

Автоматизированная система обучения с уровневой структурой

Шайдуллина Наталья Константиновна
ассистент кафедры информатики и прикладной математики,
Казанский национальный исследовательский технологический университет,
ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, (843)2314119
nshaydullina@yandex.ru

Аннотация

Представлена автоматизированная система обучения, которая ориентирована на подготовку IT-инженеров, имеет метрический компетентностный формат, позволяет учитывать зоны ближайшего развития. Система может быть использована для разных форм обучения, дает возможность объективно оценивать уровень освоения учебного материала.

The automated system of training which is focused on training of IT engineers is presented, has a metric competence-based format, allows to consider zones of the next development. The system can be used for different forms of education, gives the chance to objectively estimate the level of assimilation of a training material.

Ключевые слова

автоматизированная система обучения, зона ближайшего развития, дистанционное обучение, аттестационный уровень, компетенции;
automated system of training, zone of the next development distant learning, certification level, competencies.

Введение

В настоящее время актуальность автоматизированных обучающих систем является неоспоримой. Как и традиционные системы обучения, электронные имеют свои недостатки и достоинства [1]. В нашей работе предложена методика построения автоматизированной системы обучения, которая обладает рядом преимуществ перед традиционными системами. При классическом подходе к обучению переход от раздела к разделу в рамках дисциплины происходит единожды: заканчивая изучение одного, приступаем к следующему. Мы предлагаем модульно-уровневый подход к построению обучающей системы. Его идея состоит в следующем. Дисциплина разбивается на модули – разделы, каждый из которых ранжируется по уровням. То есть переход от раздела к разделу происходит внутри одного уровня. Структура дисциплины представлена на рисунке 1.

Сначала студенту предлагается изучить все разделы дисциплины на начальном уровне. Здесь он получает представление о курсе в целом, приобретает базовые навыки решения задач, усваивает основные теоретические аспекты. При успешном прохождении первого уровня осуществляется переход на второй. Второй уровень соответствует «удовлетворительной» степени освоения учебного материала, третий – «хорошей» и четвертый – «отличной». Преимущества такой структуры подробно описано в работе [2], пример организации – в работе [3,4]. Отметим, что в нашей системе учитывается зона ближайшего развития обучаемого, объективно оценивается уровень освоения учебного материала. Такая система может функционировать как дистанционная (при наличии веб-составляющей). Она будет эффективна при обучении слушателей заочной формы. Для студентов очной формы

система будет хорошим помощником в самообучении. Кроме того, для всех сторон образовательного процесса система будет являться инструментом контроля качества процесса обучения. Заметим и то, что автоматизированная система органична направлению подготовки ИТ – инженеров.

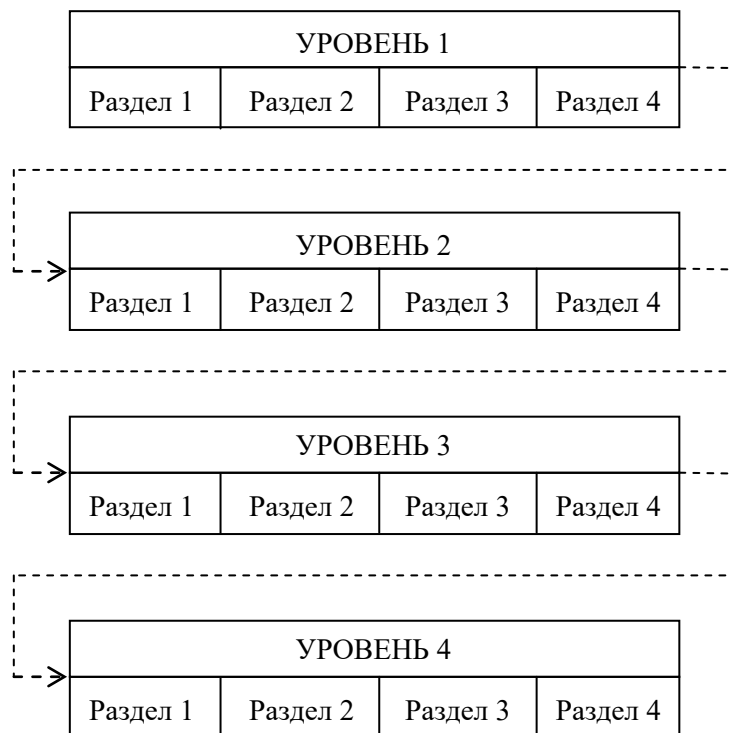


Рис. 1. Структура дисциплины

Основные принципы построения обучающей системы

В соответствии с вышеизложенными принципами строится автоматизированная система. Мы будем называть разделы дисциплины модулями. Каждый уровень содержит дидактический материал четырех модулей. Наполнение модулей усложняется от уровня к уровню. Будем называть комплекс учебных материалов уровня 1 модуля 1 блоком (1,1). Структура системы изображена на рисунке 2.

	Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4
Уровень 1	Блок (1,1)	Блок (1,2)	Блок (1,3)	Блок (1,4)
Уровень 2	Блок (2,1)	Блок (2,2)	Блок (2,3)	Блок (2,4)
Уровень 3	Блок (3,1)	Блок (3,2)	Блок (3,3)	Блок (3,4)
Уровень 4	Блок (4,1)	Блок (4,2)	Блок (4,3)	Блок (4,4)

Рис. 2. Структура системы

Каждый блок содержит теоретический материал, тест на полноту знаний, тест на целостность, практический материал. По окончании изучения блока (1,1), студент будет иметь результат Q(1,1), который мы интерпретируем как оценку

качества освоения учебного материала блока (1,1). Опишем подробно, как формируется значение $Q(1,1)$.

Обозначим через $POL(1,1)$ результат теста на полноту. Под полнотой мы понимаем наличие знаний-фактов, то есть этот тестовый материал содержит декларативные вопросы. Оценивать результат можно по-разному. Самый простой способ – количество правильных ответов разделить на количество всех вопросов. Можно ввести весовые коэффициенты к вопросам, соответствующие их сложности, и учесть их при выставлении суммарной оценки. В нашей системе значение $POL(1,1)$ принадлежит интервалу $[0,1]$.

Таким же образом оценивается целостность знаний блока(1,1) $CHL(1,1)$ с той лишь оговоркой, что под целостностью мы понимаем наличие знаний-связей.

Получив результаты полноты и целостности, мы можем оценить глубину знаний блока (1,1) – $GLB(1,1)$:

$$GLB(1,1) = POL(1,1) * CHL(1,1)$$

В работе [5] показано, что глубина знаний, вычисленная таким образом, сильно коррелируется с качеством владения компетенцией, а именно с развитием формализационных, конструктивных и исполнительских способностей обучаемого.

Обозначим через $R(1,1)$ результат освоения практического материала. Мы предлагаем следующий способ оценивания. Блок (1,1) содержит определённое количество задач - n . Сложность каждой задачи оценим как время, которое требуется эксперту на решение данной задачи. [6] Обозначим сложность i -й задачи блока (1,1) через $t(1,1,i)$. Решение каждой i -й задачи оценивает преподаватель, выставя оценку $q(1,1,i)$ из интервала $[0,1]$, которую можно интерпретировать как качество решения задачи. Таким образом, результатом i -й решенной задачи блока (1,1) будет значение $q(1,1,i)*t(1,1,i)$. Сложив результаты решенных студентом задач, и разделив на общую сложность всех задач блока, получим $R(1,1)$:

$$R(1,1) = \frac{\sum_{i=1}^n q(1,1,i) * t(1,1,i)}{\sum_{i=1}^n t(1,1,i)}$$

Таким образом, $R(1,1)$ тоже принадлежит интервалу $[0,1]$.

Имея оценки полноты, целостности и качества решения задач, можем найти значение $Q(1,1)$. [2]

$$Q(1,1) = 0,4GLB(1,1) + 0,6R(1,1)$$

Очевидно, что значение $Q(1,1)$ принадлежит интервалу $[0,1]$ и, чем ближе оно к единице, тем более успешно произошло освоение учебного материала блока (1,1).

Следующим разделом для изучения становится блок (1,2) с итоговой оценкой $Q(1,2)$, за ним блок (1,3) с оценкой $Q(1,3)$ и блок (1,4) с оценкой $Q(1,4)$. Теперь мы можем говорить об успешности прохождения всего первого уровня. Обозначим через $Q(1)$ оценку качества освоения учебного материала первого уровня. Ее значение находится по формуле

$$Q(1) = \frac{Q(1,1) + Q(1,2) + Q(1,3) + Q(1,4)}{4} = \frac{\sum_{i=1}^4 Q(1,i)}{4}$$

Очевидно, что значение $Q(1)$ принадлежит интервалу $[0,1]$ и, чем ближе оно к единице, тем более успешно произошло освоение учебного материала первого уровня. Понятно, что вероятность достигнуть единицы достаточно мала. В работе [2] показано, что оценка качества освоения учебного материала каждого блока, а, значит, и всего уровня, не может быть ниже 0,75. Это значение соответствует «хорошей» степени освоения учебного материала. Его мы и примем в качестве минимальной пропускной величины на следующий уровень.

