

УДК 004.89

Агаев Ф.Т., Мамедова Г.А.

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан
depart10@iit.ab.az

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОПТИМАЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ИКТ-СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ВУЗА

Учебная программа ВУЗа является сложной упорядоченной системой, состоящей из набора логически и календарно распределенных во времени дисциплин. В статье предложен подход к разработке учебных программ коллективом экспертов, каждый из которых формирует свой вариант учебной программы с соответствующим набором и порядком изучаемых дисциплин. Проблема выбора оптимальной учебной программы решается с использованием метода анализа иерархий.

Ключевые слова: образовательные программы, оптимальная учебная программа, критерии оценки учебной программы, метод анализа иерархий, вычисление вектора приоритетов.

Введение

В настоящее время в соответствии с реформами в сфере образования происходят модернизация старых и составление новых, соответствующих современным требованиям учебных программ.

Разработка образовательных программ для вуза – сложная и трудоемкая задача, в процессе реализации которой необходимо учесть множество требований. При этом, если до становления рыночной экономики в нашей республике учебные программы практически не менялись, то в настоящее время их приходится обновлять ежегодно. Реформирование образования требует подготовки кадров нового типа. На сегодняшний день необходимы ИТ-профессионалы, совершенствующие свои теоретические и практические знания и мастерство, проявляющие творческий подход к работе.

Подготовка профессиональных кадров, в первую очередь, зависит от качества образовательной программы вуза, структура содержания которой определяется набором учебных предметов и элементами учебного материала. Конструирование структуры учебной программы основывается на общих принципах отбора содержания образования, а также на принципах профильной направленности высшего профессионального образования [1].

Все дисциплины учебной программы взаимосвязаны между собой. Если рассматривать учебную программу как совокупность модулей, то ее можно представить в виде некоторого графа связности учебного материала. Для прочного усвоения материала необходимо соблюдать требование логичности изложения материала, то есть в более поздних по времени изучения дисциплинах используется информация из ранее пройденных.

При конструировании содержания следует учесть следующее:

- Календарное время преподавания любого раздела учебной дисциплины не должно превышать установленного срока обучения в вузе.
- Количество изучаемых дисциплин в течение всего курса обучения и в каждом семестре не превышает некоторого наперед заданного значения.
- Количество учебных часов в неделю не должно превышать заданной нормы.
- Интенсивность изучения каждого модуля должна находиться в границах, заданных для соответствующей учебной дисциплины.

При составлении учебной программы вуза необходимо отобрать для учебного плана наиболее важный для профессии материал и расположить его по семестрам оптимальным для усвоения образом, соблюдая вышеизложенные требования.

Выбор критериев для сравнительного анализа образовательных дисциплин

Выбор оптимальной учебной программы можно сделать только на основе некоторой совокупности критериев, на основе которых можно было бы проводить их корректное сравнение. Учитывая сложность структуры учебных планов и большое количество вариантов их сравнения с использованием критериев оценки, удобнее всего эту работу выполнить группой экспертов. Однако оценка учебных планов на компьютере возможна только тогда, когда все критерии оценивания будут выражены в численном виде. Это позволит однозначно сравнивать их между собой.

В свою очередь к критериям оценки также предъявляются определенные требования. Наиболее важными из них можно считать следующие:

- эти критерии должны в полной мере и всесторонне оценивать учебную программу;
- качественные показатели оценки учебной программы должны соответствовать современным требованиям (инновационность, востребованность и др.);
- все показатели должны иметь цифровое представление для их последующего корректного и однозначного сравнения между собой;
- все критерии, по возможности, должны иметь близкие «веса» или приоритеты во избежание однобокости представления оценки.

При сопоставительном анализе и сравнении учебных дисциплин важным является обоснованный выбор критериев и приоритетов в системе их оценивания. Стандартами Европейской ассоциации по обеспечению качества в высшем образовании (Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area) [2] критерии оценки качества образовательной программы подразделяются на две основные группы:

1) Обязательные (формальные) критерии. Эти критерии учитывают выполнение минимально необходимых требований к учебной программе (например, общее количество часов обучения дисциплины).

Выполнение формальных критериев считается обязательным и без их выполнения учебный план далее не рассматривается.

