

для самореализации и продолжения обучения и самообразования. Таким образом, в соответствии с данной моделью, при разработке технологии обучения любой дисциплине преподаватель имеет абсолютно четкие установки, которым необходимо следовать.

Предлагаемые компоненты являются универсальными для разработки педагогической технологии для реализации обучения любой дисциплине на любом этапе учебного процесса с учетом всех необходимых компонентов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Виленский В.Я., Образцов П.И., Уман А.И.* Технологии профессионально-ориентированного обучения в высшей школе: Учеб. пособие / Под ред. В.А. Сластенина. – М.: Педагогическое общество России, 2004. – 192 с.
2. *Смирнов С.И.* Технологии в образовании // Высшее образование в России. – 1999. – № 1.
3. *Загвязинский В.И.* Теория обучения: Современная интерпретация: Учеб. пособие. – М.: Изд. центр «Академия», 2001. – 192 с.
4. *Писаренко В.И.* Использование компьютерных технологий в обучении иностранным языкам // Открытое образование. – 2004. – № 1 (42).
5. *Курейчик В.М., Кравченко Ю.А.* Перспективы применения современных технологий для построения систем обучения // Открытое образование. – 2005. – № 4. – С. 12-19.
6. *Курейчик В.М., Писаренко В.И.* Синергетический подход в инновационном образовании // Открытое образование. – 2007. – № 3. – С. 20-29.
7. *Кравченко Ю.А., Курейчик В.М., Писаренко В.И.* Инновационные образовательные технологии в построении систем поддержки принятия групповых решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 4 (81). – С. 216-221.

Статью рекомендовал к опубликованию д.п.н., профессор Е.А. Макарова.

Писаренко Вероника Игоревна – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: vero19671993@gmail.com; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП 17А; тел.: 88634371496; кафедра иностранных языков; профессор.

Pisarenko Veronika Igorevna – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: vero19671993@gmail.com; GSP 17A, 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371496; the foreign languages department; professor.

УДК 002.53:004.89

Ю.А. Кравченко

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ В АЛГОРИТМЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С УЧЕТОМ РЯДА ПАРАМЕТРОВ АДАПТАЦИИ*

Рассмотрен алгоритм принятия решений в информационной системе поддержки процесса обучения на основе анализа иерархий компетенций с учетом индивидуальных характеристик личности и воздействий внешней среды, согласуемых по принципу большинства. Алгоритм актуален при создании адаптивных оценочных процедур для определения уровня компетентности обучаемого и предполагает использование экспертных знаний для выбора методических основ разработки индивидуальных траекторий обучения и интел-

* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 11-07-00064).

лектуальных информационных обучающих сред. При разработке алгоритма использованы оценки относительной значимости признаков и альтернатив при выборе траектории обучения, а также – принцип большинства для итогового расчета весов альтернатив.

Принятие решений; интеллектуальные информационные системы; анализ иерархий; параметры адаптации; оценка относительной значимости.

Y.A. Kravchenko

APPLICATION OF THE HIERARCHIES ANALYSIS METHOD IN DECISION MAKING ALGORITHM BASED ON NUMBER OF ADAPTATION PARAMETERS

This article describes the algorithm of decision-making in an information system to support the learning process based on the analysis of competence hierarchies with regard to individual personality characteristics and effects of the environment to be agreed on the principle of majority. The algorithm is relevant for the creation of adaptive assessment procedures to determine the level of trainee competence and involves the use of expert knowledge to select the methodological foundations of the development of individual learning trajectory, and intelligent information educational environments. Estimates the relative importance of features and alternatives when choosing a trajectory of learning and the principle of majority for calculating of alternatives weights were used in developing the algorithm.

Decision making; intelligent information systems; analysis of hierarchies; the parameters of adaptation; assessment of relative importance.

Введение. Наличие неопределенности и проблемных ситуаций при обработке мнений экспертов требует проведения адаптации математических методов. Исследуем возможность применения для решения данной проблемы метода анализа иерархий, который используется при поддержке принятия решений и представляет собой теорию, основанную на экспертных оценках и суждениях индивидуальных специалистов или их групп [1].

При решении задач разработки интеллектуальных информационных систем развития и оценки компетентности исследователи сталкиваются со сложной проблемой структурирования множества характеристик из различных областей знания в виде иерархии для дальнейшего выполнения количественной оценки имеющихся вариантов альтернатив. Применение метода анализа иерархий для решения данной проблемы в рамках уточнения отдельных процедур, нацеленное на его адаптацию к разнообразию реальных ситуаций, позволяет значительно улучшить качество принимаемых решений [1–12].

