

УДК 004.588:004.77:37.018.43

UDC 004.588:004.77:37.018.43

**ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФИЛЯ  
ХАРАКТЕРИСТИК И КОНЕЧНЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ  
ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ  
МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**FORMING THE CHARACTERISTIC PROFILE  
AND FINAL ELEMENTS OF DISTANT  
LEARNING MANAGEMENT SYSTEM FOR  
MEDICAL EDUCATION**

Афанасьева Анастасия Александровна  
Соискатель  
*Санкт-Петербургская медицинская академия  
последипломного образования, Санкт-Петербург,  
Россия*

Afanasyeva Anastasia Aleksandrovna  
Competitor  
*St. Petersburg Medical Academy of Postgraduate  
Study, St. Petersburg, Russia*

В данной статье рассматривается формирование профиля характеристик и конечных элементов системы поддержки дистанционного обучения для медицинского образования при помощи экспериментального метода экспертных оценок, а также метода парных сравнений Л. Терстоуна. Также проводится анализ методов построения иерархии целей Р.Л. Кини и Х. Райфа, и иерархических классификаций, в том числе при помощи агломеративного алгоритма. Обсуждается метод многомерного метрического шкалирования, который был использован для обработки результатов экспертного опроса.

In this article we construct the profile of characteristic and final elements of Distance learning management system for medical education employing the experimental method of expert judgements and the method of pair comparisons proposed by L. Thurstone. We also carry out the analysis of methods of construction of hierarchical classifications suggested by R.L.Keeney and H. Raiffa using agglomerative algorithm. We consider the application of method of multidimensional scaling employed for the processing of the expert polling results.

Ключевые слова: ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ, СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ, ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ, МЕТОД ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ, МЕТОД МНОГОМЕРНОГО МЕТРИЧЕСКОГО ШКАЛИРОВАНИЯ, МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ КЛАССИФИКАЦИЙ

Keywords: DISTANCE LEARNING, MANAGEMENT SYSTEMS FOR DISTANCE LEARNING, EXPERT JUDGEMENTS, METHOD OF PAIR COMPARISONS, METHOD OF MULTIDIMENSIONAL SCALING, METHODS OF CONSTRUCTION OF HIERARCHICAL CLASSIFICATIONS

**Введение**

В современной России актуальна проблема дистанционного обучения и повышения квалификации по медицинским специальностям. С одной стороны, технологии, использовавшиеся ранее, не удовлетворяют современным потребностям и стандартам. С другой – все чаще врачи не могут приехать на длительный срок учиться в региональный центр, с отрывом от основного места работы [1].

В такой ситуации разумной альтернативой очному обучению может стать дистанционное обучение с использованием современных интернет-технологий. Медицинское образование складывается из двух частей –

теоретической и практической. В этом случае возможно строить обучение по очно-заочному принципу: теоретическую часть слушатель изучает самостоятельно, пользуясь электронными лекциями, выполняя контрольные задания и получая квалифицированную помощь и консультации у преподавателей посредством синхронных и асинхронных средств интернет-коммуникации. А получение практических навыков и сдача итогового экзамена проходит традиционным образом в учебном заведении. Особенно актуально такое решение для последипломного медицинского образования (повышения квалификации) [2].

Многие образовательные медицинские учреждения, позиционирующие наличие дистанционного обучения с элементами интернет-технологий, ограничиваются созданием интернет-ресурса с учебными и тестовыми материалами. Однако для организации полноценного дистанционного обучения необходимо не только подготовить учебные и тестовые материалы в электронном виде, но и скомпоновать их в единую систему, которая реализует сценарий обучения и обеспечивает обратную связь преподавателя со слушателями. Т.е. необходимо использовать систему поддержки дистанционного обучения (СДО), которая интегрирует в электронном виде все основные организационные и дидактические функции процесса обучения.

В последние годы количество СДО быстро увеличивается, в связи с чем актуальной становится проблема выбора релевантной системы, т.е. системы соответствующей нуждам конкретной образовательной области. Т.к. в зависимости от специфики области, необходимый набор характеристик и компонентов системы может различаться.

В этой статье мы опишем процесс формирования профиля характеристик и конечных элементов СДО для образования в области медицины. Подобные темы были ранее рассмотрены в наших работах [2,3,4]. В данной работе мы предлагаем усовершенствованную

иерархическую классификацию целей для характеристик и конечных элементов СДО, а также подробно рассматриваем весь процесс формирования профиля и описываем методику выбора системы по полученному профилю.

### **Обзор основных этапов исследования**

В качестве основного метода исследования характеристик и конечных элементов СДО мы используем экспериментальный метод экспертных оценок. Процедура использования этого метода к настоящему моменту хорошо отработана [5].

Для данного исследования были выделены следующие этапы работы:

1. Подготовительный этап
2. Выполнение функций рабочей группой (РГ)
3. Работа экспертной группы (ЭГ)
4. Заключительный этап

На подготовительном этапе мы установили цель экспертного опроса: выбор релевантной системы поддержки дистанционного обучения для медицинского образования, используя профиль характеристик и конечных элементов СДО в области медицины.

На втором этапе в качестве методик экспертной оценки были выбраны групповой и индивидуальный очный опрос и индивидуальный заочный опрос (анкетирование) и подготовлены материалы (в т.ч. анкета) для проведения экспертного опроса. В данном исследовании экспертная комиссия (ЭК) сформировала две ЭГ – основную, состоящую из преподавателей различных медицинских дисциплин и контрольную, состоящую из преподавателей психологических дисциплин.

