

Інформаційні технології в виробничо-поліграфічній галузі

УДК 615.34.1

В.В. Браткевич

Харьковский национальный экономический университет, Харьков

ОПТИМИЗАЦИЯ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ КРИТЕРИЯМИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ИЗДАНИЙ

Рассматривается задача выбора наиболее существенных связей между критериями оценки качества мультимедийных изданий. Обосновывается алгоритм расчета весовых коэффициентов дуг исходного для оптимизации графа наиболее полно учитывающий специфику предметной области. Предлагается модифицированная по сравнению с известной методика процедуры оптимизации, позволяющая визуально непосредственно на графе осуществлять поиск оптимальных связей.

Ключевые слова: мультимедийное издание, оценка, весовой коэффициент, качество, оптимизация, связь.

Введение

Известна работа [1], в которой была поставлена и решена задача построения иерархической модели оценки качества полиграфической продукции. Последующее развитие данное направление получило в исследовании [2], где для новой предметной области (мультимедийные издания) был предложен алгоритм, состоящий из набора мнемонических правил, позволяющих строить иерархическую модель (в виде ориентированного графа) без привлечения в явном виде относительного сложного математического аппарата. В статье приводятся результаты дальнейших исследований, направленных на определение в многосвязном иерархическом графе наиболее существенных связей, которые влияют на комплексную оценку качества мультимедийного издания.

Анализ существующих подходов. Известное [1] решение поиска наиболее важных связей в ориентированном невесомозначном графе осуществляется в два этапа. Вначале исходный граф преобразуется в неориентированный весомозначный граф. Далее на основе алгоритма Дейкстры ищется минимальный покрывающий путь взаимосвязей между его вершинами, каждая из которых соответствует одному из критериев.

На достоверность результат поиска существенное влияние оказывает алгоритм назначения весовых коэффициентов дугам исходного графа. Как правило [1], эти коэффициенты рассчитываются следующим образом:

$$\begin{aligned} g_{i,j} &= a_i, & \text{при } a_i &= b_j; & (1) \\ g_{i,j} &= (a_i + b_j) * 0,5, & \text{при } a_i &= 2b_j \text{ или } b_i = 2a_j; & (2) \end{aligned}$$

$g_{i,j} = (a_i + b_j) * 0,5 + 1$, в других случаях, (3)
где a_i и b_j – весовые коэффициенты смежных вершин исходного графа, а $g_{i,j}$ – вес дуги соединяющей смежные вершины.

К недостаткам подобного подхода следует отнести: 1) сложность экспертного определения весовых коэффициентов a_i и b_j и 2) значительная, по нашему мнению, методическая погрешность расчета весовых коэффициентов по формуле (3).

Рассмотрим каждый из перечисленных недостатков более подробно.

На основании работы [1] вопрос к эксперту может быть сформулирован приблизительно так: «Сколькими балами Вы оцениваете влияние данного критерия на качество мультимедийного издания?». То есть, от эксперта требуется количественная оценка конкретного критерия. С целью повышения достоверности экспертных оценок предлагается в значительной мере ослабить роль количественных оценок путем замены данного вопроса 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 данном варианте вопроса от эксперта требуется только качественный односложный ответ типа «да/нет».

Далее строится ориентированный граф взаимосвязи критериев, на базе которого по известному алгоритму [1] или его модифицированному варианту в виде соответствующих мнемонических процедур [2] осуществляется переход к иерархической модели рассматриваемых критериев. Предлагается

каждому уровню в иерархической модели присваивать масштабный весовой коэффициент: самому низкому уровню, равный 1, и соответственно последующим уровням – 2,3,4 и т.д. Например, при семиуровневой модели, такими коэффициентами могут быть числа 10, 20,...,70. Если на одном уровне имеется только один критерий, то, естественно, его вес должен совпадать с весом данного уровня. В противном случае, (например, при трех критериях на одном – третьем уровне), экспертные оценки каждого из (трех) критериев должны лежать в диапазоне от нижнего (20) до верхнего (40) смежных уровней. При таком подходе роль субъективного фактора при количественной оценке эксперта значительно уменьшается, так как теперь диапазон возможных ответов существенно ограничен.

