

Научная статья

DOI: 10.15593/2224-9397/2022.2.04

УДК 622.276.001

**В.В. Антонов<sup>1</sup>, К.А. Конев<sup>1</sup>, Г.Г. Куликов<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Уфимский государственный авиационный технический университет,  
Уфа, Россия<sup>2</sup>Акционерное общество «Уфимское научно-производственное  
предприятие "Молния"», Уфа, Россия

## **СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ФОРМАЛИЗОВАННОЙ ЦИФРОВОЙ СИТУАЦИОННО- ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АУДИТА КАЧЕСТВА**

Ситуационный подход является неотъемлемой частью исследований, направленных на повышение качества управления в организационных системах. Представляет большой интерес его развитие в направлении создания комплексной методологии для проектирования систем поддержки принятия решений. В качестве иллюстрации применения этой методологии выбран один из ключевых процессов менеджмента качества – аудит качества. **Цель исследования:** решение важной актуальной проблемы повышения эффективности принятия решений в процессе аудита качества в сфере менеджмента качества за счёт использования ситуационно-онтологического метода для прогноза развития системы в реальном времени. **Методы:** системный, ситуационный, структурно-функциональный подходы к проектированию систем. **Результаты:** в статье проведён онтологический обзор становления подходов к проектированию сложных систем от работ Поспелова до современных ситуационно-онтологических методов моделирования. На основании современных подходов в данной области для методологии менеджмента качества построена адаптированная методология. Разработан пример применения ситуационно-онтологической методологии для процесса аудита качества, точки принятия решений при классификации обнаружений аудита. Для решения поставленных задач были построены модели функционального, ситуационного и сценарного уровней, позволившие продемонстрировать, что ситуационно-онтологическая методология как метод исследования позволяет решать поставленные научно-практические задачи. **Практическая значимость:** результаты исследований используются при подготовке решений на УНПП «Молния».

**Ключевые слова:** структуры моделей знаний, ситуационно-онтологическая методология разработки систем поддержки принятия решений, формальный графоаналитический язык, аудит качества.

**V.V. Antonov<sup>1</sup>, K.A. Konev<sup>1</sup>, G.G. Kulikov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation

<sup>2</sup>Joint Stock Company "Ufa Research and Production enterprise "Lightning",  
Ufa, Russian Federation

## **DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON A FORMALIZED DIGITAL SITUATIONAL-ONTOLOGICAL MODEL OF QUALITY AUDIT**

The situational approach is an integral part of research aimed at improving the quality of management in organizational systems. Of great interest is its development towards the creation of an integrated methodology for the design of decision support systems. As an illustration of the application of this methodology, one of the key quality management processes, quality audit, has been chosen. **The purpose of the study:** to solve an important topical problem of improving the efficiency of decision-making in the process of quality audit in the field of quality management by using the situational-ontological method to predict the development of the system in real time. **Methods:** systemic, situational, structural-functional approaches to systems design. **Results:** the article provides an ontological review of the formation of approaches to the design of complex systems from the works of Pospelov to modern situational-ontological modeling methods. Based on modern approaches in this field, an adapted methodology has been built for the quality management methodology. An example of the application of situational-ontological methodology for the quality audit process, a decision point in the classification of audit findings, has been developed. To solve the tasks set, models of the functional, situational and scenario levels were built, which made it possible to demonstrate that the situational-ontological methodology as a research method allows solving the set scientific and practical problems. Practical significance: the results of the research are used in the preparation of decisions at the research and production enterprise "Molniya".

**Keywords:** structures of knowledge models, situational-ontological methodology for developing decision support systems, formal graph-analytical language, quality audit.

### **Введение**

Ситуационный подход активно применяется при анализе управленческих процессов и в процессе принятия решений уже несколько десятилетий. Возникнув в ответ на необходимость научного понимания значительно усложнившихся процессов управления, данный подход становится только актуальнее с течением времени. Сегодня данный подход является неотъемлемой частью исследований, направленных на повышение качества управления в организационных системах. Другим относительно новым подходом к повышению качества управления в организационной системе является менеджмент качества, который уже впитал в себя методы системного подхода и вплотную подошёл к освоению наследия подхода ситуационного, учитывающего связь внутреннего состояния объекта с дискретными состояниями окружающей (внешней) среды. В настоящей статье рассматриваются становле-

ние ситуационного подхода и его эволюция в сторону создания на его основе комплексной методологии для проектирования систем поддержки принятия решений, что соответствует семантической модели вида:  $M(M, ОУ) = 0$ , где  $M$  – множество функций управления,  $ОУ$  – множество состояний объекта управления, что определяет множество разнообразия решений по Эшби. В качестве иллюстрации применения этой методологии выбран один из ключевых процессов менеджмента качества – аудит качества.

## 1. Основы ситуационного управления

Понятие «ситуационное управление» возникло и было принято научным сообществом в 60–70-е гг. XX столетия.

В 1964 г. на конференции в Американской академии менеджмента появилась идея о создании «единой теории управления», на роль которой была предложена ситуационная теория управления. В 1971 г. Р. Моклер подготовил статью «Ситуационная теория менеджмента», что позволяет исследователям считать его автором понятия [1]. Важнейшей мыслью указанной статьи стало утверждение о том, что универсальных принципов управления мало и требуется учитывать те ситуации на объектах управления, которые возникают в конкретные моменты времени – ситуации. В СССР на начальных этапах применялось понятие «модельное управление», а сам подход популяризовали исследователи В.Н. Пушкин и Д.А. Поспелов, которые подвели итоги совместной работы в [2]. В продолжение данных исследований Д.А. Поспелов сформулировал понятие «ситуационная модель», а впоследствии в статье Д.А. Поспелова [3] было введено понятие «ситуационное управление», которое вобрало в себя все аспекты данной концепции.

Развивая понятие «ситуация» в рамках приложения ситуационного подхода к управлению сложными системами [4], Ю.И. Клыков предлагает рассматривать последовательное преобразование ситуации как результат принятия решения, связанного с выбором управленческого воздействия. Иными словами, принятие решений для текущей ситуации  $s(t)$  означает переход к ситуации  $s(t + 1)$ , где  $s(t)$  и  $s(t + 1)$  – два следующих друг за другом состояния системы. Данный подход к ситуационному управлению предлагает два способа разбиения ситуации на группы.

Первый способ предполагает, что между числом допустимых решений  $L$  и числом состояний уровня  $C$  имеется соотношение  $|L| \gg |C|$ ,

т.е. число возможных решений значительно превосходит число состояний. Кроме того, в случае похожих ситуаций возможно использование одних и тех же решений. При этом множество ситуаций разбивается на группы в соответствии с применимыми к ним решениями, что буквально означает классификацию ситуаций по классификационным признакам. Основным таким признаком служит возможность применения конкретного решения к ситуации. Следовательно, задача принятия решений по Клыкову – это классификация ситуаций, а функционирование сложной системы представляется в виде процесса преобразования пространственно-временных отношений между ее элементами, где ситуацией в момент времени  $t$  является подграф дискретных ситуационных сетей, вычленяемый в момент времени  $t$  (рис. 1).



Рис. 1. Механизм смены состояний в ситуационном управлении

Второй способ классификации ситуаций в соответствии с множеством допустимых решений предполагает использование операций теоретико-множественного пересечения [5]. Он базируется на правилах экстраполяции ситуаций. Применение теоретико-множественного пересечения к заданному множеству ситуаций дает множество обобщенных ситуаций, которое, в свою очередь, сопоставляется с множеством решений.

