

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ТРЕНИНГОВОГО ПРАКТИКУМА ПО ТЕМЕ «ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ»**

**Солопай А.Ю., Тихомирова А.Н.**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» Министерства образования и науки Российской Федерации, Москва, Россия (115409, г. Москва, Каширское ш., 31)*

Разработан электронный тренинговый практикум по теме «Принятие решений на основе метода анализа иерархий». Метод анализа иерархий позволяет решать многокритериальные многофакторные проблемы, в которых ряд критериев не может быть формализован и оценивается по суждениям экспертов. Разработанный практикум соответствует сценарию реализации метода и имеет адаптированный под данный математический метод интерфейс. Электронный практикум позволяет учащимся приобрести теоретико-методологические знания и практические навыки в процессе научно-исследовательской деятельности. Реализованная в практикуме гибкая система проверки результатов, позволяющая студенту при совершении ошибки исправить неверный результат, повышает педагогический эффект, а строго математически обоснованная система начисления баллов по всем заданиям обеспечивает объективность оценивания знаний. В результате работы с электронным тренинговым практикумом студенты должны получить навыки для поиска оптимальных решений в условиях неопределенности.

Ключевые слова: электронный практикум, экспертные оценки, метод анализа иерархий, принятие решений, неопределенность и неполнота данных.

## **DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC TRAINING PRACTICAL WORK ON "DECISION MAKING ON THE BASIS ON THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD"**

**Solopay A.Y., Tikhomirova A.N.**

*National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia*

Designed e-Training practical work on "Decision-making based on the hierarchy analysis method". The hierarchy analysis method can solve multicriteria multifactorial problem in which a number of criteria can't be formalized and evaluated by expert's opinion. The developed practical work corresponds to the scenario of the implementation of the method and has the interface adapted to this mathematical method. Electronic practical work allows you to acquire the theoretical and methodological knowledge and practical skills of students in research activities. Realized in the practical work flexible rating system that allows the student to correct errors if they have a wrong result, increases the effect of teaching, and strictly mathematically based system of charging balls on all assignments will provide an objective assessment of knowledge. As a result of an electronic training practicum students should acquire skills to find the optimal decisions under uncertainty.

Keywords: electronic practical work, expert assessments, hierarchy analysis method, decision-making, uncertainty and incompleteness of the data.

### **Введение**

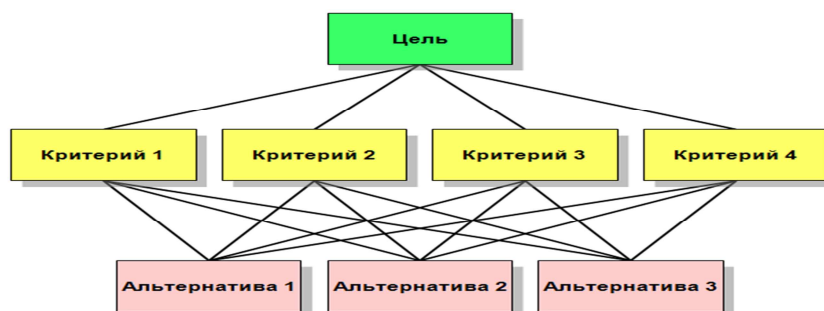
Процесс принятия решений является сущностью любой сферы деятельности человека. В течение дня каждый из нас принимает сотни, а на протяжении жизни – тысячи и сотни тысяч различных решений. Есть решения, которые мы принимаем не задумываясь, на основе интуиции и опыта, но существуют ситуации, при решении которых человек осознанно сталкивается с проблемой выбора. Как правило, эти ситуации имеют исключительный

характер и связаны с рассмотрением множества альтернатив. В этом и заключается главная трудность в процессе принятия решения – необходимо осуществить выбор лучшего варианта, лучшей альтернативы, при этом выбор происходит в условиях неопределенности. Сравнение достоинств и недостатков различных вариантов решений, их оценок по разным критериям – самая сложная задача для лица, принимающего решения. Следовательно, многокритериальность и неопределенность – основные трудности при выборе решений. Для их преодоления необходимы научные методы и компьютерные системы, способные повысить вероятность выбора наилучших вариантов решений.

