

УДК 51-7

А. В. Вишнеков, д-р техн. наук, проф., avishnekov@hse.ru,

Е. М. Иванова, канд. техн. наук, доц., emivanova@hse.ru

Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", Москва

Автоматизация выбора траектории обучения в среде Smart-образования

В работе рассматриваются вопросы выбора траектории обучения в среде Smart-образования. Предлагается методика выбора траектории на основе применения методов поддержки принятия решений, позволяющая использовать как опыт и знания экспертов в различных областях организации и обеспечения образовательного процесса, так и пожелания самого обучаемого. Предложенная методика позволяет автоматизировать процесс выбора наиболее рациональной траектории обучения и сократить время на принятие решения.

Ключевые слова: Smart-образование, траектория обучения, методы поддержки принятия решения, метод минимального расстояния

Введение

Интенсивность развития современных технологий диктуют необходимость пересмотра подхода к образовательным стандартам, средствам, технологиям, методикам, вопросам организации учебного процесса [1]. Новый подход должен обеспечить более глубокое усвоение материала, сокращение сроков и затрат на образовательный процесс без снижения его качества. Одним из способов решения этой задачи может стать применение среды Smart-образования.

Smart-образование предполагает использование в едином образовательном процессе множества образовательных элементов: технологий, ресурсов и средств. Исследователи в области Smart-образования выделяют следующие его характеристики/элементы [2]:

- использование большого количества информационных источников;
- непрерывное обновление учебных материалов;
- максимальное разнообразие мультимедиа (аудио, видео, графика);
- способность образовательного учреждения быстро и просто подстраиваться под уровень и потребности слушателя;
- высокий профессионализм преподавателей;
- сочетание образовательной и научной деятельности;
- персонализация курсов и дисциплин;
- творческий подход к процессу обучения;
- использование Smart-учебников;

- электронная библиотека;
- автоматическая фильтрация по уровню освоения материала (рейтинг знаний);
- групповая работа соавторов и читателей в Интернет-пространстве;
- виртуальный кампус: электронная библиотека, межвузовский обмен материалами, электронное обучение, электронные курсы;
- междисциплинарные задания;
- увеличение доли практических занятий;
- участие в актуальных инновационных проектах: региональных, отраслевых, общегосударственных...

В качестве одного из необходимых элементов такого Smart-образования называется персонафикация подхода к образовательному процессу, в частности, в работе [2] — персонафикация набора курсов и дисциплин, в работе [3] — персонафикация содержания учебных материалов.

При использовании принципа персонафикации авторами предлагается для повышения эффективности процесса обучения разработать и применить процедуры формирования и выбора индивидуальных образовательных траекторий, максимально соответствующих потребностям обучающихся. Под образовательной траекторией будем понимать набор и последовательность применяемых элементов, технологий и средств обучения. На основе этих данных может быть сформирована наиболее рациональная траектория обучения не только для конкретного обучаемого, но и для учебной группы.

Рассмотрим более детально элементы Smart-образования, которые могут быть использованы при

формировании индивидуальных образовательных траекторий.

Элемент 1. Обязательной составляющей любого образовательного процесса является самостоятельное изучение учащимися материалов курса. Это можно сделать с использованием большого количества различных информационных источников [4]. Тогда в качестве первой группы элементов траектории Smart-образования можно назвать:

- стандартные привычные всем учебники и учебные пособия, справочная литература;
- научные периодические издания и материалы конференций;
- Интернет-ресурсы, перечень которых формирует как преподаватель, так и сами учащиеся;
- подготовленные преподавателями и учебными ассистентами для лучшего усвоения материала многочисленные электронные материалы и документы:
 - текстовые файлы,
 - презентации,
 - статистические таблицы,
 - мультимедиа-материалы (аудио, видео, графика).

Элемент 2. Следующей важной составляющей любого образования, в том числе и Smart-образования, является способ организации учебного процесса (виды учебных занятий). Тогда в качестве второй группы элементов траектории Smart-образования можно назвать:

- очное прослушивание лекций;
- очное участие в семинарах;
- организация очных лабораторных или практических занятий;
- очное участие в мастер-классе с приглашенными специалистами;
- участие в очных студенческих научно-практических конференциях;
- заочное обучение путем просмотра кейса учебных материалов;
- заочное выполнение домашних заданий;
- групповая работа преподавателей и учащихся в Интернет-пространстве;
- самостоятельные исследования по предложенной преподавателем тематике;
- участие в online-мероприятиях (доклады, вебинары, конференции...);
- участие в деловых играх;
- учебные, научно-исследовательские и производственные практики;
- очные консультации;
- заочные консультации
 - на форумах,
 - через электронную почту,
 - посредством систем мгновенного обмена сообщениями,

— через информационную образовательную среду учебного заведения,

— через системы видеоконференций.