2) Качественные критерии. Данные критерии непосредственно учитывают качественную оценку предлагаемой учебной дисциплины, что позволяет проводить их сравнение и относительную оценку. Среди качественных критериев можно выделить:

- соответствие изучаемой дисциплины, предлагаемых методов и подходов современным мировым и государственным требованиям;
- согласованность дисциплины с обязательной частью программы обучения;
- соответствие учебной дисциплины принятым международным нормам обучения, возможность обмена студентами между вузами других стран без потери качества в обучении этих студентов (академическая мобильность);
- инновационная направленность дисциплины и возможность вовлечь студентов в инновационную деятельность;
- согласование научной работы с процессом обучения, дающее возможность вовлечь студентов в научную деятельность;
- наличие высококвалифицированного преподавательского состава для проведения занятий по дисциплине (согласно учебному плану) на высоком уровне;
- степень готовности студентов к восприятию учебной программы с предложенной последовательностью изучения тем и разделов преподаваемой дисциплины и др.

Предложенные критерии оценки учебной дисциплины в явном виде не являются количественными, и для сравнения образовательных дисциплин по этим показателям требуется перевести их в числовой вид. Эту проблему можно решить группой экспертов из числа опытных преподавателей вуза.

После выполнения такой работы сравнение учебных дисциплин можно выполнить с использованием метода анализа иерархий [3, 4].

Сравнение учебных программ методом анализа иерархий

Важнейшим аспектом качества образовательной программы для конкретного вуза является формирование согласованного видения целей образовательных программ (ОП) и критериев их оценки, разделяемого в той или иной степени всеми членами экспертной группы. Это согласование может быть оформлено в виде определенной иерархической структуры. Для этого необходимо построить иерархию, начиная с вершины (цели – с точки зрения управления), через промежуточные уровни (характеристики, от которых зависят последующие уровни) к самому нижнему уровню, представленному перечнем альтернатив. Для рассматриваемой проблемы иерархическая структура будет выглядеть следующим образом (рис. 1).

На первом уровне располагается цель – «Обоснование выбора дисциплины для вариантной части учебной дисциплины», на втором – шесть наиболее важных, с нашей точки зрения, характеристик и на третьем – наименования дисциплин – объектов выбора (решения), которые должны быть оценены по характеристикам второго уровня. Предлагаемый список характеристик для оценки качества дисциплины следующий:

- актуальность учебной дисциплины;
- согласованность учебной дисциплины с обязательной частью учебной программы;
- вовлечение студентов в инновационную деятельность;
- вовлечение студентов в научную деятельность;
- академическая мобильность;
- наличие высококвалифицированного преподавательского состава для проведения занятий по дисциплине (согласно учебному плану);
- степень готовности студентов к восприятию учебной дисциплины.

На следующем этапе (после построения иерархической структуры) строятся матрицы парных сравнений. Метод парных сравнений заключается в сравнении изучаемых факторов (альтернатив, критериев) между собой. Факторы сравниваются попарно по отношению к их воздействию («весу», или «интенсивности») на общую для них характеристику.

При этом строится по одной матрице для каждого элемента примыкающего сверху уровня. Этот элемент называют зависимым (направляемым) по отношению к элементу, находящемуся на нижнем уровне, так как элемент нижнего уровня влияет на расположенный выше элемент (однако подчинен ему по цели).

В полной простой иерархии любой элемент воздействует на каждый элемент примыкающего сверху уровня. Элементы каждого уровня сравниваются друг с другом относительно их воздействия на направляемый элемент. Таким образом, получаем квадратную матрицу суждений. Для получения каждой матрицы требуется $n \cdot (n - 1) / 2$ суждений (при каждом парном сравнении автоматически приписываются обратные величины).