### **Теоретические основы метода анализа иерархий**

Для принятия оптимальных решений необходимо использовать научный подход, который подразумевает наличие определенной структуры процесса принятия решений и использование различных методов и моделей принятия решений.

Для многих из этих подходов общим является использование метода взвешенных сумм оценок критериев. Этот метод заключается в том, что тем или иным способом для каждого из критериев определяется коэффициент важности, а также, в количественном виде, полезность оценок по отдельным критериям. Для каждой альтернативы подсчитывается полезность как сумма произведений коэффициентов важности критериев на полезности оценок альтернативы по критериям. Примером такого метода служит метод анализа иерархий (МАИ), разработанный американским математиком Томасом Саати. Этот метод позволяет понятным и рациональным образом структурировать сложную проблему принятия решений в виде иерархии, сравнить и выполнить количественную оценку альтернативных вариантов решения в случаях, когда ряд критериев не может быть формализован и оценивается по суждениям экспертов [1]. Первым шагом при решении задачи методом МАИ является формулировка цели и совокупности одновременно реализуемых альтернатив, которые обеспечивают достижение этой цели (рис. 1).



**Рис. 1. Дерево иерархий.**

Затем указанная цель декомпозируется на ряд подцелей или критериев (условий), выполнение которых обеспечивает достижение поставленной цели. Этот процесс называется построением дерева иерархий проблемы. Выбранные критерии попарно сравниваются между собой по девятибалльной шкале относительной важности [2].

Для каждого элемента (в этом случае он называется направляемым элементом) строится квадратная матрица, размерность которой равна числу элементов  $n$  более низкого уровня ( $A_1, A_2, \dots, A_n$ ), связанных с направляемым элементом. Элементы  $a_{ij}$  определены по следующим правилам.

Правило 1. Если  $a_{ij} = \alpha$ , то  $a_{ji} = 1/\alpha$ ,  $\alpha \neq 0$ .

Правило 2. Если суждения таковы, что  $A_i$  имеет одинаковую с  $A_j$  относительную важность, то  $a_{ij} = 1$ ,  $a_{ji} = 1$ ; в частности,  $a_{ii} = 1$  для всех  $i$ . Итак, матрица  $A$  имеет вид:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

В дальнейшем с учетом степени важности каждого критерия определяется предпочтительность каждой альтернативы для достижения поставленной цели.

Процедура МАИ располагает встроенным критерием качества работы эксперта – индексом согласованности (ИС), который дает информацию о степени нарушения согласованности экспертных суждений. Отсутствие согласованности может быть серьезным ограничивающим фактором для исследования некоторых проблем [3].

ИС вычисляется следующим образом. На основе анализа матрицы парных сравнений можно получить меру оценки степени отклонения данной матрицы от идеально согласованной. ИС в каждой матрице и для всей иерархии можно приближенно оценить, используя формулу:

$$ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1},$$

где  $\lambda$  – собственное значений,  $n$  – число сравниваемых факторов.

Случайные согласованности (СС) для матриц разного порядка приведены в табл. 1.

**Таблица 1 – Значения случайной согласованности для матриц разного порядка**

Порядок матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СС	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Если разделить *ИС* на *СС* для матрицы того же порядка, то получим отношение согласованности (*ОС*):

$$ОС = \frac{ИС}{СС}.$$

Качество эксперта оценивается по величине *ОС*. Чтобы быть приемлемой, величина *ОС* должна быть в пределах 0,1 (10%). В случаях, когда рассматривается сложная и зависящая от большого количества факторов система, можно установить верхнюю границу в 20%, но не более. Если *ОС* выходит за эти пределы, то результаты работы таких экспертов рекомендуется исключить из рассмотрения или реализовать процедуру корректировки суждений [4].

