

## ОПТИМИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ РАБОТНИКОВ ОБРАЗОВАНИЯ

Ю. А. Савинков

*Администрация Воронежской области***1. Социальные системы как объект автоматизированного проектирования****1.1. Характеристика социальных объектов с позиций системного подхода**

С позиций системного подхода под системой понимают совокупность элементов, объединенных в организационное поле посредством различного рода связей для выполнения заданных целей. Выделяют материальные и абстрактные системы. Объектами проектирования являются материальные системы. Они разделяются на системы неорганической природы (физические, химические, геологические и др.) и живые (простейшие биологические системы, организмы, популяции, виды, экосистемы). К материальным живым системам (социальным) относятся объекты от простейших социальных объединений до социальных структур общества. Характерной социальной структурой общества является система образования.

Для социальных систем (СС) характерны следующие свойства:

1. *Целенаправленность.* СС создается для достижения некоторой цели. Так как она функционирует в составе включающей ее надсистемы, то целью можно считать устранение противоречий, возникающих в этой подсистеме.

2. *Целостность и членимость.* СС представляют собой целостное образование, состоящее из связанных между собой элементов. Целенаправленность СС обуславливает понимание ее как единого целого, функционирующего в конкретных условиях надсистемы и состоящего из взаимодействующих в интересах достижения цели частей, разнокачественных, но совместимых.

Совокупность устойчивых связей между элементами системы называется ее структурой. Часто структуру понимают более широко, включая в это понятие и совокупность элементов системы, т.е. ее состав.

3. *Иерархичность.* СС может быть представлена не только как элемент надсистемы, находящийся на более высоком уровне иерархии, но и как совокупность элементов, являющихся подсистемами и принадлежащих более низкому уровню иерархии. Подсистемы также могут быть разделены на части. Разделение системы (точнее - ее описания) на части, и последующее их раздельное исследование называется декомпозицией. Продолжая декомпозицию си -

стемы до уровня элементов, дальнейшее членение которых нецелесообразно, получим многоуровневую иерархическую структуру СС. Иерархическая структура облегчает задачу обеспечения совместимости элементов СС за счет ее декомпозиции на задачи совместимости подсистем и совместимости элементов каждой подсистемы.

4. *Многоаспектность.* СС характеризуется различными группами свойств (аспектами), которые необходимо учитывать при проектировании и описании. Аспекты описаний СС тесно связаны между собой, однако при решении конкретной проектной задачи на первый план обычно выступает один из них. Описание СС, выполненное в каком-либо аспекте, называется ее представлением. Основными представлениями системы являются функциональное, морфологическое и процессное. На базе этих представлений могут быть построены более сложные, использующие и конкретизирующие понятия нескольких основных представлений. Каждое представление характеризуется своей структурой. Под структурой СС обычно понимается структура одного из ее представлений. Это приводит к полидекомпозируемости СС (неоднозначности ее декомпозиции на подсистемы) и затрудняет создание СС.

5. *Развитие.* СС являются развивающимися, т.е. изменяющими свои функции, структуру, внутренние процессы. Причины этого - изменения внешней среды, в первую очередь надсистемы.

**Задачи проектирования социальных систем**

Как следует из общесистемных свойств СС, основные задачи проектирования связаны с выбором структурных компонентов начиная от уровня большой системы (инфраструктуры) до уровня отдельных элементов СС и технологий их функционирования. Помимо разнообразия типов элементов СС и связей между ними в процессе принятия проектных решений необходимо учитывать территориальную распределенность объектов, тесную связь с экосистемой и другими системами.

В соответствии с указанными свойствами выделяют следующую последовательность задач проектирования СС:

- 1) проектирование инфраструктуры;
- 2) детализация инфраструктуры с учетом территориальной распределенности и связей с другими системами;
- 3) проектирование структуры элементов системы;

4) проектирование системы базовых технологий функционирования СС;

5) выбор индивидуальных технологий функционирования элементов системы;

6) проектирование системы лицензирования, аттестации и аккредитации элементов СС.

### **Особенности автоматизированного проектирования социальных систем**

Основной особенностью СС как объекта проектирования является существование противоречия, возникающего при описании системы, между необходимостью получения целостного описания, отражающего целостность СС, и ее сложностью, заключающейся в иерархичности, многоаспектности, развитии. Причем в первую очередь в отличие от других сложных систем необходимо учитывать свойство развития.

Из основной особенности следует целый ряд частных:

1. Эволюционный характер проектных решений, базирующихся на развитии и совершенствовании стабильных элементов и связей СС в сочетании с введением новых.

В большинстве случаев в состав СС входят состоявшиеся элементы. Поэтому проектная деятельность связана с постепенным изменением характеристик этих элементов в соответствии с прогрессом всего общества, изменением связей с органами управления, сбалансированным введением новых элементов, территориальным перераспределением.

2. Преимущественное принятие проектных решений на структурном уровне с учетом целостности системы и особенностей ее членности.

Структурный уровень проектирования связан с выбором типов элементов, связей между ними, последовательности использования отдельных элементов при выполнении общих целей. Реализация этого уровня опирается на возможности декомпозиции системы. Если для сложных технических систем возможны различные варианты декомпозиции, то для СС этот процесс более однозначный и определяется нормативной членностью системы и качественными показателями.

3. Высокая степень координации проектных и управленческих решений.

Результатом проектирования СС являются различного рода управленческие решения, эффективность которых зависит от учета на стадии проектирования незапланированных изменений внешних и внутренних систем, возможности прогнозирования устойчивых тенденций и случайных явлений. Одновременно возникает необходимость ориентации на определяющие тенденции в развитии СС с целью компенсации существенного запаздывания между моментами принятия проектно-управленческих решений и получения результата от их принятия.

4. Территориальная распределенность СС. Данная особенность требует привязки проектных решений к местоположению элементов СС, к их географическому положению, природным условиям, демографическим факторам, ресурсным особенностям, экологической ситуации в рамках конкретной территории.

5. Документирование проектных решений в нормативной форме (постановления, приказы, распоряжения, инструкции, стандарты, методические указания и т.д.).

Нормативные документы являются прерогативой органов управления СС, требуют многочисленных согласований. Поэтому автоматизация документирования должна опираться на учет экспертных оценок, наглядность обоснованности предлагаемых для утверждения документов.

### **Общая характеристика математических методов автоматизированного проектирования социальных систем**

Математические методы автоматизированного проектирования СС учитывают следующие особенности.

Во-первых, следует ориентироваться на качественную информацию по отдельным показателям системы и необходимость ее интеграции при принятии проектных решений. В этом случае при решении задач синтеза и анализа имеют преимущество методы и алгоритмы группового экспертного оценивания и формирования интегральных показателей.

Во-вторых, редуцированный характер многовариантного выбора проектных решений в условиях эволюционного введения новых элементов и ограниченных ресурсов позволяет использовать рандомизированные схемы имитационного моделирования на основе оптимизационных моделей эффективности и качества СС.

В-третьих, для проектирования СС с учетом территориальной распределенности необходимо ориентироваться на современные геоинформационные системы.