Ещё одним значимым подходом к определению понятия «ситуация», повлиявшим на становление данной области научного знания, было её рассмотрение в контексте управления техническими системами [6]. Это во многом прикладное исследование в основном рассматривалось применительно к явлению приспособляемости движения, т.е. возможности достижения цели некоторым реальным объектом при воздействии на него факторов окружающей среды. Тем не менее, данный подход показал практическую применимость и значимость ситуационного управления как научного подхода, позволяющего решать конкретные технические задачи.

Исследователь ввёл следующие понятия:

- обстановка – набор разнообразных явлений, не относящихся к управлению объектом;

- событие – произошедшее изменение обстановки как переход от одного ее класса к другому на основе принятого решения, что равносильно выбору одного из вариантов (сценариев) решения;

- решение – переключение условных задач, целей, программ, законов управления и т.п., что можно описать как точку выбора из вариантов дальнейшего развития событий на объекте управления.

С помощью введённых понятий система управления представляется как состоящая из элементарных блоков, которые в зависимости от обстановки переключаются в различных комбинациях (рис. 2).

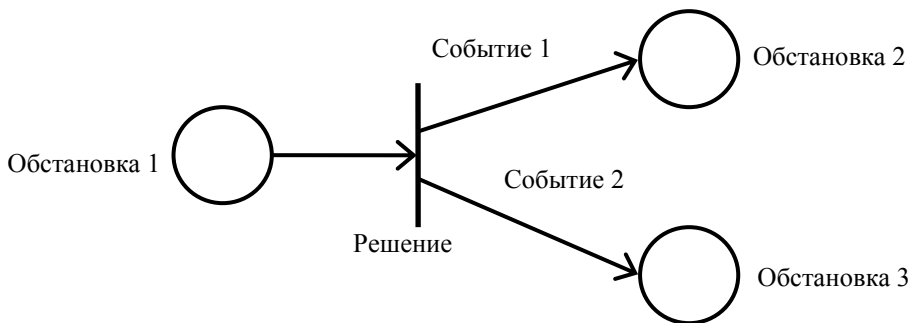


Рис. 2. Ситуационное управление техническими системами

Если не известны сроки, место и, возможно, иные обстоятельства возникновения события, то оно считается непредсказуемым. Соответственно, если обстоятельства известны, события предсказуемы. Обстановка, которая порождается предсказуемыми событиями, считается предсказуемой. При наличии в группе событий хотя бы одного нового, то такая группа событий приводит к обстановке, для которой не определен порядок реагирования со стороны лица, принимающего решение.

На сегодняшний день концепция ситуационного управления может быть представлена следующим образом [6, 8]. В качестве текущей ситуации  $S_{cur}$  принято рассматривать систему из текущего состояния объекта (вектор состояния  $V_s$ ) и его внешней среды (вектор возмущений  $V_i$ ), где  $S_{cur} = \langle V_s, V_i \rangle$ . Исходя из этого, полная ситуация определяется как  $S = \langle S_{cur}, G \rangle$ , где  $G$  является конечной целью управления. При этом сама конечная цель управления  $G$  – это та целевая ситуация  $S_G$ , в которую следует за счёт управления перевести ситуацию текущую

( $S_{cur}$ ). Иными словами,  $S$  можно представить следующим образом:  $S = \langle S_{cur}, S_G \rangle$ . Принимается, что  $S_{cur} \in U_1$ , где  $U_1$  – некоторый класс определённого типа ситуаций, а при этом  $S_G \in U_2$ , где  $U_2$  – некоторый класс целевых ситуаций, которые стремится достигнуть ЛПР. Для перевода текущей ситуации в целевую определяется набор управляющих действий (вектор управляющих воздействий  $V_C \in \Omega$ , где  $\Omega$  – множество допустимых управленческих мероприятий), что можно описать следующим выражением:

$$S_{cur} \in U_1 \xrightarrow{V_C \in \Omega} S_G \in U_2. \quad (1)$$

Таким образом, ситуационное управление можно представить в виде отображения, которое сопоставляет пару «текущая ситуация – целевая ситуация» с требуемым результатом – набором управленческих мероприятий  $V_C$  и имеет вид:

$$(U_1, U_2) \rightarrow V_C \in \Omega. \quad (2)$$

## 2. Ситуационно-онтологический подход

В основу уфимской школы ситуационного управления положено оригинальное понимание понятия ситуации [9–11]. Для неё характерно описание ситуации на двух уровнях:

– на макроуровне: ситуация описывается как элемент, часть всех возможных ситуаций;

– на микроуровне: она описывается автономно, опираясь на рассмотрение её внутренней структуры.

В рамках динамической системы, определённой в известной форме «вход – состояние – выход», можно рассмотреть набор характеристик, таких как, например, текущее состояние, текущий момент времени; различные входные воздействия, заданные для текущего и будущего моментов времени. Такую совокупность характеристик можно определить, как микроситуацию. Причём под характеристикой понимается совокупность отличительных свойств какого-либо объекта или системы. Для микроситуации применим принцип суперпозиции, т.е. каждая микроситуация может быть представлена как совокупность более простых микроситуаций, которые позволяют рассмотреть её развитие.

С позиций системного анализа [12] характеристики любой ситуации можно выяснить путём анализа свойств входящих в неё микроситуаций, которые, в свою очередь, определяют выходные свойства и со-

стояния системы, как в текущий момент времени, так и в будущем. Возможность прогнозирования ситуации определяется тем, что составляющие её микроситуации описывают определённые состояния комплексно, включая временные характеристики и все виды управляющих (принятие решений) и возмущающих (воздействие среды) воздействий. На микроситуации распространяется требование к их гомогенности, иными словами, по определённому критерию они должны быть сходны.

Важным аспектом ситуационного подхода в уфимской научной школе является исследование критических ситуаций, при которых происходит сильное колебание характеристик системы вследствие определённых воздействий (ошибок, отказов, сбоев). Для ситуаций подобного типа необходимы оперативные и целенаправленные воздействия с целью предотвращения серьёзных последствий.

В целом в работах авторов уфимской школы ситуационного управления были сформированы основные принципы декомпозиции ситуации на микроситуации, исследованы правила работы переходов как по горизонтали – между микроситуациями или состояниями на одном уровне, так и по вертикали – от ситуации к микроситуации и обратно. Кроме того, данные исследователи сделали большой вклад в исследование онтологического инжиниринга, использование ситуационного подхода при принятии решений и заложили фундамент в ситуационно-онтологической методологии для разработки систем поддержки принятия решений [13].

Следующим шагом в развитии данной научной проблематики стала ситуационно-онтологическая методология для формирования моделей для бизнес-процессов, содержащих значимые для исследователя точки принятия решений, названная «метаситуационной» [14], которая была призвана изучать главным образом типовые ситуации, построенные на повторении ситуации принятия решений с некоторыми вариациями. Речь идет о ситуациях, которые не являются ни детерминированными, ни недетерминированными, а являются частично детерминированными или слабодетерминированными. Методология рассматривала ситуацию на двух комплексных уровнях – декларативном и дескриптивном. Если декларативный уровень, строго говоря, может быть описан как любым языком семантического описания бизнес-процесса, позволяющим создать для него концептуальную модель на 3–4 уровня иерархии, так и с помощью специальной нотации, введённой авторами,

то дескриптивный уровень подразумевает использование объектной модели триплетов, табличной модели характеристик состояний и онтологической модели, привязанной к объектам. Пример объектной модели триплетов показан на рис. 3. Недостатком методологии стало отсутствие её практического применения для решения практических задач.

