



УДК 519.8

# АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МЕХАНИЗМОВ МИНИМИЗАЦИИ АУДИТОРСКОГО РИСКА

Ю. М. Гладков<sup>(1)</sup>, Е. А. Микрин<sup>(2)</sup>, А. Б. Шелков<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва;

<sup>(2)</sup>НТЦ РКК «Энергия», г. Москва

Рассмотрена задача анализа и синтеза механизмов повышения эффективности и результативности проведения выездных документальных проверок (ревизий) по критерию минимизации аудиторского риска с использованием графовых моделей.

## ВВЕДЕНИЕ

На качество аудиторских проверок значительное влияние оказывает так называемый аудиторский риск, анализ или оценка которого должна проводиться на этапе подготовки проверки экономического субъекта. Один из подходов к анализу аудиторского риска при проведении выездных проверок рассмотрен в работах [1, 2], где процесс выездной документальной проверки представлен как совокупность взаимосвязанных по информации и времени процедур. Правильность или безошибочность результатов каждой процедуры проверки обеспечивается применением принципа обратной связи.

В настоящей работе рассматривается структурно-технологический подход к решению задачи минимизации аудиторского риска с применением аппарата теории графов. Данный подход позволяет детально анализировать различные аспекты появления и распространения взаимосвязанных ошибок, их влияние на качество и достоверность результатов аудита.

## 1. ОПИСАНИЕ ПРОЦЕДУР АУДИТА

Процедуры аудита весьма разнообразны по своему содержанию и охватывают все стадии документальной проверки. Они могут основываться на методах, применяемых объектом аудита для выявления ошибок, а также специальных методиках получения необходимых доказательств и оценках безошибочности и достоверности данных анализируемой отчетности. Основными аудиторскими процедурами проверки экономического субъекта являются инспектирование, наблюдение, запрос, подтверждение, пересчет и комплекс аналитических процедур. В рассматриваемой предметной области процедура контроля и выявления ошибок, как правило, подразумевает их локализацию и идентификацию.

Под *аудиторским риском* (его иногда называют общим риском) обычно понимается вероятность наличия в бухгалтерской и иной отчетности экономического субъекта невыявленных существенных ошибок и (или) искажений после подтверждения ее достоверности или, наоборот, вероятность признания существенных искажений в ней, в то время как на самом деле такие искажения отсутствуют. Аудиторский риск прежде всего означает риск формирования неверного вывода проверяющего в случаях, когда в бухгалтерской отчетности содержатся существенные искажения [3].

Комплекс информационных процедур проверки экономического субъекта и обработки аудиторских данных

представим в виде преобразования  $X \xrightarrow{p} Y$ , где  $X = (x_1, x_2, \dots, x_p, \dots, x_j)$  — множество входных аудиторских данных,  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_j)$  — множество выходных аудиторских данных. Преобразование  $p$  ставит в соответствие каждой  $n$ -й комбинации значений входных аудиторских данных  $\bar{X}_n = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_j)_n$  определенную совокупность значений выходных (обработанных) данных  $\bar{Y}_n = (y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_j)_n$ . Таким образом,  $\bar{Y}_n = p(\bar{X}_n)$  и  $p: D_1 \times D_2 \times \dots \times D_I \rightarrow F_1 \times F_2 \times \dots \times F_J$ , где  $D_i$  — область определения значений единицы входных аудиторских данных  $x_i$  ( $i = \overline{1, I}$ ), а  $F_j$  — область допустимых значений единицы выходных аудиторских данных  $y_j$  ( $j = \overline{1, J}$ ). Пусть  $Z$  — множество промежуточных данных. Тогда комплекс процедур обработки аудиторских данных будем представлять в виде ориентированного графа  $I(p) = G(V, E)$ , множество вершин  $V$  которого соответствует множеству входных, промежуточных и выходных аудиторских данных, т. е.  $V = X \cup Y \cup Z$ , а множество дуг  $E$  соответствует множеству процедур обработки этих данных. Данные аудита (входные и вы-

ходные), а также процедуры их обработки и анализа будем называть элементами графа  $I(p)$ .

