

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО МАРШРУТА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЗАДАНИЙ НА ТРЕНИРОВКУ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ ПО СОСТАВЛЕНИЮ SQL-ЗАПРОСОВ*

Говоров А. И., Говорова М. М., СлиZENь Е. В., Валитова Ю. О., Иванов С. Е.

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,
механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

В статье обосновывается значимость формирования индивидуальных образовательных маршрутов обучающихся как фактора, влияющего на результативность обучения и способность специалиста развивать умения в профессиональной деятельности.

Обоснована целесообразность применения компьютерных тренажеров при практико-ориентированном обучении, в частности при обучении технологиям баз данных, так как существующие открытые образовательные онлайн-курсы не всегда обеспечивают полноценные условия для формирования устойчивых практических умений решения типовых профессиональных задач.

В работе предложен метод построения индивидуального образовательного маршрута при прохождении заданий на тренировку профессиональных умений по составлению SQL-запросов, в рамках которого описаны модели задания и обучающегося. На основе предложенных моделей модифицирован алгоритм А* и описаны условия его применения для построения оптимального индивидуального образовательного маршрута.

На основе результатов теоретического исследования реализован компьютерный тренажер для тренировки профессиональных умений написания SQL-запросов с применением метода построения индивидуальных образовательных маршрутов обучения при прохождении заданий на тренировку профессиональных умений написания SQL-запросов и средств геймификации и игровых технологий.

Проведено опробование результатов. На основании анализа результатов сделан вывод о целесообразности использования предложенного метода и алгоритмов, реализованных в компьютерном тренажере.

Ключевые слова: электронное обучение, индивидуальные образовательные маршруты, поиск пути в графе, компьютерный тренажёр.

Цитирование: Говоров А. И., Говорова М. М., СлиZENь Е. В., Валитова Ю. О., Иванов С. Е. Метод построения индивидуального образовательного маршрута при прохождении заданий на тренировку профессиональных умений по составлению SQL-запросов // Компьютерные инструменты в образовании. 2018. № 4. С. 45–62.

* Работа подготовлена в ходе реализации проекта в рамках Постановления Правительства РФ от 09.04.2010 г. № 218 при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Договор № 03.G25.31.0247 от 28.04.2017 г.)

ВВЕДЕНИЕ

В XXI веке в условиях цифровой экономики и необходимости ведения производственных процессов в электронном виде широкое распространение получают системы автоматизации и управления технологическими процессами и производствами. В процессе работы подобных систем используются базы данных, хранящие основной объем накопленной информации и требующие обслуживания специалистами, обладающими высокой квалификацией [1, 2].

Поскольку таких специалистов должно быть достаточное количество для сопровождения всех процессов на предприятии и они, в свою очередь, совмещают свои базовые трудовые функции со взаимодействием с базой данных, курсы подготовки, переподготовки и повышения квалификации для таких сотрудников должны быть максимально емкими. Таким образом, можно сказать о том, что одной из задач, на решение которых направлены подобные курсы, является обучение работе с базами данных и, в частности, отработка умений составления SQL-запросов.

Существенным недостатком образовательных ресурсов для обучения технологиям баз данных является невозможность изменения преподавателями учебной программы курса или его контента, что не позволяет им в полной мере индивидуализировать процесс обучения [3]. Вместе с тем индивидуализация обучения для сотрудников организации является наиболее важным требованием к образовательным ресурсам, так как у каждого из сотрудников уже имеется определенный набор знаний и умений [4]. Это приводит к необходимости обучать таких специалистов без отрыва от производства, за короткое время и при минимальном участии преподавателя [5, 6].

Следовательно, решением проблемы недостатка средств, позволяющих обучать персонал работе с базами данных, должны стать новые подходы к построению компьютерного тренажера, способного автоматизированно тренировать профессиональные умения по составлению SQL-запросов, мотивировать эту деятельность и позволять преподавателю индивидуализировать процесс обучения.

Цель работы: разработка метода построения индивидуальных образовательных маршрутов при выполнении практических заданий с целью тренировки профессиональных умений по составлению SQL-запросов.

Задачи:

1. Показать важность формирования индивидуальных маршрутов обучения как фактора, влияющего на результативность обучения.
2. Показать важность разработки учебных компьютерных тренажеров для обучения технологиям баз данных.
3. Разработать модель построения индивидуальных образовательных маршрутов.
4. Разработать и опробовать тренажер для тренировки профессиональных умений по составлению SQL-запросов с использованием предложенного метода.
5. Провести анализ результатов исследования.

1. ФОРМИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ ОБУЧЕНИЯ КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ОБУЧЕНИЯ

Индивидуализация процесса обучения — актуальное направление развития образовательных технологий, позволяющее повысить эффективность обучения. Применение индивидуального подхода при обучении предоставляет обучающемуся возможность осмысления учебных действий, открывая возможность выбора с учетом личных

смыслов в учебном процессе, а также формирования собственного образовательного маршрута. При формировании маршрута обучения обучающийся может видеть свои перспективы, что может положительно отразиться на результатах обучения [7].

Проблемой индивидуализации процесса обучения занималось большое количество как российских, так и зарубежных исследователей (Шапошникова Н. Ю., Ковалева Т. М., Щедрина Е. В., Марсова С. Е., Петрунева Р. М., Сиволапова А. К., Гильмулина Т. П., Шепель Э. В., Tarasyev A. A., Agarkov G. A., Camilo A. Ospina Acosta, Koksharov V. A., Kurilovas E., Jaemu Lee, Du-Gyu Kim, Yuwen Zhou, Chun Fu Lin, Усманова Ф. К. и др.).

О важности использования индивидуальных образовательных траекторий и маршрутов говорят многие исследователи (Марсова С. Е., Петрунева Р. М., Сиволапова А. К., Гильмулина Т. П., Шепель Э. В.). Основываясь на проведенных этими авторами исследованиях, можно выделить три уровня индивидуализации процесса обучения: определение индивидуальной образовательной программы, проработывание в ней образовательных траекторий и маршрутов, их изменение согласно поведению обучающегося и корректирование выбранного пути. В частности Шапошникова Н. Ю. [8] определяет индивидуальный образовательный маршрут как «заранее намеченный им самим [обучающимся] путь на основе созданной ранее индивидуальной образовательной программы; в маршруте четко определены временные и образовательные критерии, а также этапность обучения; его построение происходит при осуществлении наставником педагогической поддержки». В настоящей работе данное определение индивидуального образовательного маршрута взято за основу исследования.

Многие авторы предлагают использовать методы построения образовательных траекторий на основе методов обработки графов [9–12]. Исследователи полагают, что «применение теории графов при проектировании образовательной траектории позволяет создать ее адекватную модель и использовать соответствующие алгоритмы для ее эффективного проектирования» [9].

