

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ РАСЧЕТА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ГРАФИКА ОСВОЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

М. А. Аникьева¹

¹ *Сибирский федеральный университет*
660041, Россия, г. Красноярск, Свободный пр-т, д. 79

Аннотация

В статье представлена практическая реализация модуля расчета индивидуального графика освоения обучающимся материалов учебной дисциплины. Целью исследования было рассчитать трудоемкость усвоения обучающимся понятий изучаемой предметной области, соотнести расчетные данные с фактическими и установить применимость предлагаемой методики расчета индивидуального графика освоения учебных материалов для планирования учебного процесса. Генерация суммы понятий для освоения производилась на основе дерева понятий предметной области. Трудоемкость освоения учебной дисциплины рассматривается как сумма трудоемкостей каждого понятия. Расчет трудоемкости понятия производился с учетом времени восприятия информации обучающимся, сложности понятия и с учетом вида деятельности.

В результате была выполнена программная реализация алгоритма формирования индивидуального графика освоения материалов учебной дисциплины, рассчитана трудоемкость освоения каждого понятия и получена суммарная трудоемкость освоения учебной дисциплины. При сравнении расчетной трудоемкости с фактической установлено, что разница составляет не более 10 %. Сгенерированная последовательность понятий для изучения достаточна для достижения целей обучения студентов по направлению «Информационные системы и технологии».

Представленные результаты имеют непосредственное практическое значение и могут применяться для планирования учебного курса и для построения динамически изменяющегося индивидуального графика освоения материалов учебной дисциплины с учетом когнитивных и физических особенностей обучающихся, а также с учетом особенностей организации процесса обучения.

Ключевые слова: индивидуальный график, персонализированное обучение, трудоемкость обучения.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-5-35-45

Для цитирования:

Аникьева М. А. Разработка модуля расчета индивидуального графика освоения материалов учебной дисциплины // Информатика и образование. 2021. № 5. С. 35–45.

Статья поступила в редакцию: 24 марта 2021 года.

Статья принята к печати: 18 мая 2021 года.

Сведения об авторе

Аникьева Марина Анатольевна, старший преподаватель кафедры систем искусственного интеллекта, Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия; MAnikieva@sfu-kras.ru; ORCID: 0000-0001-8155-5902

1. Введение

В образовательной сфере в настоящее время на первый план выходят задачи обучения большого количества людей с достижением очень широкого спектра целей. В течение жизни индивиду необходимо подстраиваться под запросы рынка труда. У каждого обучающегося есть свои индивидуальные стартовые условия и индивидуальные цели обучения. Для подготовки обучающихся к эффективному применению имеющихся знаний для решения профессиональных задач и развития компетенций применяются новые технологии обучения, позволяющие гибко подходить к выбору учебных программ в образовательных учреждениях для повышения конкурентоспособности в области развития науки и техники [1]. Средством для решения этих задач является персонализированное обучение, осуществляемое с помощью электронных обучающих систем (ЭОС).

Разработано немало рекомендательных систем, которые способны в той или иной степени осуществлять персонализацию в обучении [2]. Эти системы предлагают обучающий контент в зависимости от на-

чальной подготовленности обучающегося [3], навыков, потребностей, предпочтений, целей [4], динамики достижения целей, особенностей взаимодействия с учебными материалами [5], возможностей памяти [6]. В работе [7] исследуются 22 системы обучения, 18 из них используют *уровень знаний* в качестве параметра персонализации, и только в четырех системах применяются *параметры, характеризующие обучающегося* (стиль обучения, начальный уровень образования и т. д.). В работе [8] исследовано 20 ЭОС, классифицированных в соответствии с типами адаптации к обучающемуся. Анализируя результаты, полученные авторами этой работы, можно сделать вывод, что подавляющее большинство систем обучения адаптируют контент, учитывая предпочтения и потребности обучающихся и стили (Learning styles), которые характеризуют особенности взаимодействия человека с новой информацией.

В России в более чем 90 % вузов, где применяются ЭОС, используется LMS Moodle, возможности которой для персонализированного обучения, на наш взгляд, очень ограничены. Следовательно, *открытым остается вопрос разработки алгоритмов и методик*

персонализации обучения, а также электронных систем для осуществления такой персонализации.

Для автоматизации персонализированного обучения необходимо структурированное описание понятий предметной области и расчет трудоемкости освоения учебного материала, чтобы можно было оперативно подстраивать контент, требования к освоению контента под цели обучения и текущие достижения обучающегося.

В данной статье представлены результаты исследования, связанного с практической реализацией в среде MS Excel:

- расчета трудоемкости освоения учебного материала;
- формирования контента для изучения;
- расчета индивидуального графика освоения контента в зависимости от темпа деятельности обучающегося.

2. Методы

2.1. Определение целей исследования

Целями исследования были:

- рассчитать трудоемкость освоения обучающимся понятий учебной дисциплины;
- соотнести расчетные данные с фактическими;
- установить применимость предлагаемой методики расчета индивидуального графика освоения учебных материалов для планирования учебного процесса.

2.2. Поиск литературных источников

Для поиска литературных источников при разработке методики расчета индивидуального графика освоения учебных материалов использовались несколько основных баз данных, охватывающих исследовательские работы в рецензируемых журналах с высоким импакт-фактором:

- база данных научного цитирования Web of Science;
- информационная платформа ScienceDirect издательства Elsevier;
- поисковая система Академия Google (Google Scholar);
- социальная сеть для ученых ResearchGate;
- Российская научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, интегрированная с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ).

2.3. Участники исследования, оборудование

Для оценки применимости предлагаемой методики в учебном процессе были использованы результаты деятельности студентов третьего и четвертого курсов Сибирского федерального университета, обучающихся по направлению «Информационные системы и технологии». Использовались данные из ЭОС Moodle. Эксперимент проводился в течение шести семестров (с осени 2017 года по весну 2020 года), в каждом семестре анализировались данные не менее двух групп студентов по двум дисциплинам учебного курса.

Из двух групп, участвующих в эксперименте, одна была контрольной, а для другой рассчитывались индивидуальные графики освоения учебного материала.

2.4. Критерии включения/исключения

Для выбора учебных дисциплин, при освоении которых применялся индивидуальный график, были применены следующие критерии:

- 1) в учебном плане для дисциплины предусмотрены практические задания;
- 2) практические задания не предусматривают поисковых и аналитических работ;
- 3) практические задания не предусматривают творческих работ;
- 4) выполнение практических заданий, хотя бы частично, возможно не в учебной аудитории, самостоятельно.