Второй недостаток подхода [1], связан с методической погрешностью определения весовых коэффициентов дуг исходного графа. Здесь задача может быть сформулирована следующим образом.

Пусть имеется две смежные вершины i и j с весовыми коэффициентами a_i и b_j , которые соответствуют степени важности данного критерия в комплексной оценке качества исследуемого объекта. Тогда дуга между рассматриваемыми вершинами характеризует зависимость одного критерия от другого. То есть речь идет о процессе, который определяет, каким образом один критерий влияет на другой. Требуется от количественного описания двух критериев (вершин) перейти к количественному показателю процесса, описывающего влияние одного критерия на другой.

Основной материал

Рассмотрим возможные ситуации взаимосвязи весовых коэффициентов смежных критериев.

Вариант 1. Весовые коэффициенты одинаковы ($a_i = b_j$). Очевидно, что влияние одного критерия на другой в этом случае количественно целесообразно оценить величиной $g_{i,j} = a_i$ или $g_{i,j} = b_j$, что и было сделано в работе [1] (см. формулу (1)).

Вариант 2. Один из весовых коэффициентов в два раза больше другого ($a_i = 2b_j$ или $b_j = 2a_i$). В данном варианте расчет веса дуги также не вызывает сомнения, см. формулу(2).

Вариант 3. Наиболее распространенная ситуация, охватывающая все другие варианты взаимосвязи критериев. В этом случае, по нашему мнению, справедливы следующие утверждения:

1). Чем больше разница между количественными оценками смежных критериев, тем существеннее влияние одного критерия на другой и, следовательно, весовой коэффициент $g_{i,j}$ дуги должен зависеть как от абсолютной разности Γ весовых коэффициентов a_i и b_j смежных вершин, так и от соотношения k между весовыми коэффициентами a_i/b_j ,

при $a_i < b_j$ или b_j/a_i , при $b_j < a_i$, то есть

$$g_{i,j} = f(\Gamma, k), \quad \text{где } \Gamma = \text{abs}(a_i - b_j).$$

2). Количественное значений весового коэффициента $g_{i,j}$ дуги должно изменяться в диапазоне от меньшего весового коэффициента смежной вершины до большего, то есть:

$$\begin{aligned} \min g_{i,j} &= a_i, \text{ при } a_i < b_j \text{ или } \min g_{i,j} = b_j, \text{ при } b_j < a_i, \\ \max g_{i,j} &= a_i, \text{ при } a_i > b_j \text{ или } \max g_{i,j} = b_j, \text{ при } b_j > a_i. \end{aligned}$$

С учетом сказанного, предлагается количественную оценку веса дуги рассматриваемого графа определять следующим образом:

$$g_{i,j} = \min(a_i, b_j) + \text{abs}(a_i - b_j) * k, \quad (4)$$

$$\text{или } g_{i,j} = \max(a_i, b_j) - \text{abs}(a_i - b_j) * k, \quad (5)$$

где $\min(a_i, b_j)$ – минимальное значение из пары a_i и b_j ; $\max(a_i, b_j)$ – максимальное значение из пары a_i и b_j ; $\text{abs}(a_i - b_j)$ – абсолютное значение разницы a_i и b_j ; k – коэффициент ($k \leq 1$), равный a_i/b_j , при $a_i < b_j$ или b_j/a_i , при $b_j < a_i$.

При $a_i < b_j$, формулы (4) и (5) преобразуется соответственно к виду:

$$g_{i,j} = a_i + (b_j - a_i) * a_i/b_j; \quad g_{i,j} = b_j - (b_j - a_i) * a_i/b_j.$$

При $a_i = b_j$ получаем $g_{i,j} = a_i = b_j$, что совпадает с известной формулой (1).

При $a_i = 2b_j$ или $b_j = 2a_i$ формулы (4) и (5) вырождается к виду $g_{i,j} = (a_i + b_j) * 0,5$, что также совпадает с известной формулой (2).