Авторы статьи [13] разрабатывали подход, основанный на модели нечеткой логики на основе алгоритма Е. Мамдани, а в работе [14] представлены результаты исследования, проведенного в процессе индивидуализации обучения с внедрением индивидуальных траекторий и основанного на методе искусственного интеллекта.

Проведенное исследование [15] показывает, что использование индивидуальных образовательных маршрутов в обучении эффективно. Таким образом, можно сделать вывод, что построение индивидуального образовательного маршрута имеет особую значимость, так как развивает умения самостоятельной познавательной деятельности, что в будущем позволит обучающемуся «в случае необходимости самостоятельно овладевать новыми знаниями, развивать новые умения в профессиональной деятельности на протяжении всей жизни» [16].

Несмотря на большое количество исследований, посвященных проблеме формирования индивидуальных образовательных маршрутов, единого подхода к технологии решения этой проблемы не существует. Проблема каждый раз решается исходя из особенностей стоящей перед исследователем задачи и специфики предметной области.

2. РАЗРАБОТКА УЧЕБНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЯМ БАЗ ДАННЫХ

На сегодняшний день различные образовательные платформы предоставляют возможности изучения дистанционных курсов по базам данных. Такие курсы, как правило,

строятся по схеме «теоретический модуль — аттестующий модуль». Некоторые из них имеют тренировочную тестовую часть, состоящую из одного-двух заданий, привязанных к лекционному материалу, и в таких курсах, соответственно, не всегда обеспечиваются полноценные условия для формирования устойчивых практических умений для решения типовых профессиональных задач.

В отличие от массовых онлайн-курсов использование в образовательном процессе учебных тренажеров позволяет преподавателю определить четкую практико-ориентированность учебного процесса, индивидуализировать образовательную траекторию обучающегося, корректировать содержание курса, развивать умения самостоятельной работы, что повышает эффективность обучения и мотивацию обучающихся [17]. Именно поэтому наиболее эффективным средством, позволяющим формировать профессиональные умения по составлению SQL-запросов, можно считать компьютерный учебный тренажер. Это связано с тем, что при изучении языка SQL обучающемуся необходимо многократно выполнять типовые задания, при этом видеть результат своей работы и корректировать его в случае необходимости. Компьютерные тренажеры могут использоваться как в процессе обучения, так и при оценке сформированности профессиональных умений.

Тренажер, в широком смысле, — это комплекс, система моделирования и симуляции, компьютерные и физические модели, специальные методики, создаваемые для того, чтобы подготовить личность к принятию качественных и быстрых решений [18, 19]. Проблемой разработки тренажеров занималось большое количество исследователей (Сергеев С. Ф. [20], Белов В. В. [21], Фомина И. К. [22], Никулина Т. В. [23], Матлин А. О. [24]).

В образовании тренажер определяется Векслером В. А. и Рейделем Л. Б. [18] как средство обучения, которое, по условиям выполнения психологических и дидактических требований, должно иметь три принципиальные и необходимо важные части: конструктивную, модельную и дидактическую. При этом подразумевается, что дидактическая часть может как контролироваться преподавателем, так и быть автоматизированной.

Можно выделить следующие преимущества применения тренажеров в образовании: при работе с тренажерами обучающийся имеет возможность устанавливать темп работы и управлять учебным процессом; сокращается время усвоения умений при увеличении количества тренировочных заданий; в процессе достигается дифференциация по уровням; у обучающегося повышается мотивация учебной деятельности. Гиниятов И. Г. подчеркивает то, что тренажеры дают обучающимся именно «процедуральные знания», а не «декларированные», которые содержатся в справочниках или учебниках [25].

В свою очередь компьютерные тренажеры занимают в классификации тренажеров особое место благодаря тому, что в них все три части (конструктивная, модельная, дидактическая) реализованы с помощью программных средств. Иными словами, компьютерные тренажеры представляют собой программу для выработки определенных умений или навыков, которая выполняет необходимые функции преподавателя.

Таким образом, при разработке компьютерного тренажера необходимо решить следующие задачи:

- создать автоматическую генерацию или выбор преподавателем последовательности однотипных заданий для лучшей отработки профессиональных умений по определенной теме;
- обеспечить анализ успеваемости обучающегося в рамках работы с тренажером;
- индивидуализировать процесс прохождения образовательного маршрута в

- соответствии с различными профессиональными умениями по составлению SQL-запросов;
- обеспечить в тренажере средства мотивации для повышения эффективности обучения.

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что разработка учебных тренажеров, способных расширить возможности тренировки практических умений в процессе обучения технологиям баз данных, — актуальная проблема.

3. МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МАРШРУТОВ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАНИЙ НА ТРЕНИРОВКУ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ НАПИСАНИЯ SQL-ЗАПРОСОВ

Задачу построения индивидуального маршрута для обучающихся при изучении курса можно сопоставить с задачей нахождения кратчайшего пути между вершинами графа. Задача о кратчайшем пути – задача поиска самого короткого пути (цепи) между двумя точками (вершинами) на графе, в которой минимизируется сумма весов рёбер, составляющих путь. Задача о кратчайшем пути является одной из важнейших классических задач теории графов [26–28]. С целью выбора алгоритма для нахождения образовательного маршрута рассмотрен алгоритм A^* [10, 29, 30].

Учебный курс состоит из тем, каждая из которых содержит комплекты по 3 задания. В комплектах одной темы хранятся задания различной сложности с уровнем от 1 до 5. Общая сложность заданий в комплекте обозначена как CP (Complexity of the task). Комплект формируется из заданий, следовательно, его сложность равна сумме сложностей всех заданий в нем. В одной теме возможно наличие комплектов разной степени сложности. В зависимости от сложности выполненных заданий обучающийся получает оценку за весь курс. Преподавателем указывается фокусная оценка, на которую претендует обучающийся, — MK (Minimum knowledge level). Алгоритм должен строить маршрут между заданиями с учетом общей сложности заданий в нем для достижения фокусного уровня умений. Алгоритм адаптирует индивидуальный образовательный маршрут в случае, если обучающийся не справляется с выданными ему заданиями.

В контексте поставленной задачи при реализации алгоритмов поиска путей в графе модель прохождения курса можно описать взвешенным ориентированным графом $G(V, E)$, в котором:

- $V = \{v_i\}$ — множество вершин или узлов, каждые из которых соответствует комплекту из трех учебных заданий по определенной теме, $i = \overline{1, h}$, h — количество комплектов заданий по всем учебным темам курса;
- $E = \{(v_1, v_2), (v_2, v_3)\}$ — множество пар вершин, называемых ребрами (рис. 1).

Весы ребер имеют следующие значения: 1 — вес ребра, определяемого вершинами, соответствующими комплектам заданий одной темы; 2 — вес ребра, определяемого вершинами, соответствующими комплектам заданий темы и подтемы; 3 — вес ребра, определяемого вершинами, соответствующими комплектам заданий данной темы и следующей темы.