Элемент 3. К третьей группе элементов траектории Smart-образования можно отнести численность учебной группы:

- возможность обучения в малой группе;
- возможность обучения в большой группе (с потоком студентов);
- возможность индивидуального обучения;
- чередование этих видов обучения.

Элемент 4. К четвертой группе элементов траектории Smart-образования можно отнести технологии преподнесения материала. Каждый человек обладает различной способностью запоминания и предпочтениями к способу усвоения новых знаний. Правильно подобранная индивидуальная технология преподнесения знаний дает наибольший эффект для конкретного человека. Здесь можно назвать следующие технологии преподнесения знаний:

- преобладание визуальной информации (текстовой, числовой, графической);
- преобладание аудиоинформации;
- мультимедийные источники информации.

Элемент 5. Также в процессе обучения следует организовать текущий и итоговый контроль знаний. В качестве пятой группы элементов можно использовать различные способы проверки знаний обучаемого:

- очное выполнение контрольных работ;
- очный экзамен;
- очное/заочное тестирование;
- участие в деловых играх;
- выполнение проектов;
- выполнение домашних заданий;
- защита курсовых работ;
- защита междисциплинарных курсовых работ;
- оценка отчетов по различным видам практик:
 - учебной;
 - производственной;
 - научно-исследовательской;
- итоговый междисциплинарный экзамен;
- защита выпускных квалификационных работ.

Элемент 6. Следует также подобрать темп подачи материала для конкретного обучаемого. Шестой группой элементов может быть следующий вариант:

- медленный с многократным повторением пройденного материала;
- стандартный с фиксацией основных положений;
- ускоренный с упором на самоподготовку;
- регулируемый студентом (по готовности перейти к следующему разделу).

Элемент 7. Один из важнейших элементов — организация учебного процесса с точки зрения очередности и числа одновременно изучаемых предметов. К седьмой группе элементов Smart-обучения относятся следующие:

- семестровая система (множество предметов, параллельно изучаемых в течение полугода);
- модульное обучение (небольшое число дисциплин, изучаемых за относительно короткий промежуток времени — 2—3 месяца);
- последовательная траектория изучения дисциплин друг за другом (одна дисциплина — несколько недель и переход к следующей только после успешной сдачи экзамена по текущей, иначе повторное изучение);
- индивидуальный план обучения.

Следует отметить, что набор элементов и их содержание могут варьироваться в зависимости от учебного заведения, вида образовательной программы и базового образовательного стандарта.

Целью Smart-образования является приведение в соответствие качества предоставляемого и качества получаемого образования [5]. Разрабатываемая методика автоматизации выбора траектории обучения позволяет определить наиболее рациональную для обучаемого и преподавателя индивидуальную траекторию Smart-образования, состоящую из определенного набора элементов. На основе выбранной траектории могут быть созданы сценарии учебных мероприятий всех курсов, которые будут увлекать студента, побуждать его к учебной и научной деятельности [3].

В качестве эксперимента Smart-университет может организовать тестовый период обучения. Для студентов на начальном периоде обучения Smart-университет выявляет эффективность применения различных элементов Smart-образования на практике в целях выбора в дальнейшем наиболее рациональной траектории обучения. Например, в течение нескольких занятий проводятся последовательно очное обучение, затем дистанционное обучение, предлагается участие в мини-проектах, деловых играх, изменяется темп подачи и технология преподавания материала и т. п. После чего проводится изучение отклика участников образовательного процесса.

Постановка задачи

Идея предложенной методики заключается в том, чтобы помочь студенту выстроить индивидуальную траекторию обучения и сформировать индивидуальный кейс учебных материалов, средств и технологий обучения. Такие траектории можно выстраивать как для одного курса, так и для всей образовательной программы. Сравнение траекторий может проводить либо сам учащийся, либо группа экспертов с применением методов поддержки принятия решений.