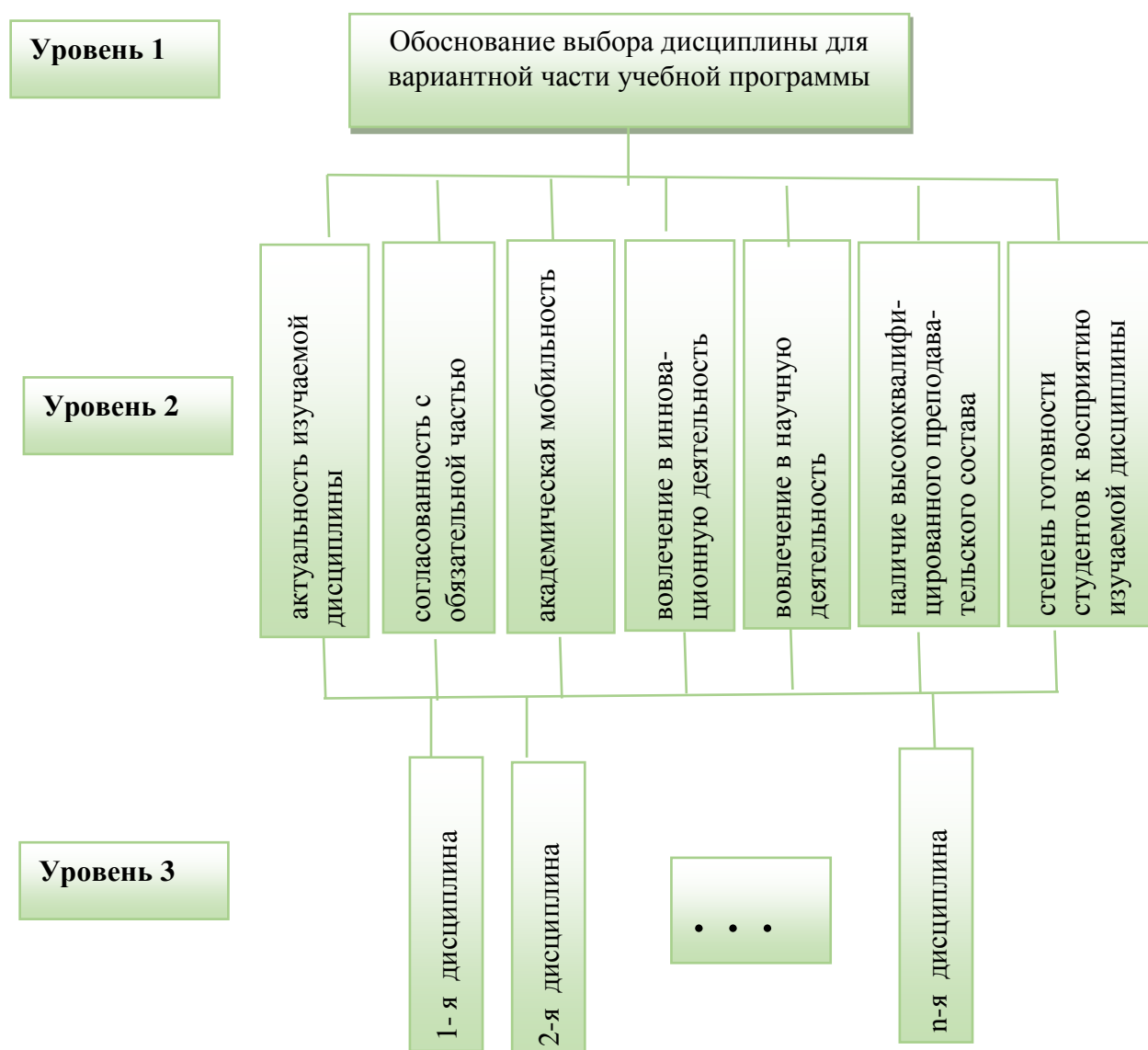


Рис. 1. Иерархическая структура выбора дисциплины для вариантной части учебной программы

Обозначим через A_1, A_2, \dots, A_n основные факторы, перечень которых представлен на рисунке 1. Тогда для определения степени важности фактора заполняется матрица парных сравнений по преподаваемым дисциплинам. Ниже приводится примерный перечень вариантной части дисциплин, изучаемых в рейтинговых университетах мира, по направлению «Информатика» (Computer Science) на уровне бакалавра:

- CS1 Введение в встроенные системы
- CS2 Распределенные системы
- CS3 Проектирование и разработка пользовательского интерфейса
- CS4 Сетевая безопасность и управление
- CS5 Управление информационной безопасностью
- CS6 Операционные системы и системное программирование
- CS7 Разработка программного обеспечения на развивающихся платформах
- CS8 Веб-инженерия
- CS9 Комбинаторные и теоретико-графовые методы и алгоритмы