Весы ребер между вершинами одной темы равны 1. Весы ребер от вершин текущей темы к вершинам последующей темы равны 3. Весы ребер от вершин тем к вершинам их подтем равны 2.

Описание того, как составляются комплекты, представлено в пункте 3.2. Комплекты имеют следующие уровни сложности:

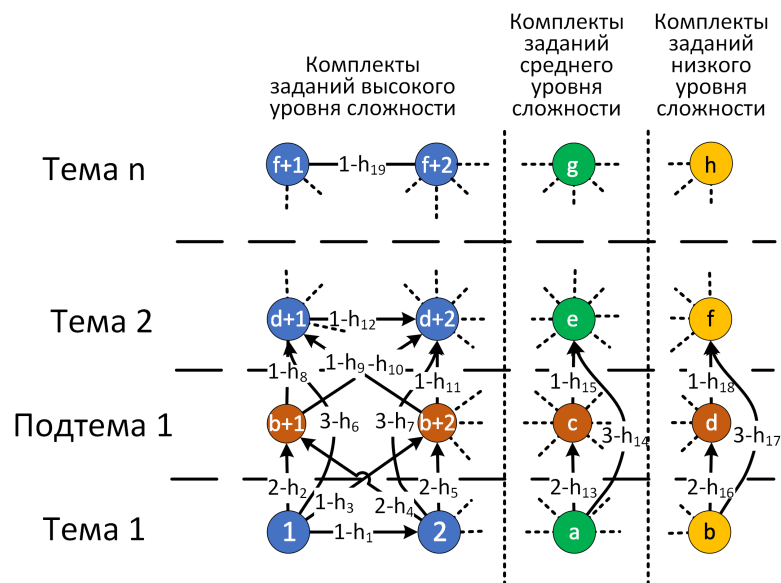


Рис. 1. Модель прохождения курса

- 1) 3–5 баллов в сумме за задания в комплекте — задания на оценку 3 (желтые вершины на графе);
- 2) 6–10 баллов в сумме за задания в комплекте — задания на оценку 4 (зеленые вершины на графе);
- 3) 11–15 баллов в сумме за задания в комплекте — задания на оценку 5 (синие вершины на графе).

Для определенных тем предполагается наличие подтем. Подтемы включают набор заданий, которые обязан выполнить обучающийся, если он не набрал определенного порога в баллах при выполнении основного комплекта заданий темы.

Если обучающийся выполнил все задания из комплекта, он переходит к следующей теме. Если обучающийся выполнил два задания из трех и претендует на оценку 3 или 4, он также переходит к заданиям следующей темы, но если он претендует на оценку 5, ему придется выполнить комплект заданий из подтемы прежде, чем приступить к новой теме.

Текущая успеваемость в рамках курса выражена в виде процента от заданий, которые обучающийся мог бы выполнить, если бы идеально проходил все задания.

3.1. Построение моделей учебных объектов

В качестве учебных объектов рассматриваются обучающийся и учебное задание. Анализ предметной области позволяет выделить следующие параметры моделей учебных объектов.

Для учебного задания:

1. ct (*Complexity of the task*) — сложность заданий, $ct_i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$, $i = \overline{1, n}$, n — количество заданий в курсе. Сложность указывается преподавателем при создании учебного задания;
2. Степень отношения (принадлежности) заданий темам в рамках курса можно представить в виде матрицы $T_{n \times m} = \{t_{ij}\}$; $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$ (формула 1):

$$T_{n \times m} = \begin{bmatrix} t_{11} & \dots & t_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1} & \dots & t_{nm} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

где T (*Task list*) — матрица принадлежности заданий к темам размерности $m \times n$;

t_{ij} — степень соответствия задания i теме j , $0 \leq t_{ij} \leq 1$; $\sum_{j=1}^m t_{ij} = 1$; $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$;

n — количество заданий в курсе;

m — количество тем.

Для обучающегося:

1. mk (*Minimum knowledge level*) — средний целевой минимальный уровень знаний, необходимый обучающемуся ($0,6 \leq mk \leq 1$).
2. RIT (*Results of input testing*) = $[rit_1, rit_2, \dots, rit_m]$ — массив результатов входного тестирования обучающегося, отражающий степень освоения тем ($0 \leq rit_i \leq 1$, $i = \overline{1, m}$).
3. LT (*Level of knowledge on academic topics*) = $[lt_1, lt_2, \dots, lt_m]$ — степень покрытия темы ($lt_q \in (0; 1]$, $q = \overline{1, m}$). Значение lt_q для темы q определяется формулой (2):

$$lt_q = \frac{\sum_{i=1}^u (a_i \cdot c_i)}{5u} + \sum_{j=q+1}^m \frac{\sum_{i=1}^{e_j} (b_k \cdot d_k)}{5e_j}. \quad (2)$$

где u — количество заданий в комплекте, $u = 3$;

q — номер темы, $q = \overline{1, m}$;

a_i — степень отношения i -ого задания к теме из комплекта текущей темы q ,

$a_i \in \{t_{pq}\}$, $p = \overline{1, n}$;

c_i — сложность задания a_i , $c_i \in \{ct_p\}$, $p = \overline{1, n}$;

e_j — количество заданий комплекта темы j , соответствующих теме q , $e_j \in \{1, 2, 3\}$;

b_k — степень отношения k -ого задания в комплекте темы j теме q , $j = q + 1, m$;

$k = \overline{1, e_j}$, $b_k \in \{t_{pq}\}$, $p = \overline{1, n}$;

d_k — сложность задания b_k , $d_k \in \{ct_p\}$, $p = \overline{1, n}$;

$a_i \neq b_k$, $i = \overline{1, 3}$

Для последней темы курса второе слагаемое в формуле (2) обнуляется.

4. PT (*Priority Topics*) = $[pt_1, pt_2, \dots, pt_m]$ — список приоритетов для изучения тем ($0 \leq pt_i \leq 1$, $i = \overline{1, m}$). По умолчанию: $pt_i = 1 - rit_i$.

Рассмотренные параметры моделей обучающегося и учебного задания используются в алгоритмах построения образовательных маршрутов, рассмотренных далее.

3.2. Формирование комплектов заданий

В контексте выполнения заданий по программированию или написанию SQL-запросов возможны ситуации, когда практическое, контрольное, тестовое или лабораторное задание относится не к одной, а сразу к нескольким темам. В рамках работы предложено обозначить принадлежность заданий к определенным темам с помощью матрицы весовых коэффициентов (см. формула 1).

Ранее было указано, что задания объединяются в комплекты по три задания. qt_q — максимальное количество комплектов по теме q определяется формулой (3):

$$qt_q = \frac{g!}{3!(g-3)!}, \quad (3)$$

где q — номер темы, $q = \overline{1, m}$;

g — количество заданий по теме q , $3 \leq g \leq n$.

