

УДК 615.34.1

В.В. Климнюк, В.В. Браткевич

*Харьковский национальный экономический университет, Харьков*

## ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ИЗДАНИЙ

*Рассматривается перечень и особенности задач, которые возникают на начальном этапе проектирования мультимедийных изданий. Предлагается критериальная база оценки качества типовового мультимедийного издания. Приводится модифицированная методика построения иерархической модели оценки качества мультимедийных изданий. Особенностью методики является ее ориентация на визуальное представление основных этапов процесса построения модели.*

**Ключевые слова:** мультимедийное издание, оценка, качество, иерархическая модель, матрица построения.

### Введение

Одной из главных задач на начальном этапе проектирования мультимедийных изданий является определение факторов (критериев), которые оказывают влияние на качество проектируемого продукта.

Результат решения обычно представляется в виде многосвязного ориентированного графа, вершины которого соответствуют выбранным факторам, а дуги показывают направление зависимости одного фактора от другого. Однако остается неясным степень влияния факторов, и какая цепочка из них оказывает наибольшее влияние на результат разработки. Ответом на данный вопрос может служить многосвязная иерархическая модель критериев оценки качества конечного продукта, представленная в виде соответствующего многоуровневого графа. Следует отметить, что связи между критериями в полученной модели повторяют аналогичные связи исходного графа. Поэтому далее разработчик должен определить, какие из них в полученном многоуровневом графе являются наиболее

существенными.

Решение заключается в поиске минимального покрывающего пути взаимосвязей между факторами в полученном ранее исходном графе. Как правило, для этой цели применяют алгоритм Дейкстры [1], который предполагает использование в качестве исходного графа неориентированный взвешенный граф. Поэтому полученный ранее многосвязный ориентированный граф должен быть преобразован во взвешенный граф с соответствующими связями. Обычно назначение весовых коэффициентов и последующий расчет весов дуг (ребер) осуществляется на базе экспертных оценок. При этом основной вопрос к эксперту формулируется приблизительно так: «Сколькими балами Вы оцениваете влияние данного критерия на качество мультимедийного издания?».

С целью повышения достоверности экспертных оценок предлагается заменить данный вопрос на более простой и, следовательно, более точным, по нашему мнению, ожидаемым ответом: «Имеется ли связь между сравниваемыми факторами? Если имеется, то какой фактор является зависимым?». В ре-

зультате будет получен многосвязный ориентированный граф. Далее на его основе предлагается построить иерархическую модель исследуемых факторов, уровни иерархии которых могут служить в качестве опорных весовых коэффициентов вершин исходного графа. Таким образом, из относительно простых односложных качественных ответов экспертов будут получены более достоверные, количественные оценки соответствующих факторов.

### Основной материал

Зачастую важно определить диапазон, в котором влияние того или иного фактора на качество мультимедийного продукта проявляется в наибольшей степени. Для этого следует получить количественную оценку степени влияния исследуемого фактора на качество (или любой другой интегральный параметр) мультимедийного издания.

Результат может быть представлен в виде функции  $F(p_i) = K$ , где  $p_i$  – набор значений анализируемого фактора, а в качестве интегральной количественной оценки качества мультимедийного издания берется сумма длин дуг в минимального покрывающего пути взаимосвязей между вершинами графа.

Таким образом, на предварительном этапе проектирования мультимедийных изданий одной из центральных задач является построение иерархической модели, определяющей какие факторы оказывают влияние на качество (или на какой-либо другой интегральный параметр) проектируемого продукта.

В работах [2, 3] была поставлена и решена задача оценки степени влияния совокупности факторов на качество печатной продукции. Решение осуществлялось с помощью графов и поиска минимального покрывающего пути, который определяет наименьшее количество и суть связей между критериями оценивания. Применение указанной методики для оценивания качества мультимедийных изданий выявили ее излишнюю формализацию, практически не позволяющую визуалью на графе отслеживать ход алгоритма оптимизации. Последнее обусловлено тем, что приводимые алгоритмы, по сути, повторяли машинные варианты алгоритмов, в которых на каждом этапе оптимизации осуществлялся последовательный просмотр всех без исключения вершин графа, в то время как анализироваться должны только достижимые вершины. Вследствие этого, примеры с описательной частью алгоритмов в виде совокупности блоков с соответствующими формулами выглядят громоздко, что существенно затрудняет понимание алгоритма оптимизации. Очевидно, что имея соответствующее программное обеспечение, нет необходимости вникать в тонкости реализации рассматриваемых алгоритмов. Однако прежде чем использовать конкретные программные инструменты они должны быть опробованы на контрольных примерах в рассматриваемой предметной области (в данном случае – проектирование и производство мультимедийных изданий). С другой стороны, применение данной методики в учебном процессе при ди-

пломном проектировании, связанном с разработкой мультимедиа, также потребовало ее изложения в более простом и удобном для восприятия виде и с учетом новой предметной области.