1. Анализируемая интегрируемая модель на основе множества исследуемых параметров. Применение метода анализа иерархий (МАИ) в соответствии с подходом Т.Саати подразумевает использование оценок относительной значимости признаков и альтернатив при выборе траектории обучения [2, 13–15]. Недостатком данного подхода является отсутствие учета наличия проблемных ситуаций. Качество принятия решений по аналитическому обоснованию выбора альтернатив вырастет в случае учета вариантов воздействия внешней среды, проявлением которой в нашем случае будут действия преподавателей, экспертов и тьюторов, а также возможные изменения в учебных планах и образовательных программах. Необходимой является математическая обработка суждений различных экспертов с учетом коэффициентов их относительной значимости, так как в процессе принятия решения могут участвовать несколько экспертов.

Опишем анализируемую интегрированную модель на основе множеств исследуемых параметров:

- 1) $Q_i = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_{1-x}, \dots, Q_I\}$ – альтернативы выбираемых способов (траекторий) обучения для достижения необходимого уровня компетентности, где $2 < x < I$;
- 2) $k = \{1, 2, \dots, K\}$ – идентификационные номера компетенций;
- 3) $n = \{n_1, n_2, \dots, n_{K-y}, \dots, n_K\}$ – множество коэффициентов относительной значимости (весов) каждой из компетенций, где $2 < y < K$;
- 4) $F_k = \{F_{1k}, F_{2k}, \dots, F_{ik}, \dots, F_{Ik}\}$ – множество коэффициентов (весов) альтернатив (решений) по выбору траектории обучения по признаку наличия определенной компетенции;
- 5) $p_j = \{p_1, p_2, \dots, p_{J-\alpha}, \dots, p_J\}$ – множество возможных воздействий на процесс обучения со стороны внешней среды, где $2 < \alpha < J$;
- 6) $e = \{1, 2, \dots, E\}$ – идентификационные номера составляющих психофизиологических характеристик личности (стили учения, способы мышления и т.д.) обучаемого, определенные экспертами;
- 7) $v = \{v_1, v_2, \dots, v_{E-\beta}, \dots, v_E\}$ – множество коэффициентов (весов) относительной значимости составляющих психофизиологических характеристик личности обучаемого, где $2 < \beta < E$;
- 8) $b = \{b_1, b_2, \dots, b_{J-\omega}, \dots, b_J\}$ – множество коэффициентов относительной вероятности появления воздействий внешней среды;
- 9) $n_{ej} = \{n_{1ej}, n_{2ej}, \dots, n_{(K-y)ej}, \dots, n_{Kej}\}$ – множество коэффициентов относительной значимости (весов) имеющихся компетенций k при j -том воздействии внешней среды с учетом определенных экспертами психофизиологических особенностей обучаемого e ;
- 10) $F_{iej} = \{F_{1kej}, F_{2kej}, \dots, F_{(1-x)kej}, \dots, F_{Ikej}\}$ – множество коэффициентов (весов) решений по выбору альтернатив траекторий процесса обучения по наличию признака компетенции k при j -том воздействии внешней среды с учетом определенных экспертами психофизиологических особенностей обучаемого e ;
- 11) $F = \{F_1, F_2, \dots, F_{1-x}, \dots, F_I\}$ – итоговое множество коэффициентов решений (альтернатив).

Рассмотрим алгоритм модификации метода анализа иерархий с учетом устранения указанных недостатков.

2. Алгоритм принятия решений в информационной системе поддержки процесса обучения на основе анализа иерархий компетенций с учетом индивидуальных характеристик личности и воздействий внешней среды, согласуемых по принципу большинства. Сформируем матрицы попарных сравнений относительной значимости признаков наличия компетенций по шкале Саати N_{krej} с учетом индивидуальных характеристик личности e при воздействиях внешней среды p_j ($k, r = 1 \dots K, e = 1 \dots E, j = 1 \dots J$). Также нужно сформировать матрицы попарных сравнений предпочтительности альтернатив выбираемых способов (траекторий) обучения T_{izkej} в зависимости от выбранной компетенции k с учетом индивидуальных характеристик личности e при воздействиях внешней среды p_j ($i, z = 1 \dots I; k = 1 \dots K, e = 1 \dots E, j = 1 \dots J$). Для согласования индивидуальных характеристик личности и воздействий внешней среды по принципу большинства сформируем матрицу попарных сравнений относительной значимости составляющих индивидуальных характеристик личности обучаемого V_{ea} ($e, a = 1 \dots E$) и матрицу попарных сравнений относительных вероятностей появления воздействий внешней среды друг относительно друга V_{jc} ($j, c = 1 \dots J$).