Метод предусматривает возможность изменения или удаления комплектов заданий преподавателем после формирования всех возможных комбинаций заданий по текущей теме.

Каждый комплект имеет сложность, рассчитываемую по формуле (4):

$$cp_j^q = \sum_{i=1}^3 c_i, \quad (4)$$

где q — номер темы, $q = \overline{1, m}$;

cp_j^q — сложность j -го комплекта по теме q ;

c_i — сложность i -ого задания в текущем комплекте темы q , $i = \overline{1, 3}$, $c_i \in \{ct_p\}$, $p = \overline{1, n}$.

Сложность комплекта используется для построения образовательного маршрута с помощью модифицированных алгоритмов Дейкстры или A^* , рассмотренных далее.

В модели возможно такое распределение заданий, которое позволяет увеличить степень покрытия пройденной темы при выполнении очередного задания по текущей теме. В таблице 1 приведен пример соотношения тем и заданий.

В рамках данного примера задание № 1 относится только к теме № 2, задание № 2 относится только к теме № 1, задание № 3 относится и к теме № 2, и к теме № 3, причем степень отношения к теме № 2 — 0,2, а к теме № 3 — 0,8. Необходимо отметить, что, выполняя задние 3 в рамках работы над темой №3, обучающийся тренирует умения не только по текущей теме, но и по предыдущей теме.

При использовании массива, отражающего степень покрытия тем, возможен выбор заданий, относящихся к наименее освоенным темам. Методом предполагается, что степень отношения заданий к теме определяется преподавателем при создании задания.

Таблица 1. Пример соотношения тем и заданий

№ п/п	Тема 1	Тема 2	Тема 3
Задание 1		1	
Задание 2	1		
Задание 3		0,2	0,8

Необходимо отметить, что задание №3 не может использоваться при изучении темы № 2, так как тема № 3 еще не изучена.

При разработке заданий по темам преподаватель предварительно задает веса заданий t_{ij} так, чтобы для каждого задания их сумма равнялась 1 (формула 5):

$$\sum_{j=1}^k t_{ij}^p = 1, \quad (5)$$

где t_{ij}^p — весовой коэффициент степени отношения задания к теме;

i — номер задания в рамках курса, $i = \overline{1, n}$;

j — номер темы курса, $j = \overline{1, m}$;

k — количество тем, с которыми соотнесено задание, $1 \leq k \leq m$;

p — номер задания в комплекте, $1 \leq p \leq 3$; $t_{ij} \in T$ (см. формулу 1).

Тогда суммарный вес комплекта по всем темам составляет 3, так как в каждом комплекте по 3 задания.

3.3. Модификация алгоритма A*

A* — это модификация алгоритма Дейкстры, оптимизированная для единственной конечной вершины. Алгоритм Дейкстры может находить пути ко всем вершинам, а A* находит путь к одной вершине. Он отдаёт приоритет путям, которые обеспечивают более короткий путь к цели.

При модификации алгоритма A* стоимость пути до заданий из той же темы будет меньше, чем стоимость пути до заданий из следующей темы. Стоимость пути из заданий подтемы также будет меньше стоимости пути до заданий из следующей темы. Возможность поиска пути по комплектам заданий из текущей темы и подтем зависит от результатов и целей обучающегося.

В рамках рассматриваемой предметной области, с учетом моделей учебного задания и обучающегося, возможно выделить функциональные особенности, необходимые для модификации алгоритма поиска маршрута выполнения заданий:

1. Задания имеют вес, отражающий степень сложности. Задания объединяются в комплекты. Вес комплекта равен сумме весов заданий.
2. Темы состоят из комплектов заданий. Одно задание может быть связано с разными темами.
3. Темы могут иметь подтемы, которые также состоят из комплектов заданий.
4. В начале курса обучающийся или преподаватель задает целевую оценку. Целевая оценка отображает минимальный уровень сложности заданий, которые предстоит пройти обучающемуся.

В алгоритме Дейкстры фронт поиска оптимального пути расширяется во всех направлениях. Это целесообразно, если необходимо искать пути во все вершины графа. Однако обычно поиск выполняется только для одной вершины.

Реализация алгоритма A* отличается от реализации алгоритма Дейкстры только наличием эвристической функции, цель которой адаптировать маршрут для повторения наименее освоенных или более приоритетных тем.

В процессе работы алгоритма A* для вершин рассчитывается функция стоимости пути до вершины v (формула 6):

$$f(v) = g(v) + h(v), \quad (6)$$

где $g(v)$ — расчетная стоимость пути в вершину v из стартовой вершины;

$h(v)$ — эвристическое приближение стоимости пути от v до конечной цели.

Фактически функция $f(v)$ — длина пути до цели, которая складывается из пройденного расстояния $g(v)$ и эвристической функции, характеризующей расстояние от текущей вершины до конечной $h(v)$. Исходя из этого, чем меньше значение $f(v)$, тем раньше открывается вершина v . Алгоритм A* действует подобно алгоритму Дейкстры и просматривает среди всех маршрутов, ведущих к цели, сначала те, которые благодаря имеющейся информации (эвристическая функция) в данный момент являются наилучшими.

При реализации алгоритма необходимо разделить параметры моделей обучающегося, курса и задания на те, которые необходимо использовать в основном алгоритме, и те,

которые необходимо учесть только при реализации эвристической функции. В рамках нахождения учебного маршрута в качестве параметров эвристической функции необходимо использование параметров моделей обучающегося, учебного задания и учебного курса. В качестве параметров эвристической функции выбраны следующие параметры:

1. LT — степень покрытия тем, определяемая для каждой темы по формуле 2. Модель каждого из заданий подразумевает наличие параметра, отражающего принадлежность задания к определенным учебным темам.
2. PT (*Priority Topics*) — приоритетность темы.

В зависимости от заданной значимости приоритетов алгоритм вычисляет значение эвристической функции по следующей формуле (7):

$$f(x) = 1,98^{x^4} - 1, \quad (7)$$

где $x \in [0; 1]$; $x = pt_i - lt_i$; pt_i — приоритет для изучения тем, lt_i — степень покрытия темы; $i = \overline{1, m}$.

График функции представлен на рисунке 2.

