритма)	Сокращение времени на проверку программного кода. Применение симуляторов в заданиях на сравнение алгоритмов
Наглядность работы кода	Предлагается самостоятельно скомпилировать предоставляемый код для просмотра результата	В дополнение к этому, предоставляются демонстрационные симуляторы, позволяющие сократить затрачиваемое время и перейти непосредственно к заданию	Сокращение времени, затрачиваемого на проверку корректности выполнения этапов лабораторной работы
Обратная связь	Во время проведения лекция и практических занятий, либо через почту	Через встроенный чат и при проверке заданий (в том числе и автоматической).	Значительное сокращение времени обратной связи, сохранение ретроспективы общения

Анализируя данные табл. 2, можно сделать вывод о том, что применение разработанной образовательной платформы и средств визуализации привело к сокращению как общего времени, затрачиваемого на освоение курса обучающимися, так и трудоемкости работы преподавателей. При этом сократилось не только время, затрачиваемое непосредственно на изучение материала, но и время на его распространение, а также на обратную связь с преподавателем.

Заключение

В работе рассмотрены современные обра-

зовательные тренды, направленные на удовлетворения потребностей пользователей и рынка труда. В качестве эффективного подхода для применения актуальных образовательных методик предложено использование принципов метадизайна. С применением данных принципов построен и рассмотрен пример фрагмента образовательной траектории, на основе которого показаны примеры различных типов и видов курсов, сформулирован принцип построения образовательного маршрута и его адаптивности исходя из потребностей пользователей.

Исходя из построенной образовательной траектории были сформулированы требования

и принципы проектирования образовательной платформы, основанной на принципах мета-

дизайна.

Таблица 2. Подтверждение преимуществ применения образовательной платформы

Критерий	Преимущество
Время на восприятие информации	Общее сокращение составило до 51% от времени продолжительности лекции
Время на получение заданий	Время поиска материалов заданий сокращено на 63%
Затрачиваемое преподавателем время на проверку знаний	Благодаря автоматизированной проверке лабораторных работ, затрачиваемое время сократилось на 85%.
Затрачиваемое время на уточнение заданий	С использованием симуляторов, количество задаваемых вопросов снизилось с 54 за курс до 12.
Своевременность обратной связи	При взаимодействии между преподавателями и обучающимися посредством платформы и своевременного получения обратной связи, в среднем лабораторные работы сдавались на 8 дней раньше предельного срока (при сроке сдачи 2 недели). Без применения платформы лабораторные сдавались в среднем на 2 дня раньше предельного срока.

Рассмотрен пример переноса разработанной образовательной траектории на платформу, основанную на принципах метадизайна. Продемонстрированы опции для поддержания работы платформы.

Выдвинуты предположения о возможном качественном изменении образовательного процесса при применении образовательной платформы. Проведен эксперимент, исходя из которого сделан вывод о повышении эффективности получения навыков и компетенций при применении созданных средств платформы.

Данный подход можно проецировать и применять при создании траекторий не только при реализации основных образовательных программы в вузе, но для работы со школьниками, при переподготовке кадров в рамках программ разной длительности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00844 на тему: «Новые методы формирования и применения многомерных визуальных моделей для представления, обработки, анализа, интерпретации и использования больших мультисенсорных данных».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fischer G., Giaccardi E. (2006) Meta-design: A Framework for the Future of End-User Development. In: Lieberman H., Paternò F., Wulf V. (eds) End User Development. Human-Computer Interaction Series, vol 9. Springer, Dordrecht. doi: 10.1007/1-4020-5386-X_19
2. Giaccardi E. (2003) Principles of Metadesign: Processes and Levels of Co-Creation in the New Design Space. URL: <http://hdl.handle.net/10026.1/799>
3. Korostelyov D.A., Radchenko A.O., Silchenko N.S., Krylov R.A., Migal P.N. (2019) Software Platform for Designing and Running Artificial Intelligence Competitions with a Visualization Subsystem. In: CEUR Workshop Proceedings of the 29th International Conference on Computer Graphics and Vision (GraphiCon 2019), vol. 2485, P. 295-299. doi: 10.30987/graphicon-2019-2-295-299
4. Zakharova A.A., Silchenko N.S., Krylov R.A., Averchenkov V.I. (2020) The Software Platform for Creating and Conducting Artificial Intelligence Competitions with a Visualization Subsystem. In: CEUR Workshop Proceedings of the 8th International Scientific Conference on Computing in Physics and Technology (CPT2020), vol. 2763, P. 207-212. doi:

REFERENCES

1. Fischer G., Giaccardi E. Meta-design: A Framework for the Future of End-User Development. In: Lieberman H., Paternò F., Wulf V. (eds) End User Development. Human-Computer Interaction Series, 2006, vol. 9. Springer, Dordrecht. DOI: 10.1007/1-4020-5386-X_19.
2. Giaccardi E. Principles of Metadesign: Processes and Levels of Co-Creation in the New Design Space, 2003. Available at: <http://hdl.handle.net/10026.1/799>.
3. Korostelyov D.A., Radchenko A.O., Silchenko N.S., Krylov R.A., Migal P.N. Software Platform for Designing and Running Artificial Intelligence Competitions with a Visualization Subsystem. Proceedings of the 29th International Conference on Computer Graphics and Vision (GraphiCon 2019). Bryansk, CEUR Workshop Proceedings, 2019, vol. 2485, pp. 295-299. DOI: 10.30987/graphicon-2019-2-295-299.
4. Zakharova A.A., Silchenko N.S., Krylov R.A., Averchenkov V.I. The Software Platform for Creating and Conducting Artificial Intelligence Competitions with a Visualization Subsystem. Proceedings of the 8th International Scientific Conference on Computing in Physics and Technology (CPT2020). Pushkino, CEUR Workshop Proceedings, 2020, vol. 2763, pp.

