

## РАЗДЕЛ 27

# КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ ПРОДУКЦИИ

В. В. Браткевич, А. И. Пушкарь

### Введение и постановка задачи

Оценка прогнозируемого качества мультимедийных продуктов является одной из основных проблем на начальном этапе их проектирования. Это обусловлено тем, что критерии, положенные в основу разработки, должны совпадать с критериями оценки качества конечного мультимедийного продукта и, как следствие, – в полной мере учитываться в соответствующем техническом задании.

Очевидно, что наилучший результат проектирования будет получен при учёте всех критериев, однако на практике часто складывается ситуация, при которой имеют место ограничения временных, финансовых или других ресурсов, которые не позволяют в полной мере учесть все предусмотренные критерии. В этом случае перед разработчиком возникает вопрос: какие критерии (группы критериев) являются наиболее важными? Ответ на этот вопрос (задание 1) позволит разработчику количественно оценить вклад каждого критерия в качество результата проектирования в виде соответствующей функциональной зависимости (интегрального показателя качества), что даёт возможность оптимизировать эту оценку путём варьирования весовых коэффициентов отдельных критериев. То есть позволит при необходимости снизить требования к одной группе критериев и, соответственно, повысить к другой.

При наличии нескольких связей со смежными критериями (типичная ситуация) наилучший результат проектирования будет получен при учёте всех связей. Однако, учитывая ограничения ресурсов, дополнительный практический интерес (задание 2) представляет определение минимального количества связей, которые позволяют адекватно оценивать качество объекта проектирования. При этом возможны два варианта решения: вариант, при котором рассматриваются наименее значимые связи (задание 2.1) и вариант, при котором исследуются наиболее значимые связи (задание 2.2). Именно им разработчик будет уделять наибольшее внимание и формировать стратегию разработки мультимедийного продукта соответствующим образом.

Если количественно оценивать взаимное влияние смежных критериев, то общая сумма подобных оценок (интегральный показатель стратегии) может

служить показателем оценки стратегии проектирования. При этом минимальное значение показателя стратегии соответствует наименее значимым связям, в то время, как его максимальное значение характеризует влияние наиболее важных связей.

Таким образом, ответ на вопрос задания 1 позволит разработчику выбрать наиболее значимые критерии оценки мультимедийного продукта, в то время как решение задания 2 даёт возможность сформировать стратегию проектирования с учётом наиболее (или наименее) значимых связей между смежными критериями оценки.

В области полиграфии первые шаги в поиске ответов на поставленные вопросы были сделаны в работе [2], где авторы на основе матриц достижимости продемонстрировали возможность построения иерархической модели критериев оценки качества полиграфических изданий (задание 1) и предложили математическую модель в виде соответствующего взвешенного графа для оптимизации количества связей между анализируемыми критериями (задание 2.1).

Общим недостатком предложенного подхода является избыточная формализация (в виде большого количества математических выражений) пошагового описания рассмотренного метода, что значительно усложнило его практическое использование. Кроме этого, при определении минимального количества связей между критериями, данная методика была ориентирована на решение, в основе которого лежит «задача коммивояжера» в её классической постановке и, как следствие, в качестве конечного результата, определялось минимальное количество наименее значимых связей, хотя наибольший практический интерес представляет определение и исследование минимального количества наиболее значимых связей (задание 2.2).

Указанные недостатки были частично устранены в работе [3], где авторы предложили модифицированный алгоритм построения иерархической модели критериев на основе простых мнемонических правил. В качестве примера была рассмотрена новая предметная область – оценка качества мультимедийных изданий.

Дальнейшее развитие модифицированный алгоритм получил в работе [4], где он, как составляющая часть метода оптимизации, используется для определения весовых коэффициентов вершин в начальном графе взаимосвязей критериев оценки качества мультимедийного продукта. По аналогии с [2] в основу модифицированного метода был положен алгоритм Дейкстры. Однако в работе [4] построение визуальной модели оптимизации в виде соответствующего графа не содержит ссылок на сложные математические выражения и вся методика представлена в виде набора

несложных визуализированных мнемонических правил, которые достаточно просто можно адаптировать к определённой предметной области.

Несмотря на очевидные позитивные стороны предложенных моделей [2,3,4], им свойственны следующие недостатки:

ориентация на поиск минимального количества наименее значимых связей, т.е. вариант с наиболее важными связями (задание 2.2) не рассмотрен;

в основе построения исходного взвешенного графа взаимосвязей критериев лежит метод экспертного оценивания, конечный результат которого (ответы эксперта) должен быть представлен в виде определённых числовых значений. Поскольку перечень анализируемых критериев может достигать нескольких десятков, задание их количественной оценки является не тривиальным и предъявляет к экспертам достаточно высокие квалификационные требования;

весовые коэффициенты дуг исходного графа взаимосвязей критериев (задание 2) вычисляются как среднее арифметическое двух точечных оценок смежных вершин-критериев. Такой подход является предельно упрощённым, поскольку на практике взаимное влияние критериев имеет более сложный (процессный) характер, что частично учитывалось в работе [4];

алгоритм Дейкстры (основа распространённых моделей оптимизации в области полиграфии и мультимедиа) относится к одному из простых, но и наименее эффективных методов решения задачи «коммивояжёра». Он в большинстве случаев не обеспечивает близкого к оптимальному решения задачи оптимизации связей.