Задачей университета является внедрение Smart-технологий в учебный процесс по образовательным программам основного и дополнительного образования. Следует сформировать группу экспертов,

включающую методистов, психологов, преподавателей, кураторов, экономистов, административных работников или других специалистов по решению руководителя образовательной программы. Группа экспертов для каждого обучаемого должна сформировать набор элементов и траекторию Smart-обучения, на основании оценки возможностей университета и результатов некоторого входного тестирования/опроса обучаемого и ознакомления с его портфолио.

Поиск решения поставленной задачи является трудоемким. Данная задача может быть отнесена к многокритериальной задаче принятия решения в условиях определенности исходной информации, поэтому имеет смысл автоматизировать выбор траектории на основе применения методов поддержки принятия решений. Требуется сформировать множество альтернативных решений (образовательных траекторий) и критериев выбора наиболее рациональной траектории в конкретных условиях.

Альтернативными решениями будут являться траектории обучения, сформированные экспертами. Например, одна из траекторий может выглядеть так:

Траектория 1

Элемент 1. Виды информационных источников:

- бумажные учебники и учебные пособия;
- научные периодические издания;
- авторские учебные пособия, предоставляемые преподавателями;
- Интернет-ресурсы.

Элемент 2. Способ организации учебного процесса: очные занятия (лекции, семинары, лабораторные...).

Элемент 3. Численность учебной группы: обучение в большой группе (с потоком студентов).

Элемент 4. Технологии преподавания учебного материала: мультимедийные источники информации.

Элемент 5. Способы проверки знаний обучаемого:

- очное выполнение контрольных работ;
- очный экзамен;
- выполнение проектов;
- итоговый междисциплинарный экзамен;
- защита выпускных квалификационных работ.

Элемент 6. Темп подачи материала: стандартный с фиксацией основных положений.

Элемент 7. Очередность изучения предметов: семестровая система.

Критерии отбора формируют эксперты на основе нормативных документов, профессионального опыта, сведений о возможностях и предпочтениях студентов, опыта предыдущих лет обучения. В качестве таких критериев можно назвать, например, следующие [2, 3]:

К1. Качество образования (*комплексный критерий, состоящий из нескольких вложенных подкритериев*):

К1.1. Выполнение требований образовательных стандартов.

К1.2. Степень освоения профессиональных компетенций.

К1.3. Степень освоения универсальных компетенций.

К1.4. Степень достижения заявленных целей и результатов обучения.

К2. Доступность элементов образовательной траектории.

К3. Стоимость обучения.

К4. Время, затраченное на освоение образовательной программы (дисциплины).

К5. Степень удовлетворения ожиданий участников образовательного процесса от предоставляемых образовательных услуг.

К5.1. Достоверность получаемой информации.

К5.2. Полнота получаемой информации.

К5.3. Целостность получаемой информации.

К5.4. Ясность изложения материала.

К5.5. Актуальность учебного материала.

При выборе метода поддержки принятия решений необходимо учитывать, что критерии оценки образовательных траекторий носят как численный, так и лингвистический характер, и число альтернативных образовательных траекторий, как правило, невелико (не превышает 10), в соответствии с числом экспертов. Так как решение по выбору образовательной траектории может быть принято при согласованном мнении всех экспертов, то целесообразно применение групповых методов поддержки принятия решений [6].

Рассмотрим некоторые методы, применяемые для согласования групповых (экспертных) решений.

Метод предпочтений основан на ранжировании всех альтернативных траекторий, выполняемом группой экспертов [7]. Каждый эксперт независимо от других выполняет ранжирование траекторий. Если мнения экспертов сильно различаются, то необходимо провести уточнение экспертных оценок до получения допустимого значения коэффициента согласованности оценок. Основная сложность этого метода заключается в достижении заданной согласованности экспертных суждений.

Аналогичная сложность возникает при использовании метода ранга (каждый эксперт выстраивает сам порядок альтернатив), который отличается от метода предпочтений лишь способом задания экспертных ранжировок [8].

Метод кластеризации экспертных оценок позволяет получить согласованные экспертные оценки путем достаточно сложного итерационного процесса коррекции и согласования позиций экспертов. Этот метод требует задания степени предпочтительности альтернативы в абсолютных единицах

на заданных шкалах критериев без процедуры попарного сравнения альтернатив, что может привести к ошибкам при оценке альтернатив, так как данная процедура является сложной для ЛПР (лица, принимающего решение) по результатам психологических исследований [9].