### **1.2. Метод формирования интегральных показателей социальных систем на основе экспертного оценивания**

#### **Структурное представление целей, задач, ресурсов**

Для интегрального оценивания предлагается использовать подход к измерению степени соответствия социальной системы целевому назначению.

Будем говорить, что цель достигнута, если полученный результат удовлетворяет определенным требованиям. Требования, предъявляемые к результату, могут быть количественные и качественные.

Чтобы достичь цели (получить результат), необходимо выполнить некоторое действие, направленное на преобразование ресурса определенного качества (качество в широком смысле) или совокупности ресурсов, которую будем называть комплексным ресурсом.

Предлагаемый подход основан на структурном представлении системы, которое можно получить на основе целевой (построение дерева целей) и организационно-структурной декомпозиции (система рассматривается в виде составляющих подсистем, обеспечивающих выполнение отдельных целей (функций) системы). Такие структуры могут быть представлены в виде графа ЦЕЛИ - ЗАДАЧИ - РЕСУРСЫ, основным элементом которого является подсистема, преобразующая набор ресурсов в результат, характеризующий степень достижения частной цели. Очевидно, чем выше достижение частных целей, тем больше вероятность, что будут выполнены требования к результату, и тем самым обобщенная цель будет достигнута.

### Трудность достижения цели

Введем оценку, которая называется трудностью достижения цели (или трудностью получения результата) и рассматривается как характеристика качества (некачественности) ресурса, учитывая не только его свойства, но и требования, предъявляемые к нему системой.

Пусть существует способ измерения качества ресурсов и  $\mu_j$  - качество j-го ресурса,  $0 < \mu_j < 1$ . Требования к качеству результата в системе индуцируют требования к качеству ресурсов, использующихся для получения этого результата. Пусть система использует только j-й результат, качество которого не меньше, чем определяемое результатом пороговое значение  $\epsilon_j$ , т.е.  $\mu_j \geq \epsilon_j$ .  $\epsilon_j$  будем называть требованием к j-му ресурсу,  $0 \leq \epsilon_j \leq 1$ .

В качестве меры несоответствия между качеством j-го ресурса и требованием, которое предъявляет к нему система, вводится  $d_j$  - трудность получения результата при условии, что качество j-го ресурса равно  $\mu_j$ , а требование к нему -  $\epsilon_j$  и  $\mu_j > \epsilon_j$  (в дальнейшем эту величину будем называть частной трудностью):

$$d_j = \frac{\epsilon_j \cdot (1 - \mu_j)}{\mu_j \cdot (1 - \epsilon_j)}$$

Надо заметить, что если рассматривается процесс функционирования взаимосвязанных систем, каждая из которых обладает своим выбором ресурсов и стремится к получению своего результата, то различают ситуации:

1) требование к качеству j-го ресурса едино для всех систем и определяется величиной  $\epsilon_j$ , в то время

как качество j-го ресурса для каждой i-й системы есть величина  $\mu_{ij}$ ;

2) качество j-го ресурса едино для всех систем и определяется величиной  $\mu_j$ , но требования к этому качеству различны для каждой системы (каждого результата) и определяются величинами  $\epsilon_{ij}$ ;

3) для каждой i-й системы качество j-го ресурса есть величина  $\mu_{ij}$ , а требование, которое предъявляет к нему система, -  $\epsilon_{ij}$ .

Учитывая эти ситуации, трудность получения i-го результата при условии, что качество j-го ресурса равно  $\mu_{ij}$  ( $\mu_{ij}$ ), а требование к нему есть  $\epsilon_{ij}$  ( $\epsilon_{ij}$ ) и  $\mu_{ij} \geq \epsilon_{ij}$  ( $\mu_{ij} \geq \epsilon_{ij}$ ), будем обозначать через  $d_{ij}$ .

Очевидно, трудность получения результата  $d_{ij} \in [0, 1]$  и должна обладать следующими свойствами (индексы опущены):

быть максимальной при предельно низком допустимом значении качества, поэтому при  $\mu = \epsilon$ ,  $d = 1$ ;

быть минимальной при предельно высоком значении качества независимо от требования, поэтому при  $\mu = 1$  и  $\mu \geq \epsilon$   $d = 0$ ;

быть минимальной, если к ресурсу не предъявляется никаких требований, поэтому при  $\mu = 1$  и  $\mu \geq \epsilon$   $d = 0$ .

Чтобы доопределить  $d$ , положим при  $\mu = 1$   $d = 1$ ; при  $\mu = \epsilon = 0$   $d = 0$ .

### Определение интегральной оценки

Если получены оценки  $d$  для всех ресурсов, используемых системой для достижения определенного результата, то возникает задача определения интегральной оценки всего набора ресурсов или, что то же самое, оценки комплексного ресурса. Эту оценку можно трактовать как оценку совместного действия нескольких ресурсов, объединенных в один комплексный ресурс, но это не есть оценка результата, полученная путем переработки этих ресурсов.

Трудность получения результата при условии, что качество комплексного ресурса характеризуется частными трудностями  $d$ , определяется по формуле

$$D = 1 - \prod_j (1 - d_j). \quad (1)$$

При построении интегральной оценки комплексного ресурса возникают такие понятия, как интегральная оценка качества комплексного ресурса и интегральная оценка требований к комплексному ресурсу. Для  $D$  интегральная оценка требований определяется по формуле

$$E = 1 - \prod_j (1 - \epsilon_j). \quad (2)$$

и зависит лишь от требований к качеству каждого компонента комплексного ресурса, а интегральная оценка качества комплексного ресурса определяется по формуле

$$M = \frac{1 - \prod_j (1 - \varepsilon_j)}{1 - \prod_j (1 - \frac{\varepsilon_j}{\mu_j})} \quad (3)$$

и зависит не только от оценок качества отдельных ресурсов, но и от требований, предъявляемых системой к этим ресурсам.

## 2. Организация имитационного эксперимента на основе оптимизационных моделей социальных систем

### 2.1. Структура оптимизационных моделей

Основные задачи автоматизированного проектирования СС относятся к задаче оптимального структурного синтеза. Эффективность использования выбранных структурных компонентов целесообразно оценивать в ходе имитационного моделирования на основе многоальтернативных оптимизационных моделей:

$$\begin{aligned} \Psi_{i_1}(x_{mn}, x_m) &\rightarrow \text{extr}, \quad i_1 \in I_1, \\ \Psi_{i_2}(x_{mn}, x_m) &\leq b_{i_2}, \quad i_2 \in I_2, \quad I_1 \cup I_2 = I, \\ \sum_{n=1}^{N_m} x_{mn} &= 1, \quad m = \overline{1, M'}, \\ x_{mn} &= \begin{cases} 1, & m = \overline{1, M'}, \quad n = \overline{1, N_m}, \\ 0, & \end{cases} \\ x_m &= \begin{cases} 1, & m = \overline{1, M''}, \\ 0, & \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

где  $I_1$  - множество индексов показателей системы, требования к которым формализуются в виде критериев;

$I_2$  - множество индексов показателей системы, требования к которым формализуются в виде ограничений;

$$x_{mn} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} - \text{альтернативная переменная, характеризующая выбор определенной реализации } m\text{-го компонента образовательной системы};$$

риазующая выбор определенной реализации  $m$ -го компонента образовательной системы;

$$x_m = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} - \text{альтернативная переменная, характеризующая выбор типа связей между } m\text{-м и } n\text{-м компонентами образовательной системы};$$

риазующая выбор типа связей между  $m$ -м и  $n$ -м компонентами образовательной системы;

$\Psi_{i_1}(\bullet)$  - математическое описание показателя, к которому предъявляются экстремальные требования, позволяющие вычислить его величину при

заданных значениях альтернативных предельных  $x_{mn}, x_m$ :

$\Psi_{i_2}(\bullet)$  - математическое описание показателя, к которому предъявляются граничные требования;  $b_{i_2}$  - величины ресурсных ограничений.