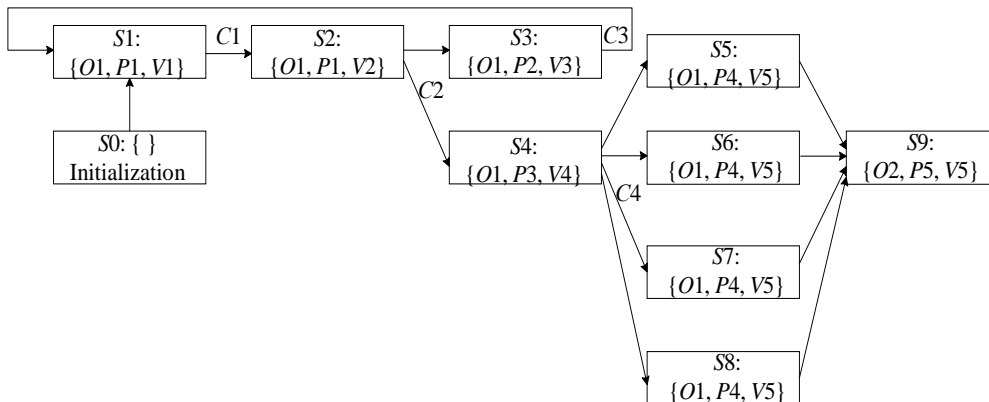


Рис. 3. Пример обобщенной модели на дескриптивном уровне

### **3. Метод структурной и параметрической интеграции моделей в структурную метамодель ситуационно-онтологической модели на основе методологии SADT**

Большой вклад в развитие ситуационно-онтологического моделирования внесли исследования в области разработки информационно-управляющих систем, изложенные в трудах И.Ю. Юсупова [15, 16]. В рамках данных подходов была исследована методология SADT и была предложена методология структурно-семантического анализа бизнес-процессов предприятия, благодаря которой формировалась структурная метамодель, которая обладала свойствами структурно-онтологической [17].

Методология SADT определяет подход, позволяющий путем применения соответствующих порождающих друг друга формальных графоаналитических языков, например, класса IDEF0, IDEF1X, IDEF/CPN, IDEF3, IDEF5 и других, составить системное онтологическое описание в форме многоаспектной метаструктуры (гlossариев) исследуемой предметной области и далее составить ее структурно-параметрическую модель, например, в нотации BPMN (как вариант, при помощи BPMN RUNA) [18, 19].



Структурно-семантический подход к анализу бизнес-процессов основывается на философском понимании исследуемой системы, исходя из представления о том, что для неё и её элементов есть границы, определяющие различие и тождество, внутренние и внешние свойства, существующие в единстве и способные вступать в противоречие, причём элементы возможно отнести к различным классам с использованием меры, количественно определяющей указанную выше границу. Элементы класса определяют количественные границы и представляют собой конкретные экземпляры. Системы, их элементы, свойства, отношения существуют во времени (ситуационный аспект) и в пространстве (структурный аспект). В этом смысле процессы развития системы и её элементов происходят как взаимоотношения причины и следствия, причём находятся в постоянном движении. Поэтому проектирование системы реализуется путём описания в виде моделей элементов и структуры их взаимодействия во времени и пространстве с использованием различных семантических мер, которые, в свою очередь, формируют онтологический аспект (рис. 4).

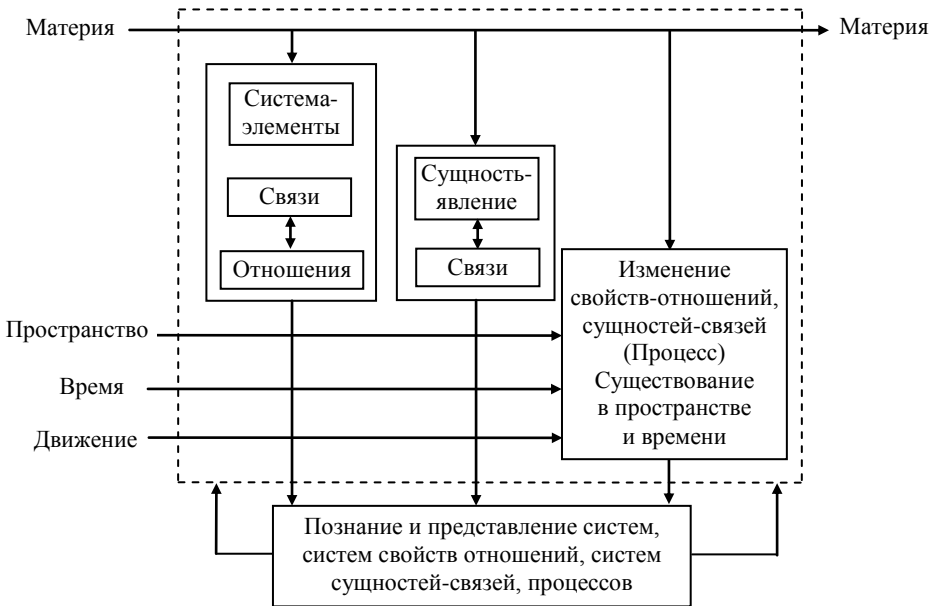


Рис. 4. Структура взаимосвязи основных системных понятий

Практическое проектирование с позиций рассмотренного подхода требует использование метаязыка, который ориентирован на конкретную предметную область, но и совместим с выбранной методологией исследуемой области.

дования системы, в роли которой обычно выступает методология SADT. В результате формируется комплексная метамодель, устанавливающая правила проектирования искусственной системы (обычно информационной системы) как увязанные с глоссарием предметной области, так и принципиально совместимые с общими представлениями о семантическом назначении тех или иных элементов нотации, т.е. понятные прочим исследователям или разработчикам, не погружённым в предметную область. При этом данная метамодель определяется многоаспектным набором правил и нотаций. Так, в рамках методологии SADT в неё входят, например, структурно-функциональный аспект, описываемый стандартом IDEF0, удобный для концептуального проектирования, информационный аспект, описываемый IDEF1X, очень хорошо подходящий для описания информационной структуры системы, онтологический аспект IDEF5, позволяющий отразить глоссарий предметной области и т.д. Причём при отказе от методологии SADT и переходе, например, на методологию UML, возможности использования данных аспектов сохраняются: структурно-функциональный аспект – диаграмма вариантов использования, информационный – диаграмма классов, онтологический – диаграмма объектов и т.д.

Важной особенностью структурно-семантического подхода является гносеологический метод, который позволяет эвристически снизить сложность решаемой задачи проектирования за счёт использования семантических мер. Реализация данного метода осуществляется в следующем порядке:

– если можно выделить некоторую принципиально познаваемую предметную область  $X$ , то из неё путем применения семантической меры, обозначаемой как «цели моделирования», можно провести границу 1, которая выделит из предметной области  $X$  подобласть  $Y$ ;

– если сформировать семантическую меру, например, обозначаемую как «точки зрения исследователя», то можно сформировать подобласть  $C$ , имеющую границу 2;

– если по аналогии продолжать процесс формирования новых границ за счёт ведения новых семантических мер, то можно прийти до выделения функций, информационных сущностей и динамических элементов систем, например, таких как состояния в момент времени  $t$ .

Данную схему можно проиллюстрировать (рис. 5).

