УДК 519.688

О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРА КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ОБУЧЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Н. Б. Баева, Д. В. Ворогушина

Воронежский государственный университет

Для решения задачи выбора оптимального набора контрольных мероприятий при управлении качеством обучения образовательного учреждения построено три модели. В первой – в качестве функции цели используется минимизация «неопределенности». Во второй модели, на основе понятия «трудности», решается проблема дифференциации набора контрольных мероприятий по группам, обучающимся на разных специализациях. В третьей модели предложен механизм построения субъективного индикатора предпочтений. Проведены экспериментальные расчеты использования данного аппарата в процессе управления качеством обучения.

1. ВВЕДЕНИЕ

Любой процесс обучения должен сопровождаться специализированной системой контроля, позволяющей с помощью опросов, тестов, зачетов и экзаменов оценить степень овладения пройденным материалом. При определении количества точек контроля приходится сталкиваться с двумя противоположными критериями оценки эффективности контроля. С одной стороны, частый контроль требует достаточно больших затрат времени и нервной энергии как обучаемых, так и обучающих, с другой стороны — резкое уменьшение количества контрольных мероприятий повышает неопределенность всей системы обучения и ухудшает качество результата, понимаемого как активный объем знаний и навыков у выпускников. И поэтому требуется разработать модели и методы отыскания такого набора контрольных мероприятий, при котором информация о несоответствиях и отклонениях обеспечивала бы оперативное управление, приводящее к росту качества обучения. При этом качество обучения определяется качеством условий, качеством процесса и качеством результата. Качество условий характеризуется целенаправленностью, обеспеченностью методическими, нормативными, экспертными и научными материалами и конечным уровнем подготовленности (научным, профессиональным, психологическим) обучаемых. Качество процесса обучения — это профессиональный, интеллектуальный и методический уровень обучающих (преподавателей, инструкторов, переводчиков), профессиональность сотрудников и обслуживающего персонала. Наконец, качество результативности обучения определяется востребованностью выпускников, комплексной оценкой их подготовленности и т.д.

Однако даже если все эти элементы подкреплены организационной работой Образовательного учреждения (ОУ), необходима гибкая система контроля, гарантирующая эффективное функционирование системы управления качеством обучения.

Модели и методы формирования экономически надежной системы контроля в производственной сфере обеспечены нормативными требованиями и механизмами выявления отклонений и достаточно широко представлены в литературе (см., например, [1, 2, 3]). Однако особенности ОУ требуют значительной корректировки традиционных методов контроля и, прежде всего, применения математических моделей и методов их усовершенствования. Рассмотрению некоторых из этих проблем и посвящена настоящая статья.

2. МОДЕЛЬ ОТЫСКАНИЯ НАБОРА КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, МИНИМИЗИРУЮЩИХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ПРИ ОЦЕНКЕ ОБУЧАЕМЫХ В ГРУППАХ (МОДЕЛЬ 1)

Первая из предлагаемых моделей контроля осуществляет поиск такого набора контрольных мероприятий, который обеспечивал бы минимизацию «неопределенности» при оценке обучаемых в группах.

Под неопределенностью будем понимать, характеристику объема информации, имеющейся в распоряжении субъекта, отражающую объективное наличие факторов случайной природы, а также неполноту и неточность информации, оказывающих существенное влияние на итоговый результат деятельности.

Неопределенность условно можно разделить на устранимую и неустранимую. Устранимая неопределенность может быть оценена с помощью исследования истории изучаемого процесса, нахождения вероятностных характеристик возможных результатов деятельности. Неустранимая неопределенность характеризуется невозможностью получения необходимой информации об объекте исследования в рассматриваемый период. Далее будем рассматривать только устранимую неопределенность.

Пусть необходимо контролировать обучение в K учебных группах в течение года; x_{ik} — количество контрольных мероприятий i-го вида в k-той учебной группе, $i = 1,2,..,m_k$, $k = 1,2,..,K$, $x_{ik} \in N, x_k = \sum_{i=1}^{m_k} x_{ik}$.