Целью статьи является поиск путей преодоления указанных выше недостатков, и разработка соответствующей модели интегральной оценки качества мультимедийной продукции.

Методика построения количественной оценки качества основывается на следующих положениях:

Положение 1. Конечный результат моделирования определяется степенью вероятности экспертных оценок, поэтому упрощение вопросов к экспертам позволит повысить качество их ответов и, как следствие, – повысить достоверность комплексного критерия оценивания.

Положение 2. Вопрос типа: «Каким количеством баллов (по заданной шкале оценивания) Вы оцениваете конкретный критерий?» являются значительно более сложным по сравнению с вопросом типа: «Есть ли связь между критериями?» и если есть – «Какой из смежных критериев является зависимым?».

Положение 3. Для обеспечения качественного результата должно обеспечиваться соответствующее качество ресурсов и качество самого процесса, который использует эти ресурсы.

В данном контексте под «интегральным показателем качества процесса» понимается количественная оценка стратегии учёта важности влияния соответствующих критериев на качество объекта исследования.

Если совокупность критериев оценки представить в виде вершин начального взвешенного графа, то суммарная количественная оценка взаимного влияния (в виде дуг) соответствующих смежных критериев может служить мерой оценки показателя качества процесса. Очевидно, что наилучшей будет стратегия, которая в полной мере учитывает все связи между критериями. Однако, поскольку достижение этого практически невозможно, то оптимальной является стратегия, которая учитывает наиболее важные связи между смежными критериями.

### **Основная часть**

Каждый объект, для того, чтобы его можно было считать системой, должен обладать четырьмя основными свойствами или признаками [1]: целостностью, делимостью, присутствием стойких связей и организацией. Если рассматривать совокупность критериев оценки качества мультимедийных продуктов с точки зрения данных признаков, то можно утверждать, что каждое из взаимосвязанных множеств критериев оценки является системой.

Таким образом, в соответствии с концептуальной процессной моделью [5], качество системы мультимедиа (определённого мультимедийного продукта)  $Q_{СИСТ}$  имеет три составляющих: качество ресурсов  $Q_{РЕС}$ , качество процесса  $Q_{ПРОЦ}$  и качество результата  $Q_{РЕЗ}$ :

$$Q_{СИСТ} = \langle Q_{РЕС}, Q_{ПРОЦ}, Q_{РЕЗ} \rangle.$$

Приведенная выше модель имеет обобщённый характер и для её практического использования необходимо определение двух составляющих, первая из которых – уровень оценки и вторая – конфигурация графа взаимосвязи критериев оценки качества.

### **Необходимый уровень проведения оценки**

Как правило, «комплектность» оценки зависит от требований, которые заказчик предъявляет к мультимедийному продукту. В свою очередь, именно эти требования должны составлять перечень критериев, которые определяют необходимый уровень интегральной оценки.

Если рассматривать совокупность показателей качества мультимедийного продукта как объект, то в этом контексте (по аналогии с объектно-ориентированным подходом) можно говорить о свойствах и поведении объекта.

Под свойствами объекта оценивания понимается перечень критериев оценивания (статическая характеристика), которые даны в виде вершин соответствующего графа, в то время, как поведение (динамическая характеристика) характеризует выбор стратегии проектирования, которая учитывает влияние одних критериев на другие, т.е. – в виде дуг анализируемого графа.

Таким образом, интегральный показатель качества мультимедийного продукта ( $K_{МП}$ ) может быть представлен в двух вариантах.

1. Статический интегральный показатель, значение которого определяется нормированными относительно единицы ( $K_{МП\_стат}^{норм}$ ), либо абсолютными ( $K_{МП\_стат}^{абс}$ ) величинами соответствующих сумм весовых коэффициентов ( $b_r$ ) критериев оценивания.

При помощи показателя  $K_{МП\_стат}^{норм}$  решается задача количественного оценивания ( $b_r^{норм}$ ) вклада каждого ( $r$ -го) критерия в общую оценку качества. Показатель  $K_{МП\_стат}^{абс}$  даёт возможность найти наиболее важную связь относительно заданного критерия.

2. Интегральный показатель ( $K_{МП\_дин}$ ), который вычисляется с учётом абсолютной количественной оценки взаимного влияния критериев, т.е. – на основе абсолютных значений весовых коэффициентов дуг смежных вершин.