Эксперты, которые вошли в состав ЭГ, соответствовали как основным требованиям к составу экспертной группы (компетентность,

заинтересованное отношение к участию в опросе, внимательность, объективность [5]), так и дополнительным требованиям:

1. Потенциальный эксперт является специалистом в области медицины (психологии)
2. Потенциальный эксперт является преподавателем медицинской (психологической) дисциплины
3. Потенциальный эксперт владеет компьютерными технологиями, в т.ч. интернет-технологиями, как минимум на уровне пользователя и заинтересован в их дальнейшем изучении
4. Потенциальный эксперт имеет представление о дистанционном обучении, системах дистанционного обучения. Использовал или предполагает использовать в ближайшем будущем дистанционное обучение в своей педагогической практике.

Специалисты психологических дисциплин в качестве экспертов контрольной группы выбраны по следующим соображениям:

1. Области медицины и психологии являются с одной стороны близкими, а с другой различными, как по изучаемому материалу, так и по методикам преподавания [6].
2. Следовательно, мы предполагаем, что сформированные профили для этих двух групп будут иметь незначительные отличия. А при нахождении различий в профилях указанных областей можно сделать вывод о существовании таких различий и в более отдаленных областях, и значит в уникальности составленного профиля для выбранной области.

С.Б. Крымский и др. авторы [7] рассмотрели надежность процедуры отбора экспертов и сделали следующий вывод: т.к. «увеличение числа экспертов, начиная с некоторого момента, приводит к росту ошибки экспертизы» [7], то в экспертную группу следует включать не более десяти пятнадцати экспертов. В данном исследовании количество экспертов в

основной группе составляет пятнадцать человек, а в контрольной группе – пять человек.

Этап работы ЭГ осуществлялся по разработанной нами методике определения профиля характеристик и конечных элементов СДО, приведенной ниже.

На заключительном этапе на основе сформированного профиля характеристик и основных элементов СДО для медицинского образования, а также ряда формальных характеристик (русифицированность системы, наличие демонстрационного сервера и документации в открытом доступе, техническое обеспечение образовательного учреждения и т.д.) принималось решение о выборе СДО.

## **Методика определения профиля характеристик и конечных элементов СДО**

1. Вводная лекция, в процессе которой отобранным членам основной и контрольной ЭГ представляют суть экспертного опроса, поясняют методику его проведения, а также знакомят с теоретическими основами дистанционного обучения и работами российских исследователей, описывающими различные характеристики, элементы и требования к СДО.

2. Очный групповой, а затем индивидуальный опрос-обсуждение с экспертами основной группы необходимых и достаточных характеристик, элементов и требований к СДО в выбранной предметной области (в нашем исследовании – в области медицинского образования).

3. Составление лицом, принимающим решения (ЛПР) выбранными методами иерархической классификации целей для основных характеристик и элементов СДО, используя экспертные мнения, собственный опыт и результаты отечественных и зарубежных научных исследований СДО.

4. Заочный индивидуальный опрос двух ЭГ – основной и контрольной – по сформированной анкете, которая базируется на иерархической классификации, составленной на предыдущем этапе.

5. Проверка согласованности экспертных оценок группы экспертов. При наличии согласованности производится усреднение мнений экспертов внутри согласованной группы по выбранной методике [8].

6. Обработка полученных экспертных данных, с помощью выбранных математико-статистических методов.

7. Формирование основного профиля характеристик и конечных элементов СДО в выбранной предметной области (в нашем исследовании – в области медицинского образования), сравнение его с дополнительно сформированным профилем (в нашем исследовании – в области психологического образования).

### **Составление иерархической классификации характеристик и конечных элементов СДО для медицинского образования**

Согласно нашей методике необходимо составить иерархическую классификацию характеристик и конечных элементов СДО для медицинского образования. Т.е. при наличии множества разрозненных элементов, отражающих некую ситуацию, необходимо структурировать элементы определенным образом. Для этого мы воспользовались методом построения иерархии целей Р.Л. Кини и Х. Райфа, а также агломеративным алгоритмом построения иерархической классификации С.А. Айвазяна.

Метод Р.Л. Кини и Х. Райфа, описанный в работе [6], состоит в следующем: глобальная цель, стоящая на вершине иерархии, разбивается на ряд локальных целей, расположенных на нижележащем уровне и конкретизирующих глобальную цель. Таким образом, цели более нижних уровней являются средствами достижения целей верхних уровней.

Количество уровней иерархии, а также разрастание иерархии по горизонтали в значительной степени зависит от ее назначения. Для определения целей, которые необходимы для включения в иерархию на каждом ее уровне, используется «Тест на важность», предложенный Эллисом [6]. Цель не включается в иерархию, если ЛПР принимает решение о том, что включение данной локальной цели не повлияет на достижение глобальной цели.

Любому набору целей соответствует набор связанных с ними характеристик (критериев), которые показывают особенности данной области, необходимые для достижения цели. Характеристики должны обладать следующими свойствами:

- полнота – охват критерием всех важных аспектов проблемы.  
«Набор критериев является полным, если он способен показать степень достижения общей (глобальной) цели» [6]
- действенность (операциональность) – возможность полезного применения критерия при анализе
- разложимость – возможность упрощения процесса оценки посредством разложения критерия на части
- избыточность – отсутствие дублирования учета одних и тех же аспектов различных последствий.
- минимальная размерность

Иерархия целей, может не обладать свойством единственности, также как могут не обладать этим свойством и наборы критериев, подчеркивают авторы [6]. Например, иерархия может быть построена иначе при изменении степени формализации проблемы.

Глобальной целью всего исследования является принятие решения о выборе СДО для области медицины, в качестве локальных целей можно выделить: анализ систем СДО согласно профилю характеристик и конечных элементов СДО для медицинского образования, составление

данного профиля. Нам необходимо составить иерархическую классификацию целей, характеристики и конечные элементы которой являются критериями для этих целей и удовлетворяют всем свойствам критериев, описанным выше.