### Электронный тренинговый курс

Основное применение метода анализа иерархий – поддержка принятия решений посредством иерархического представления задачи и ранжирования альтернативных решений. Метод позволяет оценить важность учета каждого решения и важность учета каждого фактора, влияющего на приоритеты решений. Такое применение МАИ обуславливает необходимость изучения его при подготовке магистров по двум направлениям подготовки: «Экономика» и «Прикладная информатика». Учитывая трудоемкость вычислений при работе с МАИ и сложность восприятия темы при больших многоуровневых иерархиях, был разработан электронный практикум. Электронный практикум – важная составляющая инновационной образовательной программы, главным преимуществом которой является интерактивность, доступность и высокий уровень обучения [5]. Для того чтобы успешно применять свои знания и умения, студентам необходим практический опыт в принятии решений. Сценарий электронного практикума представлен на рис. 2.



Рис. 2. Сценарий прохождения электронного практикума.

Например, пятый макрошаг сценария включает проверку матриц на согласованность. В соответствии с составленными вариантами каждый из них содержит одну несогласованную матрицу. При выявлении несогласованности в суждениях экспертов студентам предлагается откорректировать матрицу, реализовав процедуру пересогласования.

Электронный практикум реализует гибкую систему проверки и оценивания результатов прохождения работы (рис. 3). Студенту предоставляется возможность дважды исправить оценку, при этом, если совершена первая ошибка, система лишь предупреждает о наличии ошибочного результата, выводя на экран диалоговое окно, и снимает определенное количество штрафных баллов с установленной оценки по этому заданию. В то время как при совершении ошибки во второй раз система выделяет неверные результаты и также уменьшает оценку, уже сформировавшуюся после совершения первой ошибки, на определенное количество баллов (рис. 4). Если и в третьем случае студент вводит неверный результат, то система автоматически исправляет ошибки, предоставляя возможность студенту двигаться дальше, но уже с нулевым баллом за это задание.

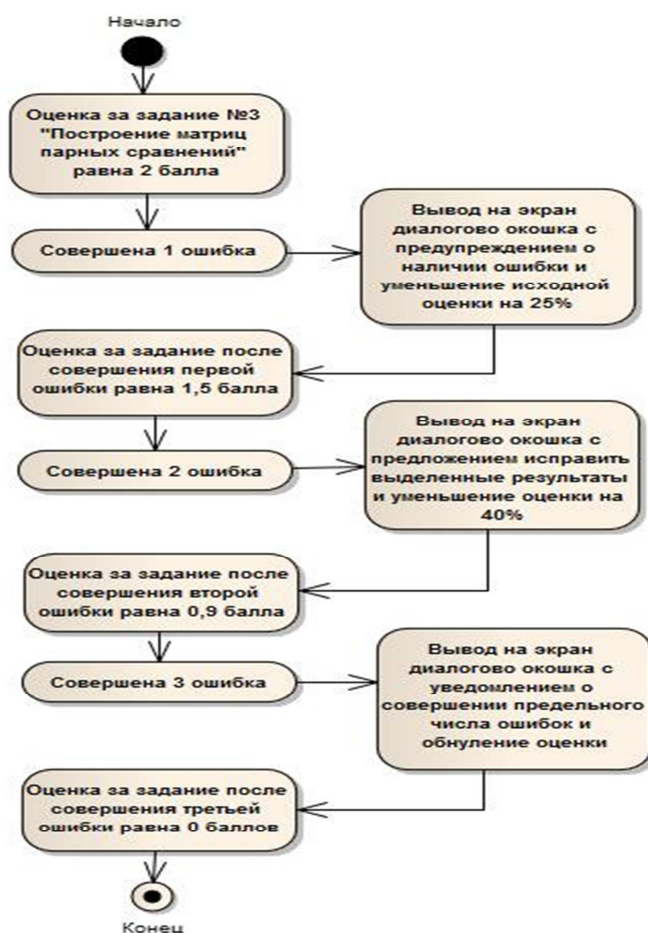


Рис. 3. Формирование оценки за задание № 3.

На рисунке 4 представлен экран электронного тренингового практикума, на котором видно, как система реагирует на вторую ошибку.