Функция «неопределенности» $\mathrm{H}_k\left(x_k\right)$ вводится как непрерывно-дифференцируемая по x_k функция, и такая, что $H_k\left(x_k\right) \to 0$ при $x_k \to \infty$ [4].

Если процесс накопления «неопределенности» считать стационарным и независимым от остальных процессов управления функционированием объекта, то

$$H = \sum_{k=1}^{K} H_k\left(x_k\right) = \sum_{k=1}^{K} \frac{\nu_k}{\sum_{i=1}^{m_k} x_{ik}}, \qquad (1)$$

здесь ν_k — характеристика скорости накопления неопределенности в k-той группе. Очевидно, что величина ν_k определяется по известным данным о результатах обучения в k-той группе за предыдущий период времени. Рассмотрим два способа отыскания величины ν_k.

Если известны данные об оценках обучаемых за некоторый период $[1, 2,.., T]$, то величину ν_k предлагается искать по формуле

$$\nu_k = \frac{P_k^{\max} - P_k^{\min}}{2} * \frac{C_k}{T-2}, \qquad (2)$$

где $P_k^{\max}$, $P_k^{\min}$ — соответственно максимальная и минимальная средние оценки k-той группы, полученные за период T; C_k — число изменений средней оценки в k-той группе.

Т.о. накопление неопределенности происходит из-за изменения оценок группы в процессе обучения, т.е. чем больше колебания в процессе обучения, тем неопределеннее итоговый результат. Поэтому рассмотрим иной подход к отысканию ν_k, основанный на предположении, что неопределенность в оценке качества обучения возникает, когда итоговая оценка каждого обучаемого отличается от оценки, прогнозируемой по промежуточным результатам.

Для реализации данного подхода, необходима информация об итоговой оценке каждого обучаемого за период $[1,2,.., T]$ $- P_i^{\Phi}$ $i = 1,2,\dots,m_k$, $k = 1,2,\dots,K$. Кроме того, по промежуточным результатам обучения рассчитывается прогнозируемая итоговая оценка $P_i^{?р}$, например, с помощью методов прогнозирования предложенных в пакете Statistica 6.0. Величину ν_k предлагается искать по формуле:

$$\nu_k = \sqrt{\sum_{i=1}^{m_k} (P_i^{\Phi} - P_i^{\text{пр}})^2}. \qquad (3)$$

Проиллюстрируем описанные выше способы расчета величины ν_k на данных и в условиях одного из образовательных учреждений Воронежа.

Данные о процессе обучения по четырем группам представлены в таблице1.

Здесь $\overline{P}_j^{\,k}$ — средняя оценка k-й группы за j-й тест, P_i^{Φ} — итоговая оценка i-го обучаемого. Т.к. ряд оценок каждого обучаемого (количество тестов) небольшой, то $P_i^{\text{пр}}$ рассчитывается как среднее значение по всем тестам.

Кроме того, находятся величины $P_k^{\max}$, $P_k^{\min}$, C_k, помещенные в таблицу 2.

Подстановка в формулу (2), дает вектор скорости накопления неопределенности $\nu = (1.25, 1.05, 1.83, 1.25)$, а с использование формулы (3) имеем $\nu = (29.1, 24.1, 18.7, 21.8)$.

Теперь опишем систему ограничений модели выбора оптимального набора контрольных мероприятий в ОУ. Пусть задан промежуток $[x_k, x_k]$ возможного изменения общего числа контрольных мероприятий в k-й группе. Эти величины определяются опытом учебной работы в ОУ и требованиями внешней среды (нормативы контрольных мероприятий в целом оговаривается в договорах с обучаемыми). Пусть, кроме того, задан промежуток $[x_i, x_i]$ изменения допустимого числа контрольных мероприятий i-того вида. Предположим, что r_{ijk} — затраты j-го вида ресурса на реализацию одного контрольного мероприятия i-го вида в k-той группе, R_j — объем ресурсов j-го вида имеющихся в распоряжении ОУ.