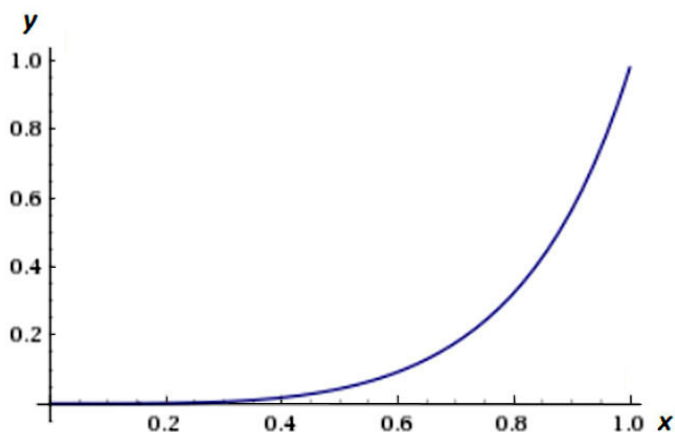


Рис. 2. График эвристической функции

График показывает, что в случае недостаточного уровня освоения темы и её высокой значимости с учетом ее приоритетности (значение по оси x) значение эвристической функции для этой темы будет стремиться к единице (значение по оси y).

Схема модифицированного алгоритма A^* представлена на рисунке 3.

В модифицированном алгоритме A^* используются следующие параметры:

Node — вершина графа.

MinNode — вершина, из которой рассматриваются варианты построения пути.

NeighborNode — соседняя с текущей *MinNode* вершина графа.

ShortestPath — массив минимальных стоимостей пути от начальной вершины графа до любой вершины графа.

Weight — стоимость перехода от одной вершины графа к соседней.

AllPath — массив связей между вершинами, хранящий все существующие оптимальные пути (обладающие минимальной стоимостью перехода) до любой вершины графа.

PreviousTaskResult — результат выполнения предыдущего комплекта заданий.

UnvisitedNode — исходный граф, в котором каждая вершина соответствует комплекту заданий по определенной теме.

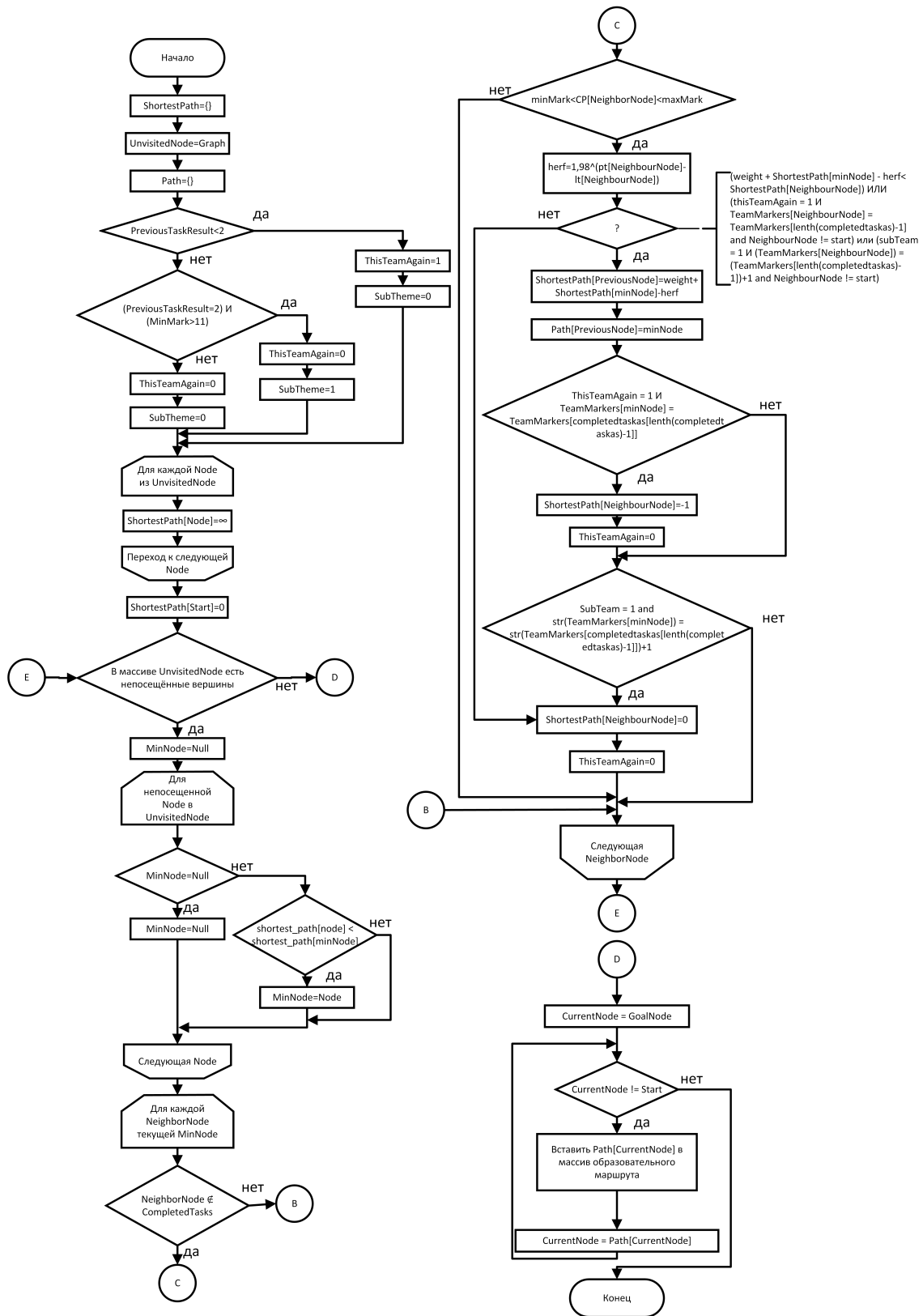


Рис. 3. Схема модифицированного алгоритма A*

Start — вершина, соответствующая последнему выполненному комплекту заданий.
CompletedTasks — массив вершин, соответствующих выполненным комплектам заданий.

MinMark — минимальный уровень сложности заданий, соответствующий целевому уровню освоения курса, который соответствует *mk*.

MaxMark — максимальный уровень сложности заданий, соответствующий целевому уровню освоения курса.

GoalNode — любая из вершин последней темы, соответствующая уровню целевой оценки.

CP — массив сложности всех комплектов заданий в графе (см. формулу 4 (пункт 3.2)).

ThisTeamAgain — маркер необходимости повторного прохождения заданий темы.

SubTheme — маркер необходимости прохождения заданий подтемы.

LT — массив степеней покрытия темы.

PT — массив приоритетов для изучения тем.

herf — эвристическая функция.

Таким образом, построение маршрута выполнения комплектов заданий на основе модифицированного алгоритма A* позволяет:

- осуществить повторное выполнение комплекта заданий для одной и той же темы при неудовлетворительном выполнении комплекта заданий по теме (менее двух заданий);
- при удовлетворительном выполнении текущего комплекта (2 задания) и средней или высокой целевой оценке выполнить комплект заданий из подтемы того же уровня сложности (при его наличии) или выполнить другой комплект заданий того же уровня сложности из текущей темы для сохранения уровня целевой оценки;
- обеспечить проверку соответствия сложности текущего комплекта заданий целевой оценке;
- изменить стоимость пути с учетом применения эвристической функции, описанной выше.

4. ОПРОБОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

С учетом списка функциональных особенностей средств повышения мотивации обучающихся, описанного в статье [31], был выделен следующий набор особенностей для реализации системы:

- интерфейсы размещения видеоконтента (лекции, мини-лекции) в системах управления обучением;
- интерфейс комментариев к практическим заданиям;
- система бейджей (ачивок, наград) в процессе обучения;
- система бейджей (ачивок, наград) в процессе обучения;
- наличие системы уровней, отражающей прогресс обучающегося в процессе обучения.

Разработан курс «Использование оператора SELECT». Для курса были разработаны три учебных базы данных следующих тематик и 187 заданий к ним:

1. Автоматизированная система управления конструкторско-технологическим проектированием (АСУ КТП).
2. Образовательная деятельность ВУЗа.

3. Компьютерная инди-игра в жанре RPG (от англ. role-playing game, то есть компьютерная игра, основанная на принципах настольных игр).

Проведено экспериментальное опробование результатов исследования в процессе обучения студентов кафедры интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере (ИТГС) и студентов факультета среднего профессионального образования (СПО) Университета ИТМО с использованием разработанного программного комплекса.

Гипотеза эксперимента заключалась в том, что применение предложенного метода и алгоритмов позволяет повысить результативность обучения студентов технических направлений подготовки.

В эксперименте принимали участие 52 студента кафедры ИТГС и 40 студентов факультета СПО Университета ИТМО, из которых были сформированы контрольные и экспериментальные группы. Результаты измерений уровня умений студентов по составлению SQL-запросов представлены на рисунках 4 и 5.

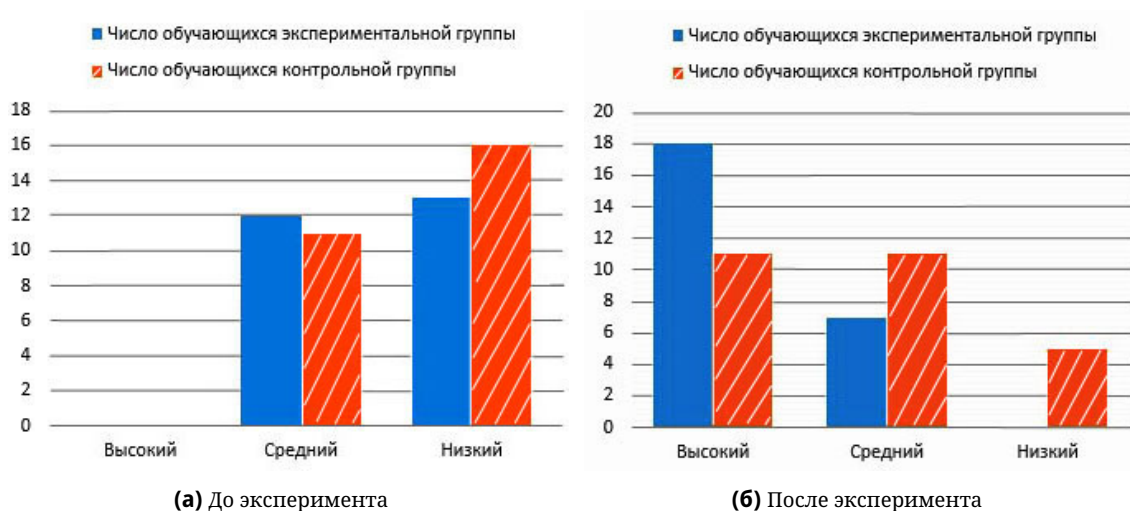


Рис. 4. Результаты измерений уровня умений студентов кафедры ИТГС

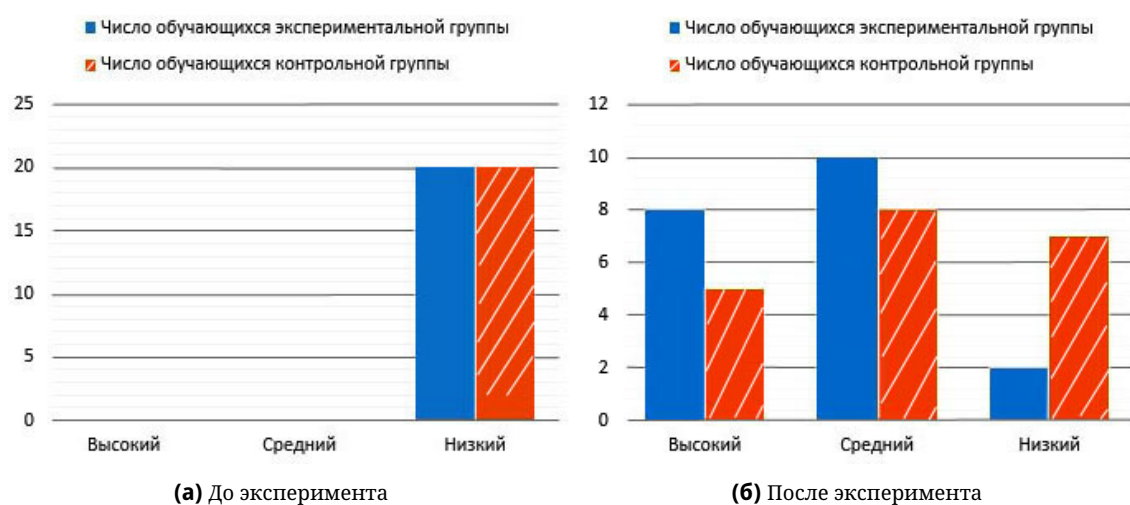


Рис. 5. Результаты измерений уровня умений студентов факультета СПО

Для оценки результатов эксперимента была использована методика определения достоверности совпадений и различий для экспериментальных данных, измеренных в шкале отношений, с проверкой результатов по критериям Крамера-Уэлча и Вилкоксона-Манна-Уитни [32].

Анализ результатов в соответствии с этой методикой показал различающиеся конечные состояния контрольных и экспериментальных групп, что подтвердило гипотезу эксперимента.

Для студентов экспериментальной группы факультета СПО было проведено аттестующее тестирование с использованием разработанного тренажера. Результаты тестирования представлены на рисунке 6.