2.5. Проведение эксперимента

Эксперимент включал в себя следующие этапы:

1. Для проведения эксперимента разработан программный модуль в среде MS Excel, позволяющий рассчитать индивидуальный график освоения учебных материалов. Использовались такие возможности Excel, как функции подстановки, условное форматирование, создание диаграмм, создание макросов.
2. Для всех выбранных дисциплин, удовлетворяющих критериям включения/исключения, составлены графы понятий предметной области дисциплины на основе авторской методики. Графы понятий создавались с использованием программы XMind.
3. Для каждой выбранной дисциплины выполнен обход графа и получен порядок изучения понятий.
4. Для каждого понятия экспертно определен уровень освоения согласно предлагаемой автором шкале [9].
5. Произведен расчет трудоемкости освоения понятий с применением методики, изложенной в [9], и полученная трудоемкость соотнесена с трудоемкостью по учебному плану.
6. При разнице расчетной трудоемкости и фактической более чем на заданную величину (одна неделя) изменены уровни освоения некоторых понятий (на основе рекомендаций эксперта). Получен расчетный (нормативный) график освоения учебных материалов.
7. Произведен анализ количества учебного материала, включенного в программу дисциплины, и последовательности его изложения исходя из предшествующего опыта преподавателя и на основе расчетов, произведенных с помощью программного модуля.
8. Смоделированы графики выполнения практических заданий для студентов со средней и низкой скоростью работы. В итоге получилось три варианта набора практических работ с разной трудоемкостью.

9. Студентам предложено выбрать для себя в начале семестра желаемый график. Позже, на основе анализа темпа выполнения практических работ, студент мог перейти на другой график.
10. В конце семестра подведены итоги.

2.6. Измеряемые показатели

Применимость предлагаемых методик для планирования учебного процесса оценивалась по пяти аспектам:

- 1) *наличие разделов, тем и модулей*: в рабочей программе дисциплины (РПД), которая была разработана на основе предыдущего опыта преподавателя, и сгенерированных с помощью программного модуля;
- 2) *последовательность разделов, тем и модулей*: в РПД и сгенерированная программным модулем;
- 3) *трудоемкость освоения разделов, тем и модулей*: в РПД и расчетная;
- 4) *предпочтения студентов*: работать по общему графику или с разными вариантами трудоемкости;
- 5) *организация обучения*: наличие задолженностей по сдаче практических заданий в конце семестра по общему графику и по графикам с разными вариантами трудоемкости.

3. Результаты

3.1. Разработка программного модуля

Для достижения цели необходимо было разработать программный модуль, позволяющий:

- выделять понятия предметной области и определять последовательность их изучения в учебной дисциплине;
- производить расчет длительности изучения отдельных понятий и общей длительности учебного курса;
- производить расчет графика освоения понятий с учетом несоответствия фактических дат запланированным ранее датам.

Функциональная схема создания индивидуального графика освоения учебных материалов и адаптивного управления им, на основе которой разрабатывался программный модуль, представлена на рисунке 1.

Далее описана реализация в MS Excel функций программного модуля, приведенных на схеме (см. рис. 1).

3.2. Создание графа понятий предметной области

Для автоматизации создания контента учебной дисциплины необходимо структурированное описание понятий предметной области. За основу был принят деятельностный подход в обучении [10–12]. Поэтому структура понятий изучаемой предметной области основывается на структуре будущей профессиональной деятельности студентов.

Чтобы сформировать описание предназначенной для изучения предметной области, которая будет отражать структуру деятельности и содержать средства для обучения этой деятельности, т. е. знания и умения, нужно решить следующие подзадачи:

- произвести декомпозицию планируемой профессиональной деятельности обучающегося;
- выявить необходимые знания для формирования способности осуществлять каждый вид деятельности.

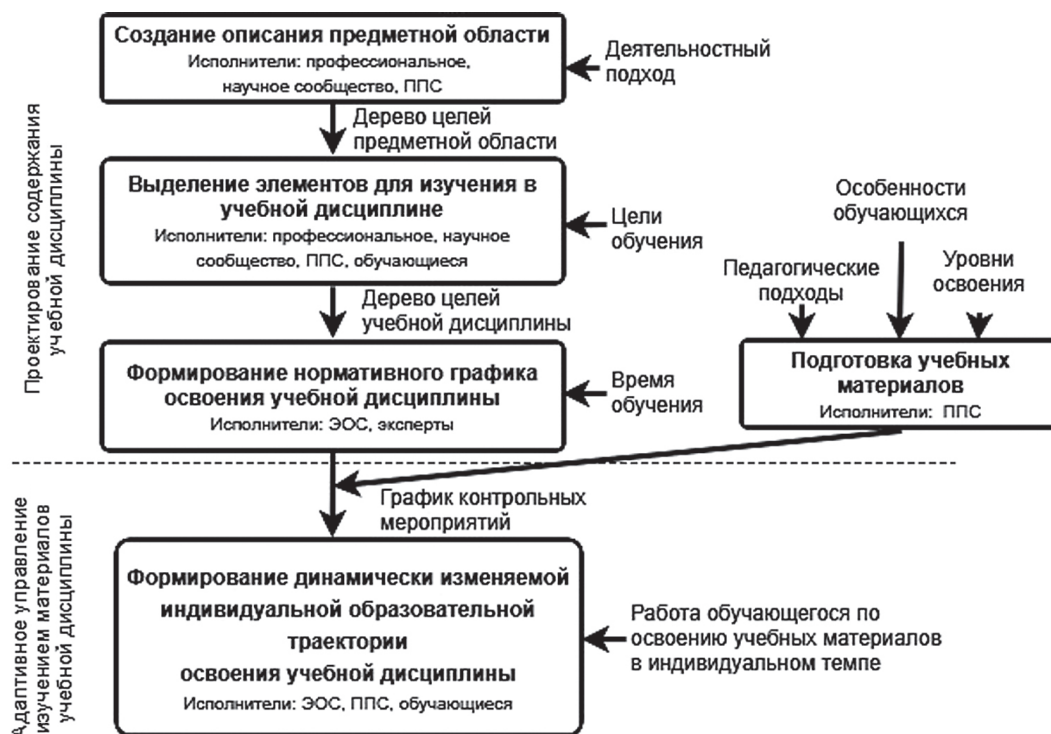


Рис. 1. Обобщенная функциональная схема процесса создания индивидуального графика изучения материалов учебной дисциплины и адаптивного управления им в ЭОС