В других случаях вычисленные по (4) и (5) значения одноименных дуг не совпадают, однако это не влияет, как будет показано ниже, на конфигурацию кратчайшего пути, определяемого по алгоритму Дейкстры, поскольку соотношения между рассчитываемыми значениями дуг не изменяются.

Таким образом, предлагаемый на основании выражений (4), (5) алгоритм расчета весовых дуг исходного графа включает в себя как частный случай известные [1] расчетные формулы (для ситуаций $a_i = b_j$ и $a_i = 2b_j$ или $b_j = 2a_i$), а во всех остальных случаях получаемые на его основе оценочные функции более полно учитывают количественные характеристики предметной области оптимизации.

В качестве примера рассмотрим оптимизацию связей критериев оценки типового мультимедийного издания. На рис. 1 показан ориентированный граф, который был получен [2] после анализа соответствующей предметной области. Направление стрелок выбиралось на основании экспертного опроса типа: «Если зависимость между анализируемой парой критериев (да/нет)». Результат фиксировался в виде соответствующей дуги. Отличительной особенностью излагаемого ниже алгоритма является последовательное визуальное представление шагов оптимизации, основанное на простых мнемонических процедурах и, как следствие, сокрытие громоздкого математического аппарата.

Алгоритм оптимизации связей. Шаг 1. Для построения весомозначного графа необходимо каж-

дой из вершин на рис. 1 сопоставить соответствующий весовой коэффициент. Для этого, как отмечалось выше, целесообразно построить иерархическую модель рассматриваемых критериев. Процедура визуального построения иерархической модели для данного примера рассмотрена в работе [2]. В результате была получена следующая семиуровневая модель:

Уровень 7 (верхний).	Критерий №9
Уровень 6.	Критерий №6
Уровень 5.	Критерий №4
Уровень 4.	Критерий №7
Уровень 3.	Критерий №3
Уровень 2.	Критерии: №8, №1, №10
Уровень 1.	Критерии: №2, №5

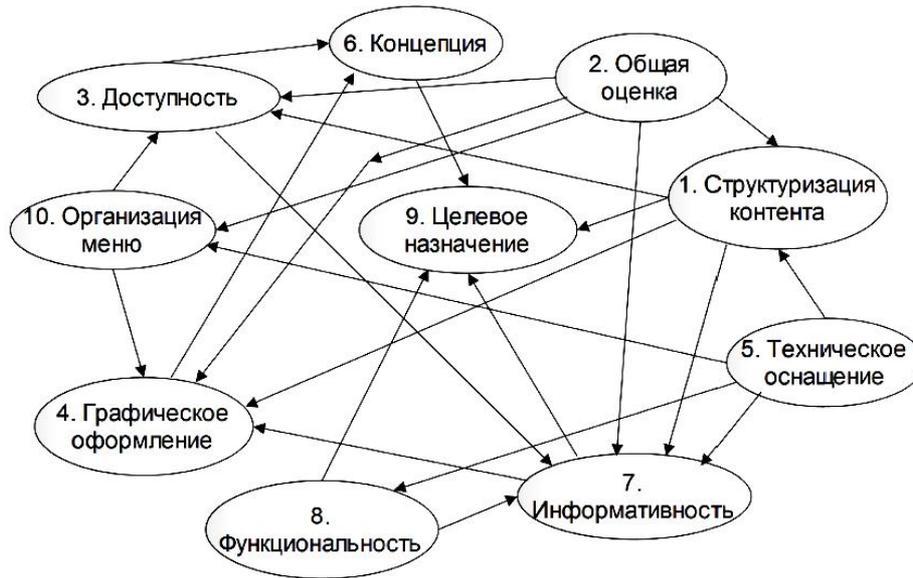


Рис. 1. Взаимосвязь основных критериев оценки типового мультимедийного издания

Шаг 2. Если произвольно назначить нижнему уровню модели весовой коэффициент (например, 10), то всем последующим уровням должны соответствовать числа 20, 30, 40, 50, 60, 70.

В пределах первого уровня каждый из весовых коэффициентов не должен превышать значение 10. Предположим, что, по мнению эксперта, весовые коэффициенты критериев №2 и №5 соответственно равны значениям 4 и 6.