### 2.2. Основные режимы имитационного эксперимента

В результате имитационного эксперимента удается оценить выбранный вариант проектирования управления на множестве альтернатив по предпочтениям эксперта. Оценка варианта осуществляется по величине значений критериев, их близости к желаемым значениям, установленным экспертом. Если по окончании имитационного эксперимента полученные результаты не удовлетворяют эксперта, то выдвигается следующий вариант. Процедура выбора продолжается до тех пор, пока не будет получен квазиоптимальный вариант, который после оценки на имитационной модели принимается к реализации.

Для повышения эффективности выбора используется диалоговый режим, позволяющий оценивать промежуточные результаты имитационного эксперимента и проводить их корректировку по информации от эксперта. Диалоговый режим дает возможность сочетания быстрого действия вычислительных и логических операций с априорной информацией от эксперта. Причем диалог протекает в ускоренном масштабе времени по сравнению с реальным процессом, за счет чего сокращается время обращения к вычислительной технике по сравнению с автоматическим поиском на основе алгоритмов управления, спроектированных также с участием эксперта, без введения промежуточных мнений эксперта. Диалоговый режим позволяет эксперту быстро проверить гипотезу, оценить ее для следующего имитационного эксперимента в многошаговом процессе оптимизации. Выбор квазиоптимального варианта имитационными методами представляет собой итеративный многоуровневый процесс.

На первом уровне предусматривается автоматический поиск оптимальной траектории выходных переменных по спроектированному алгоритму с участием эксперта. Полученные данные анализируются экспертом, сравниваются с желаемыми значениями показателей или с целью поиска тактики ведения процесса. Если эксперт не удовлетворен результатом имитационного эксперимента, то производятся изменение начальных условий и корректировка параметров алгоритма управления.

На втором уровне в режиме диалога разрабатывается тактика ведения процесса на весь период управления. В программе диалога должна предусматриваться возможность изменения входных данных в соответствии с новой целью управления и текущей информацией, полученной на предыду-

щих шагах имитационного эксперимента, оканчивать работу программы в любое время и возвращаться к любому предыдущему шагу.

На третьем уровне имитационного эксперимента осуществляется пошаговый диалог в процессе управления объектом. Эксперт, получив результаты текущей информации об объекте на очередном шаге управления, анализирует их и сравнивает с прогнозируемыми, принимает решение о применяемом критерии на очередной шаг управления. Если на первых двух уровнях имитационного эксперимента процедура выбора оптимального варианта ведения процесса осуществляется до начала управления, то на третьем уровне имитационный эксперимент протекает в диалоговом режиме, чередуясь с практической реализацией полученных результатов непосредственно в учебном процессе.

### 2.3. Автоматизация имитационного эксперимента

Один из возможных способов автоматизации перебора заключается в замене варьируемых переменных случайными величинами (проведение рандомизации). Рандомизация позволяет генерировать на ЭВМ комбинации уровней в соответствии с законами распределения этих величин. Пусть в эксперименте варьируется  $M$  булевых переменных

$$x_m = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}; \quad (m = \overline{1, M}). \quad (5)$$

Заменяем  $x_m$  на случайные булевы переменные, имеющие следующее распределение:

$$p(\tilde{x}_m = 1) = p_m, \quad p(\tilde{x}_m = 0) = q_m, \quad p_m + q_m = 1, \quad (m = \overline{1, M}). \quad (6)$$

Далее генерируем последовательность псевдослучайных чисел равномерно распределенных на интервале  $(0, 1)$ . Комбинация уровней варьируемых переменных формируется путем решения системы неравенств

$$\tilde{x}_m = \begin{cases} 1, & \text{если } \xi < p_m \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (7)$$

Рандомизированный машинный эксперимент можно интерпретировать как случайное блуждание, отвечающее некоторой марковской цепи. Состояниями этой цепи являются всевозможные наборы булевых переменных тем из них, при которых достигается решение экстремальных задач, отвечают поглощающие состояния. Известно, что вероятность попадания из любого начального состояния конечной неприводимой марковской цепи в поглощающее состояние за некоторое число шагов равна единице. Это говорит о теоретической сходимости рандомизированного перебора.

Повышение скорости сходимости возможно за счет управления перебором с помощью объективных (по величине приращений целевой функции) и субъективных (по информации эксперта) локальных прогностических оценок направления движения к экстремуму. С этой целью перестраиваются законы распределения (6), на основе которых моделируются реализации случайных булевых величин.

Перебор уровней случайных булевых величин осуществляется в соответствии с итеративной процедурой:

$$\tilde{x}_m^{k+1} = \varphi_m^{k+1}(\tilde{x}_m^k, \tilde{\gamma}_m^{k+1}), \quad (m = \overline{1, M}), \quad (8)$$

где  $\tilde{x}_m^k$  - случайная булева величина, полученная на предыдущей итерации;

$\tilde{\gamma}_m^{k+1}$  - случайная булева величина, играющая роль шага движения;

$\varphi_m^{k+1}$  - случайная булева функция, определенная с точностью до параметров.

С помощью процедур (6 - 8) удается в имитационном эксперименте исследовать перспективные варианты и выбрать для окончательной оценки экспертом при интегральном оценивании пять-семь доминирующих по основным показателям вариантов.

С помощью процедур (6 - 8) удается в имитационном эксперименте исследовать перспективные варианты и выбрать для окончательной оценки экспертом при интегральном оценивании пять-семь доминирующих по основным показателям вариантов.

### 3. Организация процесса автоматизированного проектирования региональной системы повышения квалификации работников образования

#### 3.1. Структурная схема автоматизированного проектирования

Проектирование и управление региональной системой повышения квалификации педагогов представляется как нисходящий процесс, который начинается с формирования рациональной инфраструктуры образовательной системы и завершается формированием нормативных документов и управленческих решений. Структурная схема такого нисходящего процесса приведена на рис. 1.

Возможность его реализации базируется на информационном обеспечении, включающем:

- нормативные документы системы образования;

- лицензионные и аттестационные сведения об учреждениях среднего, высшего и дополнительного профессионального образования;

- ежегодные отчетные данные по направлениям деятельности ВОИПКРО, муниципальных методических служб;

- учебные планы курсов повышения квалификации;

- характеристику кадрового состава;

- перечень учебно-методического обеспечения образовательного процесса.