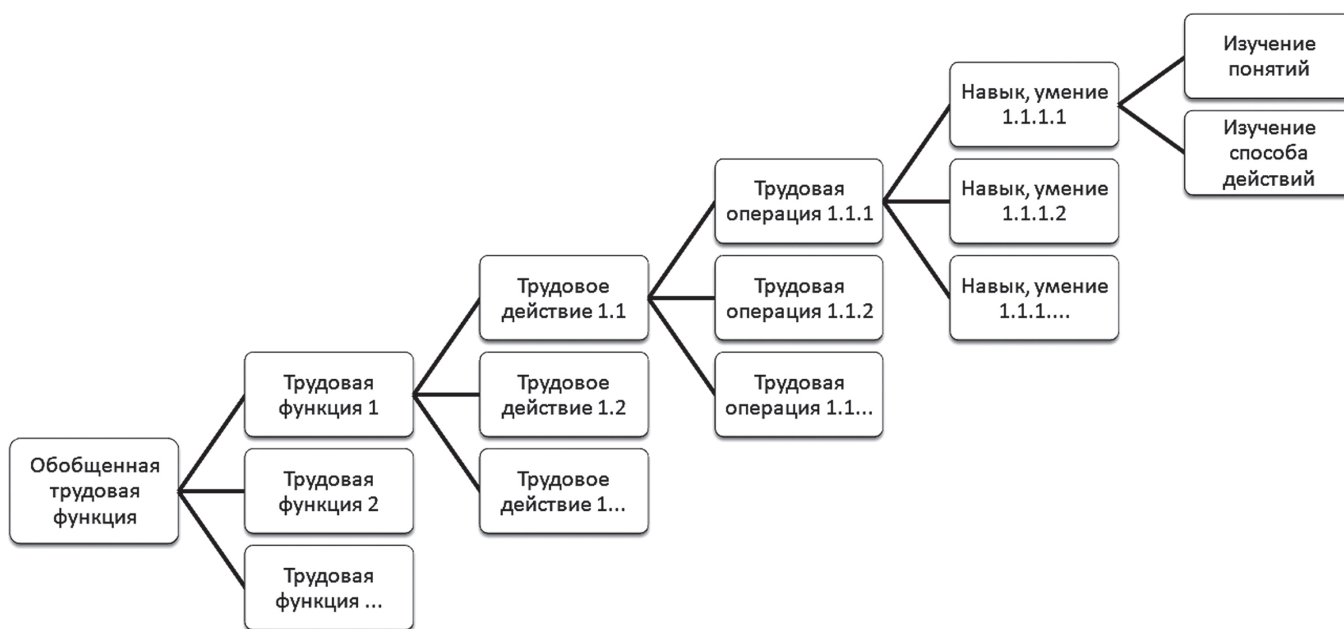


Рис. 2. Граф дерева понятий предметной области учебной дисциплины

Граф дерева понятий предметной области учебной дисциплины представлен на рисунке 2.

Для определения содержания обучения необходимо построение модели производственного процесса, где отражены состав трудовых функций, трудовых действий, их иерархия. Это можно сделать, используя профессиональный стандарт (при его наличии) или построив модель профессиональной деятельности, например, при помощи функционально-структурных диаграмм деятельности.

Для выявления ресурсов, которые необходимы для приобретения умений и знаний, применялись методы инженерии знаний, а также был использован **денотатный анализ** текста определений понятий с построением денотатных графов для них [13, 14].

В мышлении человека предмет соотносится с другими предметами в некоей предметной ситуации через свойства. Эти свойства выступают в качестве отношений (связей) между предметами и образуют целостную систему отношений. Эта система отношений образует модель некоторой целостной ситуации. Основной структурной единицей содержания является образ некоторого фрагмента действительности, который можно назвать денотатом, который отражается в интеллекте человека в виде представлений и понятий, составляющих систему знания человека [14, с. 56]. Под **денотатом** понимается любой предмет или процесс, явление действительности, составляющее содержание. Это может быть слово, словосочетание.

Таким образом, **денотатные графы** — это логические схемы, раскрывающие основные вопросы темы, схемы, которые составляются для анализа и усвоения учебного материала. Это графическое изображение содержания блока информации, представляющее последовательность развертывания содержания. Тексты, используемые для денотатного анализа в данной работе, представляют собой определения понятий.

Полученная структура содержания предметной области учебной дисциплины описывает возможную профессиональную деятельность обучающегося и средства для освоения этой деятельности — знания и умения.

Для проведения эксперимента были составлены функционально-структурные диаграммы деятельности предприятий полиграфической сферы в области допечатной подготовки. На основе этих диаграмм был сформирован граф понятий, дополнен понятиями о тех знаниях и умениях, которые необходимы для освоения этой деятельности. В среде MS Excel граф был представлен в виде таблицы. На основе графа был составлен словарь понятий. Каждое понятие было представлено в виде массива из восьми подпонятий.

3.3. Формирование контента учебной дисциплины

Полученное описание предметной области не является содержанием учебной дисциплины, потому что в нем не учтены особенности конкретного учебного процесса — цели обучения по специальности, длительность учебного процесса. Поэтому нужно выделить из дерева понятий предметной области некоторую сумму понятий, которая должна входить в содержание учебной дисциплины заданной трудоемкости. Для этого была определена значимость элементов дерева понятий, которые важны работодателям, работникам в процессе осуществления трудовой деятельности в определенных условиях, а также важны с точки зрения преподавателей и студентов на основе разработанной **шкалы уровней освоения учебного материала**:

- уровень 0 — понятие не изучается;
- уровень 1 — изучение понятия на уровне общего представления;
- уровень 2 — уровень знания, понимания пути решения задач;
- уровень 3 — умение решения стандартных задач;

- уровень 4 — уровень навыка решения стандартных задач;
- уровень 5 — умение решать нестандартные задачи.

Для получения информации о желаемых уровнях освоения понятий предметной области было проведено анкетирование среди работников по дополнительной подготовке, преподавателей дисциплин. При анкетировании респондентам предлагалось оценить степень важности понятия, которая будет определять желаемый уровень ее освоения $L_{\text{план}}$, а также минимально возможный уровень освоения L_0 . При обработке полученных данных, в случаях, когда наблюдались значительные расхождения, были приняты максимально возможные. В дальнейшем, на этапе формирования нормативного графика, уровни освоения изменялись для согласования расчетной трудоемкости с трудоемкостью по учебному плану.

В разработанном программном модуле в MS Excel для выделения из графа предметной области подграфа для учебной дисциплины необходимо указать корневой элемент этого подграфа. Далее с использованием функций подстановки из словаря подставляются подпонятия для корневого элемента. Для каждого подпонятия также подставляются его подпонятия, и так повторяется до тех пор, пока программа будет находить в словаре представленные понятия. В итоге была получена таблица, по структуре соответствующая графу в виде дерева, и эта таблица, при необходимости, визуализируется в сервисе для построения интеллект-карт Xmind.