Аналогичным образом для уровня 2 каждый из весовых коэффициентов (согласно иерархической модели) не должен превышать значения 20. В рассматриваемом примере для критериев №8, №1 и №10 эти значения соответственно равны: 18, 14 и 12.

Помощь экспертов для назначения остальных весовых коэффициентов не требуется, так на каждом уровне имеется только один критерий и, следовательно, значения их весовых коэффициентов должны совпадать со значениями уровневых коэффициентов: критерий №3 – значение 30, №7 – 40, №4 – 50, №6 – 60 и №9 – 70.

Шаг 3. Используя формулу (4) или (5) рассчитываются весовые коэффициенты соответствующих дуг.

Из описания алгоритма Дейкстры [3] следует, что минимальный покрывающий путь будет единственным, если весовые коэффициенты дуг

не повторяются. Для расширения диапазона значений и исключения повторяющихся целочисленных весовых коэффициентов, которые могут возникнуть при округлении результатов расчетов по формулам (4) или (5), предлагается умножать полученный коэффициент на масштабный множитель (в рассматриваемом примере – 10) и только затем округлять результат до целого значения.

Шаг 4. Строится визуальная модель, на которой последовательно осуществляется оптимизация связей.

В качестве основы для построения модели может быть взят исходный граф (см. рис. 1) или аналогичный ему граф, но структурно упорядоченный по иерархическим уровням [2]. В дальнейшем будет рассмотрен второй вариант, как более наглядный для визуального отслеживания алгоритма оптимизации.

На рис. 2 приведена предлагаемая визуальная модель для оптимизации связей исходного графа. Ее конфигурация соответствует иерархической модели полученной в работе [2]. Следует отметить, что предмет оптимизации – связи между вершинами на рис. 1 и 2 совпадают.

Согласно методике оптимизации [1] к исходному графу должна быть добавлена начальная вер-

шина (вершина Start) с нулевым весовым коэффициентом и единичным весом одной из дуг.

На рис. 2 приняты следующие обозначения:

над каждой вершиной в скобках «<>» представлены соответствующие весовые коэффициенты (см. шаг 2) и номер «№»;

над дугами графа указаны соответствующие коэффициенты (см. шаг 3);

в центре внутреннего круга текущей вершины отмечается минимальное расстояние до начальной вершины;

по внутреннему периметру внешнего круга напротив соответствующих дуг записываются расстояния от предшествующих вершин до текущей.

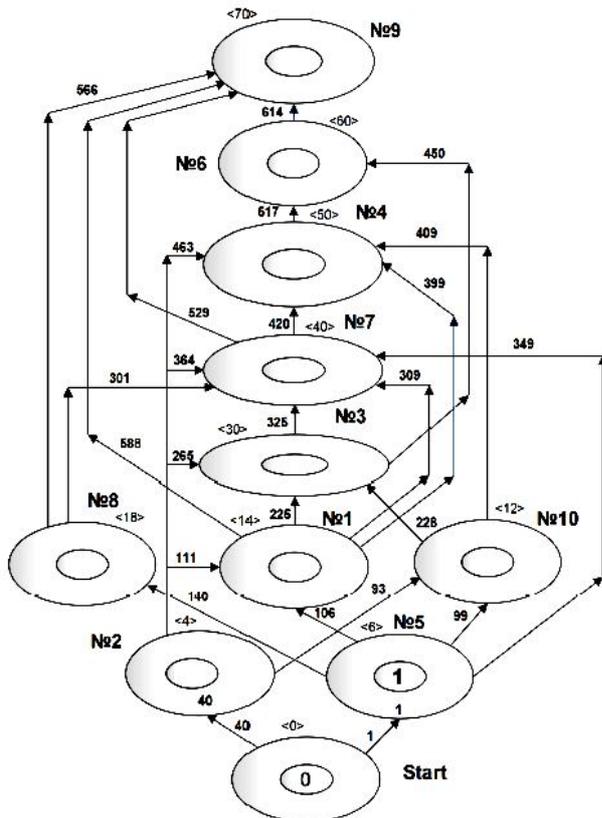


Рис. 2. Исходное состояние визуальной модели оптимизации

Шаг 4.1. Анализ начальной вершины Start.