Таблица 1

Итоговая информация о процессе обучения

№группы k	тест, j / обуч. i	1	2	3	4	5	P_i^{Φ}	$P_i^{пр}$
1	1	58	60	75	68	63	52	64,8
	2	83	80	88	85	92	82	85,6
	3	78	70	76	83	90	64	79,4
	4	69	93	82	96	80	67	84
	5	82	86	91	84	77	75	84
	6	66	72	69	62	75	61	68,8
	$\bar{P}_j^1$	72,7	76,8	80,2	79,7	79,5	-	-
2	1	89	73	74	80	78	70	78,8
	2	87	94	82	90	85	73	87,6
	3	86	94	87	88	82	80	87,4
	4	55	62	60	70	68	56	63
	5	78	92	80	84	86	71	84
	6	89	95	90	85	86	85	89
	$\bar{P}_j^2$	80,7	85	78,8	82,8	80,8	-	-
3	1	65	68	70	72	62	59	67,4
	2	93	88	95	90	89	92	91
	3	88	94	94	89	91	83	91,2
	4	70	59	62	68	63	57	64,4
	5	90	68	87	75	82	83	80,4
	6	74	78	80	70	69	62	74,2
	$\bar{P}_j^3$	80	75,8	81,3	77,3	76	-	-
4	1	95	88	94	90	92	97	91,8
	2	92	93	89	92	90	85	91,2
	3	75	70	79	65	68	59	71,4
	4	92	89	91	92	93	91	91,4
	5	65	58	66	62	64	60	63
	6	95	94	95	90	89	96	92,6
	7	70	74	72	76	80	59	74,4
	$\bar{P}_j^4$	81,5	79,7	82	79,5	80,7	-	-

Таблица 2

Результаты расчетов

группа / показатель	1	2	3	4
$P_k^{\max}$	80,2	82,8	81,3	82
$P_k^{\min}$	72,7	80,7	75,8	79,5
C_k	1	3	2	3

Тогда ограничения модели имеют вид:

$$\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{m_k} r_{ijk}x_{ik} \le R_j,\ j = 1,2,\dots,J; \qquad (4)$$

$$\underline{x_k} \le x_k \le \overline{x_k}, k = 1,2,\dots,K; \qquad (5)$$

$$x_k = \sum_{i=1}^{m_k} x_{ik}; k = 1,2,\dots,K; \qquad (6)$$

$$\underline{x_i} \le \sum_{k=1}^{K} x_{ik} \le \overline{x_i},\ i = 1,2,..,m_k; \qquad (7)$$

$$x_{ik} \in \mathrm{N}, k = 1,2,\dots,K, i = 1,2,\dots,m_k., \qquad (8)$$

Ограничение (4) введено для гарантии обеспеченности ресурсами, а (5),(6),(7) — для выполнения нормативных требований в каждой группе.

Агрегированный аналог модели (1), (4)—(8) приведен в [6]. Анализ расчетов показал возможность получения наборов контрольных мероприятий в группах *обучающихся по единой программе. Невыполнение этого условия требует применение иных моделей*. Так, может быть использована новая модель, основанная на отождествлении «неопределенности» с трудностью достижения цели [4]. Она позволяет непосредственно связать между собой вопросы контроля и оценки качества в системе обучения.

3. МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ НАБОРА КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, МИНИМИЗИРУЮЩИХ ТРУДНОСТЬ ИХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ. (МОДЕЛЬ 2)

Пусть $\mu_k(x_k) \in (0,1]$ характеризует качество усвоения как функции от числа контрольных мероприятий в k-й группе. Психофизиологические соображения и исследования, проанализированные в работе [5], приводят нас к логической зависимости:

$$\mu_k(x_k) = \frac{1}{1 + a_k e^{-c_k x_k}}, \tag{9}$$

график которой представляет S-образную кривую, при этом $\mu_k(x_k) \to 1$ при $x_k \to \infty$, $\mu_k(x_k)$ — монотонно возрастает от $\dfrac{1}{1+a_k}$ до 1 при возрастании x_k от нуля до бесконечности. В теории обучения параметры этой функции имеют следующий смысл: c_k — характеризует важность каждого отдельного контрольного мероприятия, а коэффициент a_k характеризует оценку значимости (вклада) каждого контрольного мероприятия по сравнению с предыдущим. Если нижнее допустимое (пороговое) значение качества обозначить $\varepsilon_k \in (0,1]$, то в нашем случае $\varepsilon_k = \dfrac{1}{1+a_k}$. Из этих двух характеристик сформируется оценка трудности достижения цели для k-той группы [4]:

$$d_k = \frac{\varepsilon_k(1-\mu_k)}{\mu_k(1-\varepsilon_k)}, \varepsilon_k \le \mu_k. \tag{10}$$

Простая подстановка (9) и $a_k = \dfrac{1}{\varepsilon_k} - 1$ в (10) приводят нас к формуле

$$d_k(x_k) = e^{-c_k x_k}, k = 1,2,\ldots,K. \tag{11}$$

Общая трудность контроля в системе, как показано в [6], определяется следующим образом

$$d = 1 - \prod_{k=1}^{K}\left(1 - d_k(x_k)\right) = 1 - \prod_{k=1}^{K}\left(1 - e^{-c_k x_k}\right) \tag{12}$$

и характеризует общий риск недостижения цели обучения по всем группам. С учетом сказанного оптимизационная задача выбора контрольных мероприятий примет следующую форму

$$d = 1 - \prod_{k=1}^{K}\left(1 - e^{-c_k x_k}\right) \to \min \tag{13}$$

при следующих ограничениях

$$\sum_{q=1}^{Q}\sum_{k=1}^{K_q}\sum_{i=1}^{m_k} r_{ijk} x_{ikq} \le R_j, j = 1,2,\ldots,J; \tag{14}$$

$$\underline{x_{kq}} \le x_{kq} \le \overline{x_{kq}}, k = 1,2,\ldots,K_q, q = 1,2,\ldots,Q; \tag{15}$$

$$x_{kq} = \sum_{i=1}^{m_k} x_{ikq}, k = 1,2,\ldots,K_q, q = 1,2,\ldots,Q; \tag{16}$$

$$x_k = \sum_{q=1}^{Q} x_{kq}, q = 1,2,\ldots,Q; \tag{17}$$

$$\underline{x_{iq}} \le \sum_{k=1}^{K} x_{ikq} \le \overline{x_{iq}}, i = 1,2,..,m_k; \tag{18}$$

$$x_{ikq} \in N, k = 1,2,\ldots,K_q, q = 1,2,\ldots,Q, \quad i = 1,2,\ldots,m_k, K = \bigcup_{q=1}^{Q} K_q. \tag{19}$$

Здесь q — порядковый номер учебного плана, $[\underline{x_{kq}}, \overline{x_{kq}}]$ — допустимое количество контрольных мероприятий в k-той группе, обучающейся по q-тому учебному плану.

Итак, в качестве модели, учитывающей возможность обучения в различных группах по различным учебным планам, была рассмотрена модель (13)—(19).

Эксперименты показали, что вторая модель более адекватно описывает реальную ситуацию, но более простая первая модель позволяет легче находить исходные параметры.

Весьма эффективные инструменты выбора оптимального набора контрольных мероприятий дает теория полезности [7]. В этом случае удается оценить полезность набора контрольных мероприятий образовательного учреждения. В качестве функции цели модели предлагается использовать субъективный индикатор предпочтений, построенный на основе представления административного центра о полезности набора контрольных мероприятий. Перейдем к описанию третьей модели.