3.4. Формирование нормативного графика освоения контента

Поскольку существует зависимость между количеством информации для освоения, уровнем освоения и отведенным временем на обучение, то, если задать объем учебной информации, в процессе обучения следует отвести время, необходимое для ее овладения на заданном уровне.

Для расчета нормативного графика освоения учебной дисциплины решались следующие **подзадачи**:

- 1) расчет трудоемкости изучения выделенных понятий;
- 2) согласование расчетной трудоемкости с плановой;
- 3) получение последовательности изучения учебного материала.

Для расчета трудоемкости освоения учебного материала необходимо учитывать [15]:

- 1) количество понятий для освоения;
- 2) время, за которое человек может усвоить информацию о понятии;
- 3) сложность изучаемой учебной информации;
- 4) необходимый уровень усвоения.

Итак, по дереву понятий можно определить количество элементов для изучения — количество узлов графа. Количество дочерних элементов для каждого узла характеризует сложность понятия. Расчетное время $T_{\text{расч}}$, необходимое для освоения по-

нятий учебной дисциплины, определяется как сумма трудоемкостей освоения понятий:

$$T_{\text{расч}} = \sum T_{\text{п}}.$$

Для освоения понятия необходимо последовательно выполнить ряд шагов, и, следовательно, трудоемкость освоения понятия $T_{\text{п}}$ можно определить как сумму времен на каждом шаге:

$$T_{\text{п}} = T_{\text{зн}} + T_{\text{зн.д}} + T_{\text{ум}} + T_{\text{нав}} + T_{\text{нестанд}},$$

где:

$T_{\text{зн}}$ — время на усвоение знания;

$T_{\text{зн.д}}$ — время на усвоение знаний о способе действий;

$T_{\text{ум}}$ — время на формирование умения;

$T_{\text{нав}}$ — время на формирование навыка;

$T_{\text{нестанд}}$ — время на формирование умения решать нестандартные задачи.

Как уже отмечалось, трудоемкость учебного материала связана с количеством узлов и ребер графа дерева понятий и характеризует сложность освоения учебного материала. Поэтому предлагается, как и в работах [16–18], в качестве исходной информации для измерения сложности освоения порции учебного материала использовать количество связей узла графа с дочерними элементами дерева понятий D .

В процесс усвоения информации обычно включаются ее восприятие и интерпретация, т. е. формирование связей с другой, ранее усвоенной информацией. Под интерпретацией понимается когнитивная процедура установления содержания понятий посредством их аппликации на ту или иную предметную область.

При усвоении информации выделяются три этапа [15, 19]:

- 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).

Исходя из вышесказанного, из структуры деятельности по освоению информации, время для освоения одного шага $T_{\text{ш}}$ каждого элемента дерева понятий предлагается определять как сумму времени на восприятие информации $T_{\text{воспр}}$ и времени на формирование связей с подпонятиями $T_{\text{св}}$, т. е.:

$$T_{\text{ш}} = T_{\text{воспр}} + T_{\text{св}}.$$

Так как формирование связей для человека — такая же мозговая деятельность, как и восприятие информации, только сложнее, то $T_{\text{св}}$ предлагается определять на основе времени восприятия:

$$T_{\text{ш}} = T_{\text{воспр}} + D \cdot K_{\text{усл}} \cdot T_{\text{воспр}},$$

где:

D — количество связей с дочерними элементами;

$K_{\text{усл}}$ — коэффициент усложнения при создании связей с дочерними элементами.

Время восприятия информации и коэффициенты усложнения определены на основе работ [16, 17, 20, 21]. Время восприятия принято равным трем минутам. Коэффициенты усложнения, соответствующие уровням освоения учебного материала, которые были использованы в этом исследовании:

$$K_{\text{усл.зн}} = 2 \text{ (уровень 1, 2);}$$

$$K_{\text{усл.ум}} = 4 \text{ (уровень 3);}$$

$$K_{\text{усл.нав}} = 10 \text{ (уровень 4).}$$

Этот подход позволяет определять возможное время для освоения учебного материала с учетом ограничений мозговой деятельности человека и сложности изучаемого материала.

Для согласования расчетной трудоемкости с плановой изменялись планируемые уровни освоения некоторых понятий. Далее производился новый расчет трудоемкости до получения значения в пределах некоторого допустимого времени, в данном исследовании принятого равным семи дням. Выбор понятий для изменения уровня производился экспертно.

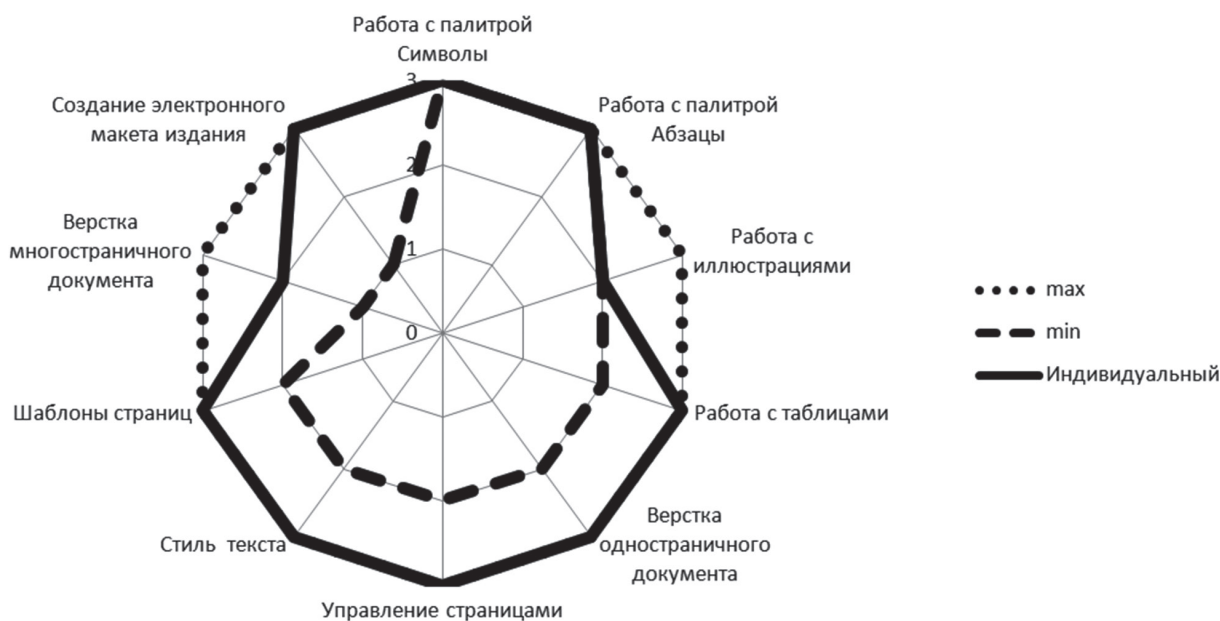
Для получения последовательности понятий, выбранных для освоения через назначение им уровня значимости больше нуля, был произведен обход графа. Использовался обход в глубину. В MS Excel для этого были применены возможности функции подстановки, макросы. Далее выбранные понятия были распределены по неделям обучения и был получен расчетный график изучения материалов учебной дисциплины.