Иерархические классификации рассматриваются в работе С.А. Айвазяна и др. в своей работе [7].

Пусть  $X = \{X_1, \dots, X_N\}$ , конечное множество объектов (характеристик и конечных элементов СДО)  $N$ , тогда иерархической классификацией данного множества называется построение иерархии  $s$  на  $X$ , отражающей наличие однородных, в определенном смысле, классов  $X$  и отношений между классами.

Для формирования однородных критериев будем использовать агломеративный алгоритм. На вход данного алгоритма подаются разрозненные единичные объекты  $X = \{X_i\}$  ( $i=1, \dots, N$ ), причем каждый объект рассматривается как отдельный кластер:  $S^{(1)} = \{X_i\}$ ,  $S^{(1)} = (S_1^{(1)}, \dots, S_N^{(1)})$ .  $k$ -ый уровень иерархии строится путем объединения классов уровня  $S^{(k-1)}$  при  $k \geq 1$ , в соответствии с правилом:  $(S_i^*, S_j^*) = \arg(\min_{S_i \neq S_j; S_i, S_j \in S^{(k-1)}} \rho(S_i, S_j))$ , где  $\rho$  –

мера близости классов. Т.к. разрозненные единичные объекты представляют собой качественные данные, то для определения меры близости данных мы руководствовались мнением экспертов и ЛПР.

В качестве итоговой иерархии получаем систему вложенных разбиений:  $S^{(1)} \supset \dots \supset S^{(k)} \supset \dots \supset S^{(N-1)}$ , где  $S^{(1)} = X$ .

По результатам работы алгоритма на четвертом уровне иерархической классификации характеристик был образован однородный класс  $S^{(4)}$  – характеристики, состоящий из трех классов третьего уровня: технические характеристики –  $S_1^{(3)}$ , психолого-педагогические характеристики –  $S_2^{(3)}$  и экономические характеристики –  $S_3^{(3)}$ . Данные



классы сгруппировались на третьем уровне путем объединения классов второго уровня:

- $S_1^{(3)}$  Технические характеристики:
  - $S_1^{(2)}$  Расширяемость
  - $S_2^{(2)}$  Техническая поддержка
  - $S_3^{(2)}$  Совместимость, доступность
  - $S_4^{(2)}$  Интегрируемость
  - $S_5^{(2)}$  Безопасность, надежность
- $S_2^{(3)}$  психолого-педагогических характеристик:
  - $S_6^{(2)}$  Педагогическая гибкость, комплексность
  - $S_7^{(2)}$  Адаптируемость системы
  - $S_8^{(2)}$  Удобство использования
  - $S_9^{(2)}$  Мотивированность участников учебного процесса
- $S_3^{(3)}$  для экономических характеристик:
  - $S_{10}^{(2)}$  Стоимость СДО и технической поддержки СДО
  - $S_{11}^{(2)}$  Стоимость администрирования системы, внедрения и обучения работе с системой
  - $S_{12}^{(2)}$  Стоимость расширения

Классы второго уровня сгруппировались из классов первого уровня, которые являются разрозненными единичными характеристиками.

В разрозненные единичные характеристики включаются:

Для расширяемости: возможность свободного добавления любых новых элементов к системе, переход на новые версии без потери содержания и наработанных элементов. Возможность свободного увеличения числа пользователей, курсов, баз данных.

Для технической поддержки: перманентная поддержка системы в рабочем состоянии и администрирование системы, возможность быстрого получения консультации технического специалиста, своевременное устранение возникающих сбоев и ошибок.

Для совместимости, доступности: поддержка мультимедиа, поддержка системой международных стандартов, таких как AICC, ADL, IMS, SCORM, ARIADNE, IEEE P1484.1/D8 LTSA, стандарты серии ISO. Возможность использования стандартных типов данных (например, данных в формате MS Office или в pdf-формате) и взаимодействия с другими программными продуктами (например, перенос контента из одной СДО в другую), возможность использования уже готовых курсов и модулей, разработанных во внешнем приложении или в другой СДО, наличие конвертеров из внутренних форматов системы в стандартные форматы. Возможность свободного занесения и извлечения информации из системы. Возможность переноса системы на другую платформу.

Для интегрируемости: настройка данной СДО на взаимодействие с другими системами, эмулирование работы внешних приложений.

Для безопасности, надежности: использование защищенной технологии передачи данных, средства защиты информации, возможность автоматического восстановления после сбоя в работе, наличие разграниченных прав доступа к ресурсам системы, резервного копирования. Вероятность того, что система проработает без сбоев в течение некоторого определенного отрезка времени.

Для педагогической гибкости, комплексности: устройство курса ДО согласно выбранному типу обучения (традиционное, инновационное, совмещенное). В т.ч. возможность не посещать СДО всем слушателям одновременно (асинхронный доступ).

Для адаптируемости: возможность индивидуальной настройки и перенастройки системы под нужды каждого пользователя, независимо от его местонахождения.

Для удобства использования: простота установки и настройки всех функций системы, простота подготовки входных данных, возможность быстрого удаления и добавления существующих элементов и контента,

наличие удобной навигации и справочной системы (системы помощи), простота обучения работе с системой, эргономичный дизайн, интуитивно понятный интерфейс, обязательная поддержка русского языка. Возможность для учебных материалов получения версии для печати в стандартом формате.

Для мотивированности участников учебного процесса: возможность внесения в СДО материалов, поддерживающих мотивацию слушателей к ДО, интерактивность материалов, средства помощи.