4. МОДЕЛЬ ВЫБОРА НАБОРА КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, МАКСИМИЗИРУЕЩЕГО ИХ ПОЛЕЗНОСТЬ. (МОДЕЛЬ 3)

Построение функции полезности (U) является основным этапом в моделировании процесса управления набором контрольных мероприятий

ятий, поскольку именно от понимания полезности набора контрольных мероприятий зависит эффективность процесса обучения.

Заметим, что в основе определения субъективного индикатора предпочтений лежит бинарное отношение строгого предпочтения P_s, на основе которого определяется отношение нестрогого предпочтения R_s, являющееся совершенным нестрогим порядком [7].

При построении субъективного индикатора предпочтений предполагается, что известна информация об упорядоченности индивидуумом конечного числа наборов контрольных мероприятий по предпочтительности. Т.е. известны статистические данные о видах отчетности и ЛПР может проранжировать различные программы контроля, дать оценку каждой программе контроля. Будем считать, что нет различия в программах контроля по группам. $X^1,...,X^M$ — различные программы контроля, предоставляемые для ранжирования ЛПР, они образуют некоторое множество альтернатив Ω. Итак, ЛПР предлагается упорядочить вектора-варианты с использованием следующей ранговой шкалы:

1) плохой вариант;
2) между плохим и средним;
3) средний;
4) между средним и хорошим;
5) хороший.

Из множества альтернатив выбирается базовое множество Ω^0. Кроме того, вводится в рассмотрение конечное подмножество векторов, называемых контрольными точками: $\Omega^1 \subseteq \Omega \setminus \Omega^0$ — контрольное множество, на котором будет тестироваться построенная функция.

По результатам ранжирования базовое множество Ω^0 разбивается на упорядоченные классы векторов: $\Omega_1^0 \prec \Omega_2^0 \prec .. \prec \Omega_{K_0}^0$. На самом деле, это классы эквивалентности. Каждый класс состоит из векторов с одинаковыми рангами, т.е. если $x,y \in \Omega_i^0$, то ранг x и ранг y совпадают и равны a_i. Кроме того, $\forall \Omega_i^0 \prec \Omega_j^0 \; a_i < a_j$, откуда следует, что классы упорядочены по возрастанию величины ранга, соответствующей каждому классу.

Функцию полезности на базовом подмножестве Ω^0 предлагается искать в виде выпуклой комбинации S непрерывно дифференцируемых функций $\phi_j : \Omega \to R$, с условием $-\infty < \phi_j(x) < +\infty$, $\forall x : 0 \le x_i < +\infty$. Тогда

$$U_1(x) = \sum_{j=1}^{S} \alpha_j \phi_j(x), \qquad (20)$$

где $\alpha_j \ge 0, \sum_1^S \alpha_j = 1.$

Важным моментом построения функции полезности является выбор базовых функций. Эти функции должны нести максимальное различие в классы эквивалентности. Очевидно, что ЛПР более высоко оценивает те программы контроля, в которых наибольшее число важных, с его точки зрения, контрольных мероприятий (например, экзаменов или зачетов). Это может быть учтено с помощью правильного выбора базовых функций. Предлагается два способа выбора базовых функций.

Первый способ — взятие функций от взвешенной суммы координат векторов множества Ω^0. Т.е.

$$\phi_1(x) = \ln(\sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i);\ \phi_2(x) =$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i};\ \phi_3(x) = -(\sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i)^2;$$

$$\phi_4(x) = 1 - e^{-\sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i};\ \phi_5(x) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \beta_i \beta_j x_i x_j;$$

$$\phi_6(x) = -\sum_{i=1}^{n} \sqrt{\beta_i x_i}.$$

Здесь β_i ($i = 1,2,..n$) — важность i-го контрольного мероприятия. $\beta_i \ge 0, \sum_1^n \beta_i = 1$. Весовые коэффициенты β_i могут быть найдены путем опроса ЛПР, с применением, например, турнирного метода ранжирования альтернатив(в нашем случае различных контрольных мероприятий) [8].