3.5. Формирование индивидуального графика освоения контента

Для формирования индивидуального графика сравнивались фактические даты выполнения контрольных заданий с расчетными. При несовпадении срока более допустимого (одна неделя) производился новый расчет трудоемкости с учетом опоздания или опережения и выполнялось распределение остальных понятий по оставшимся неделям обучения. При несовпадении новой расчетной даты окончания курса

ПРАКТИКА	Уровень освоения плановый		Плановая дата 0	Плановая дата инд.	Опоздание (ввод вручную)	Опоздание, дней	Уровень освоения инд.
	max	min					
Работа с палитрой Символы	3	3	15.фев	15.фев		37	3
Работа с палитрой Абзацы	3	3	01.мар	21.мар	20	0	3
Работа с иллюстрациями	3	2	15.мар	25.мар		0	2
Работа с таблицами	3	2	29.мар	08.апр		0	3
Верстка одностраничного документа	3	2	05.апр	15.апр		0	3
Управление страницами в документе	3	2	19.апр	29.апр		0	3
Стиль текста	3	2	03.май	13.май		0	3
Шаблоны страниц	3	2	10.май	20.май		0	3
Верстка многостраничного документа	3	1	17.май	22.май		0	2
Создание электронного макета издания	3	1	24.май	29.май		0	3

а



б

Рис. 3. Нормативные (*min* и *max*) и индивидуальный (*Индивидуальный*) уровни освоения выполнения практических заданий:
а — в табличном виде; б — в виде диаграммы

с плановой датой производилось изменение уровней освоения для текущего или последующих понятий до тех пор, пока расчетная неделя окончания курса не совпадала с плановой. Решение об изменении уровня освоения понятия принималось экспертно. В разработанном программном модуле данные о фактических датах вносились на основе цифрового следа обучающегося в LMS Moodle.

В MS Excel для удобства принятия решений были использованы возможности условного форматирования, позволяющие визуализировать данные по разным правилам. На рисунке 3 приведен внешний вид нормативных и индивидуального графиков выполнения практических заданий для одной из учебных дисциплин.

Для согласования плановой даты окончания курса с расчетной пользователю нужно изменить уровни освоения для текущей темы или последующих (столбец «Уровень освоения индивидуальный»). Для удобства выбора выбрана цветовая сигнализация по принципу светофора: зелеными кружками обозначены темы с высоким уровнем освоения, которые в первую очередь предлагается понижать, желтые кружки — второй приоритет для понижения, красные — третий. При изменении уровней освоения поля окрашиваются в различные оттенки красного: слабый — уровень был понижен на 1, светло-красный — на 2, средний — на 3, ярко-красный — ниже минимального.

3.6. Результаты применения программного модуля

После подготовительной работы (разработки дерева понятий) для двух предметных областей с по-

мощью программного модуля была произведена генерация программ обучения по четырем дисциплинам:

- выделены понятия для изучения;
- произведены расчеты трудоемкости изучения выделенных понятий;
- составлена последовательность изучения выделенных понятий;
- произведено распределение выделенных понятий по неделям обучения.

То есть были получены графики освоения учебного материала.

Для оценки результатов по первым трем показателям (см. раздел 2.6 «Измеряемые показатели») — наличие и последовательность тем, разделов, модулей, их трудоемкость — было произведено сопоставление сгенерированных графиков с РПД. На рисунке 4 приведено сопоставление для одной из дисциплин.

Для получения обратной связи от обучающихся об их предпочтениях и о комфорте работы над учебным материалом в условиях с графиками разной трудоемкости проводился **опрос** в конце каждого семестра среди студентов экспериментальных групп. Результаты опроса были использованы для оценки четвертого показателя — предпочтения обучающихся. Из 83 студентов, участвовавших в опросе, 79 предпочли работать в условиях применения цикла практических заданий с различной трудоемкостью.

Для оценки пятого показателя — организация обучения — фиксировалось количество студентов в контрольных и экспериментальных группах, допущенных к промежуточной аттестации по дисциплине к началу сессии из числа приступивших к обучению (см. табл.).

Ввод текста в НИС	08.фев	История письменности.			
Применение правил набора в НИС	15.фев	История шрифтов.	2	01.фев	
Графический рисунок шрифта	22.фев	Шрифт	4	08.фев	15.фев
Кегль шрифта	22.фев	Издательско- полиграфическая			
Параметры символов	22.фев	система измерений	4	22.фев	01.мар
Ввод шрифтовых выделений	01.мар	Основные правила набора.			
Параметры абзацев	08.мар	Спецсимволы.	4	08.мар	15.мар
Ввод нешрифтовых выделений	15.мар	Редактирование.	2	22.мар	
Набор	22.мар	Выбор шрифтового			
Редактирование	29.мар	оформления издания.	2	29.мар	
Корректур	05.апр	Рубрикация	2	05.апр	
Размер бумаги (стандарты)	12.апр	Корректур текста.	2	12.апр	
Поля	19.апр	Форматы изданий, полосы			
Оформление текста	26.апр	набора, бумаги.	4	19.апр	26.апр
Заверстка иллюстраций	03.май	Поля на странице	2	03.май	
Заверстка таблиц	03.май	Особенности книжной			
Заверстка формул	03.май	композиции.	2	10.май	
формат полосы	03.май	Основные правила верстки.			
однородность текстового набора	10.май	Модульная система верстки.	4	17.май	24.май
Требования к верстке	17.май				
Возможности ПО для верстки	24.май				

а

б

Рис. 4. Сопоставление тем лекций сгенерированного графика (а) и в рабочей программе дисциплины (б)

Количество студентов, допущенных к промежуточной аттестации к началу сессии в результате эксперимента

Обучение	Контрольная группа			Экспериментальная группа		
	Всего, чел.	Допущено, чел.	Допущено, %	Всего, чел.	Допущено, чел.	Допущено, %
2017 осень	23	17	74	24	21	88
2018 весна	23	15	65	23	21	91
2018 осень	25	13	52	27	26	96
2019 весна	25	14	56	25	25	100
2019 осень	18	10	56	18	17	94
2020 весна	18	11	61	17	17	100

4. Обсуждение результатов

Целью исследований, результаты которых показаны в этой статье, было получить возможность генерировать индивидуальные графики освоения учебного материала с учетом когнитивных и физических особенностей обучающихся, а также с учетом индивидуальных особенностей организации процесса обучения в условиях фиксированного времени обучения, что характерно для вузов.