Психолого-педагогические характеристики зависят от конечных элементов СДО. Все такие элементы по результатам работы агломеративного алгоритма объединились на пятом уровне в однородный класс  $S'_1{}^{(4)}$  – конечные элементы, который в свою очередь получился посредством объединения четырех однородных классов четвертого уровня:  $S'_1{}^{(4)}$  – коммуникационные элементы СДО,  $S'_2{}^{(4)}$  – учебные материалы курсов СДО,  $S'_3{}^{(4)}$  – элементы контроля СДО,  $S'_4{}^{(4)}$  – административные элементы СДО. Причем класс  $S'_2{}^{(4)}$  – учебные материалы курсов СДО сформировался из двух подклассов третьего уровня:  $S'_1{}^{(3)}$  – внутренние и  $S'_2{}^{(3)}$  – внешние учебные материалы. Все перечисленные классы были сформированы путем группировки классов второго уровня:

- $S'_1{}^{(4)}$  Коммуникационные элементы СДО:
  - $S'_1{}^{(2)}$  Интегрированные в СДО синхронные коммуникационные элементы
  - $S'_2{}^{(2)}$  Интегрированные в СДО асинхронные коммуникационные элементы
  - $S'_3{}^{(2)}$  Внешние синхронные коммуникационные элементы
  - $S'_4{}^{(2)}$  Внешние асинхронные коммуникационные элементы
- $S'_2{}^{(4)}$  Учебные материалов СДО:
  - $S'_1{}^{(3)}$  Внутренние учебные материалы:
    - $S'_5{}^{(2)}$  Динамическое изменение внутренних учебных материалов

- $S'_6^{(2)}$  Использование мультимедийных внутренних учебных материалов
- $S'_7^{(2)}$  Возможность многократного использования внутренних учебных материалов
- $S'_8^{(2)}$  Наличие шаблонов/мастеров для создания внутренних учебных материалов
- $S'_9^{(2)}$  Разнообразие типов внутренних учебных материалов
- $S'_2^{(3)}$  Внешние учебные материалы:
  - $S''_5^{(2)}$  Динамическое изменение внешних учебных материалов
  - $S''_6^{(2)}$  Использование мультимедийных внешних учебных материалов
  - $S''_7^{(2)}$  Возможность многократного использования внешних учебных материалов
- $S'_3^{(4)}$  Элементы контроля СДО
  - $S'_{10}^{(2)}$  Просмотр данных о функционировании слушателей в СДО
  - $S'_{11}^{(2)}$  Возможность оценки заданий (в т.ч. тестов), выполненных внутри СДО
  - $S'_{12}^{(2)}$  Возможность оценки заданий (в т.ч. тестов), выполненных вне СДО
  - $S'_{13}^{(2)}$  Предоставление слушателям возможности самооценки
  - $S'_{14}^{(2)}$  Автоматическое упорядочивание оценок, интегрированная оценка
- $S'_4^{(4)}$  Административные элементы СДО:
  - $S'_{15}^{(2)}$  Разнообразие типов административных элементов в системе
  - $S'_{16}^{(2)}$  Возможности редактирования и добавления элементов и материалов в СДО посредством веб-интерфейса
  - $S'_{17}^{(2)}$  Модульность

Классы второго уровня сгруппировались из классов первого уровня, которые являются разрозненными единичными конечными элементами.

В разрозненные единичные конечные элементы включаются:

Для интегрированных в СДО и внешних синхронных коммуникационных элементов: чат, голосовой чат, аудио и видео конференции, разделение приложений (возможность совместного использования приложения по сети), групповой web-тур, вебинар.

Для интегрированных в СДО асинхронных коммуникационных элементов: сервис личных сообщений, форумы, whiteboard («белая доска»).

Для внешних асинхронных коммуникационных элементов: электронная почта, форумы.

Для динамического изменения внутренних и внешних учебных материалов: возможность редактирования материалов после их добавления в систему.

Для использования мультимедийных внутренних и внешних учебных материалов: возможность использования материалов содержащих графику, трехмерную графику, флеш-анимацию, аудио- видео- информацию.

Для возможности многократного использования внутренних и внешних учебных материалов: средства распараллеливания одновременного использования одних и тех же материалов в разных курсах.

Для разнообразия типов внутренних учебных материалов: лекции, семинары, тесты, задания, уроки и др.

Для просмотра данных о функционировании слушателей: средства сбора информации о слушателях, средства мониторинга посещений на курсе.

Для предоставления слушателям возможности самооценки: контрольные вопросы, практикумы, задания, тесты.

Для разнообразия типов административных элементов в системе: средства создания расписания, учебного плана, индивидуального графика

обучения, средства управления курсом (предоставление доступа слушателям, сбор информации), средства поиска.

Для модульности: средства модульной организации обучения по урокам (темам, разделам), модульность административных элементов.

А также: наличие мастеров/шаблонов для создания внутренних учебных материалов, возможности оценки заданий и тестов, выполненных внутри СДО, возможности оценки заданий и тестов, выполненных вне СДО, автоматическое упорядочивание оценок (интегрированной оценки), возможности редактирования и добавления элементов и материалов в систему посредством веб-интерфейса.

В связи с быстрым развитием информационных технологий возможно возникновение новых элементов, которые тоже смогут быть отнесены к одному из классов второго уровня.

Таким образом, в данном исследовании мы составили частный случай общей иерархии целей – иерархическую классификацию одной цели, которая состоит из глобальной цели, расположенной на первом уровне иерархии, двух локальных целей, от которых зависит глобальная цель, расположенных на втором и третьем уровне соответственно. На четвертом уровне представлены классы критериев, которые являются характеристиками СДО, причем эти критерии составлены при помощи агломеративного алгоритма из разрозненных единичных наблюдений, выделенных экспертами и ЛПР. На пятом уровне расположены классы конечных элементы СДО, от которых зависят психолого-педагогические характеристики четвертого уровня. Конечные элементы СДО также составлены при помощи агломеративного алгоритма из разрозненных единичных объектов, выделенных экспертами и ЛПР.