Пусть  $R$  — множество процессов, вносящих помехи в нормальную реализацию процедур аудита и приводящих к появлению недостоверных результатов. В этом случае в процессе аудита осуществляется преобразование  $(p, R) : D_1 \times D_2 \times \dots \times D_I \rightarrow F_1^1 \times F_2^1 \times \dots \times F_J^1$ , где  $F_j^1$  — область возможных значений  $y_j$  ( $j = \overline{1, J}$ ). Очевидно, что область возможных значений  $F_j^1$  может содержать недостоверные (запрещенные) значения единицы аудиторских данных  $y_j$  ( $j = \overline{1, J}$ ). Для задания множества запрещенных значений  $\hat{F} = \hat{F}_1 \times \hat{F}_2 \times \dots \times \hat{F}_J$  и выявления факта принадлежности конкретных значений выходных аудиторских данных к данному множеству используется механизм контроля:

$$M = (p, R, M^K) : D_1 \times D_2 \times \dots \times D_I \rightarrow (F_1 \cup \hat{F}_1) \times (F_2 \cup \hat{F}_2) \times \dots \times (F_J \cup \hat{F}_J),$$

причем для каждого  $\bar{X}_n$  устанавливается  $M(\bar{X}_n) \in F$  или  $M(\bar{X}_n) \in \hat{F}$ .

Информационный граф  $I(p)$ , определяя общую технологию обработки аудиторских данных, не дает возможности рассмотреть детально аспекты появления и распространения ошибок, их влияния на качество и достоверность результатов аудита.

Схема механизма контроля  $M^K$  представлена на рис. 1.

Механизмы контроля реализуются путем применения соответствующих методов контроля на различных этапах реализации процедур обработки аудиторских данных. Выбор методов контроля определяется структурой и технологиями аудита, критериями синтезируемых механизмов контроля, объемами выделенных ресурсов, числом и характером ошибок.

Контроль достоверности результатов реализации аудиторских процедур осуществляется путем введения определенного типа избыточности. Можно выделить структурную, временную и информационную избыточность [4]. Соответственно, различают методы контроля

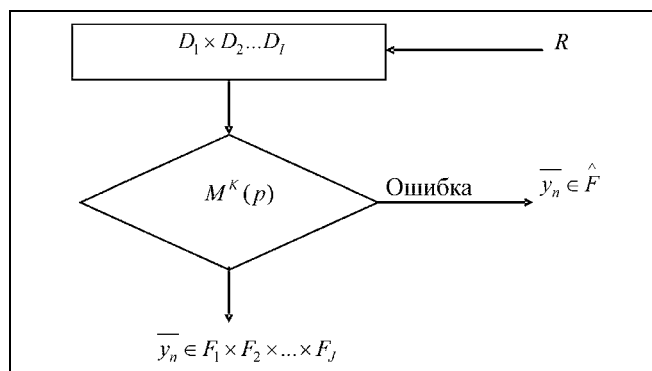


Рис. 1. Схема механизма контроля

со структурной, временной и информационной избыточностью.

## 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В целях формализации постановок задач анализа и синтеза механизмов повышения достоверности результатов аудита перейдем от информационного графа  $I(p)$  к индикаторному графу  $J(p)$  и графу ошибок  $\epsilon(p)$ . Пусть  $I(w_i)$  — индикатор события возникновения ошибки в элементе  $w_i \in W$  графа  $I(p)$ . С вероятностью  $p(w_i)$  индикатор  $I(w_i) = 1$ , т. е. элемент  $w_i$  находится в состоянии ошибки. Тогда вершинами индикаторного графа  $J(p)$  являются индикаторы событий возникновения ошибок в элементах  $w_p$ , т. е. базисных событий.

Множество дуг графа  $J(p)$  строится по правилу: существует дуга между  $I(w_i)$  и  $I(w_j)$ , если  $w_i$  и  $w_j$  инцидентны между собой в графе  $I(p)$ . Таким образом, порядок и направление дуг графа  $J(p)$  соответствуют порядку и направлению множества дуг  $E$  графа  $I(p)$ . В графе  $I(p)$  в состоянии ошибки могут находиться только его вершины, а дуги считаются абсолютно надежными. Индикаторный граф показывает, где и в какой последовательности могут возникать события ошибки, и, следовательно, является отображением технологии появления и распространения ошибок. Пусть наступление события ошибки в некотором элементе  $w_i \in W$  можно отождествлять с отказом в смысле достоверности. Тогда такое событие появления ошибки будем называть *главным событием ошибки*, которое, по сути, представляет собой реализацию аудиторского риска. Очевидно, что к появлению главного события ошибки приводят различные комбинации событий ошибки вершин индикаторного графа (базисных событий ошибки). Простейшим примером такой зависимости служит зависимость, называемая «последовательным соединением», когда для наступления главного события необходимо, чтобы появилось хотя бы одно событие ошибки на индикаторном графе.