Для учета особенностей обучающихся был введен новый параметр персонализации — *темп деятельности*. Достоинства этого параметра:

- комплексность — не требуется проводить тестирование когнитивных и физических способностей обучающихся, а также оценивать организацию деятельности обучающегося с учебными материалами. Все названные особенности влияют на скорость выполнения заданий обучающимся;
- простое измерение — достаточно иметь плановые и фактические даты выполнения контрольных заданий. Фактические даты в режиме реального времени доступны в электронной обучающей системе.

Также для составления графика необходимо оперативно выявлять сумму понятий, достаточную для освоения предметной области для будущей профессиональной деятельности. С этой целью создается дерево понятий предметной области и вносится в электронную среду. Далее дерево «стрижется», в электронной среде это производится посредством присвоения элементам дерева желаемых уровней освоения. Производится расчет трудоемкости освоения выделенного таким образом поддерева. Для приведения в соответствие расчетной трудоемкости и выделенного для обучения времени по учебному плану изменяются уровни освоения некоторых понятий. В результате получается *расчетный (нормативный)* график.

Расчет *индивидуального* графика производится в случае несовпадения фактической даты выполнения контрольного задания с плановой. Индивидуальный график рассчитывается по тому же алгоритму,

что и нормативный, с той разницей, что в расчет берутся оставшееся до конца обучения время и неосвоенные понятия.

Созданный в MS Excel программный модуль позволяет рассчитать индивидуальный график. На рисунке 3 представлен пример такого расчета для цикла практических заданий. Первая часть программного модуля на основе графа понятий предметной области создает список понятий, далее произведен расчет трудоемкости этих понятий, работы распределены по неделям. При вводе фактической даты выполнения работы модуль рассчитывает новые даты с учетом опоздания или опережения. При необходимости не выходить за пределы даты окончания обучения пользователь (преподаватель) меняет требования к уровню освоения текущей или последующих работ.

Для оценки применимости для учебного процесса в вузе предлагаемой методики формирования индивидуального графика были сначала оценены результаты формирования списка изучаемых понятий (см. рис. 4). На рисунке линиями показаны соответствия понятий из сгенерированного списка темам занятий из РПД. Видно, что некоторые понятия в текущей программе не изучаются и есть понятия в текущей РПД, не включенные в расчетный график. В большинстве своем (14 элементов из 17) сгенерированная последовательность понятий совпадает с фактической.

Анализ группировки понятий по датам дает более полное представление содержания занятия, что, по мнению автора, облегчает планирование занятия для преподавателя. В целом расчетные графики работы по четырем дисциплинам учебного плана по направлению обучения «Информационные системы и технологии», специализации «Информационные системы в медиаиндустрии» соответствуют целям обучения.

Анализируя результаты опроса обучающихся об их предпочтениях — работать по общему графику или с графиками различной трудоемкости, — можно увидеть, что 95 % предпочитают гибкие графики. По отзывам, это дает возможность обучающимся планировать распределение своих усилий при освоении учебного материала в зависимости от их индивидуальных целей и предпочтений.

Результаты, представленные в таблице, также показывают положительное влияние предлагаемого подхода на организацию работы студентов в течение семестра. Обучающиеся равномерно распределяют свои усилия, либо, при выборе менее трудоемкого графика, успевают к началу сессии выполнить выбранный объем.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что предлагаемая методика формирования индивидуального графика дает положительные результаты в организации работы обучающихся в течение семестра, помогает преподавателю планировать занятия, положительно воспринимается обучающимися.

Реализация программного модуля в MS Excel демонстрирует возможность разработки модуля персонализированного обучения в электронной среде. В созданной разработке не ставилась цель реализовать обработку цифрового следа обучающегося в ЭОС для автоматизации ввода фактических дат выполнения заданий. На текущем этапе экспериментов программный модуль применяется для создания динамически изменяющегося индивидуального графика для экспериментальной группы из пяти обучающихся. Положительные результаты, полученные при формировании программы обучения для дисциплин профессионального блока учебного плана, позволяющие начать эксперимент для дисциплин общепрофессионального блока.

Перспективы использования результатов представленного исследования видятся в том, что при условии построения дерева понятий для каждой предметной области дисциплин учебного плана можно рассчитывать индивидуальную траекторию не только в рамках одной учебной дисциплины, а для всего курса обучения. Так как ресурс времени, отведенный на обучение, конечен, то обучающиеся смогут более целенаправленно распределять свои усилия. Еще на ранних этапах освоения специальности такая экспертная система позволит обучающимся получать рекомендации о том, на какие дисциплины или модули нужно обратить особое внимание. Это позволит заранее получить достаточную подготовку для освоения ключевых дисциплин для достижения поставленных целей обучения. Также появляется возможность планировать индивидуальное обучение при необходимости получать дополнительные квалификации в тех или иных областях, так как дерево понятий соответствующей предметной области содержит необходимую информацию для составления локальной программы обучения.

5. Выводы

В представленном исследовании описана программная реализация формирования индивидуального графика освоения учебных материалов в MS Excel. Модуль содержит три подмодуля:

- формирование списка изучаемых понятий;
- расчет нормативного графика освоения запланированного контента;
- расчет индивидуального графика.

Список изучаемых понятий составляется на основе дерева понятий предметной области. Для выделения поддерева используется подход с присвоением элементам дерева желаемых уровней освоения понятий на основе разработанной шкалы уровней освоения. Общая трудоемкость освоения выделенных понятий предметной области рассчитывается как сумма трудоемкостей отдельных понятий. Трудоемкость освоения понятия рассчитывается как сумма времени на восприятие понятия и времени на установление связей с подпонятиями. Сложность понятия характеризуется количеством подпонятий. Также время на установление связей с подпонятиями зависит от требуемого уровня освоения. Сгенерированная последовательность понятий и расчетная трудоемкость их освоения составляют плановый график. Индивидуальный график рассчитывается в случае, если плановая дата выполнения задания не совпадает с фактической.

Результаты эксперимента, проводимого на основе расчетов с помощью созданного программного модуля, показывают применимость предлагаемых решений в организации учебного процесса для профессиональных дисциплин учебного плана. Особенность структуры дерева понятий состоит в том, что производится декомпозиция профессиональной деятельности в изучаемой предметной области. Исследуется применимость решений для общепрофессиональных дисциплин, в которых модель предметной области не сосредоточена в рамках отдельного предприятия и структура дерева понятий строится на основе декомпозиции видов выполняемых работ. Также планируется провести исследование возможности применения предложенных решений для дисциплин, предметная область которых не является производственной сферой и в которых для создания модели предметной области используется декомпозиция основных разделов знаний.