На основе показателя  $K_{МП\_дин}$  определяют наиболее важные связи между всеми соседними критериями оценивания.

### **Возможные конфигурации графа взаимосвязи критериев оценки качества**

На практике (типичная ситуация) существует большое количество систем, в которых нельзя определить являются ли уровни верхними или нижними. Такие системы известны как холархии [1] и им соответствуют взвешенные графы, структура которых имеет обратные связи. Таким образом, возможные структуры начального графа условно можно разделить на два типа.

Тип 1. Начальный граф имеет явно выраженную иерархическую структуру без обратных связей.

Тип 2. Начальный граф представляется в виде полно или частично связанного графа. Это также может быть иерархическая структура, но с присутствием обратных связей между критериями, как с одним, так и с другими уровнями

В зависимости от типа конфигурации начального графа, количественный показатель качества мультимедийного продукта ( $K_{МП}$ ) вычисляется разными способами.

В случае иерархии типа 1 для определения интегральных показателей  $K_{мп\_стат}$  и  $K_{мп\_дин}$  предлагается использовать метод анализа иерархий (МАИ) [1] где применяется механизм парных сравнений и шкала относительной важности.

В развёрнутом виде каждый весовой коэффициент ( $b_r$ ) соответствующего критерия оценки предлагается вычислять следующим образом:

$$b_r = \frac{\sqrt[N]{\prod_{j=1}^N \frac{v_r}{v_j}}}{\sum_{i=1}^N \sqrt[N]{\prod_{j=1}^N \frac{v_i}{v_j}}} \quad (1)$$

где:  $N$  – количество критериев иерархии;  $n=1,2,\dots,N$ ;  $v_i/v_j$  – отношение, которое показывает во сколько раз по шкале значимости ( $v=1,2,\dots,9$ )  $i$ -ый критерий превышает  $j$ -ый;  $i=1,2,\dots,N$ ;  $j=1,2,\dots,N$ .

Значение нормированного интегрального показателя  $K_{мп\_стат}^{норм}$  всегда равняется единице, т.е.:  $K_{мп\_стат}^{норм} = \sum_{r=1}^N b_r^{норм} = 1$ .

В случае иерархии типа 2 получение функциональной зависимости интегрального показателя ( $K_{мп\_дин}$ ) от весовых коэффициентов дуг для иерархической структуры с обратными связями состоит из двух этапов.

На первом этапе для текущего графа определяются иерархические уровни. Для этого используют иерархическую модель критериев, основу построения которой составляет матрица достижимости начального графа в виде соответствующей бинарной матрицы [1].

Использование матрицы достижимости позволяет разделить начальный граф на множество упорядоченных уровней, а также разделить каждый уровень на подмножества, не обязательно несвязанные, и применить к текущей задаче методы, которые используют для явно выраженных иерархий.

На другом этапе вычисляются весовые коэффициенты вершин и весовые коэффициенты соответствующих дуг изменённого текущего графа. Для этого в работе [1] предлагаются «суперматрицы» парных сравнений, которые позволяют в полной мере учесть обратные связи между иерархическими уровнями. Однако возникает необходимость формирования большого количества промежуточных матриц парных сравнений, что существенно ограничивает возможности данного подхода.

Например, для полносвязного графа только с четырьмя вершинами эксперту необходимо заполнить 68 матриц размером 4 на 4 [1].

Как альтернативу, по аналогии с [2,4], предлагается вычислять весовые коэффициенты дуг отталкиваясь от весовых коэффициентов соответствующих соседних вершин. При этом рассматриваются все дуги графа: как прямые, так и обратные. В качестве результата получаем весовые коэффициенты дуг начального графа и таким образом находим все

составляющие интегрального показателя ( $K_{мп\_дин}$ ).

### Пример расчёта весов коэффициента критериев оценки качества мультимедийного продукта

Алгоритм расчёта весовых коэффициентов критериев оценки качества рассмотрим на примере типичного мультимедийного издания, исходный граф критериев оценивания, которого имеют обратные связи, т.е. создают иерархию второго типа.

Шаг 1. Построение иерархической модели критериев оценивания.

Конфигурация графа взаимосвязи критериев определяется исходя из анализа предметной области и необходимого уровня оценки (показатели качества, показатели факторов, критерии оценки).

1.1. На данном этапе экспертам задают вопросы, которые не требуют количественных оценок, типа «Есть ли связи между заданными критериями?» и, если есть – «Какой из соседних критериев является зависимым?».

Пример построения начального графа для типичного мультимедийного издания и процедура его создания рассмотрен в работе [3], результат показан на рис. 1.

Стрелки указывают на зависимые критерии. Например, графическое оформление, по мнению эксперта, зависит от структуризации контента и среды распространения мультимедийного издания.

1.2. Иерархическая модель взаимосвязи критериев оценки строится в соответствии с методом, приведенным в работе [1].