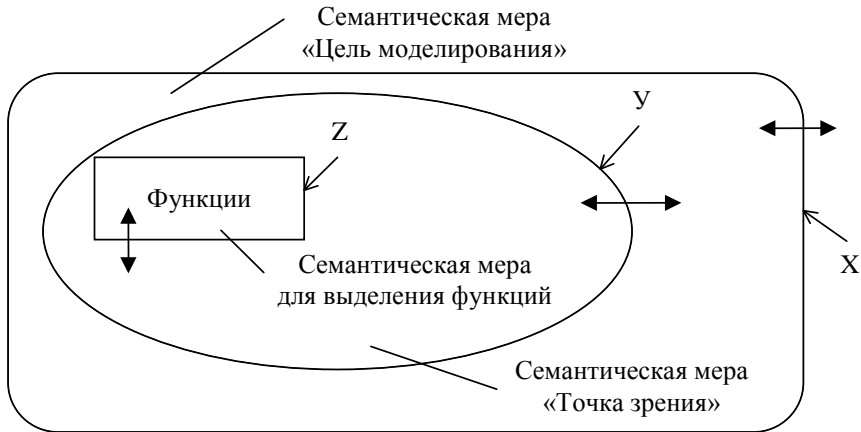


Рис. 5. Сужение предметной области с помощью семантических мер

Ещё одним значимым достоинством структурно-семантического подхода к анализу бизнес-процессов и проектированию моделей информационных систем является представление о необходимости выхода на параметрический уровень модели, в рамках которого формируется модель физической трансформации материи, информации, знаний в необходимый разработчику результат. Однако в силу значительной универсальности данного подхода он, как, впрочем, и другие достаточно универсальные методологии исследования систем, не даёт непосредственных рекомендации по решению конкретных задач предметной области. Кроме того, большинство практических примеров применения данного подхода было посвящено разработке учётных систем и не учитывало специфику задач, связанных с принятием решений.

Попытки практического применения ситуационно-онтологической методологии с использованием структурно-семантического подхода для решения задач принятия решений привели к тому, что она дополнена и расширена, преобразовавшись в ситуационно-онтологическую методологию по разработке систем поддержки принятия решений [20, 21]. В ходе практического применения выяснилось, что инструментарий моделирования формирует избыточную абстрактную модель, которая хороша для моделирования объектов и классов, но не в полной мере отражает особенности точек принятия решений. Поэтому в усовершенствованной методологии, построенной на основе методологии Захмана [22], декларативный уровень был дополнен моделью организации, которая декомпозируется моделью бизнес-процесса, а дескриптивный уровень представлен в виде трёх уровней: ситуационной модели, содержащей описание

ситуации принятия типового решения; сценарной модели, описывающей сценарий реализации; параметрической модели, описывающей модель обработки данных для принятия решения. При этом сценарная модель может быть представлена и как алгоритм, и как схема статистической обработки информации различными методами, включая методы теории нечётких множеств, машинное обучение, нейронные сети и другие. Параметрическая модель может быть опущена либо быть построена в форме алгоритма для формирования оценки экспертными, квалиметрическими, аналитическими или иными методами (рис. 6).

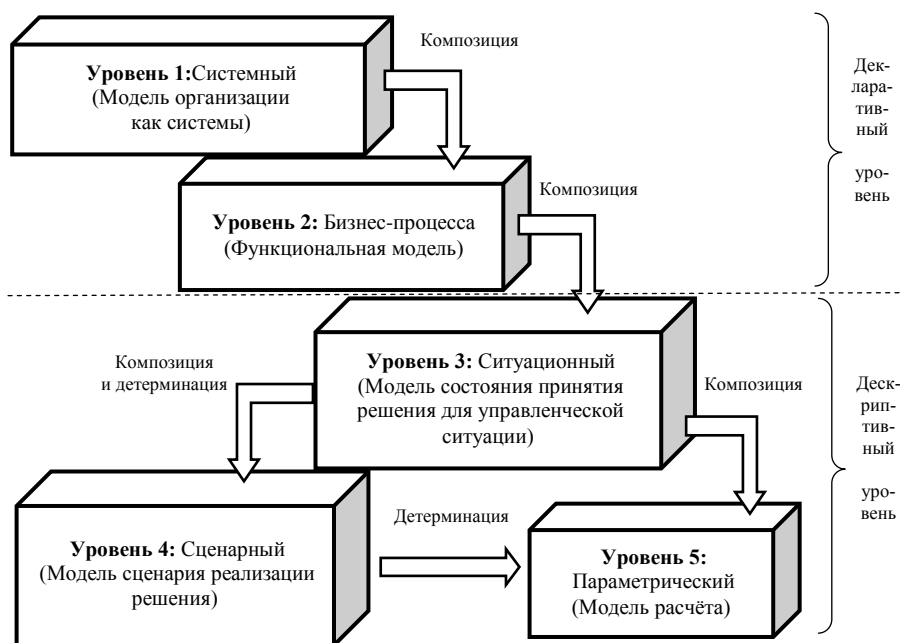


Рис. 6. Взаимосвязь уровней онтологической модели организации

В совокупности все уровни модели формируют онтологию системы, где каждый уровень более высокого ранга образует метамодель для последующего. Кроме того, визуализация сценарного и ситуационного уровня может быть описана в виде онтологической модели.

Следует также отметить многозначность применения онтологического моделирования в рамках данной методологии. С одной стороны, она может использоваться как модель глоссария, позволяющая создать отображение разнородных знаний о процессе в виде комплексной модели, а с другой стороны, онтологическая модель по стандарту IDEF5 может использоваться как представление ситуационной модели с точ-

ками принятия решений, которые могут быть увязаны с категоризацией (отношения композиции и классификации) или с поясняющими объяснениями (отношения функциональных схем).

#### **4. Пример декларативного уровня модели процесса аудита качества**

В качестве примера применения ситуационно-онтологической методологии по разработке систем поддержки принятия решений можно рассмотреть процесс аудита качества предприятия авиационного приборостроения.

Подробное описание приборостроительного предприятия в отрасли авиационного двигателестроения в рамках данной статьи нецелесообразно. На уровне модели системы заметим, что такие предприятия характеризуются большим вниманием к формальным аспектам обеспечения качества, таким как сертификация систем менеджмента качества, высокий уровень покрытия внутренних процессов организации стандартами и регламентами, работа с большим числом ограничений на всех уровнях её иерархии. С другой стороны, современный авиационный газотурбинный двигатель – настоящее произведение инженерного искусства, требующий значительного объема знаний и высокой точности в его изготовлении. А его электронная начинка, которая, по сути, управляет им, – ещё сложнее. Накладывая сюда значительный объём ограничений и требований, установленных на разных уровнях к процессам и операциям для такого предприятия, получаем огромную роль процессов обеспечения качества на данном предприятии.

Что касается уровня процесса, т.е. второй части декларативного уровня ситуационно-онтологической модели, то на этом уровне можно использовать для анализа соответствующий регламент. ГОСТ Р ИСО 19011-2021 утверждает: «аудит – систематический, независимый и документированный процесс установления объективного свидетельства и его объективного оценивания для получения степени соответствия критериям аудита» [23]. Здесь в роли «критериев аудита» выступает некоторый набор требований, которые служат в качестве образцов (эталонов) для сравнения с ними доказательств, полученных при аудите. Иными словами, эксперты-аудиторы сравнивают полученные при проверке документы и наблюдения с теми требованиями внутренних и внешних регламентов, которые были выбраны в качестве «критериев аудита». Рассмотрим модель процесса аудита качества в виде IDEF0-диаграммы (рис. 7).