Из вершины Start (см. рис.2) можно достичь вершины №2 (расстояние $0 + 40 = 40$) и вершины №5 (расстояние $0 + 1 = 1$). Отметим эти расстояний напротив соответствующих дуг по внутреннему периметру вершин №5 и №2 (см. рис.2).

Поскольку в рассматриваемых вершинах другие расстояния не отмечены, то вершина №5 является выбранной с минимальным расстоянием равным 1.

Это значение записывается в центральный круг вершины №5 и далее оно не подлежит изменению (в этом суть алгоритма Дейкстры).

Шаг 4.2. Анализ вершины №5.

На рис.3. приведен анализируемый фрагмент визуальной модели (см. рис.1).

Из вершины №5 достигаются вершины №7, №10, №1 и №8. По периметру внешнего круга для каждой из вершин указано расстояние до начальной вершины. Оно рассчитывается путем суммирования ранее зафиксированного расстояния от предшествующей вершины (вершина №5, расстояние 1) и весового коэффициента дуги связывающей текущую вершину с предшествующей. Для рассматриваемых вершин (см. рис.3) эти расстояния соответственно равны: для вершины №8 – 141 ($1+140$); для вершины №1 – 107 ($1+106$); для вершины №10 – 100 ($99+1$); для вершины №7 – 350 ($349+1$). Из анализируемого множества определяем минимальное расстояние равное 100 и следовательно, на данном этапе выбранной является вершина №10.

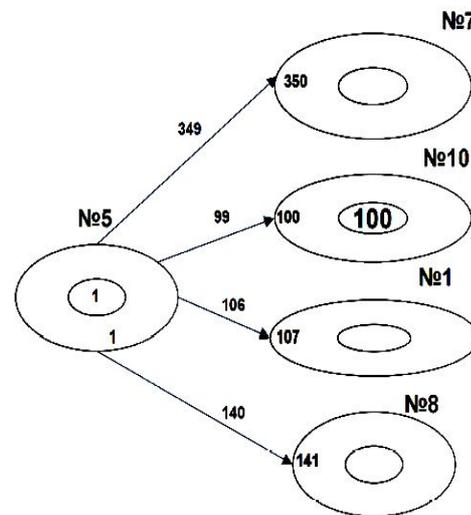


Рис. 3. Анализ связей вершины №5

Шаг 4.3. Анализ вершины №10.

Рассматриваемый фрагмент графа приведен на рис.4. Здесь текущие расстояния от начальной вершины (через вершину №10) до вершин №2, №3 и №4 соответственно равны 193, 328 и 509.

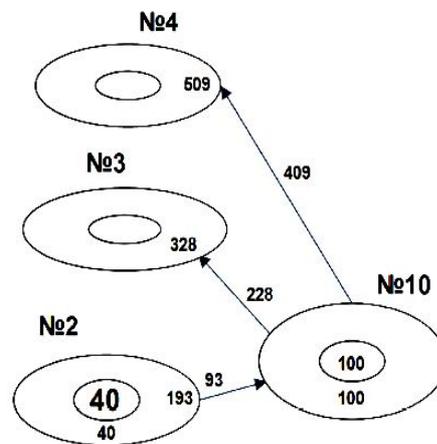


Рис. 4. Анализ связей вершины №10

Однако на периметре вершины №2 указано еще одно значение (40 – результат шага 4.1) и оно меньше текущего значения (193). Поэтому принимаем минимальное расстояние до вершины №2 равным 40.

Далее сравниваем значения 40, 328 и 509 и приходим к выводу, что на данном шаге выбранной является вершина №2.

Шаг 4.4. Анализ вершины №2.

Результат приведен на рис. 5.