В качестве исходных данных используются соответствующие матрицы смежности и достижимости [3].

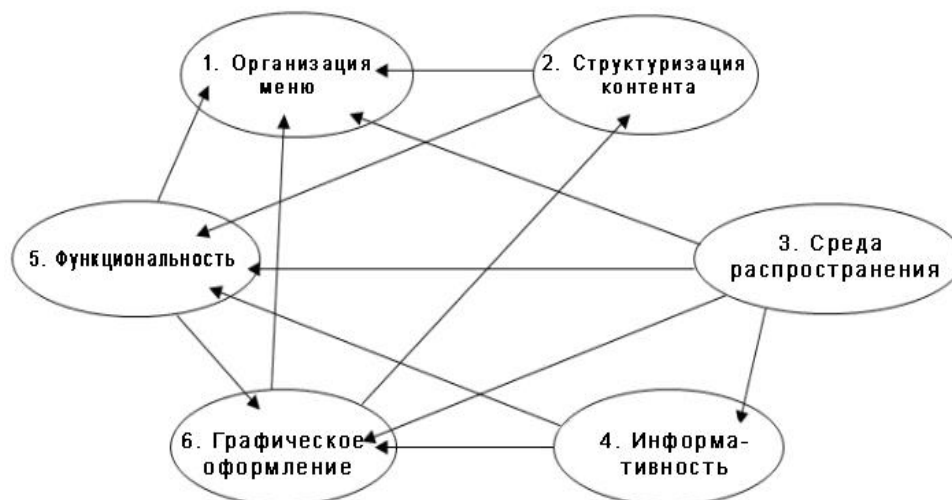


Рис. 1. Пример начального графа взаимосвязи критериев оценивания

## качества типичного мультимедийного издания

На рисунке 2 приведена иерархическая модель взаимосвязи критериев оценки качества типичного мультимедийного издания для рассматриваемого примера. Модифицированная в соответствии с [2] методика её построения предложена в работе [3].

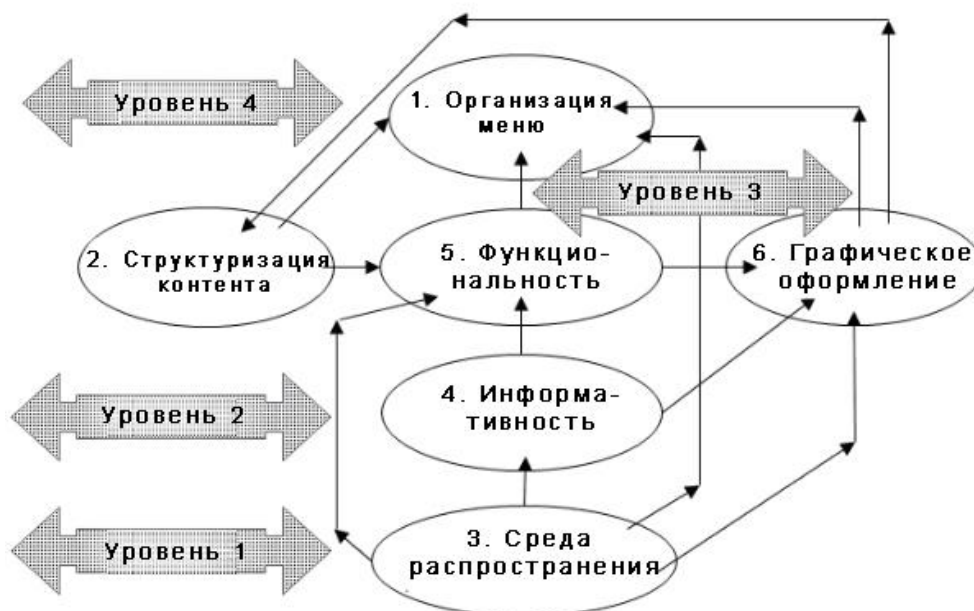


Рис.2. Иерархическая модель взаимосвязи критериев оценки качества типичного мультимедийного издания

Из рисунка 2 следует, что наибольший уровень имеет критерий №1 (Организация меню), а критерий №3 (Среда распространения) занимает наименьшую позицию.

Шаг 2. Расчет весовых коэффициентов соответствующих уровней иерархической модели.

Расчет производится на основе метода анализа иерархий (МАИ), при этом предполагается, что иерархия не имеет обратных связей (рис. 3).





Рис. 3. Граф для расчета весовых коэффициентов уровней иерархической модели

Это предположение справедливо, поскольку алгоритм построения иерархии на основе матрицы достижимости учитывает все виды взаимосвязей между критериями [1].

2.1. Один из возможных вариантов матрицы парных сравнений влияния каждого из уровней иерархии на качество объекта оценивания приведен в таблице 1.