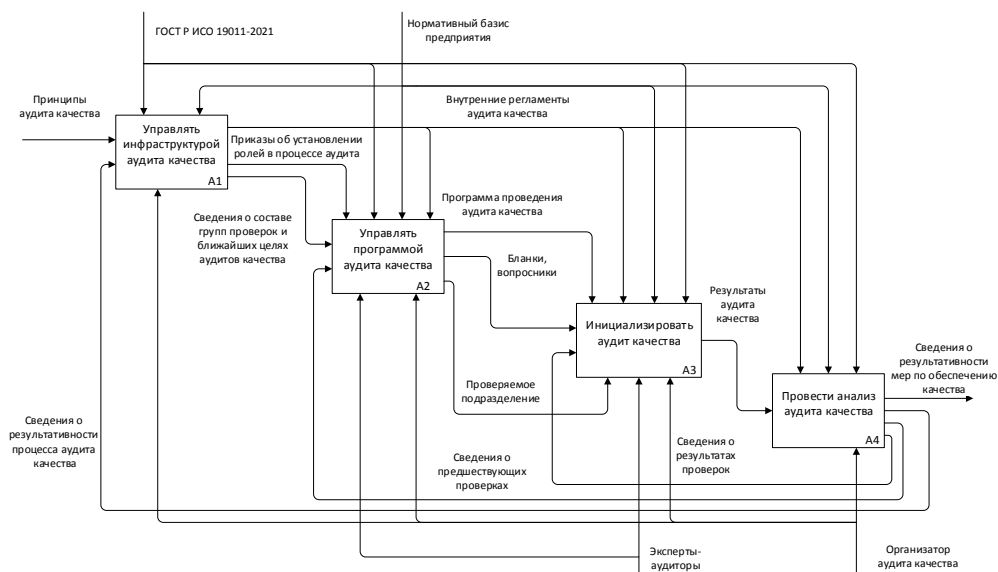


Рис. 7. Функциональная модель процесса аудита качества по ГОСТ Р ИСО 19011-2021

Поскольку функция инициализации аудита качества является ядерной для всего процесса, так как без проверочных мероприятий все прочие теряют смысл, то рассмотрим её подробнее. Инициализация аудита качества включает: проверки подразделения как заочно, так и непосредственно, описание в отчете выявленных при проверках несоответствий, участие в разработке плана корректирующих действий по результатам аудита, а также контроль выполнения плана и обобщение результатов. Рассмотрим данную функцию на дескриптивных уровнях модели.

## 5. Пример дескриптивного уровня модели процесса аудита качества

На основе методологии, предложенной в [24, 25], можно сформировать структуру системы поддержки принятия решений (СППР) процесса аудита качества. Рассмотренная выше функциональная модель может быть развернута в онтологическую модель по стандарту IDEF5 [26]. Кроме того, она дает возможность формирования нормативных и справочных документов, имеющих функциональную структуру. Для автоматической трансляции модели в стандарт предприятия можно использовать подход, изложенный в [14].

Онтологическое моделирование является важным инструментом для формирования сложных взаимосвязей между элементами системы

разной природы. В задаче принятия решений, как минимум, пересекаются вопросы процессного управления, распределения ресурсов и времени, а также набор объектов и субъектов, участвующих в процессе. Кроме того, метамодель процесса, в котором принимаются решения, или набор требований к нему во многом тождественная онтологии этого процесса. Иными словами, онтология позволяет наиболее емко и наглядно представить многообразие требований к процессу. Вопросы онтологического моделирования рассмотрены в работах многих авторов [27, 28].

В роли метамодели процесса аудита качества онтологическая модель будет сильно перегружена документами процесса. С другой стороны, добавление описания функций позволяет преобразовать данную модель в нормативный документ, устанавливающий требования к этому процессу. Построим модель глоссария, которая будет полезна при формировании формального регламента стандарта, описывающего предметную область аудита качества (рис. 8).

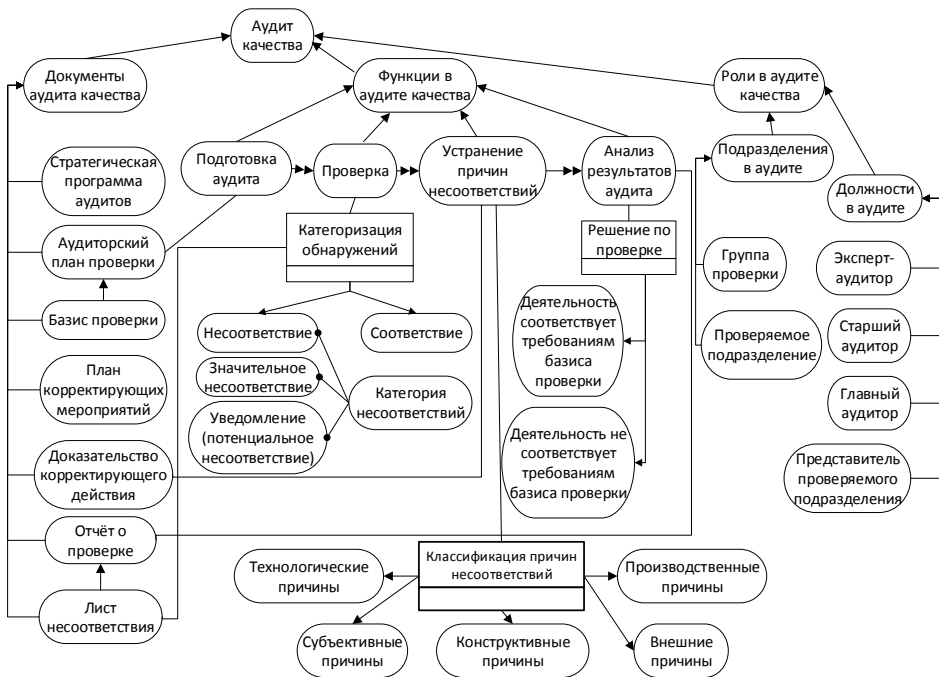


Рис. 8. Фрагмент онтологической модели аудита качества в роли глоссария

Построим ситуационную модель для принятия решений в данном процессе, которая соответствует третьему уровню ситуационно-онтологической методологии разработки систем поддержки принятия

решений. Обозначим следующие микроситуации верхнего уровня ситуационной модели, соответствующие функциональной модели:

- управление инфраструктурой аудита качества (S1);
- управление программой аудита качества (S2);
- инициализация аудита качества (S3);
- анализ результатов аудита качества (S4).

Рассмотрим выбранную функцию инициализация аудита качества в виде ситуационной модели, выполненной в нотации, описанной в [14], показанной на рис. 9.