**Построение множества матриц парных сравнений**

**Задание №3:** На основании экспертных оценок постройте матрицы парных

Цель	(П)	(К)	(О)	(Р)
(П)	1	4	3	4
(К)	1/4	1	2	3
(О)	1/3	1/4	1	2
(Р)	1/2	1/3	1/2	1

В соответствии с вариантом:  
(П) в 4 раза предпочтительнее (К)  
(П) в 4 раза важнее (О)  
(П) в 3 раза важнее (Р)  
(К) в 2 раза желательнее (О)  
(К) в 3 раза важнее (Р)

**Вы допустили ошибку !!!**

К сожалению, Вы ошиблись повторно.  
Теперь неверные значения выделены красным фоном.  
Пересчитайте указанные значения!

[Продолжить](#)

**Рис. 4. Предупреждение о второй ошибке.**

Каждый макрошаг включает детализированные шаги, которые позволяют более углубленно проверить знания студента по каждому этапу и выяснить, где возникают трудности. Каждый такой шаг оценивается соответствующим баллом, в зависимости от его сложности, а также теоретической или практической направленности (рис. 5).

4. Расчет вектора приоритетов

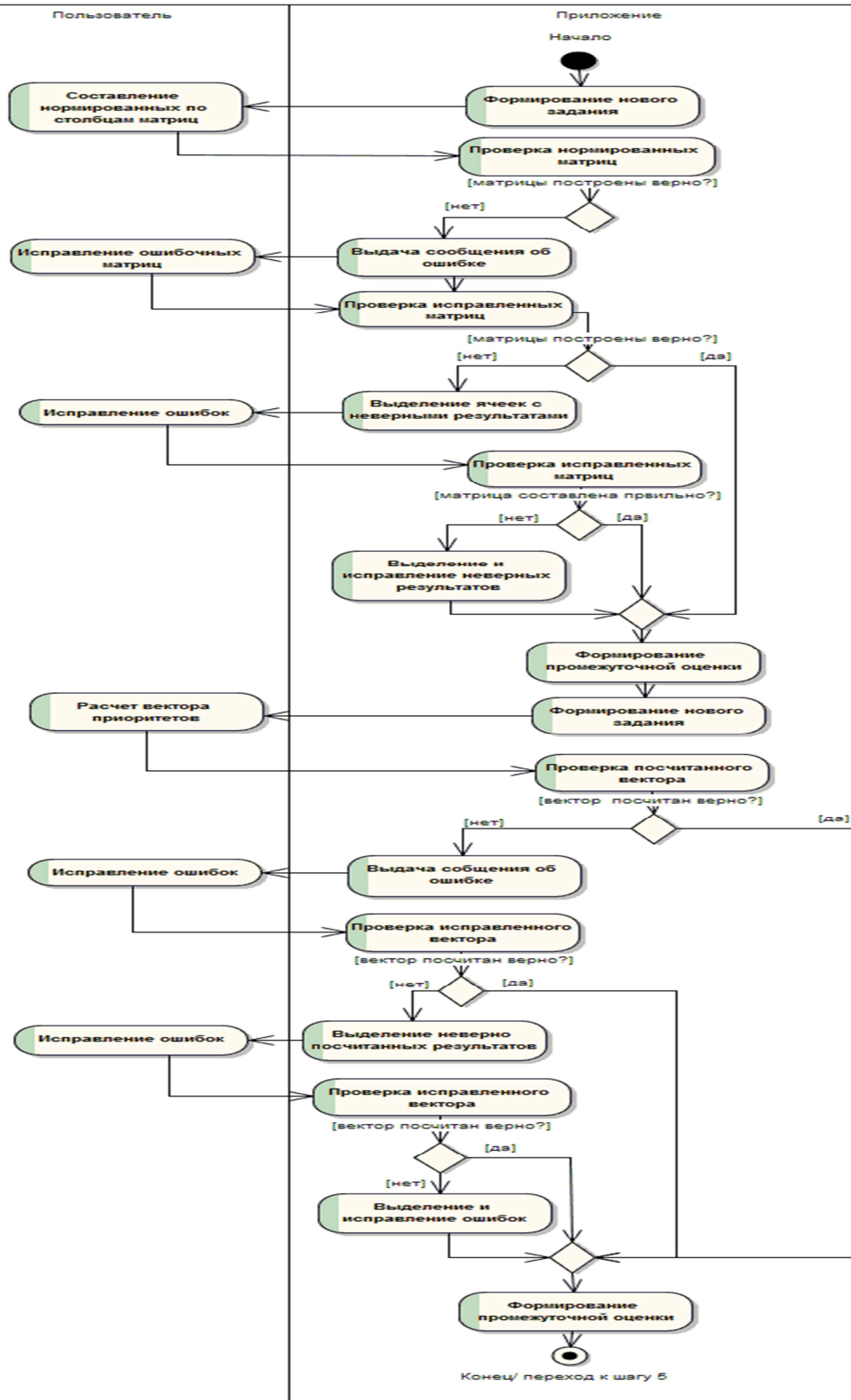


Рис. 5. Детальное описание шага «Расчет вектора приоритетов».

Кроме того, электронный практикум предоставляет возможность студенту видеть промежуточный результат за проделанные задания. Для этого реализовано интерактивное меню в виде кнопок, на которых отображается номер задания и количество полученных баллов исходя из максимально возможного значения по конкретному заданию. По

завершении работы студент получает сводную таблицу, где выведены все задания и количество полученных по ним баллов, а также число совершенных ошибок. Итоговая оценка  $X$  формируется как сумма всех промежуточных результатов по каждому заданию:

$$X = \sum_{i=1}^{12} x_i,$$

где  $x_i$  – промежуточный результат, сформированный по  $i$ -му заданию. Максимальная сумма баллов при прохождении практикума составляет 100 баллов.

### **Заключение**

В результате прохождения электронного тренингового практикума студент получит базовые навыки о теоретических основах МАИ и научится использовать данный метод для поиска оптимального решения той или иной задачи на основе суждений специалистов, то есть на основе экспертных оценок. Разработанный электронный практикум способствует формированию