Выразим зависимость главного события ошибки от ошибки вершин индикаторного графа посредством использования логических функций И, ИЛИ. Их аргументами будут индикаторы базисных и промежуточных событий (как результаты логического взаимодействия базисных событий), а функцией — индикатор главного события ошибки.

Графическим представлением такого взаимодействия является граф ошибок  $\epsilon(p)$ , вершинами которого служат индикаторы входных и выходных аудиторских данных указанных логических функций, а дуги графа отображают причинно-следственные связи между индикаторами базисных, промежуточных и главных событий ошибки. Отметим, что вершина главного события ошибки не содержит выходящих дуг.

Рассмотрим информационный  $I(p)$  и соответствующий ему индикаторный  $J(p)$  графы (рис. 2 и 3).

Пусть главное событие ошибки состоит в том, что нет связующего пути между вершинами  $a$  и  $d$  графа  $I(p)$  (определены соответствующие комбинации базисных событий индикаторного графа, находящиеся в состоянии ошибки). Соответствующий граф ошибок  $\epsilon(p)$  представлен на рис. 4. На основании этого графа определяется

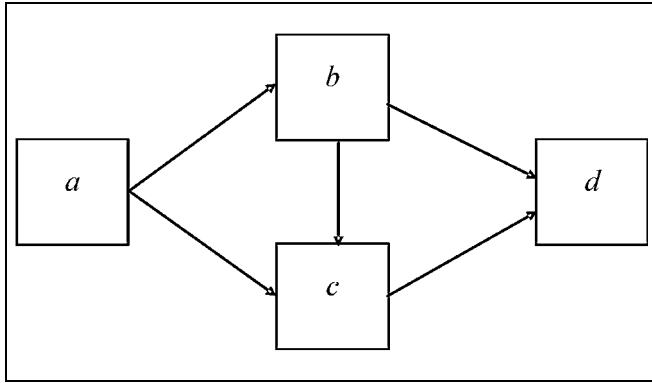


Рис. 2. Информационный граф

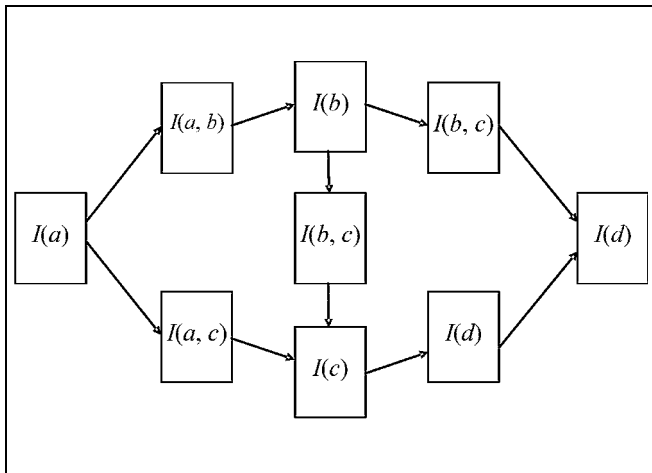


Рис. 3. Индикаторный граф

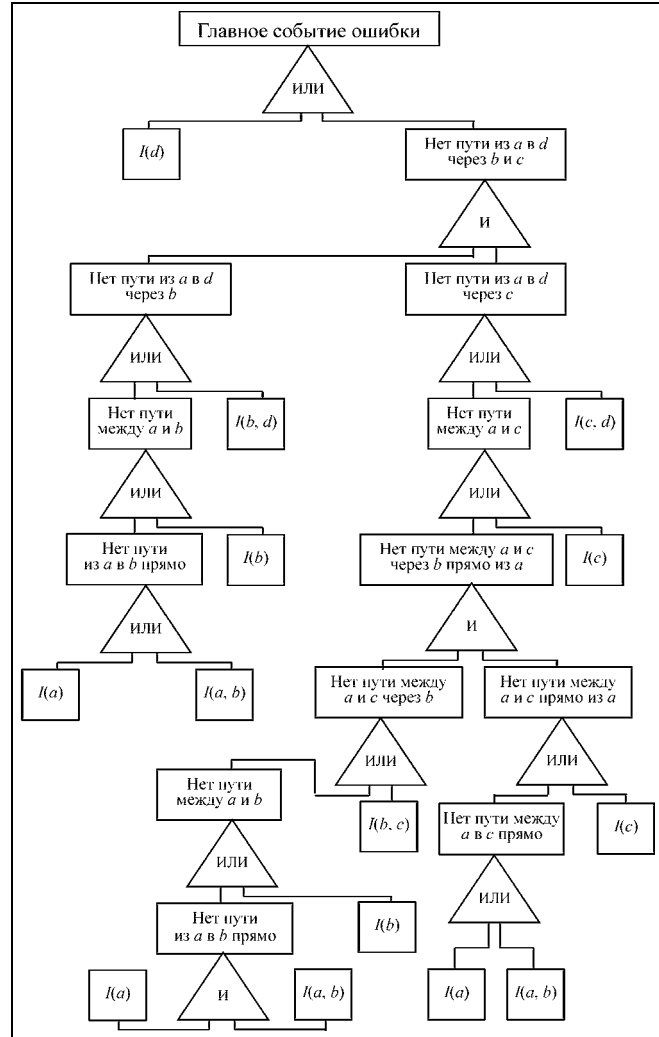


Рис. 4. Граф ошибок

возможность осуществления главного события ошибки в зависимости от наступления базисных событий.

Определение главных событий, их ранжирование и анализ причинно-следственных связей графа  $\epsilon(p)$  дают возможность нахождения базисных событий, вызывающих появление главного события, а также анализа и последующего выбора соответствующих методов контроля. Для формальной постановки задач анализа и синтеза механизмов повышения достоверности результатов аудита введем понятие *минимального пути графа*.

*Разрезом* назовем множество базисных событий, совместное появление которых влечет за собой появление главного события ошибки. Разрез является минимальным, если никакое его собственное подмножество не является разрезом. Если произошло главное событие ошибки, то произошли базисные события, образующие *минимальный разрез*.

Путь есть множество базисных событий, совместное непоявление которых влечет за собой непоявление главного события ошибки. Путь является минимальным, если никакое его собственное подмножество не является путем. Если главное событие не произошло, то не поя-