S3:

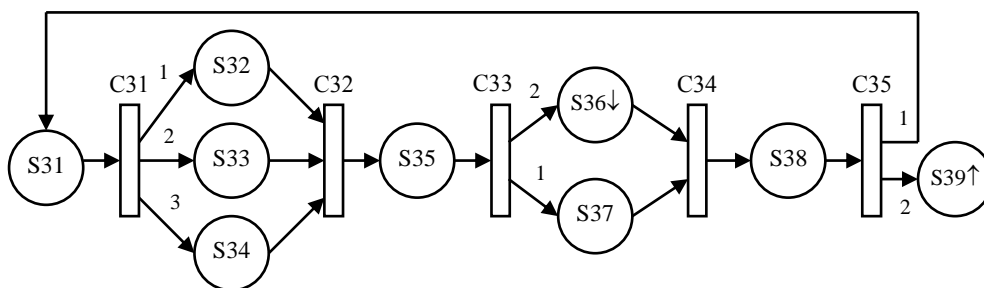


Рис. 9. Схема ситуационной модели для функции проверки процесса аудита качества

В данной модели:

- выбор метода получения информации (анализ / наблюдение / интервью) (S31);
- анализ документации (S32);
- наблюдение за работой (S33);
- беседа с работниками подразделения (S34);
- проверка соответствия (да / нет) (S35);
- классификация обнаружений, оформление листа несоответствия (S36);
- отсутствие несоответствия (S37);
- отметка в протоколе проверки, проверка наличия тем для проверки (есть / нет) (S38);
- оформление отчета о проверке (S39).

Под обнаружениями в ГОСТ 19.011-2021 подразумеваются «результаты оценивания собранных свидетельств аудита по отношению к критериям аудита» [23].



Условия выполнения переходов, соединяющих состояния модели, могут быть представлены как:

- завершение выбора метода (С31);
- сбор информации по аспекту проверки завершен (С32);
- окончание сравнения с критериями аудита (С33);
- окончание проверки соответствия (С34);
- окончание тем для проверки (С35).

Отметим, что возможность декомпозиций микроситуаций позволяет строить новые диаграммы, раскрывающие внутренние их состояния и их взаимосвязи.

На сценарном уровне рассмотрим точки принятия решений, которые можно обнаружить на ситуационной модели. Выделим, например, следующие:

1) выбор метода получения информации при аудите (анализ / наблюдение / интервью);

2) классификация обнаружений на соответствие, замечание (потенциальное несоответствие), несоответствие или значительное несоответствие;

3) формирование дополнительных вопросов при выявлении определённых признаков несоответствий в тех областях, которые не были охвачены планом проверки;

4) включение или невключение в отчёт о проверке отдельных несоответствий, например, если выявленное несоответствие было устранено до окончания проверки (найден запрошенный доказательный документ, устранены нарушения в части идентификации законсервированного оборудования и т.д.).

В реальной ситуации необходимо строить сценарную модель для каждого ветвления процесса, формируемого выбором ЛПП, но в данном случае рассмотрим только самую важную для данной функции точку принятия решений – классификацию обнаружений аудита.

Построим онтологическую модель классификации с помощью стандарта IDEF5, которая продемонстрирует структуру вариантов принятия решений в микроситуации S36 о категории несоответствия для обнаружений эксперта-аудитора (рис. 10).

Наконец, для построения параметрической модели необходимо принять решение о целесообразности и уровне автоматизации данной точки принятия решений.

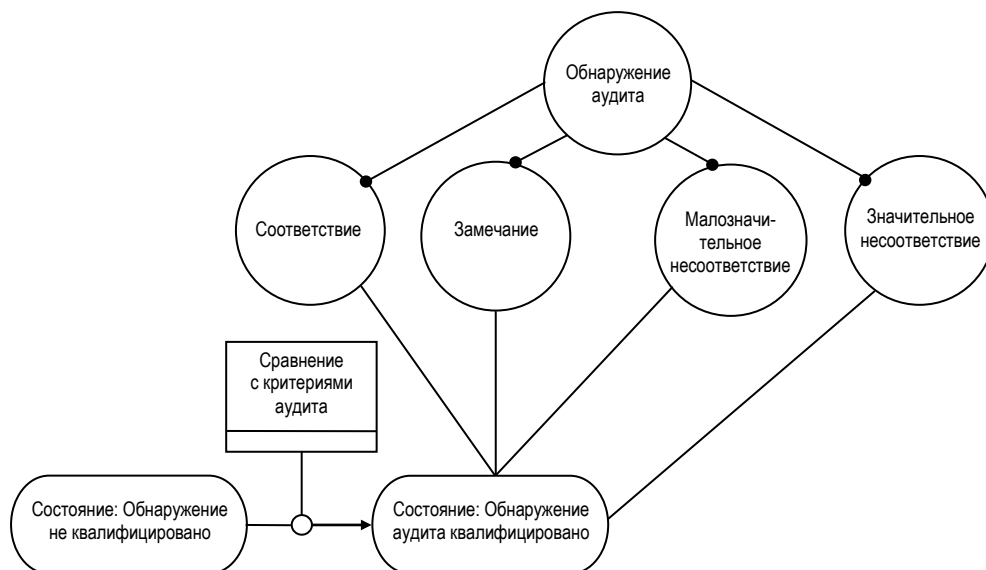


Рис. 10. Онтологическая модель классификации обнаружений аудита в точке принятия решений

Примем, что автоматизация может иметь следующие состояния:

- 1) не требуется;
- 2) реализуется без поддержки принятия решений;
- 3) реализуется при поддержке соответствующей экспертной системы;
- 4) реализуется на основе системы поддержки принятия решений;
- 5) реализуется автоматически, без участия человека.

В данной ситуации возможны 1-, 2-, 3- и 4-й варианты, поскольку переход в автоматический режим принятия решений для социально-экономической сферы производственных отношений в обозримой перспективе недостижим. Причём на сегодняшний день на большинстве предприятий реализуется 2-й вариант, поскольку документы любой организации оформляются средствами вычислительной техники, а не вручную. Для того чтобы перейти к 3-му варианту, требуется построить экспертную систему, но для процесса аудита, который реализуется в ограниченные сроки и в конкретный момент времени, вопрос своевременного привлечения экспертов может быть очень сложным, поэтому реальным способом автоматизации выглядит только построение СППР.

Для включения в структуру СППР точки принятия решения о классификации обнаружений аудита требуется метод обработки входной информации, который позволит сформулировать критерии для отнесения

обнаружения аудита к нужной категории и реализовать сравнение характеристик конкретного обнаружения с этими критериями с выдачей результата либо в виде указания на конкретную категорию, либо с оценкой, к какой категория обнаружения больше подходит. Описанию метода построения подобной параметрической модели посвящена статья [29].

### **Заключение**

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Показано, что цифровая трансформация ситуационного подхода активно развивается. Одним из доказательств данного утверждения является ситуационно-онтологическая методология разработки систем поддержки принятия решений, которая позволяет построить многоуровневую модель от общего описания организации до конкретной точки принятия решений в реальном времени.

2. Практическое применение данной методологии на данном этапе осуществляется в сфере менеджмента качества, и методология адаптирована для данной предметной области.

3. В ходе исследования был рассмотрен пример применения ситуационно-онтологической методологии для процесса аудита качества, точки принятия решений при классификации обнаружений аудита. Для решения поставленных задач были построены модели функционального, ситуационного и сценарного уровней. Описанию параметрической модели посвящена отдельная статья.

4. Разработанный пример демонстрирует, что ситуационно-онтологическая методология как метод исследования позволяет решать поставленные научно-практические задачи.

В дальнейшем планируется показать возможности применения методологии для других точек принятия решений и в новых предметных областях.

### **Библиографический список**

1. Вачугов Д.Д. Основы менеджмента. – М.: Высшая школа, 2005. – 377 с.
2. Пospelов Д.А., Пушкин В.Н. Мышление и автоматы. – М: Советское радио, 1972. – 22 с.

3. Поспелов Д.А. Принципы ситуационного управления // Известия РАН СССР. Техническая кибернетика. – 1971. – № 2. – С. 10–17.

4. Клыкков Ю.И. Ситуационное управление большими системами. – М.: Энергия, 1974. – 136 с.