Таблица 1

Матрица парных сравнений уровней иерархической модели

№ уровней	№4	№3	№2	№1	Весовые коэффициенты уровней ( $b_r^{\text{норм}}$ )
№4	1	2	3	4	0,436
№3	1/2	1	2	3	0,260
№2	1/3	1/2	1	2	0,178
№1	1/4	1/3	1/2	1	0,126

В соответствии с методом анализа иерархий, матрица заполняется на основании суждений эксперта, который для определения количественной оценки ориентируется на шкалу относительной важности [1].

2.2. На данном этапе в соответствии с формулой (1) вычисляется вектор приоритетов уровней ( $b_r^{\text{норм}}$ ) иерархической модели. В результате были получены следующие значения: (0,436; 0,260; 0,178; 0,126), причём  $\sum_{r=1}^J b_r^{\text{норм}} = 1$ , где количество уровней иерархии  $J = 4$ .

2.3. Для контроля правильности попарного сравнения факторов, которые были представлены экспертом, рассчитываются соответствующие показатели [1]: показатель соответствия  $ПС=4,5$ ; индекс соответствия  $ИС=0,167$ ; отношение соответствия  $ОС=0,185$ .

Шаг 3. Расчет нормированных весовых коэффициентов критериев третьего уровня иерархической модели текущего графа (см. рис. 2).

Поскольку критерии №2, №5, №6 находятся на одном уровне, то экспертам необходимо дополнительно уточнять их значения. Для этого также предлагается использовать метод анализа иерархий, но только относительно трёх текущих критериев.

3.1. Построение графа для расчета относительных весовых коэффициентов критериев третьего уровня иерархической модели.

Структура графа приведена на рис.4, она обуславливается списком критериев третьего уровня иерархической модели.

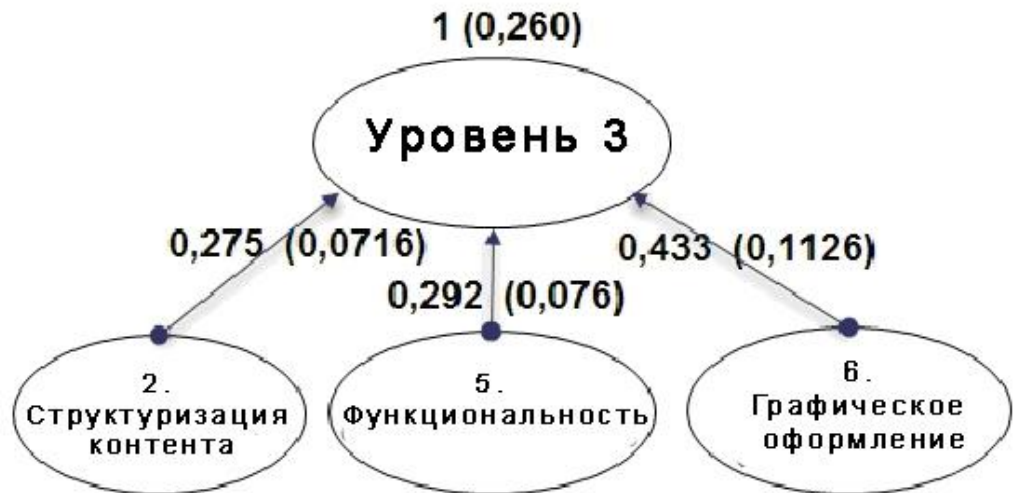


Рис. 4. Граф для расчёта относительных весовых коэффициентов критериев третьего уровня иерархической модели

3.2. Расчёт вектора нормированных весовых коэффициентов критериев третьего уровня иерархии.

По аналогии с шагом 2 экспертом заполняется матрица парных сравнений критериев третьего уровня.

После чего определяются соответствующие показатели: вектор веса ( $b_{r,s}^{норм}$ ) критериев третьего уровня: (0,275; 0,292; 0,433), при этом  $\sum_{s=1}^{h_r} b_{r,s}^{норм} = 1$ , где  $b_{r,s}^{норм}$  – нормированный весовой коэффициент  $s$ -ой вершины текущего ( $r$ -го) уровня иерархии,  $s = 1,2,3$ ; количество вершин на  $r$ -ом уровне иерархии  $h_r = 3$ ; показатель соответствия ПС=5,93; индекс соответствия ИС=0,643; отношение соответствия ОС=0,161.

Один из возможных вариантов решения представлен в таблице 2 и на рис. 4.

Таблица 2

Матрица парных сравнений критериев третьего уровня иерархии

Преимущества критериев	2. Структуризация контента	5. Функциональность	6. Графическое оформление	Вес критерия ( $b_{r,s}^{норм}$ )

2. Структуризация контента	1	1/2	1/3	0,275
5. Функциональность	2	1	1/4	0,292
6. Графическое оформление	3	4	1	0,433

3.3. Расчет  $b_{r_s}^{отн}$  – (относительных) весовых коэффициентов критериев (третьего уровня) относительно общего нормированного веса критериев третьего уровня предлагается осуществлять следующим образом:

$$b_{r_s}^{отн} = b_{r_s}^{норм} * b_r^{норм}, \quad (2)$$

причем:

$$\sum_{s=1}^{h_r} b_{r_s}^{отн} = b_r.$$

Например, для критерия №2 имеем:  $0,275 * 0,260 = 0,071577932$ .