Ниже приведены основные этапы построения иерархической модели критериев оценки качества мультимедийного издания. Изложение ведется для исходных данных в виде соответствующего (рис. 1) перечня критериев, полученных в результате анализа доступных авторам литературных источников.

В общем случае процедура построения модели выглядит следующим образом. Выделяются основные критерии, влияющие на качество мультимедийного издания. Далее эти критерии представляются в виде многосвязного ориентированного графа и соответствующей ему матрицы смежности, на базе которой затем строится матрица достижимости. Заключительным этапом является анализ матрицы достижимости и построение на его основе иерархической последовательности критериев (или групп критериев). Рассмотрим данную процедуру более подробно.

Шаг 1. Анализ исходных критериев, выявление среди них наиболее существенных, определение зависимостей между критериями в выделенной группе.

Результат представлен на рис. 2 в виде ориентированного многосвязного графа. Здесь начало стрелки определяет критерий, зависящий от критерия, на который указывает стрелка. Над каждой вершиной приведена информация, указывающая номера вершин, из которых ведут соответствующие стрелки в рассматриваемую вершину и номера вершин, куда ведут стрелки из данной вершины. Эти данные необходимы в дальнейшем для визуального отслеживания алгоритма оптимизации.

Шаг 2. Построение матрицы смежности.

Матрица смежности отражает все связи исходного графа и используется в качестве исходных данных для формального построения матрицы достижимости с помощью персонального компьютера. Алгоритм заполнения матрицы смежности.

В исходном графе (рис. 2) сопоставить каждому критерию номера смежных вершин, от которых к выбранной вершине идут соответствующие стрелки. Например, для критерия 3 это будут вершины 1, 2 и 10.

Записать полученный результат в виде строки над заготовкой (шаблоном) матрицы смежности (заголовок табл. 1). В каждой из колонок шаблона записать единицы в те строки, номера которых совпадают с номерами, указанными в соответствующей ячейке заголовка. Например, для критерия 3 единицы следует записать в 1, 2 и 10 строки.

Полученная таким образом матрица смежности приведена в виде табл. 1. В рассматриваемой процедуре формирование матрицы смежности не обязательно, так как дальнейшее построение матрицы достижимости будет производиться непосредственно на базе исходного графа. Однако при использовании машинного алгоритма, полученная таким образом матрица должна быть введена в память ком-

пьютера в качестве исходных данных.

Шаг 3. Построение матрицы достижимости.

Для ориентированного графа, имеющего  $n$  вершин, матрицей достижимости называется квадратная матрица размерности  $n \times n$ , в которой элемент  $x_{i,j}$  равен единице тогда и только тогда, когда вершина  $x_i$  достижима из вершины  $x_j$ , где  $i$  и  $j$  – соответственно номера строк и столбцов матрицы. В противном случае элемент  $x_{i,j}$  равен нулю.

Поскольку в матрице смежности графа отражена вся структура связей его вершин, то построение матрицы достижимости можно осуществлять с помощью соответствующего алгоритма [3], позволяющего выполнить эту операцию «вручную» или использовать программное обеспечение, многочисленные описания которого имеются в Интернете [4].

Пустые ячейки таблицы соответствуют нулевым элементам.

