

УДК 004.85

DOI: [10.26102/2310-6018/2019.27.4.023](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2019.27.4.023)

ФОРМИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ГРАФИКА ИЗУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В ЭЛЕКТРОННОЙ СРЕДЕ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО ВРЕМЕНИ ОБУЧЕНИЯ

М.А. Аникьева

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет»,
Красноярск, Российская Федерация
e-mail: MAnikieva@sfu-kras.ru*

Резюме: В работе представлена методика персонализации в электронной образовательной среде графика изучения учебных материалов в рамках учебной дисциплины. Для решения поставленной задачи рассмотрены подходы к персонализации обучения, используемые в электронном обучении. Центральным аспектом исследования являлась возможность эффективно использовать выделенное для обучения время, что особенно актуально при обучении в вузе, по общему учебному плану. Были выявлены факторы, обуславливающие необходимость построения индивидуального графика обучения. К ним можно отнести различную начальную подготовленность обучающегося, личностные качества, разные подходы обучающихся к организации своей работы. Была отмечена взаимосвязь названных факторов со скоростью работы обучающегося и разработана функциональная схема процесса адаптивного управления учебной деятельностью обучающегося. Предлагаемая методика предполагает динамически изменять требования к уровню освоения учебного материала, в зависимости от текущих достижений обучающегося. Изучение учебного материала даже на уровне ниже запланированного, даст обучающемуся целостное представление об изучаемой предметной области. Анализ результатов практического применения методики в электронном образовательном курсе на платформе Moodle показывает, что обучающиеся за отведенное время на обучение в целом осваивают всю программу по учебной дисциплине.

Ключевые слова: электронное обучение, электронная образовательная система, персонализация обучения, индивидуальный график, уровень освоения учебного материала, учебная дисциплина, деятельность обучающегося, темп работы обучающегося

Для цитирования: Аникьева М.А. Формирование индивидуального графика изучения материалов учебной дисциплины в электронной среде в условиях ограниченного времени обучения. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2019;7(4). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/Anikieva_4_19_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.023

FORMATION OF AN INDIVIDUAL SCHEDULE FOR STUDYING THE MATERIALS OF THE DISCIPLINE IN AN ELECTRONIC ENVIRONMENT IN A LIMITED TIME OF TRAINING

M.A. Anikieva

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
"Siberian Federal University", Krasnoyarsk, Russian Federation*

Abstract: The article presents the methodology for personalizing the schedule in the electronic educational environment for studying educational materials in the framework of the academic discipline. To solve this problem, approaches to personalization of training used in e-learning are considered. The central aspect of the study was the ability to effectively use the time allotted for study, which is especially important when studying at the university, according to the general curriculum. Factors that require an

individual training schedule have been identified. These include the various initial preparedness of the student, personal qualities, different approaches of students to the organization of their work. The relationship of these factors with the student's pace was noted and a functional diagram of the process of adaptive management of student learning activities was developed. The proposed method involves a dynamic change in the requirements for the level of development of educational material, depending on the current achievements of the student. Studying the educational material even at a level lower than planned will give the student a holistic view of the subject area being studied. Analysis of the results of practical application of the method in an electronic educational course on the Moodle platform shows that students in the allotted time for training in General master the entire program of the discipline.

Keywords: e-learning, e-learning system, personalized learning, individual schedule, the level of mastering the educational material, academic discipline, activity of the trainee, knowledge, skills, concept, learner's pace of work

For citation: Anikieva M.A. Formation of an individual schedule for studying the materials of the discipline in an electronic environment in a limited time of training. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2019;7(4). Available from: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/Anikieva_4_19_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.023 (In Russ).

Введение

Интеграция образования России в мировое образовательное пространство с целью определения собственного места в формирующейся глобальной системе электронного обучения отмечается как приоритетное направление в программе развития электронного образования РФ (1, 2). Ведется активная работа, включая поиск и создание инновационных разработок в области электронного обучения и их распространение в образовательных организациях. Электронное обучение становится неотъемлемой частью современной высшей школы (3).

Практика использования электронного обучения говорит об активном развитии новых подходов и технологий в образовательной сфере, о необходимости разработки новых моделей реализации учебного процесса, совершенствовании имеющихся и разработке новых электронных образовательных систем (ЭОС). Заметной тенденцией является разработка методов, методик и средств, реализующих индивидуальный подход к процессу обучения. К актуальным задачам в этой области можно отнести составление программ обучения, проверку и оценку знаний, умений, индивидуальный подбор учебных материалов и др.

Разработчикам учебных программ, при проектировании содержания учебных материалов, мало что известно об обучаемом. Даже если изучение дисциплины начинается по общей программе, каждый обучаемый имеет свои индивидуальные цели, возможности — физиологические, психологические, эмоциональные, свой уровень подготовки в изучаемой предметной области (4–6), что приводит к необходимости применять индивидуальные программы обучения.

Обучение должно всегда достигать каких-то целей, и для этого нужны определенные ресурсы. Для достижения целей обучения — это некоторый объем учебных материалов и время, в течение которого этот объем должен быть освоен. Соответственно есть необходимость в составлении графика работы, который отражает порции учебного материала, время их освоения, и, соответственно, последовательность. Наличие графика направляет весь процесс освоения учебных материалов, обеспечивает контроль и самоконтроль. Это особенно актуально в условиях ограниченного времени обучения, например, в вузах.

Проблемы, возникающие при планировании учебного процесса в сфере высшего образования (университетах и институтах), приведены в работе (7), и заключаются в том, что нет информации о начальном состоянии обучаемого, описание предметной области

субъективно, время изучения учебного материала определяется на основе прошлого опыта обучения и не коррелирует со способностями обучаемого и целями обучения. Кроме этого, практически во всех существующих адаптивных образовательных системах не определены структура компетенций и механизм формирования умений и навыков обучаемых (8). Это затрудняет оценку результатов обучения и определение стратегии персонализации, что рассматривается как ограничение обучаемого в реализации его целей и способностей.