Другие результаты приводятся в колонке «Относительный вес» табл. 3.

Таблица 3

Расчёт весовых коэффициентов критериев третьего уровня иерархической модели оценивания

	Нормированный вес	Относительный вес	Приращение	Абсолютный вес
--	-------------------	-------------------	------------	----------------

2. Структуризация контента	0,275	0,0716	0,0127	0,191
5. Функциональность	0,292	0,0759	0,0135	0,192
6. Графическое оформление	0,433	0,1126	0,020	0,198
$\Sigma$	1	0,26		

3.4. Вычисление абсолютного приращения весовых коэффициентов третьего уровня относительно весового коэффициента (0,178) предыдущего (второго) уровня иерархии:

$$\Delta_{r_s}^{abc} = b_{r_s}^{отн} * b_{r-1}^{норм} \quad (3)$$

В соответствии с формулой (3), для критерия №2 приращение определяется как:  $0,178 * 0,071577932 = 0,012740872$ .

Другие результаты представлены в колонке «Приращение» таблицы 3.

3.5. Вычисление абсолютных весов критериев третьего уровня иерархической модели.

К меньшему значению (0,178) диапазона ( $0,178 < D3 \leq 0,260$ ) изменения весовых коэффициентов текущего (третьего) уровня добавляется соответствующее ( $\Delta_{r_s}^{abc}$ ) абсолютное приращение исследуемого критерия.

Расчёт осуществляется на основании выражения:

$$b_{r_s}^{abc} = \Delta_{r_s}^{abc} + b_{r-1}^{норм},$$

либо, с учетом (3), – в соответствии со следующей формулой:

$$b_{r_s}^{abc} = b_{r_s}^{отн} * (1 + b_{r-1}^{норм}) \quad (4)$$

Например, вес критерия №2 «Структуризация контента» вычисляется как сумма  $0,178+0,012740872 = 0,190741$ . Дальнейшие результаты представлены в колонке «Абсолютный вес» таблицы 3.

Схематически рассмотренные варианты распределения диапазонов соответствующих весовых коэффициентов приводятся на рисунке 5, где приняты следующие обозначения:  $J$  – количество уровней иерархии;  $r$  – текущий уровень иерархии  $r = 1, 2, \dots, J$ ;  $b_r$  – весовой коэффициент  $r$ -го уровня иерархии;  $b_{r,s}$  – весовой коэффициент  $s$ -ой вершины текущего ( $r$ -го) уровня иерархии,  $s = 1, 2, 3, \dots$ ;  $h_r$  – количество вершин на  $r$ -ом уровне иерархии;  $D_r$  – диапазон изменений весовых коэффициентов текущего ( $r$ -го) уровня иерархии, причем  $b_{r-1} < D_r \leq b_r$ .

Для упрощения дальнейших расчетов полученные значения абсолютных весовых коэффициентов критериев были умножены на 1000 и после округления представлены в скобках  $\langle \rangle$ .

Приведённая на рисунке 5 схема распределения весовых коэффициентов позволяет дать количественную оценку всех критериев, которые рассматриваются для условного мультимедийного продукта, и как следствие, даёт возможность варьировать составляющими статического коэффициента  $K_{мп\_стат}^{норм}$  для их последующей оптимизации.

### **Поиск наиболее существенной связи относительно заданного критерия**

На начальном этапе проектирования важна оценка влияния наличия или отсутствия связи между исследуемым критерием (или группой критериев) на комплексное качество разрабатываемого продукта.

Для определения наиболее значимой связи относительно заданного критерия предлагается в качестве опорной величины (формула 5) использовать абсолютное значение статического коэффициента оценки качества мультимедийного продукта.

$$K_{мп\_стат}^{абс} = \sum_{r=1}^J \sum_{s=1}^{h_r} b_{r,s}^{абс} \quad (5)$$

Трудоёмкость расчёта по формуле (5) существенно зависит от конфигурации взаимосвязей критериев, при этом возможно многократное привлечение экспертов для заполнения соответствующих таблиц попарных сравнений.