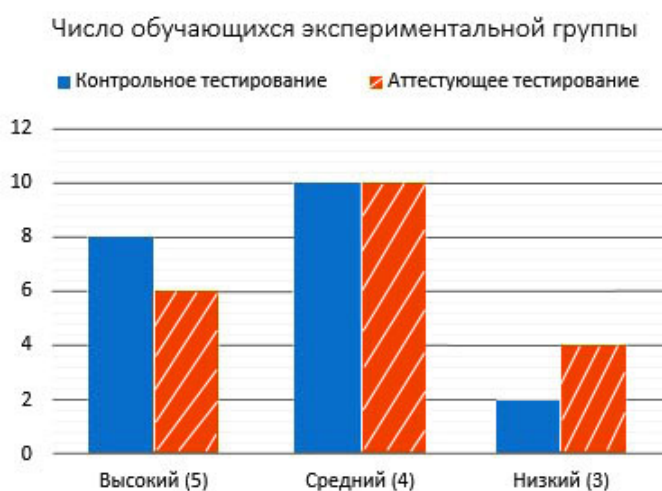


Рис. 6. Результаты контрольного и аттестующего тестирования студентов экспериментальной группы факультета СПО

Для оценки силы связи между результатами контрольного и аттестующего тестирования экспериментальной группы использован коэффициент линейной корреляции Пирсона с проверкой гипотезы о его значимости по критерию Стьюдента. Полученные значения коэффициента корреляции Пирсона (0,825) и эмпирического критерия Стьюдента (6,21) с заданным уровнем значимости $\alpha = 0,01$ позволили сделать вывод о сильной линейной связи результатов аттестующего и контрольного тестирования экспериментальной группы факультета СПО.

Таким образом, результаты второго этапа опробования, проведенного с участием студентов факультета СПО Университета ИТМО, подтвердили основную гипотезу эксперимента о повышении результативности обучения студентов IT-направлений подготовки, и позволяют сделать вывод об эффективности использования предложенных метода и алгоритмов, реализованных в компьютерном тренажере.

5. ВЫВОДЫ

На данном этапе работы: разработан метод построения индивидуальных образовательных маршрутов при выполнении практических заданий с целью тренировки профессиональных умений по составлению SQL-запросов. Рассмотрены методы формирования индивидуальных маршрутов обучения как фактора, влияющего на результатив-

ность обучения. Обоснована важность разработки учебных компьютерных тренажеров для обучения технологиям баз данных. Результаты теоретического исследования позволили спроектировать и реализовать компьютерный тренажер для тренировки профессиональных умений написания SQL-запросов с применением средств геймификации и игровых технологий.

Проведено два этапа опробования результатов исследования с использованием компьютерного тренажера: с участием студентов кафедры ИТГС Университета ИТМО, подготовка которых осуществляется в рамках направления 45.03.04 «Интеллектуальные системы в гуманитарной сфере», и студентов факультета среднего профессионального образования Университета ИТМО, обучающихся по специальности 09.02.03 «Программирование в компьютерных системах». На основании анализа результатов сделан вывод о целесообразности использования предложенного метода и алгоритмов, реализованных в компьютерном тренажере. Внедрение тренажера в учебный процесс позволило повысить результативность обучения в экспериментальных группах.

Тренажер также использован при проведении технических интервью с соискателями на должность «Программист» при организации и проведении интерактивных практических занятий по программированию в ООО «ЛЭВЛ 7», а также при обучении сотрудников АО «Центромонтажавтоматика» и ООО «Казмонтажавтоматика», выполняющих работы по внедрению и сопровождению АСУП.

Разработанный компьютерный тренажер может использоваться в учебном процессе высших и средних профессиональных учебных заведений и в системах корпоративного обучения (переподготовки, повышения квалификации) при обучении специалистов по направлениям, связанным с разработкой и обслуживанием АСУП и других видов автоматизированных систем, требующих квалификации в области баз данных. Перспективным направлением развития предложенных метода и алгоритмов является возможность их использования при разработке тренажеров в других предметных областях. В дальнейшем планируется модернизация алгоритма поиска образовательных маршрутов при прохождении заданий для реализации более гибкой системы привязки комплектов заданий к учебным темам.

Список литературы

1. Швецов Д. Интеллектуальные системы хранения данных в АСУ ТП // Современные технологии автоматизации. 2011. № 4. С. 42–46.
2. Бураков П. В., Петров В. Ю. Введение в системы баз данных. Учебное пособие. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. 129 с.
3. Золотухин С. А. Преимущества и недостатки массовых открытых онлайн-курсов // Дискуссия. 2015. № 4 (56). С. 97–102.
4. Бачин Д. А. Индивидуальный подход в обучении и управлении персоналом // Экономика и предпринимательство. 2015. № 2 (55). С. 553–555.
5. Лавренова П. О. Внутрифирменное обучение персонала на промышленном предприятии: понятие, принципы, основные особенности и задачи // Санкт-Петербургский образовательный вестник. 2017. № 9–10 (13–14). С. 25–29.
6. Матвеев И. В., Кузьменко Н. И. Формирование системы повышения квалификации на предприятии // Территория науки. 2015. № 5. С. 182–186.
7. Гринько М. А. Проектирование индивидуальных траекторий обучения иностранному языку студентов педагогических вузов // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология, 2011.