- CS10 Обнаружение знаний и интеллектуальный анализ данных
- CS11 Основы вычислимости и теория сложности
- CS12 Пространственно-временное моделирование и симуляция
- CS13 Алгоритмы вычислительной биологии
- CS14 Введение в машинное обучение
- CS15 Социальные последствия компьютерных технологий

Если обозначить долю влияния фактора A_i через w_i (оценка, которую проставляет ЛПР или эксперт в соответствии с выбранной шкалой), то произведя попарное сравнение дисциплин, получим элементы матриц $a_{ij} = w_i / w_j$, которые представлены в таблицах 1–7.

Матрицы парных сравнений в данном случае являются положительно определенными, обратно-симметричными, имеющими ранг, равный 1. Особенностью обратно-симметричной матрицы парных сравнений является:

1) на главной диагонали всегда должна стоять оценка, равная 1 (равная важность, сравниваемых факторов, критериев, альтернатив), т.е. $a_{ij} = 1$ при $i=j$;

2) при этом выдерживается соотношение, отвечающее условию: если при сравнении i -го фактора с j -м фактором ставится оценка a_{ij} , то при сравнении j -го фактора с i -м оценка a_{ji} должна быть обратной a_{ij} , т.е. $a_{ji} = 1/a_{ij}$.

В таблицах 1–7 приводится примерный расчет значений a_{ij} при сравнении дисциплин направления Computer science по соответствующим критериям из уровня 2 (рис.1).

В нашем случае в строках и столбцах матрицы записываются названия дисциплин, приведенных в исходном учебном плане специальности. Размерность рассматриваемой матрицы 15×15 . Заполнение матрицы логических связей проводится по столбцам экспертами-преподавателями, определяющими содержание своих дисциплин. Таких таблиц парных сравнений будет 7 (семь) – по числу критериев (см. рис.1)

Т.к. уровни всех приведенных дисциплин по критерию «Актуальность изучаемой дисциплины» одинаковы, поэтому все коэффициенты первой таблицы $a_{ij} = 1$ и весовые коэффициенты также одинаковы и равны 0,067.

Таблица 1

Матрица парных сравнений вариантных дисциплин для направления Computer science по критерию «Актуальность изучаемой дисциплины» из уровня 2

	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	CS7	CS8	CS9	CS10	CS11	CS12	CS13	CS14	CS15	Весы
CS1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067
CS15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,067

$\lambda_{\max} = 15$; ИС = 0

Таблица 2

Матрица парных сравнений вариантных дисциплин для направления Computer science по критерию «Согласованность с обязательной частью программы» из уровня 2

	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	CS7	CS8	CS9	CS10	CS11	CS12	CS13	CS14	CS15	Весы
CS1	1	1/2	1/2	1/5	1/5	1	1	1/2	1/8	1/8	1	2	2	1/5	1/6	0,023
CS2	2	1	1/2	1/3	1/6	2	4	2/5	1/5	1/5	1	3	4	1/2	1/5	0,052
CS3	2	2	1	1/4	1/5	1	2	1/3	1/5	1/5	1	3	3	1/2	1/5	0,035
CS4	5	3	4	1	1/2	4	3	1/2	1/4	1/4	3	5	6	2	1/4	0,075
CS5	5	6	5	2	1	5	7	1	2	1	4	5	7	2	1/2	0,134
CS6	1	1/2	1	1/4	1/5	1	2	1/2	1/5	1/3	2	2	3	1/2	1/5	0,033
CS7	1	1/4	1/2	1/3	1/7	1/2	1	1/2	1/6	1/2	1	3	4	1/2	1/4	0,028
CS8	2	5/2	3	2	1	2	2	1	1/4	1/2	2	4	6	2	1/4	0,074
CS9	8	5	5	4	1/2	5	6	4	1	1/2	5	7	7	3	1/2	0,144
CS10	8	5	5	4	1	3	2	2	2	1	3	3	5	3	1	0,133
CS11	1	1	1	1/3	1/4	1/2	1	1/2	1/5	1/3	1	1	2	1/2	1/4	0,029
CS12	1/2	1/3	1/3	1/5	1/5	1/2	1/3	1/4	1/7	1/3	1	1	1/3	1/3	1/5	0,017
CS13	1/2	1/4	1/3	1/6	1/7	1/3	1/4	1/6	1/7	1/5	1/2	3	1	1/4	1/7	0,015
CS14	5	2	2	1/2	1/2	2	2	1/2	1/3	1/3	2	3	4	1	1/2	0,059
CS15	6	5	5	4	2	5	4	4	3	1	4	5	7	2	1	0,163