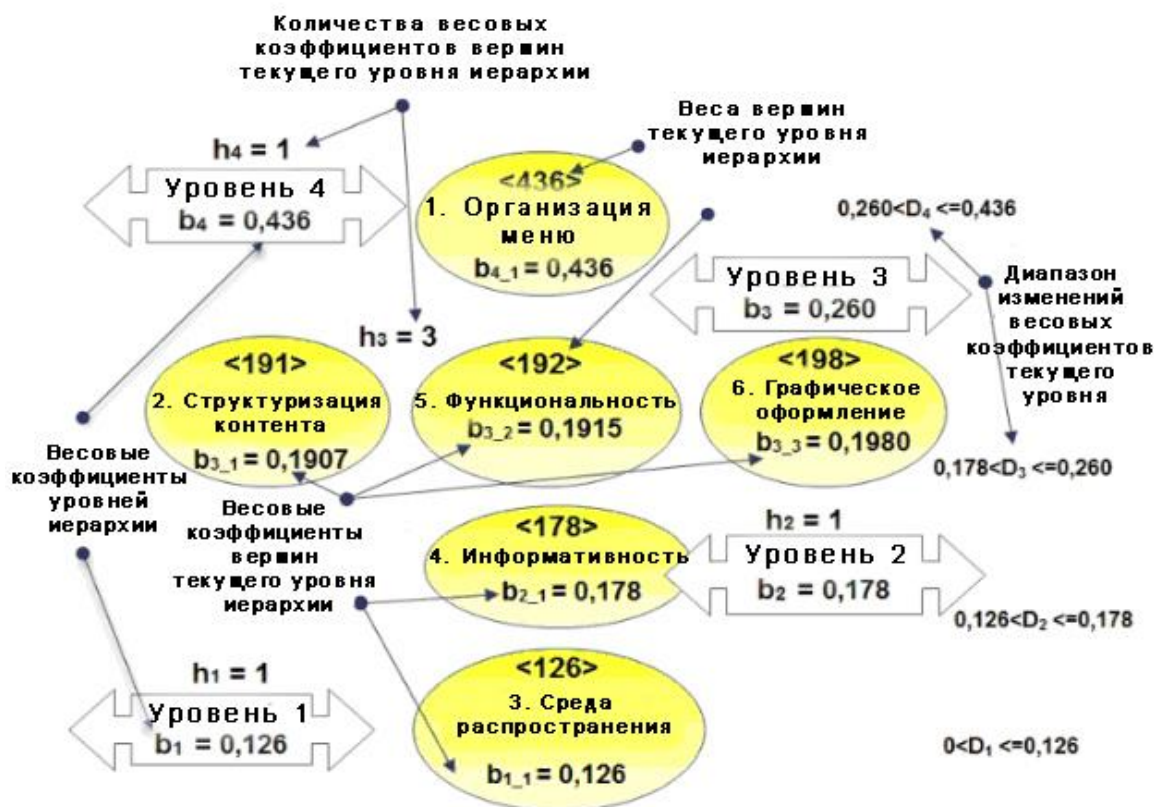


Рис. 5. Распределение весовых коэффициентов иерархической модели критериев

Для приближенного оценивания показателя  $K_{\text{МП-стат}}^{\text{абс}}$  и уменьшения частоты обращения к экспертам предлагается следующие ограничения:

значения весовых коэффициентов соответствующих уровней иерархии  $b_r$  должны быть пропорциональны ряду 1,2,3, ... J. То есть:  $b_1 = 1$ ,  $b_2 = 2$ ,  $b_3 = 3, \dots, b_r = r, \dots$ ;

максимальные (минимальные) значения  $b_{r,s}$  – весовых коэффициентов s-ой вершины текущего (r-го) уровня иерархии соответственно равны:  $b_{1,s} = 1 + 0,9 (b_{1,s} = 1)$ ;  $b_{2,s} = 2 + 0,9 (b_{2,s} = 2)$ ;  $b_{3,s} = 3 + 0,9 (b_{3,s} = 3)$ ; ...,  $b_{r,s} = r + 0,9 (b_{r,s} = r)$ ;

Рассмотрим для примера оценку влияния наличия попарной связи критерия № 2 (структуризация контента) с другими смежными критериями.

Алгоритм поиска наиболее значимой связи содержит следующие шаги.

1. Для начальной конфигурации взаимосвязи критериев рассчитывается абсолютное значение статического коэффициента оценки качества мультимедийного продукта, который в дальнейшем является опорной величиной.

2. От анализируемой вершины удаляется первая из существующих дуг и для полученной конфигурации вычисляется значение показателя  $K_{\text{МП-стат}}^{\text{абс}}$ .

3. В текущей конфигурации восстанавливается предыдущая связь-дуга после чего удаляется вторая из существующих на начальном графе дуг и для полученной конфигурации вычисляется текущее значение показателя  $K_{мп\_стат}^{абс}$ .

4. Шаги 2 и 3 повторяются пока не будут рассмотрены все смежные связи с анализируемой критерием - вершиной.

5. С опорным значением показателя  $K_{мп\_стат}^{абс}$  попарно сравниваются все показатели, которые были получены в результате выполнения шагов 2 - 4.

Наиболее существенной будет связь, которая имеет наибольшее влияние на абсолютное значение опорного статического коэффициента оценки качества мультимедийного продукта.