Итак, при работе в системе студент получает несколько оценок качества освоения учебного материала. Для наглядности покажем их в табличном виде 1.

Таблица 1

Оценки качества освоения учебного материала

Обозначение оценки	Значение оценки
$POL(i,j)$	Полнота знаний учебного материала блока (i,j)
$CHL(i,j)$	Целостность знаний учебного материала блока (i,j)
$GLB(i,j)$	Глубина знаний учебного материала блока (i,j)
$R(i,j)$	Результат освоения практического материала блока (i,j)
$Q(i,j)$	Качество освоения учебного материала блока (i,j)
$Q(i)$	Качество освоения учебного материала уровня i

Уровень освоения компетенции (или дисциплины) удобно изобразить на диаграмме состояния развития. Например, студент, освоивший только 2 уровня: с оценками $Q(1)=0,85$, $Q(2)=0,76$, будет иметь диаграмму состояния, изображенную на рисунке 3.

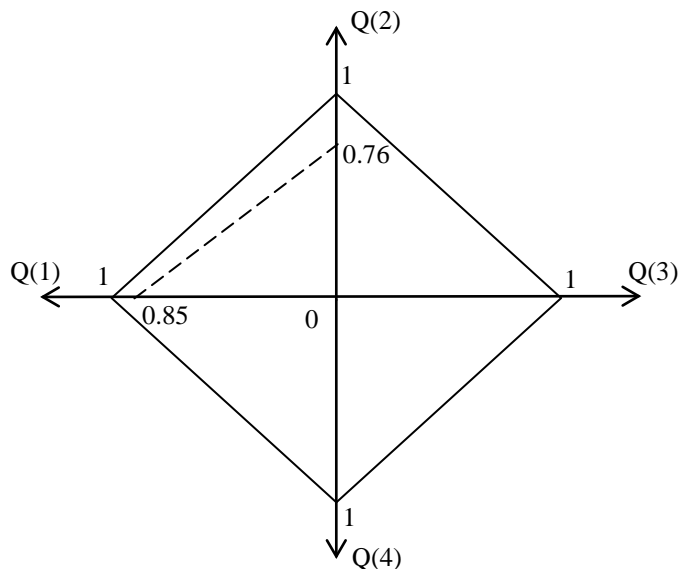


Рис. 3. Диаграмма состояния развития

Проекция на рейтинговую систему обучения

При использовании автоматизированной системы для контроля качества процесса обучения необходимо сопоставить уровневые оценки общепринятым.

Проведем параллель с рейтинговой системой оценивания, принятой в Казанском национальном исследовательском технологическом университете. Здесь оценка «удовлетворительно» ставится студенту, который при изучении дисциплины и сдаче зачета (экзамена) набрал не менее 60 баллов из 100, оценка «хорошо» - не менее 73 баллов, оценка «отлично» - не менее 87.

Уровень 1 в нашей системе будем считать базовым (подготовительным, нулевым). Оценка $Q(1) > 0,75$ означает возможность перехода на уровень выше.

Второй уровень соответствует посредственному владению учебным материалом. То есть, знания студента, освоившего второй уровень с оценкой $Q(2) > 0,75$, считаются в рейтинговой системе удовлетворительными. Следовательно, оценка второго уровня должна соответствовать диапазону значений от 60 до 72 баллов рейтинговой системы. А именно, $Q(2) = 0,75$ сопоставим 60 баллам, а $Q(2) = 1$ – 72. Следующая формула позволяет соотнести оценку второго уровня и рейтинг, который обозначим через P .