Другой способ выбора базовых функций основан на взятие функций от отдельных координат, а не от суммы. Т.е. базовые функции имеют вид

$$\phi_i(x) = x_i^{\,2},\ i = 1..n;\ \phi_i(x) = \sqrt{x_i},\ i = n+1..2n;$$

$$\phi_i(x) = \ln(x_i);\ i = 2n+1..3n;$$

$$\phi_i(x) = 1/x_i,\ i = 3n+1..S.$$

Очевидно, что второй способ точнее отражает предпочтения ЛПР относительно выбора конкретных мероприятий контроля. Недостатком является прямая зависимость числа базовых функций от размерности векторов-вариантов контроля.

После выбора базовых функций, для нахождения коэффициентов в определении функции полезности (14), необходимо решить следующую задачу:

$$\lambda \to \max \tag{21}$$

$$\begin{cases} \lambda \le Niz_k - Verh_{k-1}, k = 1,..,K_0; \\ \sum_{j=1}^{S} \alpha_j \phi_j(X^1) \le Verh_1, \forall X^1 \in \Omega_1^0; \\ Niz_k \le \sum_{j=1}^{S} \alpha_j \phi_j(X^k) \le Verh_k, \forall X^k \in \Omega_k^0, \\ \qquad k = 2,..,K_0 - 1; \\ Niz_{K_0} \le \sum_{j=1}^{S} \alpha_j \phi_j(X^{K_0}), X^{K_0} \in \Omega_{K_0}^0; \\ \sum_{j=1}^{S} \alpha_j = 1, \alpha_j \ge 0, j = \overline{1,S}; \\ Niz_k - \forall, k = \overline{2,K_0}; Verh_k - \forall, k = \overline{1,K_0 - 1}. \end{cases} \tag{22}$$

Кроме коэффициентов α_j неизвестными в данной задаче являются также нижние и верхние “границы” значений функции полезности для классов эквивалентности соответственно — $Niz_k, Verh_k$ и параметр λ, который характеризует минимальное расстояние между этими значениями для рядом стоящих классов. Данная задача после приведения ее к каноническому виду решается симплекс-методом. Если в результате получено $\lambda > 0$, то считаем, что функция полезности $U_1(x) = \sum_{j=1}^{S} \alpha_j \phi_j(x)$ на базовом подмножестве Ω^0 построена. Если же $\lambda = 0$, можно сделать вывод, что некоторые классы пересекаются. В этом случае нужно объединить пересекающиеся классы или изменить ранги векторов базового множества и заново решить задачу (21)—(22).

Далее необходимо проверить удовлетворяют ли вектора контрольного множества Ω^1 построенной функции $U_1(x)$. Для этого проверяют, совпадает ли порядок данных векторов по оценке ЛПР с порядком, который определяет на данном множестве построенная функция ценности. Если нет, то контрольный вектор, нарушающий этот порядок, вводится в базовое множество и для него опять решается задача (21)—(22).

Нужно отметить, что построенная функция $U_1(x)$ разбивает базовое и контрольное подмножества на строго упорядоченные классы, но не обеспечивает равные значения для векторов из одного и того же класса эквивалентности, просто эти значения располагаются на некотором ограниченном промежутке, причем для разных классов эти промежутки не пересекаются. Поэтому применим к функции $U_1(x)$ субъективную функцию эквивалентности $U_2(x)$. Способ ее построения подробно описан в [7].

Итак, применение описанных этапов приводит к формированию функции полезности в форме субъективного индикатора предпочтения $U(x)$, где x — вектора характеризующие наборы контрольных мероприятий.

Третья модель поиска оптимального набора контрольных мероприятий формируется таким образом в виде:

$$U(x) \to \max; \tag{23}$$

$$\sum_{i=1}^{m} r_{ij} x_i \le R_j, j = 1,2,...,J; \tag{24}$$

$$\underline{x_i} \le x_i \le \overline{x_i}, i = 1,2,...,m; \tag{25}$$

$$x_i \in N, i = 1,2,...,m \ ,. \tag{26}$$

Здесь x_i — количество i-х мероприятий проводимых в ОУ.