Полная иерархическая классификация целей показана на рисунке 1.

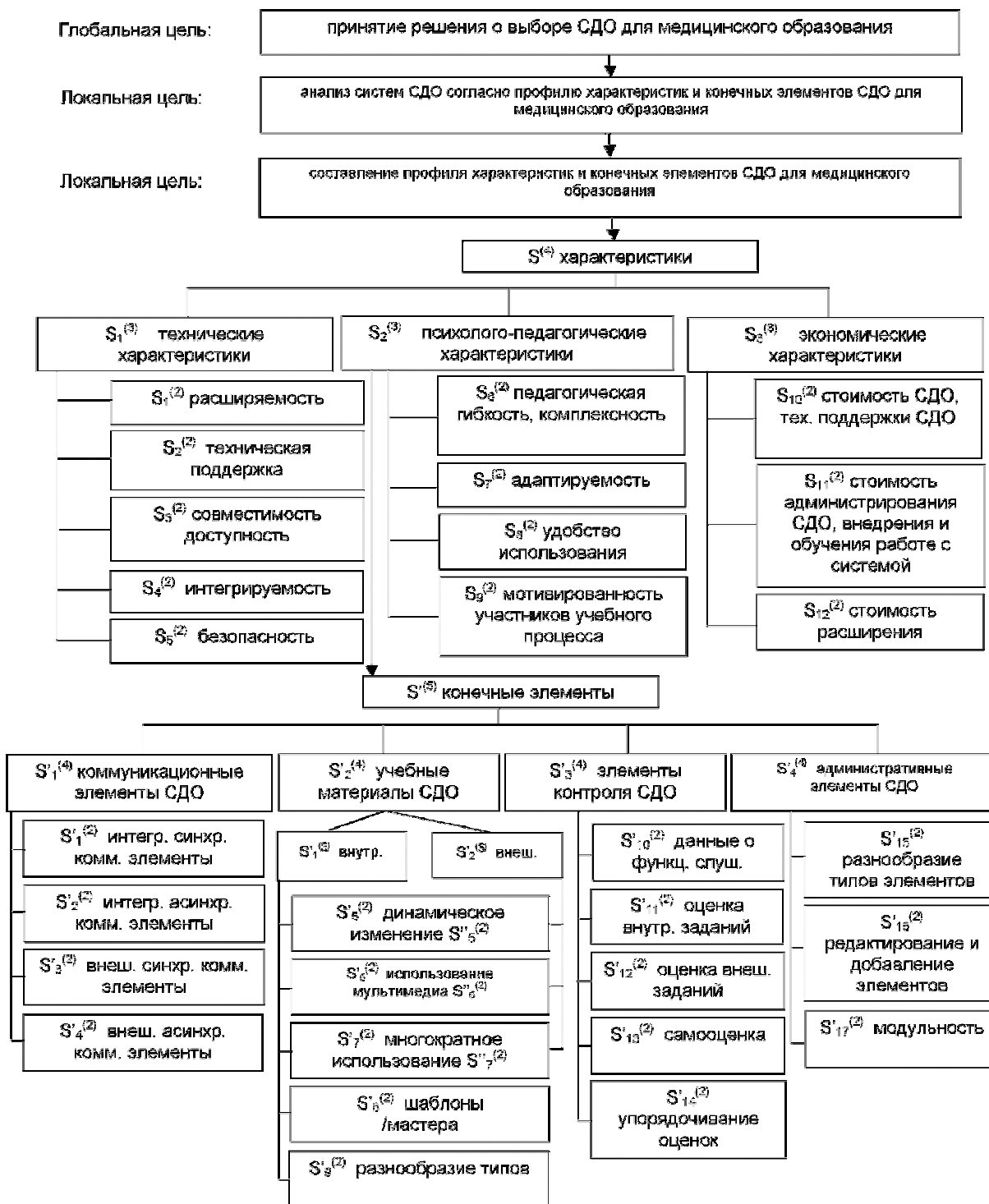


Рисунок 1. Иерархическая классификация целей

## Обработка результатов экспертного опроса и определение профиля характеристик и конечных элементов СДО для образования в области медицины

В соответствии с составленной иерархической классификацией целей была разработана анкета для экспертного опроса. В качестве метода получения ответов мы использовали метод парных сравнений, разработанный Л. Терстоуном [7].

$N$  объектов (стимулов) – характеристик и конечных элементов СДО, представленных в иерархической классификации – попарно предъявлялись экспертам в соответствии с уровнями классификации. Т.е. попарно сравнивались объекты классов  $S^{(4)}$ ,  $S_1^{(3)}$ ,  $S_2^{(3)}$ ,  $S_3^{(3)}$ ,  $S^{(5)}$ ,  $S_1^{(4)}$ ,  $S_1^{(3)}$ ,  $S_2^{(3)}$ ,  $S_3^{(4)}$ ,  $S_4^{(4)}$  и предлагалось оценить меру различия одного объекта относительно другого по пятибальной шкале. Для удобства заполнения анкеты была использована методика составления анкеты с лингвистическими переменными [8].

По результатам опроса методом парных сравнений составлены матрицы мер сходства/различия между  $N$  объектами:

$$D^k = \begin{pmatrix} D_{11}^k & \dots & D_{1N}^k \\ & D_{ij}^k & \\ D_{N1}^k & \dots & D_{NN}^k \end{pmatrix}, \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad i, j = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

где  $K$  – количество экспертов

А.И. Орлов [9] предлагает не согласовывать ответы каждого из экспертов, а согласовывать только ответы всех экспертов между собой и затем вычислять среднее, наиболее близкое к совокупности мнений экспертов. Согласование экспертных мнений мы провели, используя методику определения согласованности экспертных мнений нескольких экспертов, предложенную И.В. Королевым [10], согласно которой, если  $z \leq t_{1-\alpha}(K-1)$ , то оценки можно считать согласованными.



$$z = \frac{\ln D_{ij\_cp}^k - (m - \sigma^2/2)}{\sigma/\sqrt{K}}, \text{ где } m, \sigma - \text{ параметры распределения Стьюдента (2)}$$

$$D_{ij\_cp}^k = \frac{\sum_{i,j=1}^K D_{ij}^k}{K}, k = 1, 2, \dots, K; i, j = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

Согласование проводилось при помощи итерационной процедуры.