Целью данного исследования является разработка методики формирования индивидуального графика изучения учебных материалов в электронной образовательной среде, в условиях ограниченного времени обучения и известного круга изучаемых вопросов, на основе структуры формирования умений и навыков. Эти аспекты слабо отражены в исследованиях о персонализации электронного обучения.

Обзор способов персонализации обучения

В процессе реализации учебной деятельности для дифференцированного подхода к обучению формируются индивидуальный контент и индивидуальная последовательность изучения учебных материалов. Для этого по отдельности или в комплексе, например, учитываются потребности обучаемых и уровень их знаний (9, 10), индивидуальные стили обучения (11–14), поведение обучаемых, изменение их предпочтений и требований (15), эмоциональное состояние обучаемого (16), возможности человеческой памяти (17), уровень удовлетворенности обучаемого (12), пользовательские мнения с помощью социальных сетей (10, 18). Используются различные педагогические подходы — деятельностный подход к обучению (19–21), проблемное обучение (22, 23).

Для персонализации графика изучения учебных материалов обучаемым предлагается, например, самостоятельно формировать маршрут обучения (24, 25), порядок изучения учебных материалов планируется в соответствии со стилем обучения, текущими знаниями и целями обучения (26–28), с использованием различных языков моделирования предметной области, редакторов онтологий, планировщиков и инструментов моделирования пути (29, 30). Для учета в процессе обучения этих индивидуальных особенностей разработано множество технологий, реализованных в электронных обучающих системах, описанных в (31–33) и других работах. Все эти подходы и их решения предоставляют широкий набор возможностей для построения адаптивных обучающих систем и курсов обучения.

Для решения задачи минимизации влияния на индивидуальный график и оценку результатов обучения конкретного способа персонализации, предлагается ввести новый параметр персонализации, отражающий различные аспекты личности обучаемого. Индивидуальные личностные особенности обучаемых в усвоении учебной информации, различный уровень изначальной подготовки, различные цели обучения и мотивация, в результате влияют на скорость обучаемых при работе с учебным материалом. Таким образом, параметром персонализации можно рассматривать *темп работы* обучаемого. В ЭОС событием, показывающим освоение учебного материала, является положительная оценка контрольного мероприятия — например, теста, практического задания. Контрольные мероприятия распределены во времени обучения, что, в сущности, и есть график обучения. При индивидуальном темпе работы обучаемого, фактическое время появления в ЭОС положительной оценки не будет совпадать с запланированным. Предлагается на основе структуры формирования умений и навыков при освоении учебного материала и темпа работы обучаемого, формировать индивидуальный график обучения.

Структура формирования умений и навыков

Воспользуемся деятельностным подходом к обучению, тем фактом, что знания необходимы для формирования умений, сложные умения формируются после освоения более простых, получим что, формированию навыка будет предшествовать формирование умения, для формирования умения требуется освоить знание о способе действий по его формированию, что в свою очередь требует предварительного освоения терминологического аппарата. Т. е. налицо последовательное преобразование — один этап обучения становится средством для освоения следующего этапа. Эта последовательность отражает структуру деятельности обучаемого при освоении учебного материала как последовательное преобразование исходной теоретической информации в способность производить операции с этим знанием на разном уровне — уровне знаний о способе действий, уровне умения, а затем навыка совершать практические действия, уровне умения решать нестандартные задачи (Рисунок 1).

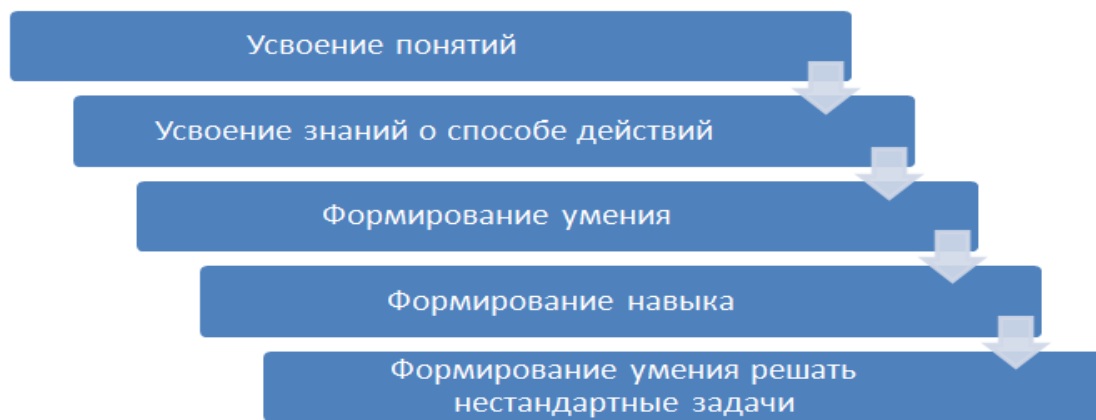


Рисунок 1 — Структура деятельности обучаемого при освоении учебного материала (34)

На основе выявленной структуры деятельности обучаемого получаем шкалу уровней освоения $L_{освоения}$ учебных материалов (Таблица 1) (34):

Таблица 1: Шкала значений уровней освоения учебного материала

Уровень	Значение
0	не изучается;
1	уровень общего представления, знание понятийного аппарата;
2	уровень знания, понимания пути решения задач;
3	уровень умения решения стандартных задач;
4	уровень навыка решения стандартных задач;
5	уровень умения решения нестандартных задач.

В процессе реализации учебной деятельности, из-за индивидуального темпа обучаемого в освоении учебного материала p , возникает необходимость корректировать построенную программу обучения. Это возможно при изменении количества учебного материала и/или времени на его изучение. В условиях вуза требуется не нарушать запланированные временные рамки учебного процесса. Поэтому для персонализации

графика будем изменять требования к уровню освоения $L_{освоения}$ текущего или последующего учебного материала.