$$P = 24 + 48 * Q(2)$$

Третий уровень соответствует хорошему владению учебным материалом, то есть диапазону от 73 до 86 баллов. Формула перехода от оценки $Q(3)$ к рейтингу будет выглядеть следующим образом:

$$P = 34 + 52 * Q(3)$$

Последний уровень соответствует отличным знаниям и умениям, то есть рейтинговому диапазону от 87 до 100 баллов. Формула перехода имеет вид:

$$P = 48 + 52 * Q(4)$$

Здесь нужно заметить, что высокое пороговое значение перехода, равное 0,75, позволяет при расчете рейтинга последнего пройденного уровня не учитывать оценки уровней предыдущих. Что было бы не возможно, если бы мы опустили порог до 0,6. В этой ситуации нам пришлось бы использовать совсем другие расчетные механизмы. Очевидность этого факта следует из простого примера. Допустим, студент получает на начальном уровне оценку 0,6 и допускается выше. На следующих этапах он так же получает невысокие оценки в окрестности 0,6. В итоге мы имеем обучаемого, который, с одной стороны, освоил «отличный» уровень, с другой, все уровни освоил очень посредственно. Такая ситуация возникнуть, когда студент компетентен не во всех разделах курса. Понятно, что оценку «отлично» здесь поставить не возможно, поэтому следует применять формулы, учитывающие предыдущие достижения.

Уровневая система обучения на примере дисциплины «Методы оптимизации»

Приведем пример уровневой структуры автоматизированной обучающей системы для дисциплины «Методы оптимизации».

При проектировании системы было выделено четыре основных модуля - раздела дисциплины «Методы оптимизации» в соответствии с рабочей программой направления «Информационные системы и технологии»:

1. Прямые методы поиска безусловного экстремума.
2. Градиентные методы поиска безусловного экстремума.
3. Задачи линейного программирования.
4. Задачи нелинейного программирования.

Дидактический материал каждого модуля градирован по четырем уровням в порядке увеличения степени сложности. Здесь важно отметить, что одни и те же задачи могут присутствовать в одном модуле на разных уровнях в зависимости от методов решения или инструментов. Проиллюстрируем это на примере задач модуля 1.

Во всех заданиях параметр N - номер фамилии студента по списку и $\left\lfloor \frac{N}{10} \right\rfloor$ – остаток от деления N на 10. Если списка как такового нет, то номер всегда может определить преподаватель (тьютор). В круглых скобках после формулировки задачи указано время, необходимое эксперту для ее решения.

Задачи уровня 1 модуля 1 - блока (1,1).

1. Сформулировать задачу математически и найти экстремум функции одной переменной аналитически.
Имеется множество прямоугольных треугольников, у которых сумма одного катета и гипотенузы равна 1. Найти среди них треугольник с наибольшей площадью. (5)
2. Сформулировать задачу математически и найти экстремум функции одной переменной аналитически.
Определите размеры открытого бассейна объемом $(N+20)$ м³, имеющего форму цилиндра, на облицовку стен и дна которого уйдет наименьшее количество материала. (7)
3. Найти локальные экстремумы функции аналитически. Корень производной найти с помощью функции «Подбор параметра» в Microsoft Excel. (10)
 $y = x^2 + N \cos(x)$
4. Найти локальные экстремумы функции аналитически. Корень производной найти любым численным методом с точностью 0,001. (15)
 $y = x^2 + N \cos(x)$
5. Сформулировать задачу математически и найти экстремум функции одной переменной с помощью надстройки Microsoft Excel «Поиск решения».
Изготовить из куска жести размером 30 см на 14 см прямоугольную коробку наибольшей вместимости. (5)

Задачи уровня 2 модуля 1 - блока (2,1).

1. Найти начальный интервал неопределенности для поиска локального максимума функции $y = x^2 + N \cos(x)$ с помощью Microsoft Excel. (3)
2. Найти начальный интервал неопределенности для поиска локального максимума функции $y = x^2 + N \cos(x)$ с помощью программы, написанной на любом алгоритмическом языке программирования, реализующей алгоритм Свенна. (30)
3. Найти локальный максимум функции методом дихотомии с точностью 0,001, построив итерационную таблицу в Microsoft Excel (10)
 $y = x^2 + N \cos(x)$
4. Найти локальные экстремумы функции методом Фибоначчи с точностью 0,001. (25)
 $y = \frac{N}{x(4 - x^2)}$

5. Найти локальные экстремумы функции методом золотого сечения с точностью 0,001. (15)

$$y = \frac{N}{x(4-x^2)}$$

6. Сформулировать задачу математически и найти экстремум функции одной переменной с точностью 0,001 любым численным методом.

Среди всех прямоугольников, вписанных в эллипс $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, найти прямоугольник с наибольшим периметром. (15)

Задачи уровня 3 модуля 1 – блока (3,1).