После согласования экспертных оценок нами было вычислено среднее по методике И.В. Королева [10]. Данный автор предлагает считать средним, наиболее близким к совокупности мнений экспертов, среднее геометрическое элементов матрицы мер сходства/различия.

$$\langle D \rangle_{ij} = \sqrt[k]{\prod_{k=1}^K D_{ij}^k}, k = 1, 2, \dots, K; i, j = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

Тогда

$$\langle D \rangle = \begin{pmatrix} \langle D \rangle_{11} & \dots & \langle D \rangle_{1N} \\ \dots & \langle D \rangle_{ij} & \dots \\ \langle D \rangle_{N1} & \dots & \langle D \rangle_{NN} \end{pmatrix}, i, j = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

Для обработки результатов опроса, использовался метод многомерного метрического шкалирования У.С. Торгерсона [7], в программной реализации И. Гайдышева [11]. Данный метод основан на процедурах аппроксимации исходной матрицы мер сходства/различия матрицей меньшего ранга.

В качестве исходных данных мы рассматривали набор усредненных по методике И.В. Королева матриц сходства/различия (5), удовлетворяющих следующим условиям:

$$\langle D \rangle_{ij} \geq 0, D_{i,i} = 0 \text{ при } i, j = 1, 2, \dots, N \quad (6)$$

$$\langle D \rangle_{ij} = \langle D \rangle_{ji} \text{ при } i, j = 1, 2, \dots, N \text{ (симметричность)} \quad (7)$$

$$\langle D \rangle_{ij} + \langle D \rangle_{js} \geq \langle D \rangle_{is} \text{ при } i, j, s = 1, 2, \dots, N \text{ (неравенство треугольника)} \quad (8)$$

В результате расчета были получены матрицы шкальных значений (координат стимулов в пространстве шкал) из N строк и Q столбцов, которые содержат наборы координат точек в Q-мерном пространстве. Эти

точки можно сопоставить исследуемым объектам. Также были получены собственные значения этих матриц и их процентное содержание.

Для определения минимальной базисной размерности использовался, во-первых, метод У.С. Торгерсона, описанный в работе [12]: размерность определяется по числу собственных векторов, соответствующих наибольшему собственным значениям, так, чтобы разброс полученных координат вносил достаточно большой вклад в дисперсию ( $\geq 70\%$ ). Остальная часть дисперсии рассматривается, как следствие случайных ошибок. Во-вторых, содержательная интерпретация конечного результата. Таким образом, для матриц шкальных значений классов  $S^{(4)}$  (характеристики) и  $S^{(5)}$  (конечные элементы) мы выбрали минимальную размерность  $Q=1$ . Для остальных матриц  $Q=2$ .

### **Формирование профиля характеристик и конечных элементов СДО для медицинского образования**

Под профилем характеристик будем понимать совокупность критериев  $S^{(2)}$ ,  $S^{(3)}$  ранжированных по важности данной характеристики для СДО в области медицины, исходя из полученных координат стимулов. Под профилем конечных элементов СДО таким же образом составленную совокупность критериев  $S^{(2)}$ ,  $S^{(4)}$ .

Для составления профиля характеристик рассчитаем расстояние, на котором расположен каждый критерий от начала координат, используя евклидову метрику (9):

$$d_E(S_i^{(2)}, 0) = \sqrt{(S_{ix}^{(2)})^2 + (S_{iy}^{(2)})^2 + (S_{iz}^{(3)})^2} \quad (9)$$

где  $S_{ix}^{(2)}$  – координата  $S_i^{(2)}$  стимула по первой главной компоненте

$S_{iy}^{(2)}$  – координата  $S_i^{(2)}$  стимула по второй главной компоненте

$S_{iz}^{(3)}$  – координата  $S_i^{(3)}$  стимула по первой главной компоненте

Для составления профиля конечных элементов также рассчитаем расстояние по формуле (10):

$$d_E(S_i^{(2)}, 0) = \sqrt{(S_{ix}^{(2)})^2 + (S_{iy}^{(2)})^2 + (S_{iz}^{(4)})^2} \quad (10)$$

где  $S_{ix}^{(2)}$  – координата  $S_i^{(2)}$  стимула по первой главной компоненте  
 $S_{iy}^{(2)}$  – координата  $S_i^{(2)}$  стимула по второй главной компоненте  
 $S_{iz}^{(4)}$  – координата  $S_i^{(4)}$  стимула по первой главной компоненте

Эту метрику уместно использовать в данном случае, т.к. во-первых, наше пространство признаков совпадает с геометрическим пространством, во-вторых, все объекты  $S_i$  установлены при помощи опроса экспертов и однородны внутри своих классов (7.4).

Для удобства мы проводим нормировку всех полученных данных на интервал [0,100], согласно формулам (11) (12):

$$\hat{d}_E(S_i^{(2)}, 0) = \frac{d_E(S_i^{(2)}, 0) * 100}{d_{E_{max}}(S_i^{(2)}, 0)} \quad (11)$$

$$\hat{d}_E(S_i^{(2)}, 0) = \frac{d_E(S_i^{(2)}, 0) * 100}{d_{E_{max}}(S_i^{(2)}, 0)} \quad (12)$$

где  $d_{E_{max}}(S_i^{(2)}, 0)$   $d_{E_{max}}(S_i^{(2)}, 0)$  – максимальные расстояния от точки 0 до точек  $S_i^{(2)}$ ,  $S_i^{(2)}$  соответственно.