вились и все базисные события, образующие минимальный путь.

### 3. МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА МЕХАНИЗМОВ МИНИМИЗАЦИИ АУДИТОРСКОГО РИСКА

Пусть  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_k\}$  — множество минимальных разрезов;  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_s\}$  — множество минимальных путей;  $I(Y)$  — индикатор главного события;  $I(w_i)$  — индикатор базисного события  $w_i$  графа  $\epsilon(p)$ . Если граф ошибок  $\epsilon(p)$  является деревом, то справедливы следующие соотношения:

$$I(Y) = 1 - \prod_{l=1}^k \left[ 1 - \prod_{w_i \in k_l} I(w_i) \right],$$

$$I(Y) = \prod_{r=1}^s \left\{ 1 - \prod_{w_i \in p_r} [1 - I(w_i)] \right\},$$

которые определяют зависимости главного события ошибки от базисных событий через множество минимальных разрезов и путей.

Алгоритм нахождения минимальных разрезов графа  $\epsilon(p)$  состоит в определении минимальных разрезов для каждой логической схемы графа  $\epsilon(p)$  и их последовательном логическом преобразовании до получения минимальных разрезов в терминах базисных событий ошибки. Работа алгоритма начинается со схемы главного события ошибки и продолжается сверху вниз, слева направо. Пусть  $\bar{N}$  — номер схемы главного события ошибки,  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_k\}$  — множество минимальных разрезов.

*Шаг 1.*  $K = \{\bar{N}\}$ .

*Шаг 2.* Из множества  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}$  выделяется множество  $k_i$ , элементом которого является некоторая схема  $N$ , и определяется множество ее минимальных разрезов. Примерами могут служить множество минимальных разрезов схемы И из одного подмножества, включающего все входы этой схемы; множество минимальных разрезов схемы ИЛИ, включающее в себя минимальные разрезы, имеющие один вход.

Пусть  $N_1, N_2, \dots, N_k$  — номера схем и базисных событий, являющихся входами рассматриваемой схемы  $N$ . Во множестве  $k_i$  заменим рассматриваемую схему  $N$  ее минимальными разрезами следующим образом:  $M = \{(k_i - N) \cup K_l^*\}_l, l = \bar{1}, \bar{L}^*$ , где  $L^*$  — число минимальных разрезов схемы  $N$ , а  $K_l^*$  — минимальный разрез, рассматриваемый на множестве входов  $(N_1, N_2, \dots, N_k)$  этой схемы. Число элементов множества  $M$  равно числу минимальных разрезов схемы  $N$ .