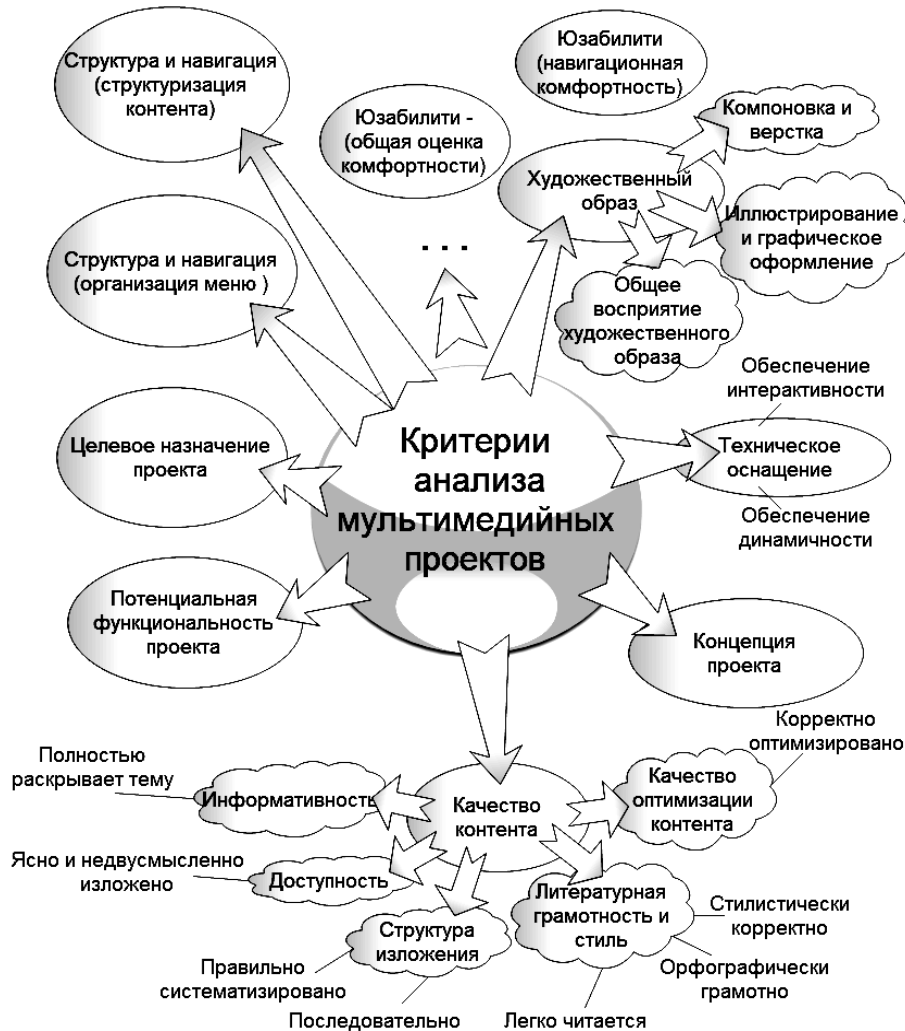


Рис. 1. Перечень критериев, влияющих на качество мультимедийных изданий

Таблица 1

Матрица смежности

	2,5	0	1,2,10	1,2,7,10	0	3,4	1,2,3,5,8	5	1,6,7,8	2,5
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1			1	1			1		1	
2	1		1	1			1			1
3						1	1			
4						1				
5	1						1	1		1
6									1	
7				1					1	
8							1		1	
9										
10			1	1						



В рассматриваемой процедуре матрицу достижимости предлагается строить непосредственно по исходному графу. При этом, большая часть математического аппарата заменяется простыми мнемоническими правилами. Алгоритм заполнения матрицы достижимости.

1. Создать шаблон матрицы достижимости в виде таблицы 10 x 10 с соответствующими обозначениями номеров строк и столбцов.

2. Заполнить единицами главную диагональ матрицы, поскольку путь из вершины «в саму себя» считается определенным.

3. Последующее формирование матрицы осуществляется по строкам, при этом для каждой из вершин исходного графа (рис.2) определяем перечень вершин, которых можно достичь из рассматриваемой вершины (с учетом направления стрелок взаимосвязи). Например, для вершины № 1 достижимыми являются вершины 3,4,7 и 9. В свою очередь, из вершины № 3 можно достичь вершины 6 и 7. Аналогичным образом для вершины № 7 – вершины 4 и 9, а вершина № 9 является тупиковой. Все эти связи легко прослеживаются на графе, а вспомогательная информация над каждой вершиной освобождает разработчика от многократного отслеживания путей достижимости. Приведенные рассуждения удобно представлять в виде следующего мнемонического построения (рис.3), номера достижимых вершин в котором переносятся из уже ранее определенного для каждой вершины перечня (рис. 2).

Из рисунка следует, что достижимыми из вер-

шины № 1 являются вершины с номерами 1,3,4,6,7,9 и, следовательно, в первой строке матрицы достижимости необходимо записать единицы в 1,3,4,6,7 и 9 колонки. Аналогичным образом заполняются остальные строки матрицы достижимости. Результат представлен в виде табл. 2.