$\lambda_{\max}=16,37;$
ИС=0,098

Таблица 3

Матрица парных сравнений вариантных дисциплин для направления Computer science по критерию «Академическая мобильность» из уровня 2

	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	CS7	CS8	CS9	CS10	CS11	CS12	CS13	CS14	CS15	Весы
CS1	1	1	1	1/4	1/5	1/2	1/2	1/6	1	1/6	1	1	2	1/5	1/6	0,026
CS2	1	1	1	1/2	1/2	3	1/2	1	3	1	5	3	4	2	1/2	0,07
CS3	1	1	1	1/2	2/5	1/4	2	1/2	2	1/4	1/2	4	4	1/2	1/6	0,04
CS4	4	2	2	1	1	4	2	2/5	2	1/2	4	4	4	2	1/2	0,09
CS5	5	2	5/2	1	1	4	2	2	5	1	4	5	8	3	1	0,132
CS6	2	1/3	4	1/4	1/4	1	1	1/2	1/2	1/6	2	2	4	2	1/5	0,043
CS7	2	2	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	2	1/4	2	2	4	1	1/4	0,05
CS8	6	1	2	5/2	1/2	2	2	1	4	1	3	5	6	2	1	0,108
CS9	1	1/3	1/2	1/2	1/5	2	1/2	1/4	1	1/4	2	1/2	1/2	1/4	1/6	0,026
CS10	6	1	4	2	1	6	4	1	4	1	4	6	4	4	1	0,137
CS11	1	1/5	2	1/4	1/4	1/2	1/2	1/3	1/2	1/4	1	1	1	1/4	1/6	0,025
CS12	1	1/3	1/4	1/4	1/5	1/2	1/2	1/5	1/2	1/6	1	1	1	1/2	1/8	0,021
CS13	1/2	1/4	1/5	1/4	1/8	1/4	1/4	1/6	1/4	1/8	1/2	1	1	1/4	1/8	0,014
CS14	5	1/2	2	1/2	1/3	1/2	1	1/2	4	1/4	4	2	4	1	1/2	0,057
CS15	6	2	6	2	1	5	4	1	6	1	6	8	8	2	1	0,158

$\lambda_{\max}=16,12;$ ИС=0,08

Таблица 4

Матрица парных сравнений вариантных дисциплин для направления Computer science по критерию «Вовлеченность в инновационную деятельность» из уровня 2

	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	CS7	CS8	CS9	CS10	CS11	CS12	CS13	CS14	CS15	Весы
CS1	1	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1/2	1/4	4	1/4	1	1	1/2	1/2	1/2	0,034
CS2	3	1	1	1/2	1/2	2	1/2	1/5	2	1/5	2	2	1	1	1/2	0,05
CS3	3	1	1	1/2	2/5	3	1	2/5	5	1/2	3	1	1/2	1	3	0,066
CS4	2	2	2	1	1	2	1	1/1	4	1	4	1	1	2	1/2	0,079
CS5	2	2	5/2	1	1	4	2	1	4	1	4	2	2	2	1	0,106
CS6	1	1/2	1/3	1/2	1/4	1	1/3	1/4	2	1/6	1	1/2	1/3	1/3	1/5	0,026
CS7	2	2	1	1	1/2	3	1	1/2	3	1/4	2	2	1	1/2	1/2	0,06
CS8	4	5	5/2	2	1	4	2	1	4	1	3	3	2	2	1	0,125
CS9	1/4	1/2	1/5	1/4	1/4	1/2	1/3	1/4	1	1/5	1	1/2	1/2	1/4	1/4	0,02
CS10	4	5	2	1	1	6	4	1	5	1	4	3	3	2	2	0,141
CS11	1	1/2	1/3	1/4	1/4	1	1/2	1/3	1	1/4	1	1/2	1/2	1/2	1/3	0,028
CS12	1	1/2	1	1	1/2	2	1/2	1/3	2	1/3	2	1	1	1/2	1/2	0,045
CS13	2	1	2	1	1/2	3	1	1/2	2	1/3	2	1	1	1	1	0,063
CS14	2	1	1	1/2	1/2	3	2	1/2	4	1/2	2	2	1	1	1/4	0,062
CS15	2	2	1/3	2	1	5	2	1	4	1/2	3	2	1	4	1	0,093