Схема процесса адаптивного управления в ЭОС индивидуальным графиком изучения материалов учебной дисциплины

Обобщенная функциональная схема процесса адаптивного управления в ЭОС индивидуальным графиком изучения материалов учебной дисциплины, на основе темпа работы обучаемого на Рисунке 2.

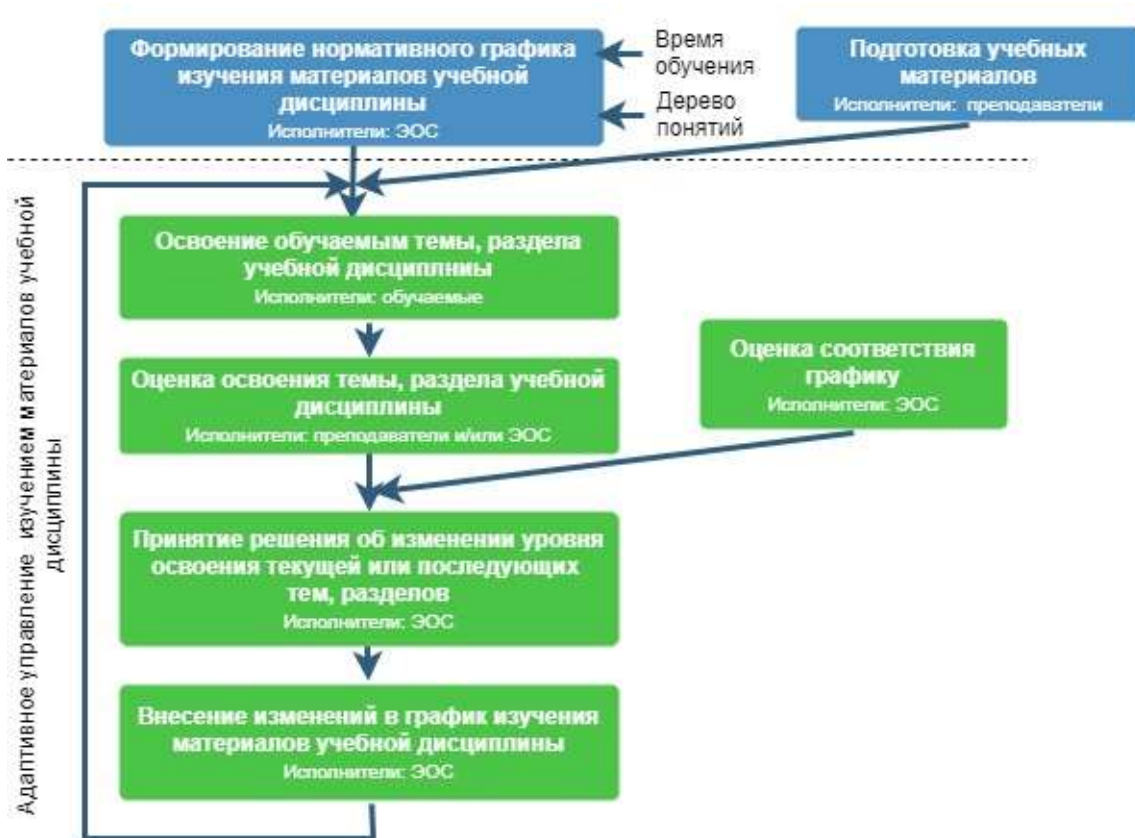


Рисунок 2 — Обобщенная функциональная схема процесса адаптивного управления в ЭОС индивидуальным графиком изучения материалов учебной дисциплины

Рассмотрим два основных этапа: формирование нормативного графика и адаптивное управление изучением материалов учебной дисциплины.

Формирование нормативного графика обучения по дисциплине

График обучения — это последовательность изучаемых элементов во времени. Для формирования графика освоения выбранного учебного материала нужна информация о последовательности изучения элементов содержания учебной дисциплины и о времени на освоение учебной информации.

Последовательность изучения элементов содержания учебной дисциплины

В ЭОС для автоматизации процесса составления графика обучения, содержание учебных материалов представлено в виде дерева понятий, которое раскрывает содержание и структуру понятий изучаемой предметной области, и, соответственно, дает исчерпывающую информацию о *последовательности изучения* учебного материала (35). Дерево понятий предметной области строилось на основе подхода, примененного при разработке профессиональных стандартов. Была произведена декомпозиция профессиональной деятельности, в первую очередь, определен состав деятельности, т. е. конкретные действия, а затем операции, что позволит получить весь спектр выполняемых действий, благодаря которым цель обучения достигается на практике (19, 36). Для того чтобы освоить операцию, надо сначала изучить теоретически как она выполняется, а затем научиться ее выполнять — сформировать умение (или умения) по ее выполнению. Следовательно, действие имеет содержание, определяемое набором умений, необходимых для выполнения этого действия, а также знаниями, необходимыми для формирования этих умений. Эти наборы знаний и умений и составляют содержательную часть действия. На Рисунке 3 приведен фрагмент структуры деятельности «Допечатная подготовка», на основе которой далее определялись необходимые знания и умения для освоения этой деятельности. На Рисунке 4 фрагмент дальнейшей детализации элемента «Обработка иллюстраций».

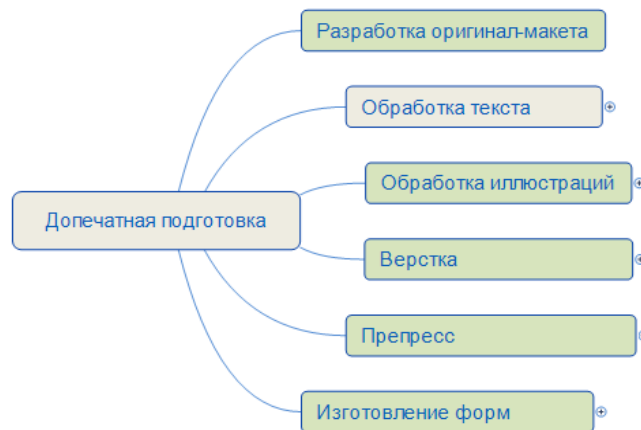


Рисунок 3 — Структура деятельности «Допечатная подготовка»



Рисунок 4 — Структура деятельности «Подготовка упрощенных изображений»

При обходе полученного дерева в глубину, получим последовательность изучаемых элементов предметной области.