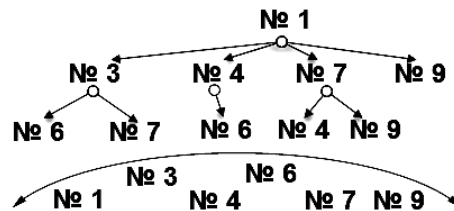


Рис. 3. Пример схемы определения достижимых вершин из вершины 1 исходного графа (рис. 2)

Таблица 2

Матрица достижимости

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1		1	1		1	1		1	
2	1	1	1	1		1	1		1	1
3			1	1		1	1		1	
4				1		1			1	
5	1		1	1	1	1	1	1	1	1
6						1			1	
7				1		1	1		1	
8				1		1	1	1	1	
9									1	
10			1	1		1	1		1	1

Шаг 4. Определение уровней иерархии критериев. Определение уровней иерархии рассматривае-

мых критериев осуществляется в результате последовательного анализа матрицы достижимости по предложенному в работе [3] алгоритму.

Применительно к данной предметной области суть его сводится к построению ряда таблиц и ана-

лизу в каждой таблице условия принадлежности конкретных вершин к текущему уровню иерархии.

Построение начинается с таблицы (табл. 3) для определения вершин низшего уровня иерархии. Таблица заполняется построчно (табл. 3).

Таблица 3

## Определение вершин низшего уровня иерархии (1-й уровень)

Номера вершин (i)	Вершины, которых можно достичь из i-ой вершины. (Достижимые вершины)	Вершины, из которых можно достигнуть i-ю вершину. (Вершины-предшественницы)	Достижимые вершины и вершины-предшественницы. (Общие вершины)
1	2	3	4
<b>1</b>	<b>1 3 4 6 7 9</b>	<b>1 2 5</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>1 2 3 4 6 7 9 10</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>3 4 6 7 9</b>	<b>1 2 3 5 10</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>4 6 9</b>	<b>1 2 3 4 5 7 8 10</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>1 3 4 5 6 7 8 9 10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>6 9</b>	<b>1 2 3 4 5 6 7 8 10</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>4 6 7 9</b>	<b>1 2 3 5 7 8 10</b>	<b>7</b>
<b>8</b>	<b>4 6 7 8 9</b>	<b>5 8</b>	<b>8</b>
<b>9</b>	<b>9</b>	<b>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</b>	<b>9</b>
<b>10</b>	<b>3 4 6 7 9 10</b>	<b>2 5 10</b>	<b>10</b>

Во вторую колонку для каждой строки записываем номера вершин, которых можно достичь из вершины, номер которой совпадает с текущим номером строки.

Так для строки 1 находим в матрице достижимости (табл. 2), что из вершины 1 можно достичь вершины 1,3,4,6,7 и 9. Записываем эти номера в первую строку второй колонки табл. 3. Далее из первой колонки матрицы достижимости (табл. 2) выписываем номера вершин, из которых можно достичь вершину №1. Это вершины 1,2 и 5. Записываем их номера во вторую колонку табл. 3. В третью колонку первой строки табл. 3 записываем вершины, которые одновременно присутствуют во второй и третьей колонках, это – вершина №1.

Аналогичным образом заполняем оставшиеся строки табл. 3.

Проверяем условие принадлежности выделенных в колонке 4 критериев к текущему уровню иерархии. Для чего попарно сравниваем номера вершин в одноименных строках в третьей и четвертой колонках табл. 3. В результате видим, что в строках 2 и 5 сравниваемые значения совпадают и, следовательно, согласно [3], критерии под данными номерами имеют первый (самый низкий) уровень.

Далее вычеркиваем в таблице 3 строки 2 и 5, а в оставшихся строках удаляем номера вершин № 2 и № 5. В результате получаем табл. 4, которая рассматривается как исходная таблица для следующей итерации.

Из сравнительного анализа третьей и четвертой колонок табл. 4 следует, что к критериям второго уровня должны быть отнесены критерии, соответствующие вершинам №1, №8 и №10.

На следующей итерации вычеркиваем в табл. 4

строки 1,8 и 10, а в оставшихся строках удаляем номера вершин №1, №8 и №10. В результате получаем очередную таблицу (табл. 5) для следующего итерационного цикла.

По аналогии с приведенными выше рассуждениями из анализа табл. 5 делаем вывод, что третьему уровню иерархии должен быть отнесен критерий № 3.

Подобные построения выполняем и для последующих уровней иерархий.

Из табл. 6, 7 и 8 видно, что четвертому уровню иерархии должен соответствовать критерий № 7, пятому уровню – критерий № 4, а шестому – критерий № 6.