0.30987/conferencearticle_5fce2771ef1358.41238945

5. Zakharova A.A., Vekhter E.V., Shklyar A.V. (2019) The Applicability of Visualization Tools in the Meta-Design of an Educational Environment. *European Journal of Contemporary Education*, 8 (1), P. 43-51. doi: 10.13187/ejced.2019.1.43

6. Wood J. (2007) Win-Win-Win-Win-Win-Win: synergy tools for metadesigners. In: T. Inns (eds) *Designing for the 21st Century, Interdisciplinary Questions and Insights*, Gower Publishing Ltd, P. 114-128.

7. Zakharova A.A., Shklyar A.V., Rizen Y.S. (2016) Measurable Features of Visualization Tasks. *Scientific Visualization*, 8 (1), P. 95–107.

8. Zakharova A.A., Vekhter E.V., Shklyar A.V. (2017) Methods of Solving Problems of Data Analysis Using Analytical Visual Models. *Scientific Visualization*, 9(4), P. 78–88. doi: 10.26583/sv.9.4.08

9. Van Wijk J.J. (2005). The Value of Visualization. In: *Proceedings of VIS 05. IEEE Visualization*, P. 79-86. doi: 10.1109/VISUAL.2005.1532781

10. Guo H. et al. (2016) A Case Study Using Visualization Interaction Logs and Insight Metrics to Understand How Analysts Arrive at Insights. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 22(1), P. 51–60. doi: 10.1109/TVCG.2015.2467613

Ссылка для цитирования:

Захарова, А. А. Применение принципов метадизайна при разработке образовательной платформы / А. А. Захарова, А. Г. Подвесовский, Р. А. Крылов, Н. С. Сильченко // *Эргодизайн*. - №4(11). – С. 250–259. DOI: 10.30987/2658-4026-2021-4-250-259.

Сведения об авторах:

Захарова Алёна Александровна

доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории «Киберфизических систем» Института проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН
E-mail: zaawmail@gmail.com

Подвесовский Александр Георгиевич

кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета
E-mail: apodv@tu-bryansk.ru

Крылов Ростислав Александрович

аспирант Брянского государственного технического университета
E-mail: oktopy@gmail.com

Сильченко Никита Сергеевич

аспирант Брянского государственного технического университета
E-mail: silchenko.nk@gmail.com

207-212.

DOI:

0.30987/conferencearticle_5fce2771ef1358.41238945

5. **Zakharova A.A., Vekhter E.V., Shklyar A.V.** The Applicability of Visualization Tools in the Meta-Design of an Educational Environment. *Evropeyskiy zhurnal sovremennogo obrazovaniya* [European Journal of Contemporary Education], 2019, vol. 8, no 1, pp. 43-51. DOI: 10.13187/ejced.2019.1.43

6. **Wood J.** Win-Win-Win-Win-Win-Win: Synergy Tools for Metadesigners. In: Inns T. (eds) *Designing for the 21st Century, Interdisciplinary Questions and Insights*. London, Gower Publishing Ltd, 2007, pp. 114-128.

7. **Zakharova A.A., Shklyar A.V., Rizen Y.S.** Measurable Features of Visualization Tasks. *Nauchnaya vizualizatsiya* [Scientific Visualization], 2016, vol. 8, no. 1, pp. 95-107.

8. **Zakharova A.A., Vekhter E.V., Shklyar A.V.** Methods of Solving Problems of Data Analysis Using Analytical Visual Models. *Nauchnaya vizualizatsiya* [Scientific Visualization], 2017, vol. 9, no. 4, pp. 78-88. DOI: 10.26583/sv.9.4.08.

9. **Van Wijk J.J.** The Value of Visualization. In: *Proceedings of VIS 05. IEEE Visualization*, 2005, pp. 79-86. DOI: 10.1109/VISUAL.2005.1532781

10. **Guo H. et al.** A Case Study Using Visualization Interaction Logs and Insight Metrics to Understand How Analysts Arrive at Insights. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2016, vol. 22, no. 1, pp. 51-60. DOI: 10.1109/TVCG.2015.2467613

Abstracts:

A.A. Zakharova

Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of the Cyberphysical Systems Laboratory of the Institute of Control Sciences named after V.A. Trapeznikov, Russian Academy of Sciences
E-mail: zaawmail@gmail.com

A.G. Podvesovsky

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department “Informatics and Software” of Bryansk State Technical University
E-mail: apodv@tu-bryansk.ru

R.A. Krylov

postgraduate student of Bryansk State Technical University
E-mail: oktopy@gmail.com

N.S. Silchenko

postgraduate student of Bryansk State Technical University
E-mail: silchenko.nk@gmail.com

Статья поступила в редколлегию 01.11.2021 г.

Рецензент: д.пс.н., профессор Брянского государственного технического университета главный редактор журнала «Эргодизайн» Спасенников В.В.

Принята к публикации после устранения замечаний 15.11.2021 г.