Определение времени, необходимого для изучения учебного материала

В соответствии со структурой деятельности обучаемого (Рисунок 1), для определения времени на изучение учебных материалов необходимо последовательно выполнить ряд шагов, и, следовательно, общее время $T_{общ}$ определяется как сумма времен на каждом шаге:

$$T_{общ} = T_{зн} + T_{сп.д.} + T_{ум} + T_{нав} + T_{нестанд.}$$

где $T_{зн}$, $T_{сп.д.}$, $T_{ум}$, $T_{нав}$, $T_{нестанд.}$ — время на освоение понятий, способа действий, умения, навыка и умения решать нестандартные задачи, соответственно.

Трудоемкость усвоения учебного материала будем связывать с количеством узлов и ребер дерева понятий, которые характеризуют сложность освоения учебного материала (37, 38). Поэтому предлагается в качестве исходной информации для измерения сложности освоения понятия использовать количество связей $P_{св}$ с дочерними элементами дерева понятий.

В процесс усвоения информации обычно включается ее восприятие и интерпретация, т. е. формирование связей с другой, ранее усвоенной информацией. При усвоении информации выделяются три этапа: 1) восприятие формы, понимание прямого значения; 2) понимание непрямого значения, дополнительных подтекстов, соотнесение с контекстом, соотнесение с фоновым знанием, происходит анализ связей между смысловыми элементами знаний; 3) понимание смысла, соотнесение с формами реализации (интерпретация) (39).

Следовательно, процесс усвоения новой информации можно представить как восприятие информации и установление связей с другой, ранее усвоенной информацией.

Тогда, для усвоения знания, формирования умения, необходимо определить время для восприятия информации $T_{воспр}$, время для установления связей с другой, ранее изученной информацией — время на совершение операций с этим знанием, умением, которое пропорционально количеству связей, которое требуется установить.

Время восприятия информации определяется как некоторая ограниченная величина, зависящая от скорости работы мозга. Поэтому время $T_{воспр}$ при формировании графика изучения дисциплины, предлагается установить как некоторую константу. Для человека установление связей с ранее изученной информацией такая же мозговая деятельность, как и восприятие информации, только более сложная, а значит более длительная по времени, предлагает время на установление связей рассчитывать на основе времени восприятия через коэффициенты усложнения $K_{усл}$ (37).

Тогда планируемое время на усвоение элемента дерева понятий, можно определять по формуле:

$$T_{план} = T_{воспр} + P_{св} \times K_{усл} T_{воспр}$$

где $P_{св}$ — количество связей с подпонятиями;

$K_{усл}$ — коэффициент усложнения при создании связей с подпонятиями.

Время восприятия информации и коэффициенты усложнения при освоении новых знаний, умений определены эмпирически в (37). Плановые уровни освоения элементов дерева понятий учебной дисциплины определяются экспертно, с помощью соответствующего профессионального сообщества, преподавателей и, возможно, обучаемых.

Таким образом, можно рассчитать плановое время на освоение элементов дерева понятий учебной дисциплины (40), соотнести полученный результат с выделенным временем по учебному плану и, при необходимости, изменить первоначальные значения уровней освоения. Соединив в итоге два результата — последовательность элементов и время на их освоение получаем плановый, нормативный график.

Адаптация графика обучения в соответствии с достижениями обучаемого

В процессе освоения запланированного содержания обучения, сформированного в условиях почти полного отсутствия данных об обучаемых, возникает необходимость вносить коррективы. В процессе работы над учебными материалами из-за индивидуального *темпа работы*, обучаемые в разной степени приближаются к нормативному графику обучения, и на освоение учебного материала каждому обучаемому требуется различное время, что приводит к тому, что возникают отклонения от планируемого графика обучения. Как уже отмечалось выше, в условиях ограниченного времени обучения, будем изменять количество изучаемого материала за счет изменения требований к уровню его освоения $L_{\text{освоения}}$ (Таблица 1).

Поэтому для формирования индивидуального графика обучения в ЭОС предлагается изменять требования к уровню освоения элементов дерева понятий, которые еще остались не изученными и соотносить новое расчетное время с оставшимся временем обучения.

Таким образом, обучаемые опережающие график обучения, смогут за время, отведенное для изучения дисциплины освоить учебный материал на более высоком уровне и/или изучить дополнительный учебный материал. А обучаемые, которые отстают от планируемого графика, смогут освоить запланированные элементы учебной дисциплины за счет уменьшения глубины изучения текущего и/или последующего учебного материала.

Соответственно, получение индивидуального, адаптированного под обучаемого, графика производится по тому же алгоритму, по которому формируется нормативный график, с разницей лишь в том, что в расчет берется не общее время, отведенное на обучение, а оставшееся, и оставшийся неизученным учебный материал.

Апробация методики

Апробация предлагаемой методики проводилась 4 семестра в двух группах обучаемых 3 и далее 4 курса, по 2 дисциплинам. В группах случайным образом были выделены контрольные подгруппы, всего 25 человек. Столько же в подгруппах, обучающихся по обычному графику. Результаты деятельности обучаемых фиксировались в ЭОК на платформе Moodle.

Нормативный (плановый) график обучения был разработан экспертно. Для изучаемого материала экспертно было установлено три уровня освоения: 1 — знание понятийного аппарата, 2 — знание способа действий теоретически, 3 — умение. Лекционный материал изучался на уровне 1 или 2, а выполнение практических заданий планировалось на уровне 3. В качестве контрольных мероприятий для уровней освоения 1 и 2 (по лекционному материалу и теоретической части практических заданий)

использовалось тестирование в среде Moodle. Для контроля уровня освоения «умение» использовался комплект заданий, размещаемых в ЭОК.