Список использованных источников

1. Grigoriev S. G., Mishota I. Yu. Digital University: An actual paradigm of the education informatization // Modern management trends and the digital economy: from regional development to global economic growth. Proc. 1st Int. Scientific Conf. Ekaterinburg: Atlantis Press, 2019. P. 634–637. DOI: 10.2991/mtde-19.2019.128
2. Deschênes M. Recommender systems to support learners' Agency in a Learning Context: a systematic review // International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2020. Vol. 17. No. 50. DOI: 10.1186/s41239-020-00219-w
3. Chen C.-M. Ontology-based concept map for planning a personalised learning path // British Journal of Educational Technology. 2009. Vol. 40. Is. 6. P. 1028–1058. DOI: 10.1111/j.1467-8535.2008.00892.x
4. Khamparia A., Pandey B. SVM and PCA based learning feature classification approaches for E-learning system // International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies. 2018. Vol. 13. Is. 2. Article 3. P. 32–45. DOI: 10.4018/IJWLTT.2018040103
5. Klačnja-Milićević A., Ivanović M., Nanopoulos A. Recommender systems in e-learning environments: A survey of the state-of-the-art and possible extensions // Artificial Intelligence Review. 2015. Vol. 44. Is. 4. P. 571–604. DOI: 10.1007/s10462-015-9440-z

6. Khenissi M. A., Essalmi F., Jemni M., Kinshuk, Chang T.-W., Chen N.-S. Unobtrusive monitoring of learners' interactions with educational games for measuring their working memory capacity // *British Journal of Educational Technology*. 2017. Vol. 48. Is. 2. P. 224–245. DOI: 10.1111/bjet.12445

7. Essalmi F., Ayed L. J. B., Jemni M., Kinshuk, Graf S. A fully personalization strategy of E-learning scenarios // *Computers in Human Behavior*. 2010. Vol. 26. Is. 4. P. 581–591. DOI: 10.1016/j.chb.2009.12.010

8. Tsortanidou X., Karagiannidis C., Koumpis A. Adaptive educational hypermedia systems based on learning styles: the case of adaptation rules // *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2017. Vol. 12. No. 5. P. 150–168. DOI: 10.3991/ijet.v12i05.6967

9. Аникеева М. А. Методика расчета времени для освоения учебного материала // *International Journal of Advanced Studies*. 2018. Т. 8. № 2. С. 74–90. DOI: 10.12731/2227-930X-2018-2-74-90

10. Атанов Г. А., Пустынникова И. Н. Обучение и искусственный интеллект, или Основы современной дидактики высшей школы. Донецк: ДОУ, 2002. 504 с.

11. Шадрин В. Д. Психология деятельности человека. М.: Институт психологии РАН, 2013. 464 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=23734352>

12. Wikhamn B. R. Challenges of adopting constructive alignment in action learning education // *Action Learning: Research and Practice*. 2017. Vol. 14. Is. 1. P. 18–28. DOI: 10.1080/14767333.2016.1251880

13. Аникеева М. А. Структурирование понятий предметной области по дисциплине «Допечатные процессы» //

Информатизация образования и методика электронного обучения. Материалы I международной научной конференции в рамках IV международного научно-образовательного форума «Человек, семья и общество: история и перспективы развития». Красноярск: СФУ, 2016. С. 162–166.

14. Новиков А. И. Семантика текста и ее формализация. М.: Наука, 1983. 216 с.

15. Красных В. В. Основы психолингвистики и теории коммуникации. М.: Гнозис, 2001. 270 с.

16. Мизинцев В. П., Моисеев В. В. «Зачетная единица» и проблема ГОС // *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ*. 2009. № 6. С. 28–33. <https://elibrary.ru/item.asp?id=13039686>

17. Карпенко М. П. Проблема измерения знаний и образовательные технологии // *Труды СГУ*. 1999. Т. 10. С. 14–19. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41859415>

18. Тазетдинов А. Д. Технология структурирования и визуализации учебной информации в репетиторских системах // *Информационно-управляющие системы*. 2009. № 1. С. 60–65. <http://www.i-us.ru/index.php/ius/article/view/14817>

19. Paramythis A., Loidl-Reisinger S. Adaptive learning environments and e-Learning standards // *Electronic Journal of e-Learning*. 2004. Vol. 2. No. 1. P. 181–194. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1099144>

20. Виленский М. Я., Образцов П. И., Уман А. И. Технологии профессионально-ориентированного обучения в высшей школе. М.: Педагогическое общество России, 2005. 192 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23114028>

21. Норман Д. А. Память и научение. М.: Мир, 1985. 160 с.

DEVELOPMENT OF A MODULE FOR CALCULATING AN INDIVIDUAL SCHEDULE FOR MASTERING THE MATERIALS OF AN ACADEMIC DISCIPLINE

M. A. Anikieva¹

¹ *Siberian Federal University*

660041, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny prospect, 79

Abstract

The article presents the practical implementation of the module for calculating the individual schedule for mastering the materials of an academic discipline by students. The aim of the study was to calculate the complexity of the learner's assimilation of the concepts of the studied subject area, correlate the calculated data with the actual ones and establish the applicability of the proposed methodology for calculating an individual schedule for mastering educational materials for planning the educational process. The generation of the sum of concepts for mastering was carried out on the basis of the concept tree of the subject area. The labor intensity of mastering an academic discipline is considered as the sum of the complexity of each concept. The calculation of the labour intensity of the concept was carried out taking into account the time of perception of information by students, the complexity of the concept and taking into account the type of activity.

As a result, a program implementation of the algorithm for forming an individual schedule for mastering the materials of an academic discipline was made, the labor intensity of mastering each concept was calculated and the total labor intensity of mastering an academic discipline was obtained. When comparing the estimated labor intensity with the actual one, it was established that the difference is not more than 10 %. The generated sequence of concepts for study is sufficient to achieve the goals of training students in the direction of "Information systems and technologies".

The presented results are of direct practical importance and can be used to plan a training course and to build a dynamically changing individual schedule for mastering the materials of an academic discipline, taking into account the cognitive and physical characteristics of students, as well as taking into account the peculiarities of the organization of the learning process.

Keywords: individual schedule, personalized training, labor intensity of training.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-5-35-45

For citation:

Anikieva M. A. Razrabotka modulya rascheta individual'nogo grafika osvoeniya materialov uchebnoj distsipliny [Development of a module for calculating an individual schedule for mastering the materials of an academic discipline]. *Informatika i obrazovanie — Informatics and Education*, 2021, no. 5, p. 35–45. (In Russian.)