5. Беллман Р., Заде Л. Вопросы принятия решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. – 46 с.

6. Коренев Г.В. Цель и приспособляемость движения. – М.: Наука, 1974. – 528 с.

7. Васильев В.И. Интеллектуальные системы защиты информации. – М.: Машиностроение, 2012. – 171 с.

8. Массель Л.В. Проблемы создания интеллектуальных систем семиотического типа для стратегического ситуационного управления в критических инфраструктурах // Информационные и математические технологии в науке и управлении: научный журнал. – 2016. – № 1. – С. 7–27.

9. Ильясов Б.Г., Миронов В.В., Юсупова Н.И. Модели предупреждения критических режимов управляемых объектов в условиях неопределенности: препринт. – Уфа: Изд-во УНЦ РАН, 1994. – 52 с.

10. Миронов В.В., Юсупова Н.И., Шакирова Г.Р. Ситуационно-ориентированные базы данных: концепция, архитектура, xml-реализация // Вестник УГАТУ. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2010. – Т. 14, № 2. – С. 233–244.

11. Юсупова Н.И. Критические ситуации и принятие решений при управлении в условиях помех. – Уфа: Гилем, 1997. – 112 с.

12. Куликов Г.Г., Конев К.А., Суворова В.А. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие. – Уфа: Изд-во УГАТУ, 2012. – 159 с.

13. Черняховская Л.Р., Федорова Н.И. Ситуационный подход к управлению взаимодействием сложных процессов на основе онтологического инжиниринга // Информационные и математические технологии в науке и управлении: труды XX Байкальск. всерос. конф. Т. 3. – Иркутск, 2015. – С. 166–174.

14. Конев К.А., Шакирова Г.Р. Применение метаситуационного моделирования для описания социально-экономических процессов в сфере образования // Науч.-техн. вестник информац. технологий, механики и оптики. – 2014. – № 3 (91). – С. 163–171.

15. Юсупов И.Ю. Автоматизированные системы принятия решений. – М.: Наука, 1983. – 87 с.

16. Юсупов И.Ю., Парфенов И.И., Горшечников А.В. Автоматизированное управление ситуациями в АПК. – Уфа: Башкир. кн. изд-во, 1988. – 207 с.

17. Куликов Г.Г., Набатов А.Н., Речкалов А.В. Автоматизированное проектирование информационно-управляющих систем. Системное моделирование предметной области: учеб. пособие. – Уфа: Изд-во УГАТУ, 1998. – 103 с.

18. Silver B. BPMN Method and Style: A levels-based methodology for BPM process modeling and improvement using BPMN 2.0. – Cody-Cassidy, 2009.

19. Федоров И.Г. Нотация BPMN 2.0. Стандарт ISO/IEC 19510:2013 для создания исполняемых моделей бизнес-процессов: учебник. – М.: Изд-во РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. – 272 с.

20. Основы концепции онтологического моделирования бизнес-процессов для задач принятия решений / К.А. Конев, В.В. Антонов, Д.А. Ризванов, С.Г. Селиванов, Н.С. Бакусова // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 12–1. – С. 71–77.

21. Ситуационно-онтологическая методология принятия решений на примере бизнес-процессов авиаприборостроительного предприятия / В.В. Антонов, К.А. Конев, Г.Г. Куликов, В.А. Суворова // Вестник Южно-Урал. гос. ун-та. Сер. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 102–115.

22. Zachman J. A Framework for Information Systems Architecture // IBM Systems Journal. – 1987. – Vol. 26, № 3. – P. 276–292.

23. ГОСТ Р ИСО 19011–2021. Оценка соответствия. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента. – М.: Стандартинформ, 2021. – 36 с.

24. Антонов В.В., Конев К.А. Интеллектуальный метод поддержки принятия решений в типовой ситуации // Онтология проектирования. – 2021. – Т. 11, № 1 (39). – С. 126–136.

25. Антонов В.В., Конев К.А., Куликов Г.Г. Трансформация модели системы поддержки принятия решений для типовых ситуаций с применением интеллектуальных и аналитических методов // Вестник Южно-Урал. гос. ун-та. Сер. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 14–25.

26. Кудряшова Э.Е. Методы и модели проектирования информационных систем: монография. – М.: Изд-во Акад. естествознания, 2009. – 128 с.

27. Богуславский И.М., Диконов В.Г., Тимошенко С.П. Онтология для поддержки задач извлечения смысла из текста на естественном языке // Информационные технологии и системы. – 2012. – С. 152–161.

28. Муртазина М.Ш. Интеллектуальная поддержка принятия решений в области инженерии требований на основе онтологических моделей представления знаний: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10. – Новосибирск, 2019. – 227 с.

29. Антонов В.В., Конев К.А. Система поддержки принятия решений для бизнес-процесса внутреннего аудита качества предприятия // Онтология проектирования. – 2022. – Т. 12, № 1 (43). – С. 106–116.

### References

1. Vachugov D.D. Fundamentals of management. Moscow: Vysshaia shkola, 2005, 377 p.

2. Pospelov D.A., Pushkin V.N. Myshlenie i avtomaty [Thinking and automata]. Moscow: Sovetskoe radio, 1972, 22 p.

3. Pospelov D.A. Printsipy situatsionnogo upravleniia [Principles of situational management]. *Izvestiia RAN SSSR. Tekhnicheskaiia kibernetika*, 1971, no. 2, pp. 10-17.

4. Klykov Iu.I. Situatsionnoe upravlenie bol'shimi sistemami [Situational control of large systems]. Moscow: Energiia, 1974, 136 p.

5. Bellman R., Zade L. Voprosy priniatiia reshenii v raspivychatykh usloviakh [Issues of decision-making in vague conditions]. *Voprosy analiza i protsedury priniatiia reshenii*. Moscow: Mir, 1976, 46 p.

6. Korenev G.V. Tsel' i prisposobliaemost' dvizheniia [Purpose and adaptability of movement]. Moscow: Nauka, 1974, 528 p.

7. Vasil'ev V.I. Intellektual'nye sistemy zashchity informatsii [Intelligent information security systems]. Moscow: Mashinostroenie, 2012, 171 p.

8. Massel' L.V. Problemy sozdaniia intellektual'nykh sistem semioticheskogo tipa dlia strategicheskogo situatsionnogo upravleniia v kriticheskikh infrastrukturakh [Problems of creating intelligent systems of semiotic type for strategic situational management in critical infrastructures]. *Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii: nauchnyi zhurnal*, 2016, no. 1, pp. 7-27.

9. Il'iasov B.G., Mironov V.V., Iusupova N.I. Modeli preduprezhdeniia kriticheskikh rezhimov upravliaemykh ob"ektov v usloviakh neopredelennosti: preprint [Models for preventing critical modes of controlled objects under uncertainty: preprint]. Ufa: Ufimskii nauchnyi tsentr Rossiiskoi akademii nauk, 1994, 52 p.

10. Mironov V.V., Iusupova N.I., Shakirova G.R. Situatsionno-orientirovannye bazy dannykh: kontseptsii, arkhitektura, xml-realizatsiia [Situation-oriented databases: concept, architecture, xml-implementation]. *Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta. Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika*, 2010, vol. 14, no. 2, pp. 233-244.

11. Iusupova N.I. Kriticheskie situatsii i priniatie reshenii pri upravlenii v usloviakh pomekh [Critical situations and decision-making in control under interference conditions]. Ufa: Gilem, 1997, 112 p.