Плановая длительность изучения материалов выбранных учебных дисциплин была рассчитана по предлагаемой в (37, 40) методике расчета по разработанному дереву понятий (фрагменты дерева на Рисунках 3–4) и соотнесена с трудоемкостью по учебному плану (Таблица 2).

Таблица 2: Трудоемкость дисциплин

Дисциплина	Трудоемкость по учебному плану, ак. ч.	Расчетная трудоемкость, ак. ч.
Д 1 (два семестра)	216	209
Д 2 (один семестр)	108	105

Расхождение составляет чуть более 3 %, что можно считать незначительным.

Так как в среде Moodle нет возможности реализовать предлагаемую методику в автоматическом режиме, то апробация производилась с ручным фиксированием соответствия плановому графику и неавтоматическим выбором уровня выполнения дальнейших практических заданий — обучаемый выбирал совместно с преподавателем.

По окончании эксперимента были зафиксированы следующие результаты обучаемых из контрольных групп (количество обучаемых выполнивших все задания/количество обучаемых) (Таблица 3):

Таблица 3: Результаты выполнения практических заданий

Дисциплина	Группа А	Группа Б
Д 1 (7 семестр)	12/12	13/13
Д 1 (8 семестр)	11/12	12/13
Д 2 (8 семестр)	12/12	13/13

В среднем меньше 3 % обучаемых из контрольных групп не уложились в отведенное время для выполнения практических заданий (фиксация результатов производилась по окончании зачетной недели) даже при условии, что некоторые из заданий выполнялись на уровне ниже запланированного.

Обучаемые, которые изучали материал по обычному графику, в среднем только 72 % выполнили весь запланированный объем.

Заключение

В работе произведен краткий обзор подходов к персонализации обучения в электронном обучении. Выявлено что для персонализации графика обучения необходимо изменять количество изучаемого материала и/или время на его изучение. В условиях вуза необходимо соблюдать временные рамки, установленные в учебном плане. Поэтому предлагается методика формирования в ЭОС индивидуального графика через динамическое изменение требований к уровню освоения учебного материала. Для этого введен новый параметр персонализации — темп работы обучаемого, разработана обобщенная функциональная схема процесса адаптивного управления в ЭОС индивидуальным графиком изучения материалов учебной дисциплины. По графовой

модели изучаемой предметной области, на основе заданных экспертно уровней освоения элементов, создается нормативный график обучения и, далее, в процессе обучения, при несовпадении фактического графика с нормативным, создается новый график через изменение требований к уровню освоения текущего или оставшегося учебного материала.

Результаты этого исследования подтверждают, что динамическое корректирование уровня требований к освоению материалов учебной дисциплины позволит конкретному обучаемому достигать цели обучения по дисциплине в зависимости от его индивидуальных особенностей, способностей, которые влияют на скорость его работы с учебным материалом. Возможно как уменьшение требований к уровню освоения знаний, умений, так и расширение объема и глубины изучения учебного материала.

Предлагаемый подход позволит изучить все запланированные учебные материалы, на разных уровнях освоения — знания терминологического аппарата, знания способа действий, умения осуществлять на практике способ действий, навыка практически осуществлять способ действий и уровень умения применять полученные знания и умения в нестандартных ситуациях. Изучение учебного материала даже на уровне ниже запланированного, даст обучаемому целостное представление об изучаемой предметной области и в дальнейшем, при необходимости, он сможет повысить свои знания, умения, навыки в областях, которые были освоены недостаточно глубоко.

Планируется продолжить работу по реализации предлагаемой методики — автоматизировать формирование индивидуального графика изучения материалов учебной дисциплины в электронной обучающей среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правительство Российской Федерации. Постановление Правительства РФ от 23.05.2015 N 497 “О Федеральной целевой программе развития образования на 2016 - 2020 годы”; 2015 2015 May 23. Available from: URL: <https://base.garant.ru/71044750/> [cited 2020 Jan 6].
2. Стратегия развития отрасли информационных технологий в РФ на 2014–2020 г.г. и на перспективу до 2025 г.: Распоряжение Правительства РФ от 1.11.2013. № 2036–р; 2013 [cited 2017 Aug 16]. Available from: URL: <http://docs.cntd.ru/document/499055616>.
3. Shershneva V.A., Shkerina L.V., Sidorov V.N., Sidorova T.V., Safonov K.V. Contemporary didactics in higher education in Russia. *European Journal of Contemporary Education* 2016;3(17):357–67. <https://doi.org/10.13187/ejced.2016.17.357>.
4. Brusilovsky P. Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 2003;13:156–69. Available from: URL: <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00197315/>.
5. Дорпер А.Г., Иванилова Т.Н. Моделирование интерактивного адаптивного обучающего курса. *Современные проблемы науки и образования* 2007;(5):1–8. Available from: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9925451>.
6. Klačnja-Milićević A., Vesin B., Ivanović M., Budimac Z., Jain L.C. *E-Learning Systems: Intelligent Techniques for Personalization*. Switzerland: Springer; 2017. Available from: URL: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-41163-7>.