*Шаг 3.* Конструируется множество  $(K - k_i) \cup M$ , в котором схема  $N$  заменяется множеством ее минимальных разрезов. На множествах имеющихся и полученных минимальных разрезов схем определяются глобальные минимальные разрезы для данного шага.

*Шаг 4.* Если полученные глобальные минимальные разрезы содержат логические схемы, идти к шагу 2; в противном случае работа алгоритма заканчивается.

Для нахождения множества минимальных путей достаточно перейти к графу, полученному из графа  $\epsilon(p)$  заменой логической функции И на ИЛИ и наоборот, и воспользоваться приведенным выше алгоритмом.

Под уровнем ошибки  $L_{lv}(Y)$  главного события будем понимать вероятность появления главного события ошибки. Уровень ошибки является основной характеристикой используемых механизмов контроля. Назовем механизм контроля эффективным, если  $L_{lv}(Y) \leq \epsilon$ , где  $\epsilon$  — допустимый уровень вероятности появления главного события ошибки.

Задача анализа механизма контроля состоит в определении уровня вероятности появления главного события ошибки в зависимости от вероятностей  $p(w_i)$  базисных событий и сравнении его с допустимым. Для произвольных древовидных структур графа  $\epsilon(p)$  в общем случае точное определение значения  $L_{lv}(Y)$  затруднительно. При независимых базисных событиях ошибки

можно определить точную верхнюю и нижнюю границы уровня ошибок  $L_{lv}(Y)$ :

$$\prod_{r=1}^S \left\{ 1 - \prod_{w_i \in p_r} [1 - p(w_i)] \right\} \leq L_{lv}(Y) \leq \leq 1 - \prod_{l=1}^k \left[ 1 - \prod_{w_i \in k_l} p(w_i) \right]. \quad (1)$$

Из данного выражения следует, что для повышения эффективности механизма контроля необходимо уменьшить вероятности появления базисных событий ошибки, что достигается использованием более совершенных методов контроля, введением различных видов избыточности в структуру процедур и технологий аудита.

Задачи разработки механизмов обеспечения достоверности результатов аудита состоят в том, чтобы создать технологическую структуру обработки, позволяющую достичь заданного (максимального) уровня достоверности, либо *минимального уровня аудиторского риска* с учетом затрат на разработку и функционирование механизмов контроля, на исправление ошибок и на потери при использовании недостоверных данных. При этом основными являются ограничения на временные и стоимостные ресурсы.

Разработка, внедрение и эксплуатация методов и механизмов контроля достоверности аудиторских данных требуют в любом случае определенных временных и стоимостных затрат, привлечение персонала к выполнению некоторых контрольных операций. Поэтому при выборе оптимального механизма контроля следует учитывать имеющиеся ресурсы, характеристики методов и механизмов контроля и связи между этими методами.

Задача синтеза механизма контроля по критерию минимизации аудиторского риска или максимизации достоверности результатов аудита обычно заключается в выборе методов контроля в базисных вершинах графа ошибок, при использовании которых уровень ошибки  $L_{lv}(Y)$  минимален при ограничениях на временные, стоимостные затраты и другие виды ресурсов. Поскольку получение аналитического вида функции  $L_{lv}(Y)$  в общем случае затруднительно, то в качестве целевой функции будем рассматривать уменьшение  $\Delta L_{lv}(Y)$  уровня ошибки, которое происходит при использовании методов контроля в базисных вершинах графа и которое необходимо максимизировать по абсолютной величине. Возможность такой замены следует из разложения функции  $L_{lv}(Y)$  в ряд Тейлора. Ограничившись линейной аппроксимацией, получим:

$$\begin{aligned} \Delta L_{lv}(Y) &= \Delta L(\bar{P}) = L(\bar{P} + \bar{\Delta}) - L(\bar{P}) = \\ &= \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial L(\bar{P})}{\partial P_i} \right) \Delta_i + \dots \end{aligned}$$



где  $\bar{P} = (p_1, p_2, \dots, p_n) = \{p(w_1), p(w_2), \dots, p(w_n)\}$ ;  $\frac{\partial L(\bar{P})}{\partial p_i} = L(1, \bar{P}) - (0, \bar{P}) = \chi_i$  — показатель маргинальной значимости события ошибки элемента  $w_i$ . Тогда

$$\Delta L(\bar{P}) \approx \sum_{i=1}^n \chi_i \Delta_i, \quad (2)$$

причем  $\Delta_i$  — изменение (уменьшение) вероятности  $p_i = p(w_i)$ , вызванное применением в  $i$ -й базисной вершине некоторого определенного метода контроля, а для вычисления приближенных значений показателей  $\chi_i$  будем пользоваться выражением:

$$\chi_i = \sum_{\substack{k_k \in k(w_i) \\ k_S \in k(w_i) - k_k}} \left[ \min \left\{ \bigcup_{j=k_S} p_j \right\} \right] \prod_{\substack{j \in k_k \\ w_j \neq w_i}} (1 - p_j), \quad (3)$$

где  $k(w_i)$  — множество минимальных разрезов, содержащих событие ошибки элемента  $w_i$ , а  $\bigcup_{j=k_S} p_j = 1 - \prod_{j \in k_k} (1 - p_j)$ .

