

УДК 002.53:004.89

**Ю.А. Кравченко, В.В. Марков**

**ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
МОДЕЛЯХ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ\***

*Рассмотрен алгоритм принятия решений в интеллектуальных информационных системах, построенных на основе модификаций метода анализа иерархий. Данный метод эффективно используется при структурировании множества характеристик из различных областей знания в виде иерархии для дальнейшего выполнения количественной оценки имеющихся вариантов альтернатив. Наличие неопределенности и проблемных ситуаций при обработке мнений экспертов требует проведения адаптации данного математического метода. При разработке алгоритма использованы оценки относительной значимости признаков и альтернатив при выборе траектории обучения.*

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

**Y.A. Kravchenko, V.V. Markov**

**DECISION MAKING IN INTEGRATED INFORMATION MODELS BASED  
ON THE HIERARCHIES ANALYSIS METHOD**

*This article describes algorithm for decision making in intelligent information systems, based on modifications of the analytic hierarchy method. This method is effectively used in structuring a set of characteristics from different fields of knowledge as a hierarchy for the further implementation of the options available alternatives quantitative assessment. The presence of uncertainty and problem situations in the processing of expert opinion requires adaptation of this mathematical method. Estimates the relative importance of features and alternatives when choosing a trajectory of learning were used in developing the algorithm.*

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

**Введение.** Создание адаптивных оценочных процедур при определении уровня компетентности обучаемого предполагает использование экспертных знаний для выбора методических основ разработки индивидуальных траекторий обучения и интеллектуальных информационных обучающих сред. 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].

Структурирование множества характеристик из различных областей знания в виде иерархии для дальнейшего выполнения количественной оценки имеющихся вариантов альтернатив является сложной и актуальной задачей. 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 [1–8].

**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, 9–12]. Недостатком данного подхода является отсутствие учета наличия проблемных ситуаций.

---

\* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 10-07-00538).

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 [13–15]. 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)  $Q_i = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_{I-x}, \dots, Q_I\}$  – 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)  $p_j = \{p_1, p_2, \dots, p_{J-a}, \dots, p_J\}$  – множество возможных воздействий на процесс обучения со стороны внешней среды, где  $2 < a < J$ ;
- 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)  $b = \{b_1, b_2, \dots, b_{J-a}, \dots, b_J\}$  – 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)  $F_{iej} = \{F_{1kej}, F_{2kej}, \dots, F_{(I-x)kej}, \dots, F_{Ikej}\}$  – 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)  $F = \{F_1, F_2, \dots, F_{I-x}, \dots, F_I\}$  – 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.** 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  $p_j$  ( $i, z = 1 \dots I; k = 1 \dots K, e = 1 \dots E, j = 1 \dots J$ ). 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  $N_{krej}$  и  $N_{rkej}$  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.  $n_{maxej} = (n_{max1ej}, n_{max2ej}, \dots, n_{maxKej})$ .  $\lambda_{maxKej}$  – 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.  $T_{maxkej} = (T_{max1kej}, T_{max2kej}, \dots, T_{maxikej}, \dots, T_{maxlkej})$ .  $\lambda_{maxlkej}$  – 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. Рассчитать коэффициенты решений (альтернатив)  $F_i$ :

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

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

**Заключение.** В методе анализа иерархий нет общих правил для формирования структуры модели принятия решения. Это является отражением реальной си-

туации принятия решения, с целым спектром мнений по каждой проблеме. Метод учитывает это обстоятельство с помощью построения дополнительной модели для согласования различных мнений, посредством определения их приоритетов. Таким образом, метод позволяет принимать решение с учетом «человеческого фактора». Это одно из важных достоинств данного метода.

Формирование структуры модели принятия решения в методе анализа иерархий достаточно сложный процесс. Однако в итоге удается получить полное представление о том, как взаимодействуют факторы, влияющие на выбор альтернативных решений. Как формируются приоритеты возможных решений и рейтинги, отражающие важность факторов. Процедуры расчетов рейтингов в методе анализа иерархий достаточно просты, что является преимуществом данного метода перед другими методами принятия решений.

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. – М., 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 многоагентных 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 рекомендовала к опубликованию д.т.н., профессор Л.С. Лисицына.

**Кравченко Юрий Алексеевич** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: krav-jura@yandex.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП 17А; тел.: 88634371651; кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

**Марков Владимир Васильевич** – e-mail: v\_v\_mar@mail.ru; кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

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

**Markov Vladimir Vasilyevich** – e-mail: v\_v\_mar@mail.ru; the department of computer aided design; associate professor.

УДК 002.53:004.89

**Ю.А. Кравченко**

### **СИНТЕЗ РАЗНОРОДНЫХ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЙ\***

*Рассмотрена актуальная проблема создания онтологий областей знаний в целях интеграции разнородной информации в системах управления знаниями. Описан набор типовых информационных потоков, для которых будут отбираться прецеденты интеграции знаний. Подробно рассмотрены этапы идентификации знаний, интеллектуального анализа априорной информации, построения моделей знаний и реализации системы управления знаниями. Реализация данных этапов обеспечит концептуализацию знаний в виде точных описаний в онтологиях, что позволит преодолеть неопределенность за счет формализации неявных предположений и систематизировать знания за счет интеграции разнородных источников.*

*Онтологии; интеллектуальные информационные системы; системы управления знаниями; интеллектуальный анализ данных; извлечение знаний; интеграция разнородной информации.*

**Y.A. Kravchenko**

### **SYNTHESIS OF HETEROGENEOUS KNOWLEDGE BASED ON ONTOLOGIES**

*This article describes the actual problem of knowledge fields ontologies creation in order to heterogeneous information integration in knowledge management systems. A set of typical information flows, which will be selected precedents knowledge integration, was described. The steps of identifying the knowledge, mining a priori information, modeling knowledge and implementing a knowledge management system were showed in details. The implementation of these steps will provide a conceptualization of knowledge as accurate descriptions in ontologies, which will overcome the uncertainty due to the formalization of the implicit assumptions and organize knowledge through the integration of heterogeneous sources.*

*Ontologies; intelligent information systems; knowledge management; data mining; knowledge extraction; integration of heterogeneous information.*

---

\* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 10-07-00538).