$$\lambda_{\max} = 15,94; \text{ИС} = 0,067$$

Таблица 5

Матрица парных сравнений вариантных дисциплин для направления Computer science по критерию «Вовлеченность в научную деятельность» из уровня 2

	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	CS7	CS8	CS9	CS10	CS11	CS12	CS13	CS14	CS15	Весы
CS1	1	1/2	1/4	1/4	1/4	1	1	1/3	2	1/6	1	1	1/4	1/4	1/3	0,027
CS2	2	1	1/2	1/2	3	4	3	1/2	5	1/3	2	1/2	1/2	1	1/2	0,061
CS3	4	2	1	1/3	1/3	1	1	1/4	2	1/4	1/3	1/3	1/4	1/4	1/2	0,033
CS4	4	2	3	1	1	4	2	1	4	1	2	2	1	2	1	0,1
CS5	4	1/3	3	1	1	4	4	1	4	1	2	2	1	1	1	0,089
CS6	1	1/4	1	1/4	1/4	1	1	1/4	2	1/4	1/2	1/4	1/4	1/4	1/2	0,025
CS7	1	1/3	1	1/2	1/4	1	1	1/4	2	1/4	1	1	1/2	1/2	1/2	0,034
CS8	3	2	4	1	1	4	4	1	4	1	4	4	1	2	1	0,115
CS9	1/2	1/5	1/2	1/4	1/4	1/2	1/2	1/4	1	1/4	1/3	1/4	1/4	1/4	1/6	0,018
CS10	6	3	4	1	1	4	4	1	4	1	6	3	1	1	1	0,119
CS11	1	2	3	1/2	1/2	2	1	1/4	3	1/6	1	1/2	1/4	1/4	1/3	0,039
CS12	1	2	3	1/2	1/2	4	1	1/4	4	1/3	2	1	1/4	1/2	1/3	0,05
CS13	4	2	4	1	1	4	2	1	4	1	4	4	1	1	1	0,106
CS14	4	1	4	1/2	1	4	2	1/2	4	1	4	2	1	1	3	0,095
CS15	3	2	2	1	1	2	2	1	6	1	3	3	1	1/3	1	0,088

$$\lambda_{\max} = 16,43; \text{ИС} = 0,1$$

Таблица 6

Матрица парных сравнений вариантных дисциплин для направления Computer science по критерию «Наличие высококвалифицированного преподавательского состава» из уровня 2

	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	CS7	CS8	CS9	CS10	CS11	CS12	CS13	CS14	CS15	Веса
CS1	1	1	1/2	1/4	1/6	1	1	1/4	1/6	1/4	1	2	2	1/2	1/6	0,027
CS2	1	1	1	1/4	1/6	2	2	1/2	1/4	1/4	1	2	4	1	1/4	0,051
CS3	2	1	1	1/4	1/6	1	1	1/4	1/4	1/4	1	1	1	1/4	1/4	0,027
CS4	4	4	4	1	1/2	4	4	1	1/2	1	2	4	4	4	1	0,1
CS5	6	6	6	2	1	4	4	1	1/2	1	4	4	4	2	1	0,119
CS6	1	1/2	1	1/4	1/4	1	1/2	1/6	1/6	1/6	1	2	1	1/2	1/6	0,024
CS7	1	1/2	1	1/4	1/4	2	1	1/4	1/8	1/6	1	1	1	1/2	1/4	0,026
CS8	4	2	4	1	1	6	4	1	1/2	1/2	4	4	4	2	1/2	0,094
CS9	6	4	4	2	2	6	8	2	1	2	6	8	6	4	1	0,169
CS10	4	4	4	1	1	6	6	2	1/2	1	4	5	5	4	1	0,125
CS11	1	1	1	1/2	1/4	1	1	1/4	1/6	1/4	1	1	1	1/2	1/6	0,027
CS12	1/2	1/2	1	1/4	1/4	1/2	1	1/4	1/8	1/5	1	1	1	1/2	1/6	0,022
CS13	1/2	1/4	1	1/4	1/4	1	1	1/4	1/6	1/5	1	1	1	1/4	1/6	0,021
CS14	2	1	4	1/4	1/2	2	2	1/2	1/4	1/4	2	2	4	1	1/2	0,051
CS15	6	4	4	1	1	6	4	2	1	1	6	6	6	2	1	0,131