Можно показать, что использование выражений (2) и (3) для нахождения величины  $\Delta L(\bar{P})$  дает более точный результат по сравнению с использованием для этой же цели выражения (1) [4].

Введем переменные

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если на } i\text{-й базисной вершине графа } \epsilon(p) \\ & \text{используется } j\text{-й метод контроля, } j = \overline{1, m_i}; \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

и величины:  $\Delta_{ij}$  — уменьшение вероятности события ошибки элемента  $w_i$ , вызванное применением  $j$ -го метода контроля;  $\tau_{ij}$  и  $c_{ij}$  — соответствующие временные и стоимостные затраты  $j$ -го метода контроля для элемента  $w_i$ ;  $T$  и  $C$  — ограничения на временные и стоимостные затраты.

Тогда задача синтеза механизма контроля, обеспечивающего минимизацию аудиторского риска или повышение достоверности обработки аудиторских данных, может быть представлена в виде:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \chi_i \Delta_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

при ограничениях:

— на временные затраты, связанные с контролем

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \tau_{ij} x_{ij} \leq T;$$

— на структуру контроля  $\sum_{j=1}^{m_i} x_{ij} \leq 1$ ;

— на стоимостные затраты, связанные с контролем

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} c_{ij} x_{ij} \leq C.$$

Здесь  $m_i$  — число методов контроля, которые можно применять в вершине  $i$ .

Ограничение на структуру механизма контроля обеспечивает применение в каждой вершине графа  $\epsilon(p)$  не более одного метода контроля. При одновременном применении более одного метода их объединяют в один «метод» и соответствующим образом корректируют временные, стоимостные и вероятностные характеристики.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для формализованной постановки рассматриваемых задач разработаны специальные графовые структуры, с применением которых указанные задачи сводятся к нахождению путей на этих графах, обеспечивающих экстремум используемого критерия эффективности. Для этой цели применяется алгоритм нахождения кратчайшего пути на графе [5].

Предложенная формализованная методология охватывает достаточно широкий класс задач, возникающих при планировании и реализации комплексов аудиторских процедур проверки экономических субъектов, таких как инспектирование (проверка записей, документов или материальных активов), наблюдение (отслеживание аудитором процесса или процедуры, выполняемой уполномоченными лицами на объекте аудита), запрос (поиск информации в пределах или за пределами объекта аудита), подтверждение (анализ ответа на запрос), пересчет (проверка арифметических расчетов аудируемого лица или организации), анализ и оценка полученной в процессе аудита информации и др.

Разработанные методы и модели позволяют проводить детальный анализ различных аспектов появления и распространения ошибок, а также количественную оценку возникающих при этом аудиторских рисков и могут служить основой для решения задач выбора оптимальных методов контроля при реализации аудиторских процедур различного типа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шелков А. Б., Пелихов В. П., Гладков Ю. М. Методы анализа и оценки аудиторского риска при проведении выездных документальных проверок // Проблемы управления. — 2006. — № 5. — С. 48–51.
2. Шелков А. Б., Гладков Ю. М. Минимизация аудиторского риска при проведении выездных проверок в системе обязательного социального страхования // Материалы международного науч. конф. «Проблемы регионального и муниципального управления». — М., 2006. — С. 289–291.
3. Шеремет А. Д., Суйц В. П. Аудит. — М.: Инфра-М., 2005. — 448 с.
4. Информационная безопасность систем организационного управления. Теоретические основы: в 2 т. / Под ред. Н. А. Кузнецова, В. В. Кульбы. — М.: Наука, 2006. — Т. 1. — 495 с.; Т. 2. — 437 с.
5. Ермольев Ю. М., Мельник И. М. Экстремальные задачи на графах. — Киев: Наук. думка, 1967.

☎ (495) 334-89-59

e-mail: shelkov@ipu.ru, urlad@ipu.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии В. В. Кульбой. □