Оставшийся критерий №9 является критерием с наивысшим приоритетом.

Окончательный результат в виде иерархической модели критериев оценки качества типового мультимедийного издания приведен на рис.4.

Из рис. 4 следует, что для рассматриваемых исходных взаимосвязей (рис. 2) между выбранными критериями, весовые коэффициенты критериев №9, №6, №4, №7, №3, (№1, №8, №10) и (№2, №5) должны быть выбраны в соответствии с числами: 7, 6, 5, 4, 3, 2 и 1.

## Выводы

Рассмотрен перечень и особенности задач, которые возникают на начальном этапе проектирования мультимедийных изданий. Предложена критериальная база оценки качества типового мультимедийного издания. Приведена модифицированная методика построения иерархической модели оценки качества мультимедийных изданий, особенностью которой является ее ориентация на визуальное пред-

ставление основных этапов процесса построения модели.

Таблица 4

Определение вершин 2-го уровня иерархии

Номера вершин (i)	Вершины, которых можно достичь из i-ой вершины. (Достижимые вершины)	Вершины, из которые можно достигнуть i-ю вершину. (Вершины-предшественницы)	Достижимые вершины и вершины-предшественницы. (Общие вершины)
1	2	3	4
<b>1</b>	<b>1 3 4 6 7 9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>3 4 6 7 9</b>	<b>1 3 10</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>4 6 9</b>	<b>1 3 4 7 8 10</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>6 9</b>	<b>1 3 4 6 7 8 10</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>4 6 7 9</b>	<b>1 3 7 8 10</b>	<b>7</b>
<b>8</b>	<b>4 6 7 8 9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
<b>9</b>	<b>9</b>	<b>1 3 4 6 7 8 9 10</b>	<b>9</b>
<b>10</b>	<b>3 4 6 7 9 10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

Таблица 5

Определение вершин 3-го уровня иерархии

Номера вершин (i)	Вершины, которых можно достичь из i-ой вершины. (Достижимые вершины)	Вершины, из которые можно достигнуть i-ю вершину. (Вершины - предшественницы)	Достижимые вершины и вершины-предшественницы. (Общие вершины)
1	2	3	4
<b>3</b>	<b>3 4 6 7 9</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>4 6 9</b>	<b>3 4 7</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>6 9</b>	<b>3 4 6 7</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>4 6 7 9</b>	<b>3 7</b>	<b>7</b>
<b>9</b>	<b>9</b>	<b>3 4 6 7 9</b>	<b>9</b>

Таблица 6

Определение вершин 4-го уровня иерархии

Номера вершин (i)	Вершины, которых можно достичь из i-ой вершины. (Достижимые вершины)	Вершины, из которые можно достигнуть i-ю вершину. (Вершины-предшественницы)	Достижимые вершины и вершины-предшественницы. (Общие вершины)
1	2	3	4
<b>4</b>	<b>4 6 9</b>	<b>4 7</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>6 9</b>	<b>4 6 7</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>4 6 7 9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
<b>9</b>	<b>9</b>	<b>4 6 7 9</b>	<b>9</b>

Таблица 7

Определение вершин 5-го уровня иерархии

Номера вершин (i)	Вершины, которых можно достичь из i-ой вершины. (Достижимые вершины)	Вершины, из которые можно достигнуть i-ю вершину. (Вершины-предшественницы)	Достижимые вершины и вершины-предшественницы. (Общие вершины)
1	2	3	4
<b>4</b>	<b>4 6 9</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>6 9</b>	<b>4 6</b>	<b>6</b>
<b>9</b>	<b>9</b>	<b>4 6 9</b>	<b>9</b>

Таблица 8

Определение вершин 6-го уровня иерархии

Номера вершин (i)	Вершины, которых можно достичь из i-ой вершины. (Достижимые вершины)	Вершины, из которые можно достигнуть i-ю вершину. (Вершины-предшественницы)	Достижимые вершины и вершины-предшественницы. (Общие вершины)
1	2	3	4
<b>6</b>	<b>6 9</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>9</b>	<b>9</b>	<b>6 9</b>	<b>9</b>