### 3.2. Классификация задач принятия решений при проектировании

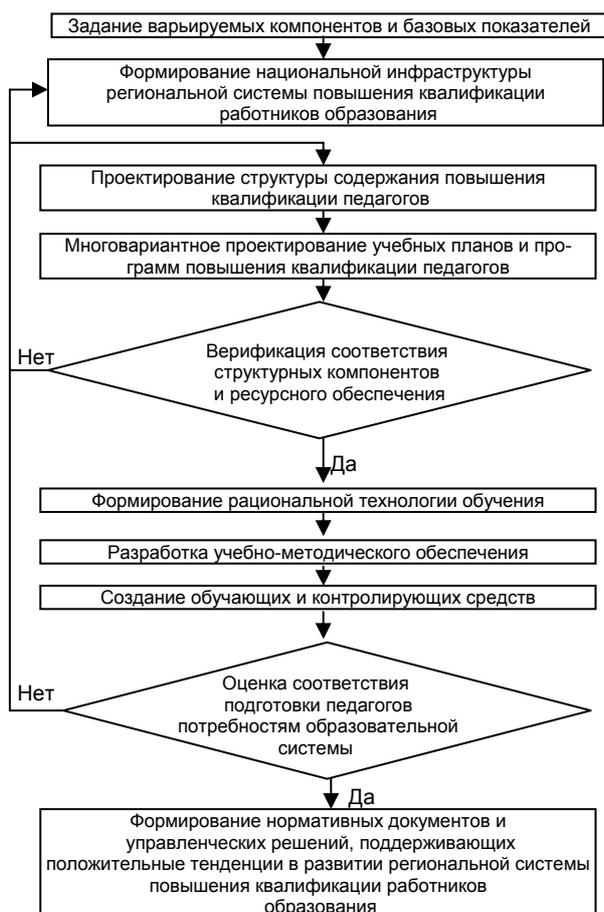


Рис. 1. Структурная схема автоматизированного проектирования и управления региональной системой повышения квалификации работников образования

Перечисленное информационное обеспечение позволяет автоматизировать процесс проектирования региональной образовательной системы. Полученные проектные решения служат основой для управления. Поэтому формирование проектных и управленческих решений для рассматриваемой социальной системы представляет собой взаимосвязанный процесс и осуществляется в рамках многоэтапного цикла принятия решений.

При этом нижние уровни проектирования и управления (рис. 1) в большей мере оснащены компьютерными технологиями и автоматизированы. Поэтому основное внимание уделено верхним уровням:

- формированию рациональной инфраструктуры региональной системы повышения квалификации работников образования;
- проектированию структуры содержания повышения квалификации педагогов.

Алгоритмическое обеспечение уровней проектирования направлено на реализацию процедур синтеза, анализа, принятия решений. Образовательная система относится к классу больших систем. Поэтому формализованные количественные оценки возможны только для ряда локальных задач. Основу алгоритмов синтеза вариантов и принятия решений составляют методы экспертного оценивания. Если синтез вариантов таких систем может осуществляться на основе профессионально-логических заключений группы экспертов с ориентацией на ресурсные возможности, то задача принятия решений наряду с получением информации от эксперта требует математической формализации высказываний эксперта. С этой целью задача принятия решений (ЗПР) представима следующим короткем:

$$M = \langle S, K, X, F, P, r, t \rangle, \quad (9)$$

где  $S$  - множество вариантов решения (альтернатив, объектов, решений), которые удовлетворяют определенным ограничениям и рассматриваются как возможные способы достижения цели;

$K$  - множество критериев, по которым оцениваются варианты (другими терминами, используемыми для обозначения критериев, являются критерии эффективности, показатели, целевые функции и т. п.);

$X$  - множество шкал критериев. Каждая шкала представляет собой множество оценок с отношением порядка. Множество  $X$  может содержать шкалы различных типов, их прямое произведение  $X_1 X_2 \dots X_n$  образует множество векторных оценок;

$F$  - множество отображений вида  $f: S \Rightarrow R$ , заданных для каждого критерия,  $F$  задает отображение множества допустимых вариантов в множество векторных оценок;

$P$  - система предпочтений эксперта, которая выражается совокупностью некоторых множеств с отношением предпочтения и является некоторой эмпирической системой с отношениями. Структурированное представление системы предпочтений эксперта в виде системы с отношениями называется структурой предпочтений эксперта. Структура предпочтений определяет процедуру сравнения векторных оценок;

$r$  - решающее правило, которое определяет принцип выбора вариантов из множества  $S$ . Построение решающего правила является наиболее сложным этапом при разработке моделей, оно придает конкретный смысл понятию «предпочтение»;

$t$  - тип ЗПР, который определяет требуемую степень упорядоченности сравниваемых вариантов.

В случае большого числа показателей, характеризующих региональную систему повышения квалификации педагогов, в условиях ограниченных ресурсов приемлемыми являются методы интегрального

экспертного оценивания соответствия проектных и управленческих решений целям и ресурсам.

Для решения задач анализа используются модели и алгоритмы, позволяющие получать количественные оценки. Поэтому в алгоритмическое обеспечение структурной схемы (см. рис. 1) следует обязательно включать процедуры вычисления информационных оценок принятых решений и информационного объема компонентов содержания повышения квалификации.

Окончательное формирование алгоритмического обеспечения для проектирования и управления региональной системой повышения квалификации педагогов требует интеграции всех перечисленных процедур.

### 3.3. Информационный анализ содержания обучения при проектировании образовательных систем

Для сравнения вариантов учебных планов курсов повышения квалификации педагогов необходимо иметь количественные характеристики объема учебного материала и трудоемкости. В качестве такой количественной характеристики эффективно использовать информационный объем заданий в ходе курсовой подготовки.

При этом задания рассматриваются как совокупность определенным образом связанных между собой элементов или этапов решения, выполнение которых обеспечивает выполнение задания в целом. Геометрическая интерпретация процесса решения представляет собой семантический граф или, иначе, дерево решения, отражающее этапы выполнения задания и их соподчиненность. Вершинами такого графа являются учебно-информационные элементы задания, а ребра показывают наличие связи между ними.

Учитывая, что алгоритмы - это конечная последовательность предписаний, однозначно определяющая процесс переработки исходной и промежуточной информации в результат решения задачи, в качестве первичных элементов при построении семантических графов моделей алгоритмов принимают исходные и промежуточные данные.

В качестве отношений, в которые могут вступать базовые элементы, выступают арифметические и логические операции, отношения равенства и неравенства (сравнения), табличные функции. Построим дерево решения для операции сравнения.

Любую операцию сравнения можно записать в двух видах, например:  $P > D$  и  $P - D > 0$ . Обе эти записи выражают одно и то же понятие «Р больше D» и представляют собой одну и ту же семантическую единицу. Однако если вторая подробно раскрывает понятие «сравнение двух величин» через анализ знака их разности, то в их первой записи та же самая информация дана в сокращенном виде.