1. Найти локальные экстремумы функции методом квадратичной интерполяции (Пауэлла) с точностью 0,001. (20)

$$y = \frac{N}{x(4-x^2)}$$

2. Найти минимум целевой функции

$$y = \left(\left[\frac{N}{10}\right] + 1\right)(x_1 - 5)^2 + \left(\left[\frac{N}{10}\right] + 2\right)(x_2 - 6)^2,$$

с точностью $\varepsilon=0,1$ методом Хука-Дживса. Принять $\mathbf{x}^{(0)} = (x_1^{(0)}; x_2^{(0)}) = (1; 1)$, шаг по координатным направлениям $h=1$, коэффициент уменьшения шага $d=2$, ускоряющий множитель $m=1$. (30)

Задачи уровня 4 модуля 1 – блока (4,1).

1. Найти минимум целевой функции

$$y = \left(\left[\frac{N}{10}\right] + 1\right)(x_1 - 5)^2 + \left(\left[\frac{N}{10}\right] + 2\right)(x_2 - 6)^2,$$

с точностью $\varepsilon=0,1$ методом сопряженных направлений. Принять $\mathbf{x}^{(0)} = (x_1^{(0)}; x_2^{(0)}) = (1; 1)$, начальные направления поиска $\mathbf{d}_1 = (1; 0)$, $\mathbf{d}_2 = (0; 1)$. (30)

Заметим, что функция, экстремум которой ищется в задачах 1.1.3, 1.1.4, 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, одна и та же. Это дает возможность студенту применить способы решения задачи, разные и по сложности, и по технике исполнения, сравнить скорость сходимости методов, проанализировать решения. Так же функция из задачи 2.1.4 дублируется в 3.1.1, а из 3.1.2 – в 4.1.1.

Кроме того, есть еще один положительный момент применения уровневой системы. Например, прежде чем приступить к решению задачи 3.1.2, полезно ознакомиться с простейшими методами градиентного спуска, которые изучаются в блоке (2,2), то есть, в другом разделе, но на уровень ниже. Эти методы проще в исполнении, но похожи концептуально. В результате получается система, в которой нижние уровни разных модулей поддерживают верхние модули друг друга.

Заключение

При традиционном способе подачи учебного материала так же используется усложнение задач. Только происходит это в рамках одного раздела. Получается, что темы одного раздела мы изучаем с азов до предельного уровня и переходим к следующему. Решение действительно сложных заданий не всегда оказывается доступно большинству обучаемых. Поэтому, теряется заинтересованность, снижается скорость формирования компетентности. В процессе модульно-уровневого обучения к одному разделу мы возвращаемся несколько раз, тем самым последовательно расширяя зону ближайшего развития студента. А значит, и зона

комфорта в обучении будет расширяться постепенно, что даст стабильную заинтересованность и постоянную активность. Кроме того, в нашей системе легко и своевременно обнаруживаются пробелы в знаниях, и для дальнейшего обучения требуется незамедлительная их ликвидация. Это свойство системы способствует более глубокому освоению практических навыков и осмыслению теоретических аспектов учебного материала.

Литература

1. Шайдуллина Н.К. Автоматизация процесса подготовки студентов инженерных направлений. // Ученые записки ИСГЗ. 2016. № 1 (14). С. 606-609.
2. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д., Ахметшин Д.А. Дидактическая инженерия: проектирование электронного учебного курса с учетом «зоны ближайшего развития» студента. // Международный электронный журнал «Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)» (<http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>). – 2016 - V.19. - № 1. – С. 558-566 – ISSN 1436-4522.
3. Печеный Е.А., Нуриев Н.К., Старыгина С.Д.. Экономико-математические модели в управлении: учебное пособие. - Казань: Центр инновационных технологий. - 2016. - 224 с.
4. Шайдуллина Н.К. Разработка автоматизированной системы обучения. // Международный электронный журнал «Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)» (<http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>). – 2016 - V.19. - № 1. – С. 599-617 – ISSN 1436-4522.
5. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д., Ахметшин Д.А. Алгоритм оценки качества владения компетенцией на основе показателя глубины усвоенных знаний // Альма-Матер (Вестник высшей школы) – 2015. – № 11. – С. 64-67.
6. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д., Ильмушкин, Шайдуллина Н.К. Проектирование дидактических систем нового поколения с использованием облачных технологий. // Международный электронный журнал «Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)» (<http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>). – 2013 - V.16. - № 4. – С. 412-429. – ISSN 1436-4522.