Попарные сравнения в матрице V_{ea} производятся по следующей шкале:

- a) 1 – равноценность характеристик;
- b) 2 – наличие незначительного превосходства характеристики e над a ;

- c) 3 – вероятно некоторое слабое превосходство характеристики e над a ;
- d) 4 – умеренное превосходство характеристики e в сравнении с a ;
- e) 5 – среднее превосходство характеристики e в сравнении с a ;
- f) 6 – превосходство характеристики e в сравнении с a имеет уровень выше среднего;
- g) 7 – сильное превосходство характеристики e в сравнении с a ;
- h) 8 – наличие вероятности полного превосходства характеристики e в сравнении с a ;
- i) 9 – полное превосходство характеристики e в сравнении с a .

Попарные сравнения в матрице B_{jc} производятся по следующей шкале:

- a) 1 – вероятности появления воздействий внешней среды j и c одинаковы;
- b) 2 – между одинаковой и незначительно более высокой вероятностью появления воздействия j ;
- c) 3 – относительная вероятность появления ситуации j незначительно выше;
- d) 4 – относительная вероятность появления ситуации j – между умеренной и средней;
- e) 5 – относительная вероятность появления ситуации j несколько выше;
- f) 6 – относительная вероятность появления ситуации j – между средней и высокой;
- g) 7 – относительная вероятность появления ситуации j высока;
- h) 8 – относительная вероятность появления ситуации j – между высокой и безксловной;
- i) 9 – относительная вероятность появления ситуации j – безусловная.

В этом случае возможные оценки будут находиться в рамках следующих значений: 1/9; 1/8; 1/7; 1/6; 1/5; 1/4; 1/3; 1/2; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9. Связь оценок в матрицах V_{ea} и B_{jc} будет выражена отношениями: $V_{ea} = 1/V_{ae}$; $B_{jc} = 1/B_{cj}$.

Представим алгоритм решения:

1. Формирование исходных данных задачи.
2. Создание матриц попарных сравнений компетенций N_{krej} , в которой оценивается относительная значимость признаков наличия компетенций k и r с учетом индивидуальных характеристик личности e при воздействиях внешней среды p_j . Связь оценок N_{krei} и N_{rkei} будет выражена отношением $N_{rkej} = 1/N_{krej}$. Таким образом, если $N_{krej} = 9$, то признак наличия компетенции k безусловно значимей в сравнении с признаком r . Тогда значение $N_{rkej} = 1/9$, что означает безусловное отсутствие значимости признака наличия компетенции r относительно k .
3. Создание матриц попарных сравнений предпочтительности альтернатив выбираемых способов (траекторий) обучения в зависимости от выбранной компетенции T_{izkej} , в которых сопоставляется качество альтернатив i и z по различным компетенциям k с учетом индивидуальных характеристик личности e при воздействиях внешней среды p_j . Причем, $T_{zikej} = 1/T_{izkej}$.
4. Для каждой матрицы попарных сравнений признаков наличия компетенций с учетом индивидуальных характеристик личности e при воздействиях внешней среды p_j вычисляется вектор n_{maxej} , соответствующий максимальному собственному значению, т.е. $n_{maxej} = (n_{max1ej}, n_{max2ej}, \dots, n_{maxKej})$. λ_{maxKej} – максимальное собственное значение матриц попарных сравнений признаков компетенций при j -том воздействии внешней среды с учетом наличия индивидуальной характеристики e .
5. Преобразовать элементы полученного вектора n_{maxej} по следующему правилу:

$$n_{kej} = \frac{n_{maxkej}}{\sum_k n_{maxkej}};$$

6. Для всех матриц попарных сравнений предпочтительности альтернатив выбираемых способов (траекторий) обучения в зависимости от выбранной компетенции с учетом индивидуальных характеристик личности e при воздействиях внешней среды p_j вычисляется вектор T_{maxkej} , соответствующий максимальным собственным значениям матриц, т.е. $T_{maxkej} = (T_{maxlkej}, T_{max2kej}, \dots, T_{maxikej}, \dots, T_{maxlkej})$. $\lambda_{maxlkej}$ – максимальные собственные значения матриц попарных сравнений предпочтительности альтернатив выбираемых способов (траекторий) обучения в зависимости от выбранной компетенции с учетом индивидуальных характеристик личности e при воздействиях внешней среды p_j .
7. Преобразовать элементы полученного вектора T_{maxkej} по следующему правилу:

$$T_{ikej} = \frac{T_{maxikej}}{\sum_i T_{maxikej}}.$$

8. Рассчитать коэффициенты решений (альтернатив) F_{iej} при j -том воздействии внешней среды с учетом наличия индивидуальной характеристики e :

$$F_{iej} = \sum_k T_{ikej} * n_{kej}.$$

9. Для матрицы попарных сравнений относительной значимости составляющих индивидуальных характеристик личности обучаемого V_{ea} вычисляется вектор v_{max} , соответствующий максимальному собственному значению, т.е. $v_{max} = (v_{max1}, v_{max2}, \dots, v_{maxE})$. λ_{maxE} – максимальное собственное значение матрицы попарных сравнений относительной значимости составляющих индивидуальных характеристик личности обучаемого.
10. Преобразовать элементы полученного вектора v_{max} по следующему правилу:

$$v_e = \frac{v_{maxe}}{\sum_e v_{maxe}}.$$

11. Для матрицы попарных сравнений относительных вероятностей появления воздействий внешней среды друг относительно друга B_{jc} вычисляется вектор b_{max} , соответствующий максимальному собственному значению, т.е. $b_{max} = (b_{max1}, b_{max2}, \dots, b_{maxJ})$. λ_{maxJ} – максимальное собственное значение матрицы попарных сравнений относительных вероятностей появления воздействий внешней среды друг относительно друга.
12. Преобразовать элементы полученного вектора b_{max} по следующему правилу:

$$b_j = \frac{b_{maxj}}{\sum_j b_{maxj}}.$$

13. Рассчитать коэффициенты решений (альтернатив) F_i :

$$F_i = \sum_e \sum_j b_j * v_e * F_{iej}.$$

14. Упорядочить варианты решения F_i . Наибольший коэффициент указывает на самый предпочтительный вариант решения.

Заключение. Предложенная в рассмотренном алгоритме модификация метода анализа иерархий позволяет эффективно решать задачи принятия решений в интеллектуальных информационных системах обучения. Необходимость применения описанного алгоритма обусловлена необходимостью детального моделирования процесса обучения в условиях множества экспертных оценок в разных областях знания и возникающей на этой основе неопределенности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Саати Т.Л.* Принятие решений при зависимостях и обратных связях // Аналитические сети. – М.: ЛКИ, 2008.
2. *Середенко Н.Н.* Развитие метода анализа иерархий // Открытое образование. Научно-практический журнал. – М.: CAPITALPRESS, 2011. – № 2 (85). – С. 39-48.
3. *Кравченко Ю.А.* Технология анализа надежности адаптивных информационных сред // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 12 (113). – С. 103-108.
4. *Кравченко Ю.А.* Метод определения познавательных стилей на основе теории агентов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 12 (101). – С. 120-128.
5. *Бова В.В.* Технологии интеллектуального анализа и извлечения данных на основе принципов эволюционного моделирования / В.В. Бова, Л.А. Гладков, Ю.А. Кравченко, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, С.Н. Щеглов. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 124 с.
6. *Курейчик В.М., Кныш Д.С.* Проблемы, обзор и параллельные генетические алгоритмы: состояние // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2010. – № 4. – С. 72-82.
7. *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И.* Концепция эволюционных вычислений, инспирированных природными системами // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 16-25.
8. *Литвиненко В.А., Ховансков С.А., Норкин О.Р.* Оптимизации мультиагентной системы распределенных вычислений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 226-235.
9. *Кравченко Ю.А.* Концептуальные основы рефлексивно-адаптивного подхода к построению интеллектуальных информационных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 167-171.
10. *Кравченко Ю.А.* Метод создания математических моделей принятия решений в много-агентных подсистемах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 141-145.
11. *Курейчик В.В., Запорожец Д.Ю.* Современные проблемы при размещении элементов СБИС // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 68-73.
12. *Курейчик В.М., Кажаров А.А.* Использование роевого интеллекта в решении NP-трудных задач // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 30-37.
13. *Бова В.В.* Модели предметных знаний на основе системно-когнитивного анализа // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 146-153.
14. *Марков В.В.* Методика извлечения и оценки знаний на основе нечеткой модели эксперта // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 137-141.
15. *Марков В.В., Пуголовкина О.В.* Применение репертуарных решеток для формирования индивидуальных траекторий обучения // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 250-255.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор М.М. Ошхунов.

Кравченко Юрий Алексеевич – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: krav-jura@yandex.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП 17А; тел.: 88634371651; кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

Kravchenko Yuriy Alekseevich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: krav-jura@yandex.ru; GSP 17A, 44, Nekrasovskiy lane, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371651; the department of computer aided design; associate professor.