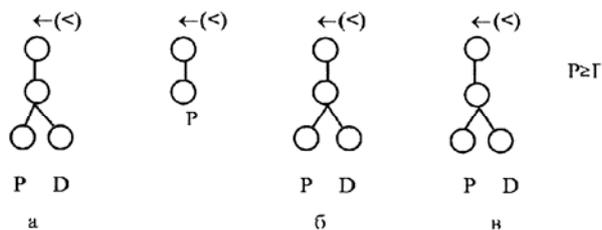


Рис. 2. Семантические графы ТО «Сравнение»

Учитывая это, дерево операции сравнения «Р - отношение - D» имеет вид как на рис. 2, а, где стрелкой отмечено ребро, соответствующее собственно отношению, в которое вступают элементы Р и D. Операция «Р - отношение - D» представляется деревом, приведенным на рис. 2, б.

Если операция сравнения записана как нестрогое неравенство, ее семантический граф представляет собой лес, состоящий из двух одинаковых деревьев, соответствующих проверке двух условий для одних и тех же семантических единиц (рис. 2, в).

Построив дерево ТО «Сравнение», мы получаем полное множество моделей операций, используемых в любом алгоритме.

При построении информационно-графовых моделей (ИГМ) сложных заданий помимо операций выделяют структуру более высокого уровня - информационный блок. Он представляет собой законченный по смыслу многократно используемый фрагмент решения задач определенной предметной области и включает несколько типовых операций. При анализе рассматриваемой формы заданий в качестве информационных блоков выступают типовые алгоритмические структуры (ТС) «Следование», «Развилка», «Повторение». Используя их, можно составить любой алгоритм. Построив семантические графы указанных типовых структур ИГМ алгоритма, в целом получаем их определенную комбинацию.

Информационно-графовая модель задания является основой для определения его информационного объема. Объем информации представляется в виде дерева. Рассчитывается в элементарных семантических единицах по модели следующим образом:

$$v_{j_i} = e^{\frac{k_{(i+1)j_i}}{k_{(i+1)j_i} + 1}} \sum_{j_{(i+1)}=P_{(i+1)(j-1)+1}^{P_{(i+1)j}} v_{j_{(i+1)}}, \quad (10)$$

где  $i$  - номер уровня иерархии ( $i = \overline{0, n}$ ), начиная с верхнего;

$J_i$  - номер уровня, расположенного на  $i$ -м уровне иерархии ( $J_i = \overline{1, m_i}$ );

$k_{(i+1)j_i}$  - число элементов  $(i+1)$ -го уровня, находящихся в отношении непосредственного подчинения с  $j$ -м элементом  $i$ -го уровня;

$V_{j_i}$  - объем  $j_i$ -го узла дерева представления информации;

$V_{j_{(i+1)}}$  - объем информации  $j$ -го элемента  $(i+1)$ -го уровня иерархии, непосредственно подчиненного  $j$ -му элементу  $i$ -го уровня иерархии;

$p_i$  - число элементов  $i$ -го уровня, непосредственно подчиненных элементам  $(i-1)$ -го уровня с номером от  $i$  до  $j$ ;

$$p_{i1} = k_{i1-1}; p_{i2} = k_{i1-1} + k_{i2-1}; \dots$$

По формуле (2) рассчитываются объемы информации для всех узлов, кроме узла нулевого уровня, для которого

$$v_0 = e^{\frac{m_1}{m_1+1}} \sum_{j_1=1}^{m_1} v_{j_1}, \tag{11}$$

где  $m_1$  - число элементов 1-го уровня, связанных отношением непосредственного подчинения с узлом нулевого уровня.

Применяя последовательно рекуррентное соотношение (6.3) через объемы информации конечных элементов графа, расположенных на  $n$ -м уровне, вычисляют последовательно объемы элементов; на  $n-1, n-2, \dots, i$ -м уровнях, а затем по формуле (6.3) определяют объем информации графа в целом, в элементарных семантических единицах, если объем конечных элементов выражен в ЭСЕДах.

Объем информации графа, состоящего из  $N$  деревьев и нуля-графа с  $S_0$ -вершинами, определяется по формуле

$$v_0 = e^{\frac{m_1}{m_1+1}} \sum_{j_1=1}^{m_1} v_{j_1}, \tag{12}$$

где  $v_j$  - объем информации  $j$ -й вершины нуля-графа ( $j = 1, S_0$ );

$v_i$  - объем части информации, описываемой  $i$ -м деревом ( $i = 1, N$ ).

В табл. 1 приведены типовые алгоритмические структуры, их условное обозначение, структуры деревьев решений и формулы для вычисления объемов информации выделенных ТС.

Построение информационно-графовой модели (ИГМ) алгоритма осуществляется в два этапа. Сначала на основании схемы алгоритма строится функциональный семантический граф, вершинами

которого являются входящие в алгоритм типовые структуры, а ребра соответствуют функциональным связям между ними. На функциональном графе ТС «Повторение» и «Развилка» обозначаются условно, что значительно упрощает граф, делает его нагляднее и не искажает при этом истинного содержания рассматриваемого алгоритма, так как такое изображение отражает все существенные с точки зрения построения ИГМ компоненты соответствующих типовых структур. Функциональный граф дает возможность проанализировать связи всех функциональных узлов алгоритма и выделить те из них, которые не несут информационной нагрузки и не включаются в информационно-графовую модель как самостоятельные семантические единицы.

На втором этапе выделенные с помощью функционального графа элементы типовых структур раскрываются через деревья соответствующих типовых операций, и строится, таким образом, информационно-графовая модель алгоритма.

Таблица 1

Типовые алгоритмические структуры

Типовые структуры	Условные обозначения	Структура дерева решения (ИГМ)	Формула для определения
Следование			$V = (V_A + V_B) e^{\frac{2}{m_1+1}}$
Развилка			$V = e^{\frac{2}{m_1+1}} [e^{\frac{2}{m_1+1}} (V_P + V_S) + e^{\frac{2}{m_1+1}} (V_D + e^{\frac{2}{m_1+1}} V_P)] = e^{\frac{2}{m_1+1}} (V_S + V_D) + e^{\frac{2}{m_1+1}} (1 + e^{\frac{2}{m_1+1}}) V_P = 3,794 (V_S + V_D) + 6,442 V_P$
Если - то - иначе			$V = e^{\frac{2}{m_1+1}} [e^{\frac{2}{m_1+1}} (V_P + V_S) + e^{\frac{2}{m_1+1}} V_P] = e^{\frac{2}{m_1+1}} V_S + (e^{\frac{2}{m_1+1}} + e^{\frac{2}{m_1+1}}) V_P = 3,794 V_S + 6,095 V_P$
Повторение ЦИКЛ --- ПОКА			$V = e^{\frac{2}{m_1+1}} [e^{\frac{2}{m_1+1}} (V_P + V_S + V_D) + e^{\frac{2}{m_1+1}} V_P] = e^{\frac{2}{m_1+1}} (V_S + V_D) + e^{\frac{2}{m_1+1}} V_P = 4,123 (V_S + V_D) + 6,798 V_P$

#### 4. Формирование рациональной инфраструктуры региональной системы повышения квалификации работников образования

##### 4.1. Основные компоненты инфраструктуры

Основными компонентами инфраструктуры региональной системы повышения квалификации работников образования, обеспечивающими ее адаптивные свойства, являются:

- школьные, межшкольные и районные методические объединения педагогов;
- районные методические кабинеты;
- организационно-методические центры;
- информационно-методические центры;
- научно-информационно-методические центры;
- региональный институт повышения квалификации педагогов;
- педагогический университет;
- классический университет.