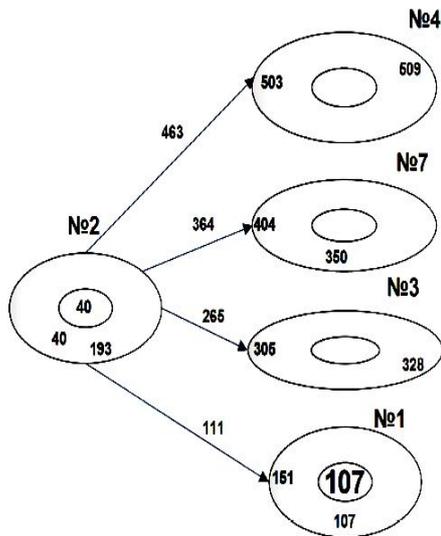


Рис. 5. Анализ связей вершины №2

Из рисунка следует, что минимальное расстояние (151) соответствует вершине №1. Однако эта вершина была посещена ранее (см. шаг 4.2, рис. 3) с отметкой 107. Поскольку $107 < 151$, то вершине №1 приписываем значение 107 и отмечаем ее как выбранную.

Аналогичным образом анализируются связи оставшихся вершин, пока все они не будут выбраны и отмечены.

Для рассматриваемого примера последовательность выбранных вершин следующая: №1, №3, №7, №4, №6, №9.

Следует отметить, что процесс оптимизации осуществляется непосредственно на одном заготовленном заранее шаблоне (см. рис. 2), а приводимые выше фрагменты исходного графа последовательно формируются по мере его заполнения.

На рис. 6 показан пример заключительного этапа (анализ вершины №9) оптимизации связей исходного (рис. 1 или рис. 2) графа.

Согласно [1] последовательность анализируемых вершин определяет наиболее существенные связи исходного графа.

К такому же выводу можно прийти, анализируя соотношения между значениями минимальных расстояний, записанными в центре каждой из вершин.

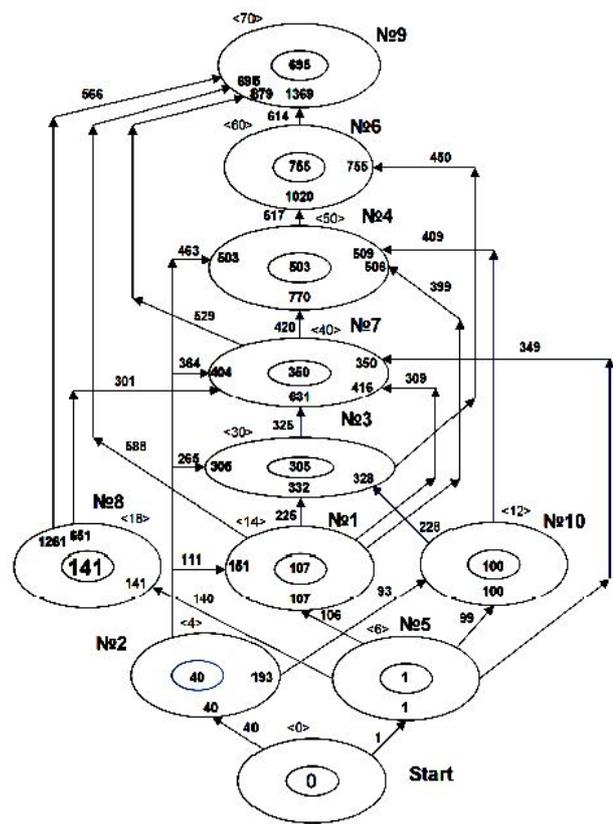


Рис. 6. Результат анализа связей вершины №9 на заключительном этапе оптимизации

На рис. 7. представлен конечный результат примера оптимизации критериев оценки качества типового мультимедийного издания.

Выводы

Рассмотрена задача выбора наиболее существенных связей между критериями оценки качества типового мультимедийного издания.

Предложен и обоснован алгоритм расчета весовых коэффициентов дуг исходного для оптимизации графа, который более полно по сравнению с существующими учитывает количественные характеристики предметной области оптимизации.

Предложена модифицированная по сравнению с [1] методика визуальной оптимизации связей между критериями оценки качества мультимедийных изданий. Методика основана на простых мнемонических процедурах, позволяющих без привлечения относительно громоздкого математического аппарата непосредственно на графе находить наиболее существенные связи между критериями.