7. Арзамасцев А.А., Китаевская Т.Ю. Оптимальное проектирование и повышение эффективности процесса обучения в системе высшего образования: Постановка задач и обобщенный алгоритм решения. *Вестник ТГУ* 1999;4(4):485–488. Available from: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16389344>.
8. Цибульский Г.М., Вайнштейн Ю.В., Есин Р.В. *Разработка адаптивных электронных обучающих курсов в среде LMS MOODLE*: Монография. Красноярск: Сиб. федер. ун-т; 2018 [cited 2019 Oct 28]. Available from: URL: <http://Lib3.sfu-kras.ru/ft/LIB2/ELIB/u004/i-222439.pdf>.
9. Пахунов А.В. Принципы создания учебного курса с максимальной индивидуализацией траектории обучения. *Инициативы XXI века* 2016;(2):19–22. Available from: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26488880>.
10. Benhamdi S., Babouri A., Chiky R. Personalized recommender system for e-Learning environment. *Educ Inf Technol* 2017;22(4):1455–77. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9504-y>.
11. Sweta S., Lal K. Personalized Adaptive Learner Model in E-Learning System Using FCM and Fuzzy Inference System. *Int. J. Fuzzy Syst.* 2017;19(4):1249–60. <https://doi.org/10.1007/s40815-017-0309-y>.
12. Christudas B.C.L., Kirubakaran E., Thangaiah P.R.J. An evolutionary approach for personalization of content delivery in e-learning systems based on learner behavior forcing compatibility of learning materials. *Telematics and Informatics* 2018;35(3):520–33. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.02.004>.
13. Chrysoulas C., Fasli M. Building an Adaptive E-Learning System. In: 9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2017): SCITEPRESS; 2018: 375–82. Available from: URL: <http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0006326103750382>.
14. Drissi S., Amirat A. An Adaptive E-Learning System based on Student’s Learning Styles. *International Journal of Distance Education Technologies* 2016;14(3):34–51. <https://doi.org/10.4018/IJDET.2016070103>.
15. Wan S., Niu Z. An e-learning recommendation approach based on the self-organization of learning resource. *Knowledge-Based Systems.* 2018;160:71–87. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.06.014>.
16. Athanasiadis C., Hortal E., Koutsoukos D., Lens C.Z., Asteriadis S. Personalized, Affect and Performance-driven Computer-based Learning. In: 9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2017): SCITEPRESS; 2018:132–9 [cited 2017 May 19]. Available from: URL: <http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0006331201320139>.
17. Chang T.-W., Kurcz J., El-Bishouty M.M., Graf S., Kinshuk. Adaptive Recommendations to Students Based on Working Memory Capacity. In: 2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2014): Athens, Greece, 7-10 July 2014. Piscataway NJ: IEEE; 2014:57–61.
18. Bobadilla J., Serradilla F., Hernando A. Collaborative filtering adapted to recommender systems of e-learning. *Knowledge-Based Systems* 2009;22(4):261–5. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2009.01.008>.

19. Peña-Ayala A., Sossa H., Méndez I. Activity theory as a framework for building adaptive e-learning systems: A case to provide empirical evidence. *Computers in Human Behavior* 2014;30:131–45. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.057>.
20. Атанов Г.А. *Деятельностный подход в обучении*. Донецк: ЕАИ-пресс; 2001.
21. Шадриков В.Д. *Психология деятельности человека*. М.: Изд-во «Институт психологии РАН»; 2013. (Достижения в психологии) [cited 2019 Oct 28]. Available from: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23734352>.
22. Schmidt H.G. Problem-based learning: Rationale and description. *Medical Education* 1983;17(1):11–6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1983.tb01086.x>.
23. Hmelo-Silver C.E. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educ Psychol Rev* 2004;16(3):235–66. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>.
24. Metcalfe J., Kornell N. A Region of Proximal Learning model of study time allocation. *Journal of Memory and Language* 2005;52(4):463–77. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2004.12.001>.
25. Tullis J.G., Benjamin A.S. On the effectiveness of self-paced learning. *Journal of Memory and Language* 2011;64(2):109–18. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2010.11.002>.
26. Sanchez Nigenda R., Maya Padrón C., Martínez-Salazar I., Torres-Guerrero F. Design and evaluation of planning and mathematical models for generating learning paths. *Computational Intelligence* 2018;34(3):821–38. <https://doi.org/10.1111/coin.12134>.
27. Garrido A., Morales L., Serina I. On the use of case-based planning for e-learning personalization. *Expert Systems with Applications*. 2016;60:1–15. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.04.030>.
28. Заславская, О. Ю.; Кравец, О. Я. Особенности построения индивидуальной траектории обучения информатике на основе динамической интегральной оценки уровня знаний. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования*. 2010;(4):47–51. Available from: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15249115>.
29. Garrido A., Fernández S., Morales L., Onaindía E., Borrajo D., Castillo L. On the automatic compilation of e-learning models to planning. *The Knowledge Engineering Review* 2013;28(02):121–36. <https://doi.org/10.1017/S0269888912000380>.
30. Gayathri R., Uma V. Ontology based knowledge representation technique, domain modeling languages and planners for robotic path planning: A survey. *ICT Express* 2018; 4(2):69–74. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2018.04.008>.
31. Tsortanidou X., Karagiannidis C., Koumpis A. Adaptive Educational Hypermedia Systems based on Learning Styles: The Case of Adaptation Rules. *Int. J. Emerg. Technol. Learn.* 2017;12(05):150. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i05.6967>.
32. Somyürek S. The new trends in adaptive educational hypermedia systems. *IRRODL* 2015; 16(1). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v16i1.1946>.
33. Blazheska-Tabakovska N., Ivanovic M., Klašnja-Milićević A., Ivkovic J. Comparison of E-Learning Personalization Systems: Protus and PLemSys. *Int. J. Emerg. Technol. Learn.* 2017;12(01):57–70. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i01.6085>.
34. Аникьева М.А. Шкала уровней освоения учебной информации. In: Информатизация образования и методика электронного обучения: Материалы III Международной