Возможность перехода к перечисленным формам подготовки привела к активизации целого ряда муниципальных и региональных методических служб учреждений и созданию определенной инфраструктуры, сбалансированной с выделяемыми для этих целей ресурсами. Последующие управленческие решения по изменению инфраструктуры должны быть более обоснованны и направлены на дальнейшее повышение качества курсовой подготовки.

##### 4.2. Формирование исходной информации для автоматизированного проектирования

Для автоматизации проектирования инфраструктуры целесообразно использовать компьютерные технологии принятия решения при отработке каждого нового варианта структурных изменений. Компьютерные технологии позволяют привлечь для этих целей группу экспертов: руководителей органов управления образованием в регионе, руководителей ведущих образовательных учреждений, представителей производственных, экономических структур, системы высшего образования.

Для принятия согласованного решения группой экспертов предлагается алгоритм компьютерного совещания. Основой этого алгоритма является возможность оценки каждого варианта инфраструктуры по комплексу показателей. В качестве показателей предлагаются следующие: ресурсное обеспечение, дифференциация образования, ориентация на особенности муниципального образования, удовлетворение потребностей рынка труда, удовлетворение потребностей общеобразовательной школы, высшего и среднего специального образования, состояние кадрового и учебно-методического обеспечения образовательного процесса.

Выбор лучшего варианта по комплексу перечисленных показателей неоднозначен: каждый вариант имеет некоторые преимущества и недостатки (хотя к моменту принятия управленческих решений нет полной ясности, каковы эти преимущества и недостатки). Многоэтапная процедура компьютерного совещания позволяет на основе экспертной информации выбрать рациональный вариант.

На первом этапе каждому участнику совещания предлагается сформулировать одно или несколько решений, претендующих на то, чтобы быть принятыми в качестве общего решения (общее количество таких решений не должно быть более 9). К такого рода предложениям относятся следующие: увеличить или уменьшить долю участия в повышении квалификации педагогов школьных и муниципальных служб; стабилизировать или расширить охват педагогов курсовой подготовкой в ИПК. Предложенные решения вводятся в систему автоматизированного выбора. При этом решения могут быть заведомо ошибочными, неразумными, невыполнимыми - формально это не играет роли. В случае возникновения у экспертов желания что-то исправить или дополнить список система предоставляет такую возможность.

##### 4.3. Процедура экспертного оценивания

Требование к качеству результата, полученного путем экспертного оценивания в системе, индуцирует требования к качеству ресурсов, используемых для получения этого результата. Для интегрального оценивания используются модели, изложенные в п. 1.2.

С целью получения оценок  $d_j$  ( $j=1, J$ ) и  $D$  в сценарии компьютерного совещания предусмотрены диалоговые процедуры. Каждое решение предлагается оценить экспертам как более или менее отвечающее требованиям  $j$ -го показателя (ресурса).

На экране дисплея появляется некоторая тройка перечисленных решений, и первому участнику совещания задается вопрос: «Не могли бы вы придумать такую характеристику для показанных решений, по которому одно из них выделяется?». В случае отрицательного ответа немедленно появляется другая тройка, третья и т. д. Отрицательный ответ во всех случаях означает, что первый участник не в состоянии различить предложенные решения и его участие в совещании не является необходимым. В случае положительного ответа появляется следующий вопрос: «Какое решение вы выделили бы?» и, наконец, «Как бы вы его характеризовали?» Затем участнику предлагается охарактеризовать два остальных решения.

Данный этап сопровождается появлением на экране шкалы оценки рассматриваемых решений по  $j$ -му показателю. По этим значениям (от 1 до 9) определяется средний балл, т.е.  $\mu$ , каждого решения. Заключительный вопрос: «В каком месте

рассматриваемой шкалы следует расположить оценку «идеального» решения?» (может быть и недостижимого) - позволяет определить требование к  $j$ -му показателю  $\varepsilon_j$ .

Предположим, что после нескольких повторений перечисленных этапов со всеми участниками совещания (каждый может вводить несколько характеристик) предложений по вводу характеристик не последовало. В этом случае на экране появляются два фиктивных решения: А и В. А имеет высокую оценку по первой шкале и низкую по второй, В - наоборот. Участникам предлагается голосованием сделать выбор из этих двух вариантов. Пусть это будет А, тогда вопрос повторится, причем у решения А немного ухудшится «хорошая» оценка. Снова голосование, и пусть снова выбран вариант А. Так происходит до тех пор, пока ухудшение варианта А станет столь значительным, что совещание выберет вариант В. После этого аналогичный выбор голосованием проводится для второй и третьей характеристик, третьей и четвертой и т. д. По завершении такого анализа на экране появится результат работы совещания - решения будут упорядочены по целесообразности принятия.

После диалога появляется возможность по интегральной оценке D проранжировать (упорядочить) решения. Для повышения надежности автоматизированного выбора в системе имеется возможность оценить устойчивость полученного упорядочения решений в зависимости от того, какое внимание будет уделено тем или иным показателям. Этот этап носит информационный характер. Достаточно указать интересующий участников показатель - и определяются различные распределения мест, соответствующие разным уровням значимости отмеченного показателя. При этом коэффициент значимости меняется от 0 (полное игнорирование данного показателя) до 1 (ориентация только на этот показатель) через 0,1.

Структурная схема алгоритма принятия решений приведена на рис. 3.

## 5. Алгоритмические схемы проектирования тестовой оценки соответствия подготовки работников образования

### 5.1. Базовые процедуры автоматизации профессионального тестирования

Автоматизация профессионального тестирования является одним из этапов процесса рационализации региональной системы повышения квалификации педагогов и складывается из следующих процедур:

- автоматизации формирования профессиональных тестов;
- автоматизации проведения профессионального экзамена;
- автоматизации оценки результатов тестирования.