Метод минимального расстояния позволяет найти компромиссное решение с точки зрения удовлетворения мнений всех экспертов в равной степени путем использования процедуры попарного сравнения альтернатив каждым экспертом и использования этих сравнительных оценок для получения итоговой ранжировки альтернатив [10]. Метод минимального расстояния достаточно легко поддается алгоритмизации, хотя число вычислений может быть велико и зависит от числа альтернатив. Процедуры, используемые экспертами в методе минимального расстояния, являются допустимыми по результатам психологических исследований.

В любом случае процедура принятия решения должна быть автоматизирована, так как требует многократного применения экспертами, не являющимися специалистами в области принятия решений.

Пример решения задачи выбора траектории Smart-обучения

Допустим в оценке участвуют пять экспертов. Экспертами был сформирован набор возможных траекторий (Т1, Т2, Т3, Т4, Т5) с конкретизацией по образовательным элементам. Для определенности назовем этот набор альтернативных траекторий набором 1 альтернатив. Допустим ими были сформированы критерии отбора: К1, К2, К3, К4.

Для автоматизации процедуры выбора/ранжирования альтернатив Т1—Т5 используем метод минимального расстояния на основе расчета медианы Кемени—Снелла, представляющей собой ранжировку альтернатив с минимальным суммарным расстоянием до всех экспертных ранжировок [10]. Искомая матрица и ранжировка покажет предпочтительность альтернативных траекторий для конкретного обучаемого, расположив альтернативные решения от лучшего к худшему.

На первом шаге применения метода каждый эксперт строит матрицы Y попарного сравнения альтернатив из набора 1 по совокупности критериев.

Если эксперт затрудняется в построении подобной матрицы, то можно предложить ему взглянуть на проблему более детально и вначале оценить важность каждой из альтернатив по каждому критерию. Для этого понадобится определить важность каждого критерия в общей оценке альтернативы. Взаимную важность критериев следует предварительно оценить с участием всех экспертов, чтобы получить объективное представление проблемы с разных точек зрения.

Для автоматизации расчетов весов критериев можно применить методы поддержки групповых решений: метод предпочтений, метод ранга.

Рассмотрим процедуру расчета весов критериев на основе метода ранга. Допустим, что ЛПР, например руководитель образовательной программы, назначил группу из пяти экспертов ($kЭ = 5$). Далее ЛПР может определить важность голоса каждого эксперта. Это может быть как равная важность, так и различная. Во втором случае дополнительно потребуется выполнить расчет коэффициентов компетентности экспертов с использованием, например, метода ранга. Согласно данному методу ЛПР задает числовые оценки компетентности экспертов ($C_{Эi}$) по десятибалльной шкале, на основании которых можно вычислить их коэффициенты компетентности $W_{Эi}$ по формуле $W_{Эi} = C_{Эi}/\Sigma$ [9], где Σ — сумма всех числовых оценок всех экспертов. Например, ЛПР определил следующие числовые оценки компетентности голосов экспертов (табл. 1, первая строка), сумма которых составит 43 балла (см. табл. 1 — последний столбец), а коэффициенты компетентности $W_{Эi}$ рассчитаны в строке 3 табл. 1.

Далее пять экспертов должны сформировать веса критериев. Процедура определения весов была рассмотрена авторами в работе [10]. Пусть пять экспертов ($i = 1, \dots, 5$) выбрали для рассмотрения четыре критерия ($j = 1, \dots, 4$) и сформировали следующие десятибалльные оценки (R_{ij}) критериев (табл. 2, целые значения).

Затем рассчитаем взвешенную оценку C_{Kj} критерия K_j с учетом коэффициента $W_{Эi}$ компетентности каждого эксперта по формуле $C_{Kj} = W_{Эi} \cdot R_{ij}$ (см. табл. 2, дробные значения в скобках). Далее рассчитывается сумма взвешенных оценок критериев по формуле $SK = \Sigma C_{Kj} = 29,47$ и веса критериев по формуле $W_{Ki} = C_{Kj}/SK$ (см. табл. 2, последняя строка). Согласно полученным весам можно выстроить критерии по важности (от лучшего к худшему): К3, К1, К2, К4. Пользуясь этими оценками, эксперты могут более детально изучить вопрос взаимной важности альтернативных траекторий обучения.