В табл. 4 приведена обобщенная для рассматриваемых вариантов матрица смежности.

Таблица 4

Обобщенная матрица смежности

i \ j	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0	0
2	2-1	0	0	0	2-5	0
3	1	0	0	1	1	1
4	0	0	0	0	1	0
5	1	0	0	0	0	1
6	1	6-2	0	0	0	0

Запись «2-1» означает, что критерий № 2 не зависит от критерия № 1, то есть связь между ними отсутствует, и строка 2 таблицы смежности должна выглядеть следующим образом: 0 0 0 0 1 0.

Аналогично запись «6-2» интерпретирует строку 6 следующим образом: 1 0 0 0 0 0, а запись «2-5» - строку 2: 1 0 0 0 0 0.

Расчет максимальных и минимальных значений соответствующих показателей  $K_{мп\_стат}^{абс}$  осуществляется согласно формуле (5), с учетом указанных выше ограничений. Так, для опорной конфигурации имеем:

$$\max K_{мп\_стат}^{абс} = 1,9 + 2,9 + 3,9 + 3,9 + 3,9 + 4,9 = 21,4;$$

$$\min K_{мп\_стат}^{абс} = 1 + 2 + 3 + 3 + 3 + 4 = 16.$$

В табл. 5 приведены результаты моделирования для других конфигураций.

Из результата моделирования можно сделать следующие выводы:

поочередное отсутствие связи между критерием № 2 и критериями № 1 и № 6 не приводит к изменению опорного значения показателя. Однако отсутствие связи № 6 - № 2 ведет к перераспределению весовых коэффициентов уровней в иерархической модели;

отсутствие связи № 2 - № 5 меняет не только приоритеты в иерархической модели, но и приводит к изменению значения опорного показателя и, как следствие, критерий № 5 в сравнении с другими смежными критериями имеет наибольшее влияние на критерий № 2.

Таблица 5

Оценка влияния критерия № 2 (структуризация контента) на значение показателя  $K_{мп\_стат}^{abc}$  оценки качества мультимедийного продукта

Связь критерия №2 с текущим критерием	Текущая иерархия критериев	Значения показателя $K_{мп\_стат}^{abc}$ (max \ min)	Отклонения от опорного значения $K_{мп\_стат}^{abc}$
Опорная конфигурация Строка 2 - (1 0 0 0 1 0)	1 2 5 6 4 3	21,4 \ 16	0 \ 0
Связь № 2 → № 1 отсутствует Строка 2 - (0 0 0 0 1 0)	1 2 5 6 4 3	21,4 \ 16	0 \ 0
Связь № 2 → № 5 отсутствует Строка 2 (1 0 0 0 0 0)	1 2 6 5 4 3	26,4 \ 21	-5 \ -5
Связь № 6 → № 2 отсутствует Строка 2 (1 0 0 0 1 0) Строка 6 (1 0 0 0 1 1)	1 6 5 4 2 3	21,4 \ 16	0 \ 0

В общем случае, когда требуется определить наиболее существенные связи между всеми критериями (или минимальное количество связей для адекватной оценки), в качестве опорной величины предлагается использовать динамический интегральный показатель  $K_{мп\_дин}$ .

Для его расчета необходимо вычислить весовые коэффициенты дуг исходного графа после чего применить алгоритм поиска максимального (или минимального) пути, который его покрывает, т.е. решить обратную (или



прямою) задачу коммивояжера.

## **Заклучение**

Предложена методика количественной оценки качества мультимедийных продуктов, в основе которой лежит представление критериев оценки в виде взвешенного графа с обратными связями.

Обоснована целесообразность применения статического и динамического показателей оценки качества мультимедийных продуктов.

Показано, что применение статических показателей оценки дает возможность проектировщику выбрать наиболее значимые критерии оценки мультимедийного продукта, в то время как динамический показатель позволяет построить стратегию проектирования с учетом наиболее существенных связей между критериями оценки.

## **Список литературы**

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Пер. Р. Г. Вачнадзе. — М. : «Радио и связь», 1993. — 278 с.
2. Сеньківський В. М., Козак Р. О. Автоматизоване проектування книжкових видань: Монографія. — Львів : Українська академія друкарства, 2008. — 200 с.
3. Климнюк В. Е., Браткевич В. В. Иерархическая модель критериев оценки качества мультимедийных изданий / Системи обробки інформації // Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії. — Випуск 7 (88). — Х. : 2010. — С. 156.
4. Браткевич В. В. Оптимизация связей между критериями оценки качества мультимедийных изданий / Системи обробки інформації // Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії. — Випуск 7 (97). — Х. : 2011. — С. 84.
5. Білик О. О. Інформаційна технологія моніторингу якості загальноосвітніх навчальних закладів / автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня к.т.н. Черкаський державний технологічний університет, 2009. — 39 с.