у студента следующих компетенций: способность применять знания на практике, умение понять поставленную задачу, умение формулировать результат, умение на основе анализа увидеть и корректно сформулировать математически точный результат, умение самостоятельно увидеть следствия сформулированного результата, а также умение использовать знания о принципах принятия решений в условиях неопределенности.

Принятие верного решения требует системного подхода к решаемой проблеме, для этого необходимо обладать знаниями о существующих методах решения проблем. Создание электронного практикума по теме «Принятие решений на основе метода анализа иерархий» направлено на обеспечение индивидуальности обучения.

### **Список литературы**

1. Тихомирова А.Н., Сидоренко Е.В. Модификация метода анализа иерархий Т. Саати для расчета весов критериев при оценке инновационных проектов // Современные проблемы науки и образования. – URL: [www.science-education.ru/102-6009](http://www.science-education.ru/102-6009).
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.
3. Тихомирова А.Н., Сидоренко Е.В. Стратегия принятия решений в условиях неопределенности // Интеллектуальные технологии в образовании, экономике и управлении. – 2009. – С. 363-366.
4. Тихомирова А.Н., Сидоренко Е.В. Математические способы анализа массивов данных в целях принятия срочных управленческих решений // Сб. тезисов V Междунар. конгресса «Роль бизнеса в трансформации российского общества – 2010». – 2010. – С. 336-338.



5. Тихомирова А.Н., Сидоренко Е.В. Программная поддержка процесса принятия решений // Сб. науч. тр. X Междунар. науч.-практ. конф. «Новые информационные технологии в образовании: повышение эффективности обучения и управления образовательными учреждениями с использованием технологий 1С». – 2010. – С. 475-478.

### **Рецензенты**

Путилов А.В., д.техн.н., профессор, декан факультета управления и экономики высоких технологий, Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ» (НИЯУ МИФИ), г. Москва.

Гусева А.И., д.т.н., профессор кафедры «Экономика и менеджмент в промышленности», Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ» (НИЯУ МИФИ), г. Москва.