Расстояния, полученные по формулам (2.16), (2.17) показывают значимость характеристик и конечных элементов СДО для экспертов основной и контрольной групп.

В таблицах 1, 2 приводится профиль характеристик и конечных элементов СДО в области медицинского образования (для основной группы экспертов) и в области психологического образования (для контрольной группы экспертов).

Таблица 1. Основная и контрольная экспертные группы. Профиль характеристик СДО.

Характеристики СДО	Значимость для основной группы	Характеристики СДО	Значимость для контрольной группы
S <sub>1</sub> <sup>(2)</sup> расширяемость	100	S <sub>4</sub> <sup>(2)</sup> интегрируемость	100
S <sub>5</sub> <sup>(2)</sup> безопасность	92	S <sub>5</sub> <sup>(2)</sup> безопасность	96
S <sub>12</sub> <sup>(2)</sup> стоимость расширения	91	S <sub>2</sub> <sup>(2)</sup> техническая поддержка	85
S <sub>11</sub> <sup>(2)</sup> стоимость администр., внедрения и обучения. работе с СДО	84	S <sub>3</sub> <sup>(2)</sup> совместимость	82
S <sub>2</sub> <sup>(2)</sup> техническая поддержка	82	S <sub>1</sub> <sup>(2)</sup> расширяемость	81
S <sub>4</sub> <sup>(2)</sup> интегрируемость	74	S <sub>10</sub> <sup>(2)</sup> стоимость СДО и тех. поддержки	68
S <sub>3</sub> <sup>(2)</sup> совместимость	71	S <sub>6</sub> <sup>(2)</sup> педагогическая гибкость	66
S <sub>10</sub> <sup>(2)</sup> стоимость СДО и тех. поддержки	71	S <sub>11</sub> <sup>(2)</sup> стоимость администр., внедрения и обучения. работе с СДО	55
S <sub>8</sub> <sup>(2)</sup> удобство использования	58	S <sub>8</sub> <sup>(2)</sup> удобство использования	36
S <sub>6</sub> <sup>(2)</sup> педагогическая гибкость	58	S <sub>12</sub> <sup>(2)</sup> стоимость расширения	34
S <sub>9</sub> <sup>(2)</sup> мотивированность	25	S <sub>9</sub> <sup>(2)</sup> мотивированность	22
S <sub>7</sub> <sup>(2)</sup> адаптируемость	20	S <sub>7</sub> <sup>(2)</sup> адаптируемость	11

Таблица 2. Основная и контрольная экспертные группы. Профиль конечных элементов.

Конечные элементы СДО	Значимость для основ. группы	Конечные элементы СДО	Значимость для контр. группы
S <sub>7</sub> <sup>'(2)</sup> многокр. использование внутр. учебных материалов	100	S <sub>8</sub> <sup>'(2)</sup> шаблоны для создания внутр. учебных материалов	100
S <sub>13</sub> <sup>'(2)</sup> возможности самооценки	98	S <sub>5</sub> <sup>'(2)</sup> динамическое изменение внутр. учебных материалов	97
S <sub>8</sub> <sup>'(2)</sup> шаблоны для создания внутр. учебных материалов	98	S <sub>5</sub> <sup>''(2)</sup> динамическое изменение внешних учебных материалов	96
S <sub>10</sub> <sup>'(2)</sup> просмотр данных о функционир. слушателей	96	S <sub>12</sub> <sup>'(2)</sup> возможность оценки заданий, выполненных вне СДО	95
S <sub>5</sub> <sup>''(2)</sup> динамическое изменение внешних учебных материалов	96	S <sub>6</sub> <sup>''(2)</sup> использование мультимедийных внешних учебных материалов	91
S <sub>6</sub> <sup>''(2)</sup> использование мультимедийных внешних учебных материалов	95	S <sub>6</sub> <sup>'(2)</sup> использование мультимедийных внутр. учебных материалов	88
S <sub>6</sub> <sup>'(2)</sup> использование мультимедийных внутр. учебных материалов	93	S <sub>10</sub> <sup>'(2)</sup> просмотр данных о функционир. слушателей	86
S <sub>5</sub> <sup>'(2)</sup> динамическое изменение внутр. учебных материалов	89	S <sub>7</sub> <sup>'(2)</sup> многокр. использование внутр. учебных материалов	80
S <sub>9</sub> <sup>'(2)</sup> разнообразие типов внутр. учебных материалов	86	S <sub>9</sub> <sup>'(2)</sup> разнообразие типов внутр. учебных материалов	78
S <sub>7</sub> <sup>''(2)</sup> многокр. использование внешних учебных материалов	84	S <sub>14</sub> <sup>'(2)</sup> автоматическое упорядочивание оценок	78
S <sub>16</sub> <sup>'(2)</sup> редакт. и доб. элементов через веб-интерфейс	71	S <sub>7</sub> <sup>''(2)</sup> многокр. использование внешних учебных материалов	77
S <sub>11</sub> <sup>'(2)</sup> возможность оценки заданий, выполненных внутри	69	S <sub>13</sub> <sup>'(2)</sup> возможности самооценки	61
S <sub>17</sub> <sup>'(2)</sup> модульность	68	S <sub>15</sub> <sup>'(2)</sup> разнообразие типов административных элементов	58
S <sub>14</sub> <sup>'(2)</sup> автоматическое упорядочивание оценок	67	S <sub>16</sub> <sup>'(2)</sup> редакт. и доб. элементов через веб-интерфейс	56
S <sub>12</sub> <sup>'(2)</sup> возможность оценки заданий, выполненных вне СДО	65	S <sub>11</sub> <sup>'(2)</sup> возможность оценки заданий, выполненных внутри	47
S <sub>3</sub> <sup>'(2)</sup> внешние синхронные коммуникационные элементы	50	S <sub>2</sub> <sup>'(2)</sup> интегрир. асинхронные коммуникационные элементы	38
S <sub>4</sub> <sup>'(2)</sup> внешние асинхронные коммуникационные элементы	45	S <sub>3</sub> <sup>'(2)</sup> внешние синхронные коммуникационные элементы	37
S <sub>15</sub> <sup>'(2)</sup> разнообразие типов административных элементов	40	S <sub>17</sub> <sup>'(2)</sup> модульность	37
S <sub>1</sub> <sup>'(2)</sup> интегрир. синхронные коммуникационные элементы	29	S <sub>4</sub> <sup>'(2)</sup> внешние асинхронные коммуникационные элементы	22
S <sub>2</sub> <sup>'(2)</sup> интегрир. асинхронные коммуникационные элементы	11	S <sub>1</sub> <sup>'(2)</sup> интегрир. синхронные коммуникационные элементы	0