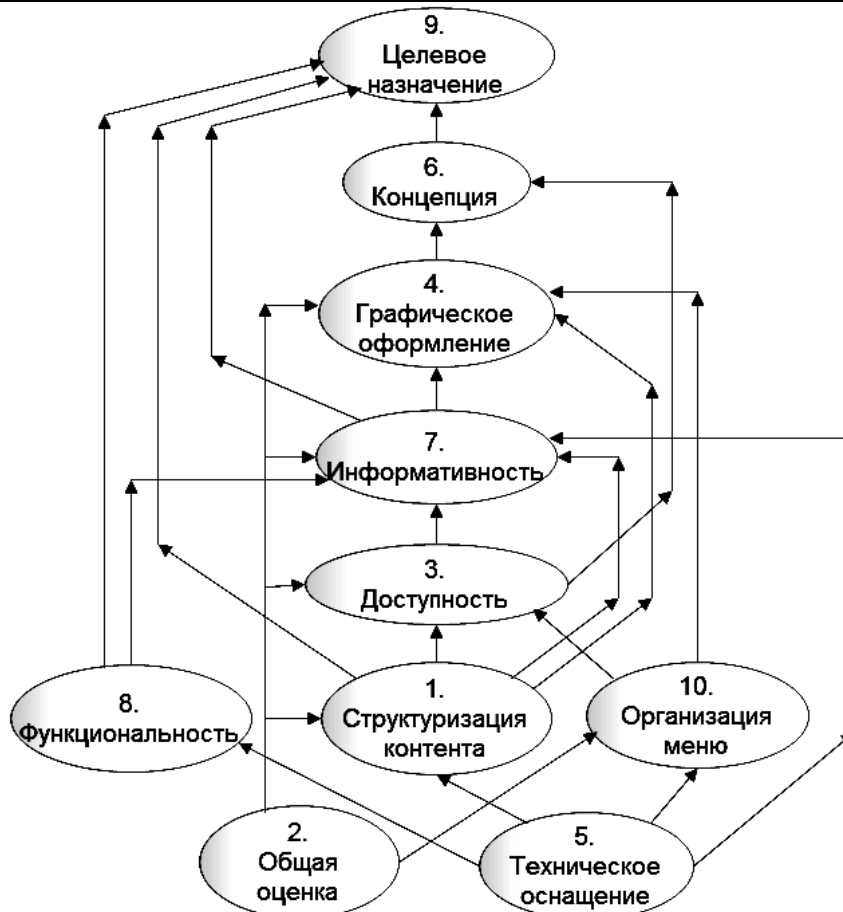


Рис. 4. Иерархическая модель критериев оценки качества типового мультимедийного издания

### Список литературы

1. Алгоритм Дейкстры [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://algotlist.manual.ru/maths/graphs/shortpath/dijkstra.php>.
2. Дурняк Б.В. Системний аналіз та оптимізація параметрів книжкових видань: монографія / Б.В. Дурняк, І.В. Піх, В.М. Сеньківський. – Львів: Українська академія друкарств, 2006. – 197 с.
3. Сеньківський В.М. Автоматизоване проектування книжкових видань: монографія / В.М. Сеньківський,

Р.О. Козак. – Львів: Українська академія друкарств, 2008. – 200 с.

4. Матрица достижимости [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://ric.uni-altai.ru/Fundamental/pascal3/lab1/teor1-3.htm>.

Поступила в редколлегию 20.09.2010

**Рецензент:** д-р эконом. наук, проф. А. И. Пушкар, Харьковский национальный экономический университет, Харьков.

### ІЄРАРХІЧНА МОДЕЛЬ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ВИДАНЬ

В.В. Климнюк, В.В. Браткевич

В статті розглядається перелік і особливості задач, які виникають на початковому етапі проектування мультимедійних видань. Пропонується база критеріїв для оцінки якості мультимедійного видання. Наводиться модифікована методика побудови ієрархічної моделі оцінки якості мультимедійних видань. Особливістю методики є її орієнтація на візуальне представлення основних етапів процесу побудови моделі.

**Ключові слова:** мультимедійне видання, оцінка, якість, ієрархічна модель, матриця побудови.

### HIERARCHICAL MODEL OF CRITERIA OF ESTIMATION OF QUALITY MULTIMEDIA BUILDING

V.V. Klimnyuk, V.V. Bratkevich

In the article a list and features of tasks which arise up on the initial stage of planning of multimedia editions is considered. The base of criteria for estimation of quality of multimedia edition is offered. The modified method of construction of hierarchical model of estimation of quality of multimedia editions is led. Its orientation on visual presentation of basic stages of process of construction of model is the feature of method.

**Keywords:** multimedia edition, estimation, quality, hierarchical model, matrix of construction.