$$\lambda_{\max} = 15,59; \text{ИС} = 0,042$$

Таблица 7

Матрица парных сравнений вариантных дисциплин для направления Computer science по критерию «Степень готовности студентов к восприятию изучаемой дисциплины» из уровня 2

	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	CS7	CS8	CS9	CS10	CS11	CS12	CS13	CS14	CS15	Веса
CS1	1	1	1/2	1/4	1/6	1	1	1/4	1/6	1/6	1	1	1	1/2	1/6	0,024
CS2	1	1	2	1/4	1/4	2	2	2/5	1/4	1/2	2	4	2	2	1/4	0,05
CS3	2	1/2	1	1/6	1/8	1	1	1/4	1/6	1/5	1	1	1	1/2	1/5	0,023
CS4	4	4	5	1	1/2	4	5	1	1/2	1/2	4	4	6	2	1/2	0,095
CS5	6	4	8	2	1	6	6	1	1	1	5	5	6	2	1	0,137
CS6	1	1/2	1	1/4	1/6	1	1	1/4	1/6	1/5	1	1	1	1	1/5	0,025
CS7	1	1/2	1	1/5	1/6	1	1	1/5	1/6	1/5	1	1	1	1/2	1/5	0,023
CS8	4	5/2	4	1	1	4	5	1	1	1	4	4	4	2	1/4	0,098
CS9	6	4	6	2	1	6	6	1	1	2	5	5	6	2	1/2	0,135
CS10	6	2	5	2	1	5	5	1	1/2	1	4	5	4	2	1/4	0,103
CS11	1	1/2	1	1/4	1/5	1	1	1/4	1/5	1/4	1	1	2	1/2	1/5	0,026
CS12	1	1/4	1	1	1/4	1/5	1	1	1/4	1/5	1/5	1	1	2	1/5	0,024
CS13	1	1/2	1	1/6	1/6	1	1	1/4	1/6	1/4	1/2	1/2	1	1/2	1/6	0,021
CS14	2	1/2	2	1/2	1/2	1	2	1/2	1/2	1/2	2	2	2	1	1/5	0,051
CS15	6	4	5	2	1	5	5	4	2	4	5	5	6	5	1	0,174

$$\lambda_{\max} = 15,56; \text{ИС} = 0,04$$

На основании значения компонентов вектора обобщенных приоритетов выбирается вариант (дисциплина), имеющий максимальную величину (вес) в найденном векторе.

Естественно, перед исследователем встанут два вопроса:

- 1) как определить важность влияния каждого фактора на исследуемый объект;
- 2) как определить достоверность полученных результатов.

Для ответа на поставленные вопросы осуществляются расчеты по определению

относительных приоритетов факторов и значения согласованности оценок, которые поставил эксперт.

Достоверность полученных результатов обеспечивает согласованность оценок. При этом справедливо следующее утверждение: положительная обратнo-симметричная матрица является согласованной тогда и только тогда, когда порядок матрицы и ее наибольшее собственное значение совпадают, т.е. $\lambda_{\max} = n$.

Собственный вектор матрицы парных сравнений, называемый вектором приоритетов, обеспечивает упорядочение приоритетов, а его собственные значения определяют меру согласованности суждений. Метод отыскания вектора w основывается на одном из утверждений линейной алгебры [5] – искомый вектор является собственным вектором матрицы парных сравнений, соответствующим максимальному собственному числу (λ_{\max}). В этом случае отыскивается λ_{\max} , а затем достаточно решить векторное уравнение $A * w = \lambda_{\max} * w$.