В конечном счете эксперты должны сформировать матрицы $Y^1 \div Y^5$ попарного сравнения альтернатив из набора 1.

В матрице каждый элемент y_{ij} показывает взаимную важность траектории T_i по отношению к траектории T_j по следующему правилу: лучше (1), хуже (-1), равнозначна (0). Пусть, например, были получены следующие оценочные матрицы:

В матрице каждый элемент y_{ij} показывает взаимную важность траектории T_i по отношению к траектории T_j по следующему правилу: лучше (1), хуже (-1), равнозначна (0). Пусть, например, были получены следующие оценочные матрицы:

$$Y^1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}; Y^2 = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & -1 & -1 & 0 \end{pmatrix};$$

$$Y^3 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}; Y^4 = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 0 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix};$$

$$Y^5 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Для каждой матрицы $Y^1 \div Y^5$ рассчитывается ранжировка альтернатив по правилу: все элементы по строкам матриц складываются, и в ранжировке наилучшей считается альтернатива с максимальной суммой, а наихудшей — с минимальной, равнозначными — с одинаковыми суммами. На основании этих матриц можно сделать вывод о том, как каждый из экспертов проранжировал по важности имеющиеся траектории:

- ранжировка эксперта 1 (по матрице Y^1) = Т1, Т3, Т2, Т5, Т4;
- ранжировка эксперта 2 (по матрице Y^2) = Т2, Т4, Т3, [Т1, Т5] (альтернативы Т1 и Т5 равнозначны);
- ранжировка эксперта 3 (по матрице Y^3) = [Т1, Т3], Т2, Т5, Т4 (альтернативы Т1 и Т3 равнозначны);
- ранжировка эксперта 4 (по матрице Y^4) = Т5, Т2, Т1, Т4, Т3;
- ранжировка эксперта 5 (по матрице Y^5) = Т3, [Т1, Т5], [Т2, Т4] (альтернативы Т1 и Т5 равнозначны и альтернативы Т2 и Т4 равнозначны).

Таблица 1

Расчет важности голосов экспертов

i	1	2	3	4	5	Σ
$C_{Эi}$	10	8	9	9	7	43
$W_{Эi} = C_{Эi}/\Sigma$	0,24	0,19	0,21	0,21	0,16	1,00

Таблица 2

Экспертные оценки R_{ij} важности критериев

i	$W_{Эi}$	$R_{ij} (C_{Kj} = W_{Эi} \cdot R_{ij})$			
		$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$
1	0,24	8 (1,92)	9 (2,16)	6 (1,44)	5 (1,25)
2	0,19	5 (0,95)	7 (1,33)	8 (1,52)	9 (1,71)
3	0,21	8 (1,68)	6 (1,26)	8 (1,68)	9 (1,89)
4	0,21	8 (1,68)	7 (1,47)	8 (1,68)	5 (1,05)
5	0,16	8 (1,28)	7 (1,12)	9 (1,44)	6 (0,96)
Взвешенная оценка C_{Kj} критерия K_j		7,51	7,34	7,76	6,86
Веса критериев $W_{Ki} = C_{Kj}/SK_i$		0,25	0,24	0,26	0,23

Далее требуется, учитывая все мнения экспертов, вычислить новую ранжировку альтернатив, наиболее близкую ко всем указанным ранжировкам. Для этого вычислим итоговую матрицу оценок Y , равноудаленную от всех пяти матриц $Y^1 \div Y^5$. Для новой матрицы Y будет справедливым утверждение, что сумма модулей разностей ее элементов и элементов любой из матриц $Y^1 \div Y^5$ должна быть минимальной.

Вычисление такой новой матрицы происходит методом перебора всех существующих матриц с нулевой главной диагональю и кососимметричных относительно нее же (значение "1", которое выше диагонали, симметрично значению "-1", которое ниже диагонали, и наоборот). Такой перебор удобнее всего выполнить программно. По новой рассчитанной матрице Y строится новое ранжирование для приведенных альтернатив по степени предпочтительности.

Однако таких равноудаленных матриц может быть несколько, как и несколько ранжировок альтернатив по предпочтительности.

Согласно исходным данным программные расчеты дают следующий результат. Список наиболее предпочтительных альтернативных траекторий при уменьшении предпочтения будет следующим:

- T1, T3, T2, T5, T4;
- T3, T1, T2, T5, T4.