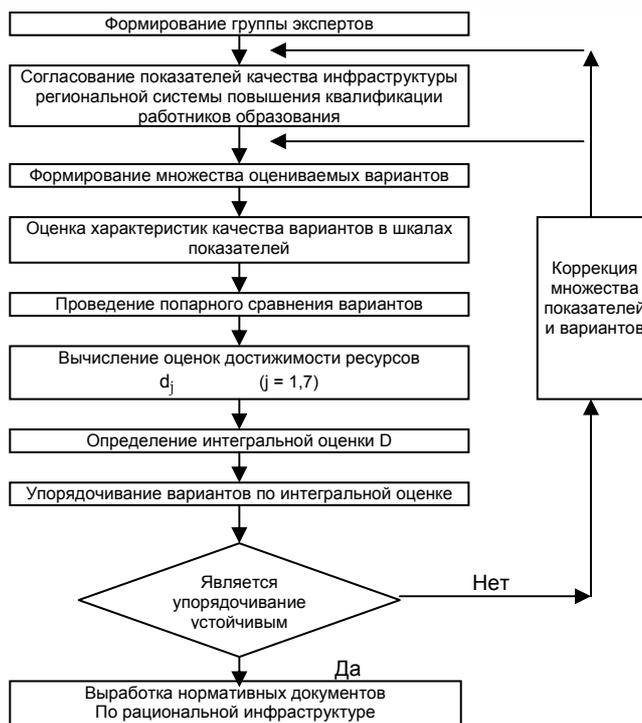


Рис. 3. Структурная схема алгоритма принятия решений при формировании рациональной инфраструктуры системы повышения квалификации работников образования

Именно первая процедура относится к проектной деятельности в области образования. Рассмотрим ряд алгоритмических схем, позволяющих использовать компьютерные технологии для создания профессиональных тестов разного уровня. Исходной информацией для их реализации являются:

- инвариантные задачи деятельности работников образования;
- задачи деятельности, связанные с региональным компонентом образования;
- базовые элементы знаний, ориентированные на специфику работы СМШ.

### 5.2. Информационное обеспечение

Система автоматизированного формирования построена путем интеграции информационного обеспечения и управляющих программ. Информационное обеспечение структурировано в виде следующей совокупности файлов:

- инвариантная часть формулировок профессиональных заданий (ИФЗ);
- объекты деятельности (ОД);
- ситуации ©;
- условия (У);
- элементы укрупненного алгоритма деятельности педагога в форме заданий (ЭДЗ);
- элементы укрупненного алгоритма деятельности педагога в форме ответов (ЭДО);

элементы специальной подготовки педагогов в форме заданий и ответов;

элементы базовой подготовки педагогов в форме заданий и ответов.

Инвариантная часть формулировок имеет ряд разновидностей:

выберите (обоснуйте, постройте, спроектируйте, предложите, разработайте) следующие элементы ОД;

выберите (обоснуйте) наиболее эффективный для данного ОД элемент укрупненного алгоритма деятельности из заданных нескольких вариантов.

Элементы укрупненного алгоритма деятельности педагога базовой и специальной подготовки представляются в трех формах по уровням сформированности:

на репродуктивном (Р) уровне;

на эвристическом (Э) уровне;

на творческом (Т) уровне.

### 5.3. Алгоритмические схемы проектных процедур

Управляющая программа поддерживает сценарии диалога с разработчиком профессиональных тестов и обеспечивает автоматическую сборку по определенным схемам элементов информационного обеспечения, расчеты, оценки, документирование. Сценарии диалога и соответствующие им алгоритмические схемы ориентированы на две формы профессионального тестирования: систему квалификационных заданий (КЗ) и систему профессиональных тестов (ПТ). Отличие между этими формами определяется рядом характеристик.

Для квалификационных заданий характерны:

единая цель инвариантной формулировки задания и локальных вопросов;

режим разделения времени между выдачей задания, его выполнением и оценкой;

коллективное принятие решения экспертами по оценке выполненного КЗ.

Для профессиональных тестов характерны:

разнородность элементов, составляющих профессиональный тест;

режим реального времени задания, его выполнения и оценки;

автоматическое принятие решения.

В соответствии с приведенными характеристиками реализованы алгоритмические схемы сборки элементов информационного обеспечения при автоматизированном формировании КЗ и ПТ.

При формировании КЗ, исходя из инвариантной формулировки задания, разработчик применительно к определенному им ОД и ситуации (условию) подбирает локальные вопросы из блока ЭДЗ, учитывая некоторое соотношение вопросов КЗ по уровням сформированности: репродуктивный - 50 %, эвристический - 25 %, творческий - 25 %. Эта часть

КЗ выдается тестируемому (документ тестируемого ДТ). Автоматически формируется из блока ЭДО эталонный ответ, который предъявляется разработчику для оценки информационного объема (ОИО) каждого элемента в зависимости от его структуры и ориентации на определенный уровень сформированности по специальному сценарию. В результате составляется документ для последующей балльной оценки (до 100 баллов) ответа выпускника (документ комиссии - ДК). Алгоритмическая схема сборки и документирования показана на рис. 4.

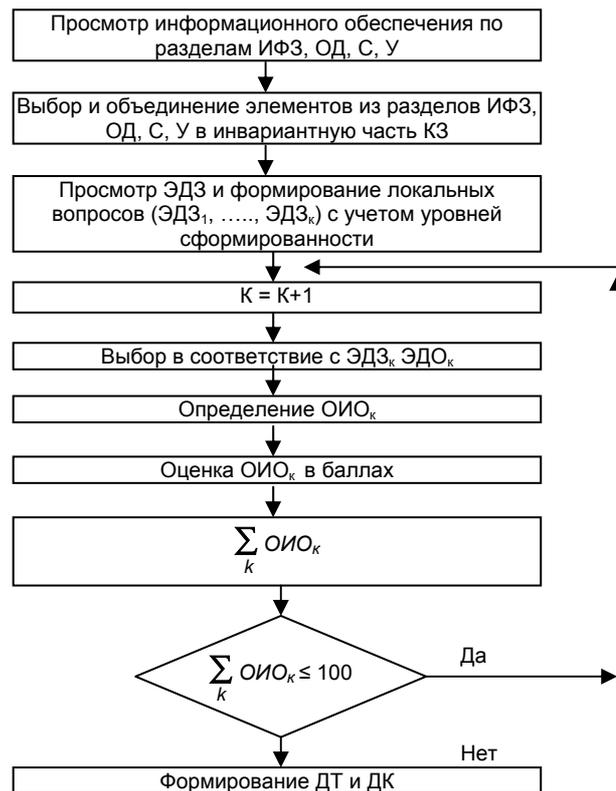


Рис. 4. Структурная схема алгоритма формирования квалификационного задания

Профессиональный тест представляет собой набор некоторого числа элементарных тестов (ЭТ) в безальтернативной или альтернативной форме:

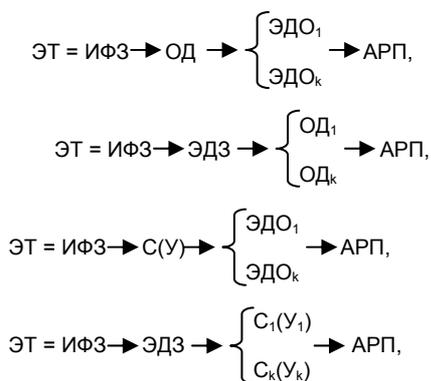
$$ПТ = (\text{ЭТ}_1 - \text{ЭТ}_2, \dots, \text{ЭТ}_n).$$

Элементарный тест в безальтернативной форме - это конкретный вопрос, сформированный либо из элементов укрупненного алгоритма деятельности, либо из элементов базовой (специальной) подготовки и имеющий однозначный ответ, правильность которого проверяется в автоматическом режиме (АРП) по соответствующему ответу в информационном обеспечении. Алгоритмическая схема сборки и проверки имеет следующий вид:

$$\text{ЭТ} = \text{ИФЗ} \rightarrow \text{ОД} (\text{С}, \text{У}) \rightarrow \text{ЭДЗ} (\text{ЭФПЗ}, \text{ЭФГЗ}) \rightarrow \text{АРП}.$$

Элементарные тесты в альтернативной форме имеют несколько разновидностей, связанных с возможностью выявления эффективных связей между

объектом деятельности, ситуациями, условиями и элементами укрупненного алгоритма деятельности. Представим соответствующие схемы для управляющих программ:



#### 5.4. Алгоритмические схемы оптимального проектирования

Автоматизированное формирование профессионального теста из элементарных тестов требует решения следующих задач:

оценка среднего времени выполнения по значению информационного объема;

оценка значимости теста по комплексу показателей;

оптимальный набор ЭТ по заданным условиям и полученным оценкам.