- научной конференции (Красноярск, 24–27 сентября 2019 г.) : в 2 ч.; Часть 1. Красноярск: Сиб. федер. ун-т; 2019. p. 20–5.
35. Shershneva V., Vainshtein Y., Kochetkova T. Adaptive system of web-based teaching. *PSTA* 2018; 9(4):159–77. <https://doi.org/10.25209/2079-3316-2018-9-4-159-177>.
36. Атанов Г.А., Пустынникова И.Н. *Обучение и искусственный интеллект, или основы современной дидактики высшей школы*. Донецк: Изд-во ДЮУ; 2002 [cited 2019 Oct 28]. Available from: URL: <https://ru.b-ok.cc/book/3073320/3fc5d0>.
37. Карпенко М.П. Проблема измерения знаний и образовательные технологии. *Журнал практического психолога* 1997 [cited 2019 Feb 9]; (4):74–9. Available from: URL: http://www.allrus.info/main.php?ID=216065&arc_new=1.
38. Тазетдинов А.Д. Технология структурирования и визуализации учебной информации в репетиторских системах. *Информационно-управляющие системы. Информационные технологии и образование* 2009 [cited 2019 Oct 28];(1):60–5. Available from: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12291619>.
39. Красных В.В. *Основы психолингвистики и теории коммуникации: Лекционный курс*. М.: ИТДГК «Гнозис»; 2001 [cited 2019 Oct 28]. Available from: URL: <https://docplayer.ru/36414914-Osnovy-psiholingvistiki-i-teorii-kommunikacii.html>.
40. Аникьева М.А. Методика расчета времени для освоения учебного материала. *International Journal of Advanced Studies* 2018;8(2):74–90. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2018-2-74-90>.

REFERENCES

1. Pravitel'stvo Rossiyskoy Federatsii. Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 23.05.2015 N 497 «O Federal'noy programme razvitiya obrazovaniya na 2016 - 2020 gody»; 2015 g. 2015 g. 23 maya. Dostupno po adresu: URL: <https://base.garant.ru/71044750>.
2. Strategiya razvitiya otrasli informatsionnykh tekhnologiy v RF na 2014–2020 g.g. i na perspektivu do 2025 g. : Rasporyazheniye Pravitel'stva RF ot 1.11.2013. № 2036 – r; 2013 [tsitiruyetsya 16 avgusta 2017 g.]. Dostupno po adresu: URL: <http://docs.cntd.ru/document/499055616>
3. Shershneva V.A., Shkerina L.V., Sidorov V.N., Sidorova T.V., Safonov K.V. Contemporary didactics in higher education in Russia. *European Journal of Contemporary Education* 2016;3(17):357–67. <https://doi.org/10.13187/ejced.2016.17.357>.
4. Brusilovsky P. Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 2003;13:156–69. Available from: URL: <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00197315/>.
5. Dorrer A.G., Ivanilova T.N.. Modelirovaniye interaktivnogo adaptivnogo obuchayushchego kursa. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* 2007; (5): 1-8. Dostupno s: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9925451>.
6. Klačnja-Milićević A., Vesin B., Ivanović M., Budimac Z, Jain L.C. *E-Learning Systems: Intelligent Techniques for Personalization*. Switzerland: Springer; 2017. Available from: URL: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-41163-7>.
7. Arzamastsev A.A., Kitayevskaya TY.U. Optimal'noye proyektirovaniye i povysheniye effektivnosti obucheniya v sisteme vysshego obrazovaniya: Postanovka zadach i

- obobshchenny algorithm resheniya. *Vestnik TGU* 1999;4(4):485-488. Dostupno s: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16389344>.
8. Tsibul'skiy G.M., Vaynshteyn YU.V., Yesin R.V. *Razrabotka adaptivnykh elektronnykh obuchayushchikh kursov v srede LMS MOODLE*: Monografiya. Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t; 2018 [tsitiruyetsya s 2019 po 28 oktyabrya]. Dostupno po adresu: URL: <http://Lib3.sfu-kras.ru/ft/LIB2/ELIB/u004/i-222439.pdf>.
 9. Pakhunov A.V. Printsipy sozdaniya uchebnogo kursa s uchetom individualizatsiyey trayektorii obucheniya. *Initsiativy XXI veka* 2016;(2):19-22. Dostupno s: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26488880>.
 10. Benhamdi S., Babouri A., Chiky R. Personalized recommender system for e-Learning environment. *Educ Inf Technol* 2017;22(4):1455–77. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9504-y>.
 11. Sweta S., Lal K. Personalized Adaptive Learner Model in E-Learning System Using FCM and Fuzzy Inference System. *Int. J. Fuzzy Syst.* 2017;19(4):1249–60. <https://doi.org/10.1007/s40815-017-0309-y>.
 12. Christudas B.C.L., Kirubakaran E., Thangaiah P.R.J. An evolutionary approach for personalization of content delivery in e-learning systems based on learner behavior forcing compatibility of learning materials. *Telematics and Informatics* 2018;35(3):520–33. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.02.004>.
 13. Chrysoulas C., Fasli M. Building an Adaptive E-Learning System. In: *9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2017)*: SCITEPRESS; 2018:375–382 Available from: URL: <http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0006326103750382>.
 14. Drissi S., Amirat A. An Adaptive E-Learning System based on Student's Learning Styles. *International Journal of Distance Education Technologies* 2016;14(3):34–51. <https://doi.org/10.4018/IJDET.2016070103>.
 15. Wan S., Niu Z. An e-learning recommendation approach based on the self-organization of learning resource. *Knowledge-Based Systems* 2018;160:71–87. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.06.014>.
 16. Athanasiadis C., Hortal E., Koutsoukos D., Lens C.Z, Asteriadis S. Personalized, Affect and Performance-driven Computer-based Learning. In: *9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2017)*: SCITEPRESS; 2018:132–9 [cited 2017 May 19]. Available from: URL: <http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0006331201320139>.
 17. Chang T-W., Kurcz J., El-Bishouty M.M., Graf S., Kinshuk. Adaptive Recommendations to Students Based on Working Memory Capacity. In: *2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2014)*: Athens, Greece, 7-10 July 2014. Piscataway NJ: IEEE; 2014:57–61.
 18. Bobadilla J., Serradilla F., Hernando A. Collaborative filtering adapted to recommender systems of e-learning. *Knowledge-Based Systems* 2009;22(4):261–5. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2009.01.008>.
 19. Peña-Ayala A., Sossa H., Méndez I. Activity theory as a framework for building adaptive e-learning systems: A case to provide empirical evidence. *Computers in Human Behavior* 2014;30:131–45. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.057>.