Значит наиболее предпочтительными (и равнозначными) являются альтернативы T1, T3, т. е. необходимо из нескольких равнозначных альтернатив выбрать единственную — наиболее подходящую для данного обучаемого. Для определенности назовем этот новый список альтернативных, но равных по предпочтительности траекторий набором 2 альтернатив.

Поскольку эксперты в выборе уже принимали участие, то остается предоставить право решать самому обучаемому. Если он затрудняется сделать выбор, то помочь ему может один из методов поддержки принятия индивидуальных решений. Наиболее приемлемым будет метод аналитических иерархий [6], так как он применим в случае малого числа альтернатив (в худшем случае это число будет равно числу экспертов) и в случае небольшого числа критериев отбора (формулирует сам обучаемый, и скорее всего их число тоже не будет слишком велико). Также достоинством этого метода является его наглядность и простота использования не специалистами в области принятия решений.

Рассмотрим пример применения этого метода.

Если запустить программу при следующих исходных данных — ранжировок пяти экспертов:

- ранжировка эксперта 1 = T5, T2, [T1, T3], T4;
- ранжировка эксперта 2 = T2, T4, T3, [T1, T5];
- ранжировка эксперта 3 = [T1, T3], T2, T5, T4;
- ранжировка эксперта 4 = T5, T2, T1, T4, T3;
- ранжировка эксперта 5 = T3, [T1, T5], [T2, T4],

то получим такой результат по искомым наиболее предпочтительным ранжировкам:

- T5, T2, T3, T1, T4;
- T2, T3, T5, T1, T4;
- T3, T5, T2, T1, T4.

Так как приведенные выше ранжировки в качестве наиболее предпочтительной траектории указывают разные альтернативы (T2, T3, T5), то требуются дополнительные процедуры выбора одной из них.

Допустим обучаемый для решения по выбору одной из трех (или более) траекторий составил список наиболее важных для себя критериев отбора:

K1 — минимальная стоимость обучения;

K2 — минимальный срок обучения;

K3 — интенсивность обучения (предпочтительно очные занятия);

K4 — виды информационных источников (предпочтительно электронные учебные пособия и Интернет-ресурсы);

K5 — минимальная численность учебной группы.

Эти критерии могут повторять полностью или частично выше названные экспертами критерии оценки траекторий из набора 1 или могут совершенно отличаться от них. В случае, когда критерии частично или полностью повторяются, возможна ситуация, при которой все отобранные как наилучшие альтернативные траектории из набора 2 удовлетворяют повторяющимся критериям, поскольку эксперты проводили отбор с учетом мнения обучаемого (по результатам входного тестирования). Тогда, проанализировав состав и структуру элементов траекторий из набора 2, можно удалить из списка означенные критерии, тем самым сократив число критериев и упростив задачу выбора.

Допустим для определенности, что все альтернативные траектории набора 2 (T2, T3, T5) удовлетворяют критериям K3 и K4. Тогда вычеркнув указанные критерии из рассмотрения, сформируем окончательный список критериев для выбора наиболее предпочтительной альтернативы из набора 2:

K₁ — минимальная стоимость обучения;

K₂ — минимальный срок обучения;

K₃ — наименьшая численность учебной группы.

Для простоты расчетов переобозначим имеющиеся альтернативы:

A₁ — траектория T2;

A₂ — траектория T3;

A₃ — траектория T5.

Для оставшихся критериев в методе аналитических иерархий [8], как и в большинстве методов поддержки, обучаемому предлагается оценить взаимную важность с его точки зрения каждого из критериев, а по результатам оценки заполнить матрицу X взаимного предпочтения критериев (2). В ней на месте элемента x_{ij} указывается степень превосходства критерия K_i над критерием K_j . Будем использовать шкалу относительной важности кри-

териев K_1, K_2, K_3 : равная важность — 1, умеренное превосходство — 3, существенное и сильное превосходство — 5, значительное превосходство — 7, очень большое превосходство — 9, например, если $x_{ij} = 5$, то $x_{ji} = 1/5$ и всегда $x_{ii} = 1$:

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 9 & 5 \\ 1/9 & 1 & 1/7 \\ 1/5 & 7 & 1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Согласно матрице X (2) найдем цену каждого критерия по формуле $C_{Ki} = \sqrt[3]{\prod_j x_{ij}}$ ($i = 1, \dots, 3$; $j = 1, \dots, 3$). Получим следующие значения: $C_{K1} = 3,56$; $C_{K2} = 0,25$; $C_{K3} = 1,12$. Сумма цен критериев равна $CK = 4,93$. Далее рассчитаем веса каждого критерия по формуле $W_{Ki} = \frac{C_{Ki}}{CK}$. Получим $W_{K1} = 0,72$; $W_{K2} = 0,05$; $W_{K3} = 0,23$.