## **Выводы**

После рассмотрения сформированных профилей характеристик и конечных элементов можно отметить, что с одной стороны, профили различны, но, с другой стороны, во многом они совпадают. Это подтверждает наше предположение, о том, что сформированные профили для этих двух групп будут иметь незначительные отличия. Таким образом можно сделать вывод, что для более отдаленных областей знаний различия в профилях будут еще более существенными. Следовательно, профили, составленные нами для областей медицины и психологии, являются уникальными.

Построенный нами профиль необходимо учитывать при выборе системы поддержки дистанционного обучения.

Мы предлагаем следующую методику выбора релевантной СДО: составление списка существующих систем, выбраковка систем в зависимости от установленного базового программного обеспечения сервера и штата технических специалистов в организации, а также по первичным характеристикам (русификация системы, наличие демонстрационного сервера и открытой документации (в т.ч. на русском языке), возможность связи с разработчиками). Бинарное тестирование оставшихся в списке систем по наличию/отсутствию у них единичных характеристик и конечных элементов, представленных на первом уровне нашей иерархической классификации, описанных в разделе «Составление иерархической классификации характеристик и конечных элементов СДО для медицинского образования». Составление профиля каждой системы и сравнение его с профилем для медицинского образования.

Если при использовании данной методики в финальном списке остается несколько систем, то выбор осуществляется на основе

обобщенного критерия качества, позволяющего учитывать соотношение «цена-качество» [14].

Описанный в данной статье процесс формирования профиля характеристик и конечных элементов СДО и методика выбора релевантной системы являются достаточно общими и могут применяться для формирования подобного профиля в любой другой области знаний.

В настоящее время в России дистанционное образование очень востребовано. Мы полагаем, что наш метод выбора системы поддержки дистанционного обучения на основе профиля характеристик и конечных элементов окажется полезным при выборе СДО для различных областей знаний.

**Список литературы:**

1. Дюк, В.А. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях / В.А. Дюк, В.Л. Эмануэль. – СПб. : Питер, 2003. – 528 с. – ISBN: 5-94723-501-3
2. Афанасьева, А.А. Разработка метода принятия решения о выборе системы дистанционного обучения для медицинского образования / А.А. Афанасьева // Программные продукты и системы. – 2008. – №3. – С. 88-89.
3. Афанасьева, А.А. Внедрение интернет-образования в последипломное обучение медицинским специальностям / А.А. Афанасьева // Труды XIV Всероссийской научно-методической конференции 'Телематика'2007. – СПб., 2007. – С. 525. – ISBN 5-7577-0329-6
4. Афанасьева, А.А. Выбор программного комплекса для медицинского дистанционного обучения / А.А. Афанасьева // сб. ст. «Автоматизация, информатизация, инновация в транспортных системах». – СПб., 2006. – С. 169-173. – ISBN 5-88789-180-7
5. Экспертная оценка качества педагогических программных средств вычислительной техники: Методические рекомендации / сост. к.п.н. В.И. Сопин, к.т.н. И.А. Липанова, С.М. Артемьева. Л., 1990. - 47 с.
6. Карандашев В.Н. Методика преподавания психологии / СПб : Питер, 2008. – 249 с. – ISBN 9785947233711
7. Экспертные оценки в социологических исследованиях / Отв. ред. С.Б. Крымский. – Киев : Наукова думка, 1990. – 319 с.
8. Орлов, А.И. Экспертные оценки: Учебное пособие / А.И. Орлов. – М., 2002. – 31 с.
9. Кини, Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р.Л. Кини, Х. Райфа. – М. : Радио и связь, 1981. – 560 с.
10. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности / Отв. ред. проф. С.А. Айвазян. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 606 с.
11. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной / Борисов А.Н. [и др.]. – Рига : Зинатне, 1982. – 175с.
12. Орлов, А.И. Экспертные оценки: Учебное пособие / А.И. Орлов. – М., 2002. – 31 с.
13. Королев, И.В. Исследования и разработка средств оценки качества программных продуктов учебного назначения: автореф. ... дис. канд. тех. наук 05.13.11 / И.В. Королев. – М., 2004. – 18 с.
14. Гайдышев, И. Анализ и обработка данных: специальный справочник / И. Гайдышев. – СПб : Питер, 2001. – 752 с. – ISBN 5-318-00220-X.
15. Терехина, А.Ю. Метрическое многомерное шкалирование / А.Ю. Терехина. М., 1977. – 76 с.
16. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.
17. Бабешко В.Н. Оценка качества / В.Н. Бабешко, М.И. Нежурина. М., 2004. – 178 с. – ISBN 5-94768-037-8.