Received: March 24, 2021.

Accepted: May 18, 2021.

About the author

Marina A. Anikieva, Senior Lecturer at the Department of Artificial Intelligence Systems, Institute of Space and Information Technologies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; MANikieva@sfu-kras.ru; ORCID: 0000-0001-8155-5902

References

1. Grigoriev S. G., Mishota I. Yu. Digital University: An actual paradigm of the education informatization. *Modern management trends and the digital economy: From regional development to global economic growth. Proc. 1st Int. Scientific Conf.* Ekaterinburg, Atlantis Press, 2019, p. 634–637. DOI: 10.2991/mtde-19.2019.128
2. Deschênes M. Recommender systems to support learners' Agency in a Learning Context: a systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 2020, vol. 17, no. 50. DOI: 10.1186/s41239-020-00219-w
3. Chen C.-M. Ontology-based concept map for planning a personalised learning path. *British Journal of Educational Technology*, 2009, vol. 40, is. 6, p. 1028–1058. DOI: 10.1111/j.1467-8535.2008.00892.x
4. Khamparia A., Pandey B. SVM and PCA based learning feature classification approaches for E-learning system. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 2018, vol. 13, is. 2, article 3, p. 32–45. DOI: 10.4018/IJWLTT.2018040103
5. Klačnja-Miličević A., Ivanović M., Nanopoulos A. Recommender systems in e-learning environments: A survey of the state-of-the-art and possible extensions. *Artificial Intelligence Review*, 2015, vol. 44, is. 4, p. 571–604. DOI: 10.1007/s10462-015-9440-z
6. Khenissi M. A., Essalmi F., Jemni M., Kinshuk, Chang T.-W., Chen N.-S. Unobtrusive monitoring of learners' interactions with educational games for measuring their working memory capacity. *British Journal of Educational Technology*, 2017, vol. 48, is. 2, p. 224–245. DOI: 10.1111/bjet.12445
7. Essalmi F., Ayed L. J. B., Jemni M., Kinshuk, Graf S. A fully personalization strategy of E-learning scenarios. *Computers in Human Behavior*, 2010, vol. 26, is. 4, p. 581–591. DOI: 10.1016/j.chb.2009.12.010
8. Tsortanidou X., Karagiannidis C., Koumpis A. Adaptive educational hypermedia systems based on learning styles: the case of adaptation rules. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 2017, vol. 12, no. 5, p. 150–168. DOI: 10.3991/ijet.v12i05.6967
9. Anikieva M. A. Metodika rascheta vremeni dlya osvoeniya uchebnogo materiala [Methods of time calculation for learning the educational material]. *International Journal of Advanced Studies*, 2018, vol. 8, no. 2, p. 74–90. (In Russian.) DOI: 10.12731/2227-930X-2018-2-74-90
10. Atanov G. A., Pustynnikova I. N. Obuchenie i iskusstvennyy intellekt, ili Osnovy sovremennoj didaktiki vysshej shkoly [Training and artificial intelligence, or the basics of modern higher school didactics]. Donetsk: DOW, 2002. 504 p. (In Russian.)
11. Shadrikov V. D. Psikhologiya deyatel'nosti cheloveka [Psychology of human being activity]. Moscow, Institut psikhologii RAN, 2013. 464 p. (In Russian.)
12. Wikhamn B. R. Challenges of adopting constructive alignment in action learning education. *Action Learning: Research and Practice*, 2017, vol. 14, is. 1, p. 18–28. DOI: 10.1080/14767333.2016.1251880
13. Anikieva M. A. Strukturirovanie ponyatij predmetnoj oblasti po distsipline "Dopechatnye protsessy" [Structuring the concepts of the subject area in the discipline "Prepress processes"]. *Informatizatsiya obrazovaniya i metodika ehlektronnogo obucheniya. Materialy I mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii v ramkakh IV mezhdunarodnogo nauchno-obrazovatel'nogo foruma "Chelovek, sem'ya i obshchestvo: istoriya i perspektivy razvitiya" [Informatization of education and e-learning methodology. Proc. I int. scientific conf. in the framework of the IV int. scientific and educational forum "Man, family and society: history and development prospects"]*. Krasnoyarsk, SFU, 2016, p. 162–166. (In Russian.)
14. Novikov A. I. Semantika teksta i ee formalizatsiya [Semantics of the text and its formalization]. Moscow, Nauka, 1983. 216 p. (In Russian.)
15. Krasnykh V. V. Osnovy psikholingvistiki i teorii kommunikatsii [Fundamentals of psycholinguistics and communication theory]. Moscow, Gnosis, 2001. 270 p. (In Russian.)
16. Mizintsev V. P., Moiseev V. V. "Zachetnaya edinita" i problema GOS ["Test unit" and a problem of the state educational standard]. *Vestnik FGOU VPO MGAU — Bulletin of FGOU VPO MGAU*, 2009, no. 6, p. 28–33. (In Russian.)
17. Karpenko M. P. Problema izmereniya znaniy i obrazovatel'nye tekhnologii [The problem of measuring knowledge and educational technologies]. *Trudy SGU — SSU Proceedings*, 1999, vol. 10, p. 14–19. (In Russian.)
18. Tazetdinov A. D. Tekhnologiya strukturirovaniya i vizualizatsii uchebnoj informatsii v repetitorskikh sistemakh [Technology of structuring and visualization of educational information in tutoring systems]. *Informatsionno-upravlyayushhie sistemy — Information and Control Systems*, 2009, no. 1, p. 60–65. (In Russian.) Available at: <http://www.i-us.ru/index.php/ius/article/view/14817>
19. Paramythis A., Loidl-Reisinger S. Adaptive learning environments and e-Learning standards. *Electronic Journal of e-Learning*, 2004, vol. 2, no. 1, p. 181–194. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1099144>
20. Vilensky M. Ya., Obratsov P. I., Uman A. I. Tekhnologii professional'no-orientirovannogo obucheniya v vysshej shkole [Technology for vocational education in higher education]. Moscow, Pedagogical Society of Russia, 2005. 192 p. (In Russian.)
21. Norman D. A. Pamyat' i nauchenie [Memory and learning]. Moscow, Mir, 1985. 160 p. (In Russian.)

ПОДПИСКА

Журнал «Информатика и образование»

Индекс подписки

на 2-е полугодие 2021 года

(«АРЗИ» — Агентство по распространению зарубежных изданий)

70423

Периодичность выхода: 5 номеров в полугодие (в июле не выходит)

Редакционная стоимость — 500 руб.