Теперь проведем сравнение трех альтернатив из набора 2 методом аналитических иерархий, для чего построим еще три матрицы попарного сравнения (Z^1, Z^2, Z^3) взаимного предпочтения альтернатив по каждому из трех критериев:

$$Z^1 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 1/7 \\ 1/5 & 7 & 1 \end{pmatrix}; Z^2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 7 \\ 1 & 1 & 1/5 \\ 1/7 & 5 & 1 \end{pmatrix};$$

$$Z^3 = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/7 \\ 5 & 7 & 1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

В каждой матрице Z^k на месте элемента z_{ij}^k указывается степень превосходства альтернативы A_i над альтернативой A_j по критерию K_k . Будем использовать ту же шкалу относительной важности, что и для сравнения критериев. Затем по аналогии рассчитаем вес (W_i^k) каждой i -й альтернативы по каждому k -му критерию:

$$W_1^1 = 0,63; W_2^1 = 0,09; W_3^1 = 0,28;$$

$$W_1^2 = 0,57; W_2^2 = 0,17; W_3^2 = 0,26;$$

$$W_1^3 = 0,09; W_2^3 = 0,17; W_3^3 = 0,74.$$

Далее следует рассчитать ценность каждой альтернативы с учетом весов критериев по формуле

$$U_{Ai} = \sum_{j=1}^3 (W_{Kj} \cdot W_i^j);$$

$$U_{A1} = 0,50; U_{A2} = 0,11; U_{A3} = 0,39.$$

Сравнив получившиеся взвешенные оценки альтернатив из набора 2, легко можно выбрать наиболее предпочтительную из них по максимальной взвешенной оценке. В данном примере таковой оказалась альтернатива $A1$ — траектория $T2$ (ценность = 0,50).

Заключение

Использование предлагаемой методики позволяет получить целостную характеристику траектории обучения, представляющую наиболее рациональную комбинацию образовательных элементов, обеспечивающих достижение заданных критериев оценки результатов обучения. Полученные рекомендации позволят педагогам выстроить наиболее рациональным образом процесс обучения как индивидуально с каждым обучающимся, так и с учебной группой.

Важным достоинством предлагаемой методики является возможность автоматизации процесса выбора образовательной траектории с учетом особенностей конкретного обучаемого, а также возможностей и требований университета.

Список литературы

1. Усков В. Л., Иванников А. Д., Усков А. В. Перспективные технологии для электронного образования // Информационные технологии. 2007. № 2. С. 32—38.
2. Тихомирова Н. В. Глобальная стратегия развития Smart-общества. МЭСИ на пути к Smart-университету. URL: <http://smartesi.blogspot.ru/2012/03/smart-smart.html> (дата обращения: 21.01.2016).
3. Шакирова З. Х., Ахметшин Д. А. Smart системы в сфере высшего образования // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 7. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/07/56409> (дата обращения: 20.01.2016).
4. Булгаков М. В., Гридина Е. Г., Иванников А. Д., Старых В. А. Федеральная система информационно-образовательных ресурсов // Информационные ресурсы России. 2009. № 2. С. 25—27.
5. Ефремова Н. Тестовый контроль в образовании. URL: http://www.xliby.ru/nauchnaja_literatura_prochee/testovyi_kontrol_v_obrazovanii/index.php (дата обращения: 10.02.2016).
6. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах: учебник. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Логос, 2002. 392 с.
7. Лобанов А. А. Метод предпочтений как инструмент поддержки принятия решений // Перспективы науки и образования. 2015. № 2 (14). С. 36—43.
8. Иванова Е. М., Вишнеков А. В., Ерохин В. В. Автоматизация процедуры выбора микроконтроллера // Нано- и микро-системная техника. 2014. № 7. С. 14—21.
9. Иванова Е. М., Вишнеков А. В., Ерохин В. В. Верификация СНК: выбор стратегии // Нано- и микро-системная техника. 2014. № 12. С. 30—36.
10. Кемени Дж., Снелл Дж. Кибернетическое моделирование: пер. с англ. М.: Советское радио, 1972. 192 с.