После проведения всех парных сравнений и получения данных по собственному значению и собственному вектору можно определить согласованность. Для этого, используя отклонение максимального собственного числа от размерности матрицы, вычисляем величину, называемую индексом согласованности по формуле:

$$ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \text{ где } n - \text{ размерность матрицы (в таблицах 2–7 указаны индексы}$$

согласованности, они все не превышают значение 0,10).

Отметим, что приемлемым для общей согласованности (ОС) является число, не превышающее 10%. Иначе необходимо произвести переоценку соответствующей матрицы.

На основании произведенных попарных сравнений можно выбрать перечень дисциплин, веса которых по всем семи таблицам выше среднего ($>0,05$):

- CS2 Распределенные системы
- CS4 Сетевая безопасность и управление
- CS5 Управление информационной безопасностью
- CS8 Веб-инженерия
- CS9 Комбинаторные и теоретико-графовые методы и алгоритмы
- CS10 Обнаружение знаний и интеллектуальный анализ данных
- CS14 Введение в машинное обучение
- CS15 Социальные последствия компьютерных технологий

Этот перечень дисциплин (вариантной части программы) можно рекомендовать для изучения по специальности Computer science на уровне бакалавра в вузах Азербайджана.

Заключение

Проведенный анализ проблемы выбора оптимальной учебной программы показал, что с учетом специфики и для корректного сравнения и оценки учебных дисциплин необходим метод, позволяющий математически обработать качественные критерии. Наиболее подходящим методом в данном случае будет являться метод анализа иерархии.

Построенная таким образом иерархия может, с одной стороны, служить инструментом для сравнения различных образовательных программ в области ИТ, а с другой стороны, стать наглядным объектом обсуждения целей и критериев ИТ-образования всеми заинтересованными сторонами.

Для оптимизации учебной программы на основании значений компонентов вектора обобщенных приоритетов выбирается вариант, имеющий максимальную величину. Таким образом, проведенный анализ с использованием метода анализа иерархий показывает возможность объективизации выбора и принятия решения в такой сложной и концептуальной проблеме, как оптимизация учебной программы.

Литература

1. Баранова Н.А. «Конструирование содержания непрерывного образования с использованием экспертной системы». Монография, Ижевск, 2008. 126 с.
2. Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area, Report of European Association for Quality Assurance in Higher Education, 2005. www.enqa.eu/files/BergenReport210205.pdf
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993, 278 с.
4. Саати Т.Л., Керис К.П. Аналитическое планирование. Организация систем. Пер. с англ. под ред. И.А.Ушакова, М.: Радио и связь, 1991, 244 с.
5. Умнов А.Е. Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Москва, 2011, 543 с.

UOT 004.89

Ağayev Firudin T., Məmmədova Gülarə A.

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
depart10@rambler.ru

Ali təhsil müəssisələrinin İKT ixtisasları üçün optimal tədris proqramının yaradılmasında ierarxiya analiz metodunun tətbiqi

Ali təhsil müəssisəsinin tədris proqramı, fənlərin zamana görə məntiqi və təqvim üzrə paylanmış toplusundan ibarət mürəkkəb nizamlanmış sistemdir. Məqalədə, tədris proqramlarının ekspertlər qrupu tərəfindən yaradılması təklif edilir. Hər bir ekspert tədris olunan fənlər toplusuna uyğun olaraq tədris proqramını təklif edir. Ekstertlər tərəfindən müxtəlif variantlarda yaradılmış tədris proqramları əsasında ən optimal variantın seçilməsi üçün iyerarxiya analizi metodu təklif olunur.

Açar sözlər: tədris proqramı, optimal tədris proqramı, tədris proqramının qiymətləndirilmə kriteriyaları, ierarxiya analiz metodu, prioritetlər vektorunun hesablanması.

Firudin T.Aghayev, Gulara A.Mammadova

Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan
depart10@rambler.ru

Application of the analytic hierarchy process in the development of optimal educational curriculums for the universities specialized in ICT

The curriculum of the university is a complex system consisting of a set of logical and calendar distributed in disciplines time. The article suggests an approach to the development of educational curriculums by a group of experts. Each of them offers its own curriculum version corresponding to a set and procedure of the disciplines. The problem of selecting the most optimal educational curriculum is solved by the analytic hierarchy process.

Keywords: educational curriculum, optimal educational curriculum, criteria for the curriculum evaluation, analytic hierarchy process, calculation of the vector of priorities.