8. Шапошникова Н. Ю. Индивидуальная образовательная траектория студента: анализ трактовок понятия // Педагогическое образование в России. 2015. № 5. С. 39–44.
9. Мальтекбасов М. Ж., Прокофьева М. А., Ескендиоров Б. Н., Нурбосынова Г. С. Особенности применения теории графов при проектировании образовательной траектории в вузе // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 1–1. С. 102–105.
10. Durand G., Belacel N., LaPlante F. Graph theory based model for learning path recommendation // Information Sciences. 2013. № 251. P. 10–21. doi:10.1016/j.ins.2013.04.017
11. Alshalabi I.A., Hamada S., Elleithy K. Automated Adaptive Learning using Smart Shortest Path Algorithm for Course Units // IEEE Long Island Systems, Applications and Technology LISAT2015, Long Island, NY, May 2015. doi:10.1109/LISAT.2015.7160187
12. Muhammad A., Zhou Q., Beydoun G., Xu D., Shen, J. Learning path adaptation in online learning systems. 2016 IEEE. 20th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD) (P. 421–426). United States: IEEE. doi:10.1109/CSCWD.2016.7566026
13. Tarasyev A. A., Agarkov G. A., Ospina Acosta C. A., Koksharov V. A. Fuzzy Logic and Optimization of Educational Paths // IFAC-PapersOnLine. 2018. Vol. 51. P. 511–516. doi:10.1016/j.ifacol.2018.03.086
14. Kurilovas E., Zilinskiene I., Dagiene V. Recommending suitable learning paths according to learners' preferences: Experimental research results // Computers in Human Behavior. 2015. Vol. 51, Part B, P. 945–951. doi:10.1016/j.chb.2014.10.027
15. Шепель Э. В. Развитие познавательной самостоятельности студентов-экономистов в структуре индивидуальной траектории профессионального обучения. Москва, 2013. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук.
16. Усманова Ф. К. Проблемы индивидуализации обучения студентов в высшей школе // Личность, семья и общество: вопросы педагогики и психологии: сб. ст. по матер. XLVII междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: СибАК, 2014. № 12(47).
17. Королева Т. А. Индивидуализация обучения как важнейший фактор повышение качества преподавания // Научный аспект. 2015. № 4.
18. Векслер В. А., Рейдель Л. Б. Интерактивные тренажеры и их значение в учебном процессе // NovaInfo.Ru. 2016. № 41-1. С. 206–211.
19. Дорот В. Л., Новиков Ф. А. Толковый словарь современной компьютерной лексики. СПб.: БХВ-Петербург, 2001. 512 с.
20. Сергеев С. Ф. Виртуальные тренажеры: проблемы теории и методологии проектирования // Биотехносфера. 2010. № 2 (8). С. 15–20.
21. Белов В. В., Образцов И. В., Иванов В. К., Коноплев Е. Н. Компьютерная реализация решения научно-технических и образовательных задач: учебное пособие. Тверь: ТвГТУ, 2015. 102 с.
22. Фомина И. К., Тарануха С. Н. Виртуальные тренажеры при дистанционном обучении плавсостава // Интерактивная наука. 2017. № 1(11). С. 145-148. doi:10.21661/r-115106
23. Никулина Т. В., Стариченко Е. Б. Виртуальные образовательные лаборатории: принципы и возможности // Педагогическое образование в России. 2016. № 7. С. 62–66.
24. Матлин А. О., Фоменков С. А. Методика построения виртуальной лабораторной работы с помощью автоматизированной системы создания интерактивных тренажеров // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2012. № 12. С. 142–144.
25. Гиниятов И. Г. Разработка тренажерного оборудования для повышения безопасности технологических процессов на нефтегазовых объектах: автореф. дис. кандидата технических наук. Уфимский государственный нефтяной технический университет. Уфа, 2009.
26. Изотова Т. Ю. Обзор алгоритмов поиска кратчайшего пути в графе // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2016. С. 341–344.
27. Овчинников А. В., Берковский В. В. Анализ алгоритмов поиска оптимальных путей на графах // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2012. № 2 (8). С. 100–103.
28. Зябиров Э. В., Токарев С. П., Федосеева Л. И. Методы определения кратчайшего пути между вершинами графа // Успехи современного естествознания. 2011. № 7. С. 113–114.
29. Lee J., Kim D. G. Adaptive Learning System Applied Bruner' EIS Theory // IERI Procedia. № 2. P. 794–801. doi:10.1016/j.ieri.2012.06.173
30. Lin C. F., Yeh Y. C., Hung Y. H., Chang R.I. Data mining for providing a personalized learning path

in creativity: An application of decision trees // *Computers & Education*. 2013. № 68. P. 199–210. doi:10.1016/j.compedu.2013.05.009

31. *Говоров А. И., Говорова М. М., Валитова Ю. О.* Оценка актуальности разработки методов использования средств геймификации и игровых технологий в системах управления обучением // *Компьютерные инструменты в образовании*. 2018. № 2. С. 39–54.
32. *Орлов А. И.* Прикладная статистика. Учебник. М.: Издательство «Экзамен», 2004. 656 с.

Поступила в редакцию 12.06.2018, окончательный вариант 09.08.2018.

Computer tools in education, 2018

№ 4: 45–62

<http://ipo.spb.ru/journal>

doi:10.32603/2071-2340-4-45-62

METHOD FOR CONSTRUCTING AN INDIVIDUAL EDUCATIONAL ROUTE BY COMPLETING TASKS FOR TRAINING PROFESSIONAL SKILLS IN COMPILING SQL-QUERIE

Govorov A. I., Govorova M. M., Slizen E. V., Valitova J. O., Ivanov S. E.

Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
Saint Petersburg, Russia

Abstract

The article substantiates the importance of the formation of individual educational routes as factor influencing the effectiveness of training and the ability of a specialist to develop skills in professional activities.

The expediency of the use of computer simulators in practice-oriented training, particularly in teaching database technologies, is justified, since the existing open educational online courses don't always provide full-fledged conditions for the development of sustainable practical skills to solve typical professional tasks.

The paper proposes a method for constructing an individual educational route during the passage of tasks for training professional skills in compiling SQL-queries, within which the task and student models are described. Based on the proposed models A* algorithm is modified and its conditions for creating the optimal individual educational route are described.

Based on the results of a theoretical study, a computer simulator has been implemented for training professional skills in writing SQL-queries using the method of building individual educational routes during the completing tasks for training professional skills in writing SQL-queries and gamification tools and gaming technologies.

The results were tested. Based on the analysis of the results, it was concluded that using of the proposed method and algorithms implemented in a computer simulator is expedient.

Keywords: *E-learning, individual educational routes, graph-based pathfinding, computer simulator.*

Citation: A. I. Govorov, M. M. Govorova, E. V. Slizen, J. O. Valitova end S. E. Ivanov, "Method for Constructing an Individual Educational Route By Completing Tasks for Training Professional Skills in Compiling SQL-querie", *Computer tools in education*, no. 4, pp. 45–62, 2018 (in Russian). doi:10.32603/2071-2340-4-45-62

Acknowledgements: *This research is a part of the joint project by Intelin LLC (Moscow, Russia) and Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (St. Petersburg, Russia). This work is financially supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (state contract 03.G25.31.0247 from 28.04.2017).*

Received 12.06.2018, The final version — 09.08.2018.

Anton I. Govorov, postgraduate student, Department of ITGS, ITMO University; 199034 Russia, Sankt-Peterburg, Birzhevaya Liniya, 14-16, office 309, antongovorov@gmail.com

Marina M. Govorova, Deputy Dean for Academic Affairs, FSFE ITMO University, maran77@mail.ru

Elena V. Slizen, undergraduate student at ITMO University, helen.slizen@gmail.com

Julia O. Valitova, PhD, Associate Professor at the ITGS Department of ITMO University, julijawal@gmail.com

Sergey E. Ivanov, PhD, Associate Professor at the ITGS Department of ITMO University, serg_ie@mail.ru

Говоров Антон Игоревич,
аспирант кафедры ИТГС Университета
ИТМО; 199034 Санкт-Петербург, Биржевая
линия, 14-16, кабинет 309,
antongovorov@gmail.com

Говорова Марина Михайловна,
заместитель декана по учебной работе
ФСПО Университета ИТМО,
maran77@mail.ru

Слизень Елена Витальевна,
магистрант Университета ИТМО,
helen.slizen@gmail.com

Валитова Юлия Олеговна,
кандидат педагогических наук, доцент
кафедры ИТГС Университета ИТМО,
julijawal@gmail.com

Иванов Сергей Евгеньевич,
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры ИТГС Университета ИТМО,
serg_ie@mail.ru

© Наши авторы, 2018.
Our authors, 2018.