Описанные модели являются задачами линейной оптимизации с нелинейной функцией цели. Они реализованы методом Брауна. Расчеты производились на основе данных и в условиях функционирования одного из образовательных учреждений Воронежа. В качестве контрольных мероприятий были выбраны контрольная работа, тест, экзамен, зачет, опрос, вызов к доске. В качестве ресурсов были рассмотрены время, затрачиваемое на мероприятие, время подготовки преподавателя к проведению, средства, необходимые для проведения. После фильтрации было получено множество допустимых вариантов, представленное в таблице 3.

Для этого множества субъективный индикатор предпочтений имеет вид $U_1(x) = -0.36(\sum_{k=1}^{K} x_k)^2 +$

Таблица 3

Множество допустимых вариантов наборов контрольных мероприятий

Вид контроля (i)	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
контрольная работа	2	3	4	2	3	3	3	3
тест	4	2	2	1	2	2	2	1
экзамен	1	0	1	1	1	2	2	2
зачет	1	1	1	2	0	0	1	1
опрос	1	2	2	1	1	1	2	3
вызов к доске	1	1	0	0	1	1	1	2
Оценка ЛПР	2	2	4	6	2	8	6	8

$+ 0.64\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{K} x_k x_j$. В результате решения оптимизационной задачи (23)—(26) получен оптимальный вектор — программа контроля с учетом предпочтений ЛПР, равный $x^{opt} = (3,2,1,1,2,2)$.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимо заметить, что трудность реализации всех предложенных моделей связана с подготовкой исходных параметров, характеризующих затраты ресурсов на проведение различных контрольных мероприятий. Однако наиболее удобной в принятии решений является последняя модель, основанная на использовании функции полезности для выбора оптимального набора контрольных мероприятий.

Более того, модель выбора оптимального набора контрольных мероприятий может быть описана как задача векторной оптимизации, в которой использованы все три функции цели, оценивающие различные аспекты выбора: полезность набора как индикатор предпочтений администрации образовательного учреждения, суммарную «трудность» как интегральную оценку затрат при проведении контрольных мероприятий и, наконец, «неопределенность» как оценку риска. Подходы к решению подобной задачи предполагается рассмотреть в дальнейшем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабунашвили М.К., Бермант МА., Руссман И.Б.* Контроль и управление в организационных системах. // Экономика и математические методы. — 1969. Т. V. — № 2. — С. 272—284.

2. *Бабунашвили М.К., Бермант М.А., Руссман И.Б.* Оперативное управление в организационных системах. // Экономика и математические методы. — 1971. Т. VII. — № 3. — С. 480—492.

3. *Михалев Д.Г., Руссман И.Б.* Оптимальное формирование информационных потоков в системах контроля и управления. // Проблемы передачи информации. — 1972. Т. VII. — № 3. — С. 89—93.

4. *Каплинский А.И., Руссман И.Б.„ Умывакин В.М.* Моделирование и алгоритмизация слабоформализованных задач выбора наилучших вариантов систем. — Воронеж: ВГУ, 1991. — С. 168.

5. *Леонов Ю.П.* Теория статических решений и психофизика. — М.: Наука, 1977. — С. 227 .

6. *Иванченко А.И., Руссман И.Б.* Оценка качества контроля в задачах управления организационными системами // Стандарты и качество. — 2003. — № 9. — С. 88—90.

7. *Баева Н.Б., Бондаренко Ю.В.* Многоролевая функция экономического выбора потребителя: понятия, свойства, способы построения // Системное моделирование социально-экономических процессов: Сб. науч. тр. — Воронеж, 2000, — С. 25—46.

8. *Гохман О.Г.* Экспертное оценивание. — Воронеж: ВГУ. — 1991. — С.48.

*Статья принята к опубликованию
25 декабря 2006 г.*