Для оценки значимости предлагаются следующие составляющие:

значимость для базисной составляющей (ЗБС);  
значимость для новых курсов и разделов дифференцированного образования (ЗДО);

значимость для организационно-управленческой деятельности (ЗОУ);

значимость для выявления творческого компонента деятельности (ЗТ);

значимость базовых профессиональных знаний, обеспечивающих формирование педагогических компетенций широкого спектра (ПКШС);

значимость профессиональных знаний, обеспечивающих формирование специфических педагогических компетенций (СПК)

Оценки значимости формируются на основе экспертного метода, использованного при определении значимости элементов содержания обучения.

Для окончательного выбора элементов профессионального теста проводится имитационный эксперимент в соответствии с оптимизационной моделью. В качестве основного выбран показатель значимости для новых курсов и разделов повышения квалификации. По остальным задаются граничные уровни. Учитывается ограничение по допустимому времени тестирования (Т). В результате получаем следующую оптимизационную модель для организации имитационного эксперимента по построению профессионального теста:

$$\begin{aligned} \text{ЗДО} &\rightarrow \max \\ \text{ЗБС} &\leq \text{ЗБС}, \text{ЗОУ} \leq \text{ЗОУ}, \text{ЗТ} \leq \text{ЗТ}, \\ \text{ЗФП} &\leq \text{ЗФП}, \text{ЗГП} \leq \text{ЗГП}, \end{aligned}$$

$$\sum_{n=1}^N T_n \leq T_g.$$

#### Литература

1. Арнаутков В. В. Опыт инновационно-моделирующей деятельности по проектированию образовательных процессов // Педагогика. - 1998. - № 1.
2. Батищев Д. И. Методы оптимального проектирования. - М., 1981.
3. Бешепев С. Т., Гурвич О. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. - М., 1980.
4. Болотов В. А., Исаев Е. И., Слободчиков В. И., Шайденко Н. А. Проектирование профессионального педагогического образования // Педагогика. - 1997. - № 4.
5. Борисова Н. В. Преемственность образовательных технологий в системе непрерывного образования // Проблемы методологии, теории и практики проектирования, согласования и развития государственных образовательных стандартов в системе непрерывного образования. - М., 1997.
6. Васильева Е. Ю. Проблемы проектирования содержания и форм повышения квалификации педагогов дополнительного образования // Непрерывное образование: Традиции и реформы: Материалы и тез. докл. межрег. науч.-практ. конф. - Самара, 1998.
7. Гласс Дж., Стенли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии. - М., 1976.
8. Глинский Б. А., Грязнов Б. С., Дынин Б. С., Никитин Е. П. Моделирование как метод научного исследования: Гносеологический анализ. - М., 1965.
9. Данилов-Данильян В. И., Рывкин А. А. Моделирование: системно-методологический аспект // Системные исследования. - М., 1982.
10. Зацепина С. А., Львович Я. Е., Фролов В. Н. Теория управления: Учеб. пособие. - Воронеж, 1989.
11. Ицкович Э. П. ЭВМ в системе управления предприятием. - М., 1980.
12. Каплинский А. И., Руссман И. Б., Умывакин В. М. Моделирование и алгоритмизация слабоформализованных задач выбора наилучших вариантов систем. - Воронеж, 1990.
13. Кини Р. П. Функция полезности многомерных альтернатив // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. - М., 1976.
14. Кини Р. П., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: Предпочтения и замещения. - М., 1981.
15. Клид Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. - М., 1990.
16. Литвак Б. Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа. - М., 1992.

17. *Логвинов И. И.* Имитационное моделирование в психолого-педагогических исследованиях // Вопросы психологии. - 1980. - № 6.
18. *Львович Я. Е., Фролов В. Н.* Теоретические основы конструирования, технология и надежность РЭА: Учеб. пособие для вузов. - М., 1986.
19. Математические методы управления и обработки информации: Межведомственный сб. - М., 1985.
20. *Радионов В. Г.* Теоретические основы педагогического проектирования: Дис. ... д-ра пед. наук. - СПб., 1996.
21. *Роберто Ф. С.* Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. - М., 1986.
22. *Родионов О. В., Савинков Ю. А.* Организация имитационного эксперимента на основе оптимизационных моделей проектирования системы образования // Высокие технологии в технике, медицине и образовании. - Воронеж, 1995. - Ч. 2.
23. *Савинков Ю. А.* Автоматизация проектирования содержания обучения в условиях региональной системы дифференцированного образования // Высокие технологии в технике и медицине: Межвуз. сб. науч. тр. - Воронеж, 1994.
24. *Савинков Ю. А.* Алгоритмические схемы автоматизированного проектирования профессиональных тестов для оценки соответствия подготовки работников образования требованиям дифференцированного обучения // Высокие технологии в технике, медицине и образовании. - Воронеж: ВГУ, 1995. - Ч. 1.
25. *Савинков Ю. А.* Математическое обеспечение автоматизированного проектирования образовательной системы. - Воронеж, 1998.
26. *Савинков Ю. А.* Управление уровнем подготовки учащихся на основе рационального выбора инфраструктуры региональной образовательной системы // Высокие технологии в технике и медицине: Межвуз. сб. науч. тр. - Воронеж, 1994.
27. *Савинков Ю. А., Ярыгин Ю. А.* Квалификационные процедуры по первому направлению аттестации работников образования Воронежской области: Метод, рекомендации. - Воронеж, 1998.
28. Сборник дополнительных профессиональных образовательных программ: Для курсов повышения квалификации работников образования Воронежской области / Под ред. Ю. А. Савинкова. - Воронеж, 1998.
29. *Солнцева Г. Н.* Психологический анализ проблемы принятия решений: Учеб. пособие. - М., 1985.
30. *Субетто А. И.* Системологические основы образовательных систем. - М., 1991.
31. *Уемов А. И.* Логические основы метода моделирования. - М., 1971.
32. *Фролов В. Н., Львович Я. Е.* Системное проектирование технологических процессов. - Воронеж, 1982.
33. *Фролов В. Н., Львович Я. Е., Подвальный С. Л.* Проблема оптимального выбора в прикладных задачах. - Воронеж, 1980.
34. *Юрочкин А. Г.* Использование сценарного метода для принятия решений в социально-экономических системах // Высокие технологии в технике, медицине и образовании: Межвуз. сб. науч. тр. - Воронеж, 1997.