Приведен пошаговый пример оптимизации связей критериев качества для новой предметной области (мультимедийные издания).

Рассмотренную методику целесообразно использовать для контроля последовательных шагов оптимизации при разработке соответствующих МА-

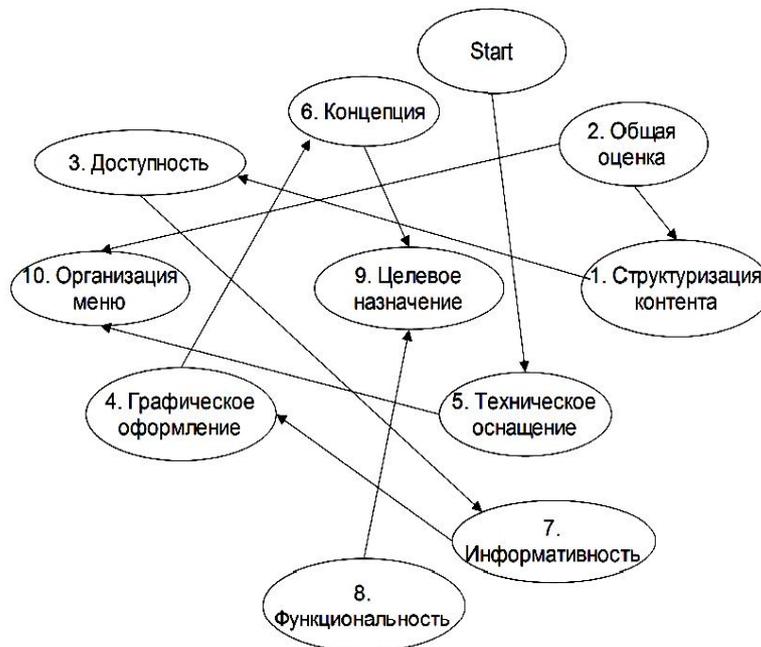


Рис. 7. Результат оптимізації зв'язків між критеріями оцінки якості типового мультимедійного видання

шинних алгоритмов, а також в учебном процесі, де в першу чергу важко візуальне сприйняття вивчаемого матеріалу.

3. Алгоритм Дейкстры [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://algotlist.manual.ru/math/graphs/shortpath/dijkstra.php>.

Список литературы

1. Сеньківський В.М. Автоматизоване проектування книжкових видань: монографія / В.М. Сеньківський, Р.О. Козак. – Львів: Українська академія друкарств, 2008. – 200 с.

2. Климнюк В.Е. Иерархическая модель критериев оценки качества мультимедийных изданий / В.Е. Климнюк, В.В. Браткевич // Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2010. – Вып. 7 (88). Проблемы і перспективи розвитку ІТ-індустрії. – С. 156.

Поступила в редколлегию 30.09.2011

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

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ КРИТЕРІЯМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ВИДАНЬ

В.В. Браткевич

В статті розглядається задача вибору найістотніших зв'язків між критеріями оцінки якості мультимедійних видань. Обґрунтовується алгоритм розрахунку вагових коефіцієнтів дуг початкового для оптимізації графа, що якнайповніше враховує специфіку наочної області. Пропонується модифікована в порівнянні з відомою методика процедури оптимізації, що дозволяє візуально безпосередньо на графі здійснювати пошук оптимальних зв'язків.

Ключові слова: мультимедійне видання, оцінка, ваговий коефіцієнт, якість, оптимізація, зв'язок.

OPTIMIZATION OF COMMUNICATIONS BETWEEN THE CRITERIA OF ESTIMATION OF QUALITY OF MULTIMEDIA EDITIONS

V.V. Bratkevich

The task of choice of the most substantial communications between the criteria of estimation of quality of multimedia editions is considered. The algorithm of computation of gravimetric coefficients of arcs of initial for optimization count is grounded most complete taking into account the specific of subject domain. The modified on comparison with known method of procedure of optimization, allowing by sight directly on a column to carry out the search of optimum communications by simple mnemonic procedures, is offered.

Keywords: multimedia edition, estimation, gravimetric coefficient, quality, optimization, communication