12. Kulikov G.G., Konev K.A., Suvorova V.A. Teoriia sistem i sistemnyi analiz [Systems theory and systems analysis]. Ufa: Ufimskii gosudarstvennyi aviatsionnyi tekhnicheskii universitet, 2012, 159 p.

13. Cherniakhovskaia L.R., Fedorova N.I. Situatsionnyi podkhod k upravleniiu vzaimodeistviem slozhnykh protsessov na osnove ontologicheskogo inzhiniringa [Situational approach to managing the interaction of complex processes based on ontological engineering]. *Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii: trudy XX Baikalskoi Vserossiiskoi konferentsii. Tom 3*. Irkutsk, 2015, pp. 166-174.

14. Konev K.A., Shakirova G.R. Primenenie metasituatsionnogo modelirovaniia dlia opisaniia sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov v sfere obrazovaniia [Application of metasituational modeling to describe socio-economic processes in the field of education]. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2014, no. 3 (91), pp. 163-171.

15. Iusupov I.Iu. Avtomatizirovannye sistemy priniatiia reshenii [Automated decision-making systems]. Moscow: Nauka, 1983, 87 p.

16. Iusupov I.Iu., Parfenov I.I., Gorshechnikov A.V. Avtomatizirovannoe upravlenie situatsiiami v APK [Automated situation management in the agro-industrial complex]. Ufa: Bashkirskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1988, 207 p.

17. Kulikov G.G., Nabatov A.N., Rechkalov A.V. Avtomatizirovannoe proektirovanie informatsionno-upravliaiushchikh sistem. Sistemnoe modelirovanie predmetnoi oblasti [Computer-aided design of information

and control systems. System modeling of the subject area]. Ufa: Ufimskii gosudarstvennyi aviatsionnyi tekhnicheskii universitet, 1998, 103 с.

18. Silver B. BPMN Method and Style: A levels-based methodology for BPM process modeling and improvement using BPMN 2.0. Cody-Cassidy, 2009.

19. Fedorov I.G. Notatsiia BPMN 2.0. Standart ISO/IEC 19510:2013 dlia sozdaniia ispolniaemykh modelei biznes-protsessov [BPMN 2.0 notation. ISO/IEC 19510:2013 standard for creating executable business process models]. Moscow: Rossiiskii ekonomicheskii universitet imeni G.V. Plekhanova, 2018, 272 p.

20. Konev K.A., Antonov V.V., Rizvanov D.A., Selivanov S.G., Bakusova N.S. Osnovy kontseptsii ontologicheskogo modelirovaniia biznes-protsessov dlia zadach priniatiia reshenii [Fundamentals of the concept of ontological modeling of business processes for decision-making]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2020, no. 12–1, pp. 71–77.

21. Antonov V.V., Konev K.A., Kulikov G.G., Suvorova V.A. Situatsionno-ontologicheskaia metodologiia priniatiia reshenii na primere biznes-protsessov aviapriBORostroitel'nogo predpriatiia [Situational-ontological decision-making methodology on the example of business processes of an aircraft instrument-making enterprise]. *Vestnik Iuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Komp'iuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 102–115.

22. Zachman J. A Framework for Information Systems Architecture. *IBM Systems Journal*, 1987, vol. 26, no. 3, pp. 276–292.

23. GOST R ISO 19011–2021. Otsenka sootvetstviia. Rukovodiashchie ukazaniia po provedeniiu audita sistem menedzhmenta [GOST R ISO 19011-2021. Conformity assessment. Guidelines for auditing management systems]. Moscow: Standartinform, 2021, 36 p.

24. Antonov V.V., Konev K.A. Intel'lectual'nyi metod podderzhki priniatiia reshenii v tipovoi situatsii [Intelligent decision support method in a typical situation]. *Ontologiia proektirovaniia*, 2021, vol. 11, no. 1 (39), pp. 126–136.

25. Antonov V.V., Konev K.A., Kulikov G.G. Transformatsiia modeli sistemy podderzhki priniatiia reshenii dlia tipovykh situatsii s primeneniem intellektual'nykh i analiticheskikh metodov [Transformation of the decision support system model for typical situations using intellectual and analytical methods]. *Vestnik Iuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Komp'iuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 14–25.



26. Kudriashova E.E. *Metody i modeli proektirovaniia informatsionnykh sistem* [Methods and models for designing information systems]. Moscow: Akademiia estestvoznaniia, 2009, 128 p.

27. Boguslavskii I.M., Dikonov V.G., Timoshenko S.P. *Ontologiya dlia podderzhki zadach izvlecheniia smysla iz teksta na estestvennom iazyke* [Ontology for supporting the tasks of extracting meaning from a natural language text]. *Informatsionnye tekhnologii i sistemy*, 2012, pp. 152-161.

28. Murtazina M.Sh. *Intellektual'naiia podderzhka priniatiia reshenii v oblasti inzhenerii trebovaniia na osnove ontologicheskikh modelei predstavleniia znaniia* [Intelligent Decision Support in Requirements Engineering Based on Ontological Representation Models]. Ph. D. thesis. Novosibirsk, 2019, 227 p.

29. Antonov V.V., Konev K.A. *Sistema podderzhki priniatiia reshenii dlia biznes-protsessa vnutrennego audita kachestva predpriiatiia* [Decision support system for the business process of internal audit of enterprise quality]. *Ontologiya proektirovaniia*, 2022, vol. 12, no. 1 (43), pp. 106-116.

### Сведения об авторах

**Антонов Вячеслав Викторович** (Уфа, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизированные системы управления» Уфимского государственного авиационного технического университета (450001, Уфа, ул. Карла Маркса, 12, e-mail: antonov.v@bashkortostan.ru).

**Конов Константин Анатольевич** (Уфа, Россия) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автоматизированные системы управления» Уфимского государственного авиационного технического университета (450001, Уфа, ул. Карла Маркса, 12, e-mail: sireo@rambler.ru).

**Куликов Григорий Геннадьевич** (Уфа, Россия) – технический директор АО УНПП «Молния» (450052, Уфа, ул. Зенцова, 70, e-mail: grigmolniya@gmail.com).

### About the authors

**Vyacheslav V. Antonov** (Ufa, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automated Control Systems USATU (450001, Ufa, 12, Karl Marx str., e-mail: antonov.v@bashkortostan.ru).

**Konstantin A. Konev** (Ufa, Russian Federation) – Doctor of Philosophy, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automated Control Systems USATU (450001, Ufa, 12, Karl Marx str., e-mail: sireo@rambler.ru).

**Grigory G. Kulikov** (Ufa, Russian Federation) – Technical Director of JSC UPPP "Molniya" (450052, Ufa, 70, Zentsova str., e-mail: grigmolniya@gmail.com).

Поступила: 12.05.2022 Одобрена: 31.05.2022 Принята к публикации: 12.09.2022

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по отношению к статье.

**Вклад авторов.** Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Антонов, В.В. Система поддержки принятия решений на основе формализованной цифровой ситуационно-онтологической модели аудита качества / В.В. Антонов, К.А. Конев, Г.Г. Куликов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2022. – № 42. – С. 65–90. DOI: 10.15593/2224-9397/2022.2.04

Please cite this article in English as:

Antonov V.V., Konev K.A., Kulikov G.G. Decision support system based on a formalized digital situational-ontological model of quality audit. *Perm national research polytechnic university bulletin. Electrotechnics, information technologies, control systems*, 2022, no. 42, pp. 65-90. DOI: 10.15593/2224-9397/2022.2.04