Automation of the Smart-Education Trajectory Choice

The basic Smart-education elements are considered in the article: university facilities; information sources types; the way of the educational process organization; the number of educational group; technology of an information presentation; technology of the organization of current and total knowledge control; knowledge presentation speed according to a particular student; the sequence and the number of the simultaneous studied objects; students preferences. The questions of trajectory choice in the Smart-education environment are discussed. The authors give an approximate content of a possible education trajectory. The article offers a technique of the education trajectory choice based on the decision-making support methods. The specified technique allows using both expert's knowledge and experience in various fields of the organization and ensuring educational process, and requirements of students. This article considers both group and individual decision-making methods. The authors prove the method choice for the task solution. The article shows an example of the minimum distance method application for the expert's opinions coordination while choosing the alternative educational trajectories. The example of the hierarchy analysis method application while choosing one of the alternative educational trajectories recommended by experts is shown. The offered technique allows to automate the process of the most rational education trajectory choice and to reduce decision-making time and costs.

Keywords: Smart-education, education trajectory, decision-making support methods, minimum distance method

References

1. Uskov V. L., Ivannikov A. D., Uskov A. V. Perspektivnyye tehnologii dlja jelektronnoogo obrazovaniya (Perspective technologies for electronic education), *Informacionnyye tehnologii*, 2007, no. 2, pp. 32–38.
2. Tihomirova N. V. Global'naja strategija razvitiya Smart-obshchestva. MESI na puti k Smart-universitetu (Global strategy of Smart-society development. MESI on the way to Smart-university), URL: <http://smartmesi.blogspot.ru/2012/03/smart-smart.html> (data obrashheniya: 21.01.2016).
3. Shakirova Z. H., Ahmetshin D. A. Smart sistemy v sfere vysshego obrazovaniya (Smart systems in higher education), *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii*, 2015, no. 7, URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/07/56409> (data obrashheniya: 20.01.2016).
4. Bulgakov M. V., Gridina E. G., Ivannikov A. D., Staryh V. A. Federal'naja sistema informacionno-obrazovatel'nyh resursov (Federal system of information and education resources), *Informacionnyye resursy Rossii*, 2009, no. 2, pp. 25–27.
5. Efremova N. Testovyy kontrol' v obrazovanii (Test control in education). URL: http://www.xliby.ru/nauchnaja_literatura_prochee/testovyi_kontrol_v_obrazovanii/index.php (data obrashheniya: 10.02.2016).
6. Larichev O. I. Teorija i metody prinjatija reshenij, a takzhe Hronika sobytij v Volshebnyh stranah (The decision-making theory and methods, and also Chronicle of events in the Magic countries): uchebnik, izd. 2-e, pererab. i dop., Moscow, Logos, 2002, 392 p.
7. Lobanov A. A. Metod predpochtenij kak instrument podderzhki prinjatija reshenij. (Method of preferences as instrument of decision-making support), *Perspektivy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 2 (14), pp. 36–43.
8. Ivanova E. M., Vishnekov A. V., Erohin V. V. Avtomatizacija procedury vybora mikrokontrollera (Automation of the microcontroller choice procedure), *Nano- i mikrosistemnaja tehnika*, 2014, no. 7, pp. 14–21.
9. Ivanova E. M., Vishnekov A. V., Erohin V. V. Verifikacija SNK: vybor strategii (SOK verification: the choice of strategy), *Nano- i mikrosistemnaja tehnika*, 2014, no. 12, pp. 30–36.
10. Kemeny J. G., Snell J. L., Kiberneticheskoe modelirovanie (Cybernetic modeling): per. s angl. — Moscow, Sovetskoe radio, 1972, 192 p.



С 16 по 18 ноября 2016 г.
в г. Тула на базе Тульского ГУ состоится
Международная научно-техническая конференция
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
(Интеллект 2016)



ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ, ПЛАНИРУЕМЫЕ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ

- Интеллектуальные системы поддержки принятия решений.
- Управление параллельными и распределенными информационными процессами.
- Методы цифровой обработки сигналов и изображений.
- Системы классификации и распознавания образов.
- Когнитивные технологии.
- Роевые технологии.

Подробную информацию о конференции см. на сайте:
<http://tsu.tula.ru/science/conferences/>