20. Atanov G.A. *Deyatel'nostnyy podkhod v obuchenii*. Donetsk: YEAI-press; 2001.
21. Shadrikov V.D. *Psikhologiya deyatel'nosti cheloveka*. M.: Izd-vo «Institut psikhologii RAN»; 2013. (Dostizheniya v psikhologii) [tsitiruyetsya s 2019 g. po 28 oktyabrya]. Dostupno s: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23734352>.
22. Schmidt H.G. Problem-based learning: Rationale and description. *Medical Education* 1983;17(1):11–6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1983.tb01086.x>.
23. Hmelo-Silver C.E. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educ Psychol Rev* 2004;16(3):235–66. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>.
24. Metcalfe J., Kornell N. A. Region of Proximal Learning model of study time allocation. *Journal of Memory and Language* 2005;52(4):463–477. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2004.12.001>.
25. Tullis J.G., Benjamin A.S. On the effectiveness of self-paced learning. *Journal of Memory and Language* 2011;64(2):109–18. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2010.11.002>.
26. Sanchez Nigenda R., Maya Padrón C., Martínez-Salazar I., Torres-Guerrero F. Design and evaluation of planning and mathematical models for generating learning paths. *Computational Intelligence* 2018;34(3):821–38. <https://doi.org/10.1111/coin.12134>.
27. Garrido A., Morales L., Serina I. On the use of case-based planning for e-learning personalization. *Expert Systems with Applications* 2016;60:1–15. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.04.030>.
28. Zaslavskaya, O. YU.: Kravets, O. YA. Osobennosti postroyeniya individual'noy trayektorii obucheniya informatike na osnove dinamicheskoy integral'noy otsenki urovnya znaniy. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya* 2010;(4):47-51. Dostupno s: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15249115>.
29. Garrido A., Fernández S., Morales L., Onaindía E., Borrajo D., Castillo L.. On the automatic compilation of e-learning models to planning. *The Knowledge Engineering Review* 2013;28(02):121–36. <https://doi.org/10.1017/S0269888912000380>.
30. Gayathri R., Uma V. Ontology based knowledge representation technique, domain modeling languages and planners for robotic path planning: A survey. *ICT Express* 2018; 4(2):69–74. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2018.04.008>.
31. Tsortanidou X., Karagiannidis C., Koumpis A. Adaptive Educational Hypermedia Systems based on Learning Styles: The Case of Adaptation Rules. *Int. J. Emerg. Technol. Learn.* 2017;12(05):150. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i05.6967>.
32. Somyürek S. The new trends in adaptive educational hypermedia systems. *IRRODL* 2015; 16(1). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v16i1.1946>.
33. Blazheska-Tabakovska N., Ivanovic M., Klašnja-Milićević A., Ivkovic J. Comparison of E-Learning Personalization Systems: Protus and PLemSys. *Int. J. Emerg. Technol. Learn.* 2017;12(01):57–70. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i01.6085>.
34. Anikieva M.A. Shkala urovney osvoyeniya uchebnoy informatsii. V kn.: *Informatizatsiya obrazovaniya i metodika elektronnoy obucheniya: Materialy III Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* (Krasnoyarsk, 24–27 sentyabrya 2019 g.): v 2 ch.; Chast' 1. Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t; 2019:20-5.

35. Shershneva V., Vainshtein Y., Kochetkova T. *Adaptive system of web-based teaching. PSTA* 2018; 9(4):159–77. <https://doi.org/10.25209/2079-3316-2018-9-4-159-177>.
36. Atanov G.A., Pustynnikova I.N. *Obucheniye i iskusstvennyy intellekt, ili osnovy sovremennoy didaktiki vysshey shkoly*. Donetsk: Izd-vo DOU; 2002 [tsitiruyetsya s 2019 g. po 28 oktyabrya]. Dostupno s: URL: <https://ru.b-ok.cc/book/3073320/3fc5d0>.
37. Karpenko M.P. Problema izmereniya znaniy i obrazovatel'nyye tekhnologii. *Zhurnal prakticheskogo psikhologa* 1997 [tsitiruyetsya s 9 fevralya 2019 goda];(4):74-9. Dostupno s: URL: http://www.allrus.info/main.php?ID=216065&arc_new=1.
38. Tazetdinov A.D. Tekhnologiya strukturirovaniya i vizualizatsii uchebnoy informatsii v repetitorskikh sistemakh. Informatsionno-upravlyayushchiye sistemy. *Informatsionnyye tekhnologii i obrazovaniye* 2009 [tsit. 2019, 28 oktyabrya];(1):60-5. Dostupno s: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12291619>
39. Krasnykh V.V. *Osnovy psikholingvistiki i teorii kommunikatsii: Lektsionnyy kurs*. М .: ITDGK «Gnozis»; 2001 [tsitiruyetsya s 2019 g. po 28 oktyabrya]. Dostupno po adresu: URL: <https://docplayer.ru/36414914-Osnovy-psiholingvistiki-i-teorii-kommunikacii.html>.
40. Anikieva M.A. Metodika rascheta vremeni dlya osvoyeniya uchebnogo materiala. *Mezhdunarodnyy zhurnal perspektivnykh issledovaniy* 2018;8(2):74-90. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2018-2-74-90>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Аникьева Марина Анатольевна, старший преподаватель, кафедра систем искусственного интеллекта, ФГАОУ ВО «Сибирский Федеральный университет», Институт космических и информационных технологий, Красноярск, Российская Федерация.
ORCID: [0000-0001-8155-5902](https://orcid.org/0000-0001-8155-5902)

Marina A. Anikieva, Senior Lecturer of the Department of Artificial Intelligence Systems, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Siberian Federal University", Krasnoyarsk, Russian Federation.