

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

УДК 004.89

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-4-547-561

**Усовершенствование ситуационной методологии разработки систем поддержки принятия решений для предприятий**

© 2022, В.В. Антонов, К.А. Конев ✉

*Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия***Аннотация**

Предлагается методика по развитию ситуационной методологии разработки систем поддержки принятия решений для организационных систем с учётом влияния фактора времени. В существующих методологиях недостаточно внимания уделяется связям между организационной частью модели и параметрическим методом, с помощью которого осуществляется выбор приемлемого решения, оценивание последствий принятых решений зачастую игнорируется, а применение данных методологий к решению практических задач затруднительно. Цель статьи - обобщение существующих подходов к принятию решений на основе усовершенствованной методологии разработки систем поддержки принятия решений, которая нацелена на устранение выявленных проблем. Для достижения цели применялись системный и ситуационный подходы, онтологический инжиниринг, структурный анализ систем, методы классификации сложных объектов. Сформированы предложения по совершенствованию ситуационного подхода к созданию систем поддержки принятия решений, включающие определение иерархии компонент процесса принятия решений, описание методов перехода между уровнями принятия решений, с акцентом на уровень выбора параметрического метода для трансформации множества вариантов в результативное решение. Сделан вывод, что предложенная методика позволит упростить процесс проектирования систем поддержки принятия решений для предприятий.

Ключевые слова: ситуационное управление, принятие решений, методология проектирования, системы поддержки принятия решений.

Цитирование: Антонов В.В., Конев К.А. Усовершенствование ситуационной методологии разработки систем поддержки принятия решений для предприятий // Онтология проектирования. 2022. Т.12, №4(46). С.547-561. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-4-547-561.

Финансирование: исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках основной части государственного задания высшим учебным заведениям № FEUE-2020-0007.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

Вопросы цифровизации экономики на основе новых технологий в настоящее время являются чрезвычайно актуальными. При этом важным аспектом цифровизации является интеллектуализация принятия решений (ПР). Под интеллектуализацией здесь подразумевается создание интеллектуальных информационных систем в рамках систем поддержки ПР (СППР), которые, в свою очередь, определяются как комплексы программных, лингвистических и логико-математических средств для поддержки деятельности и поиска информации в режиме диалога на естественном языке [1]. В этой связи ставятся важные задачи по созданию

структуры интеллектуальной подсистемы, выбору методов сбора информации для неё, методов ПР на основе этой информации и оценки последствий принятых решений. Данные задачи решаются методами ПР: эвристическими, системными, ситуационными, экспертными и т.д. Однако существующие подходы и методологии ПР в большинстве либо абстрактны и не содержат чётких методик их практической реализации, либо, напротив, очень предметны и соответствуют узкому классу конкретных задач. Возникает потребность в такой постановке задачи ПР, при которой будет сформирована общая концепция, чтобы её можно было применять к широкому кругу научных и практических задач в конкретных предметных областях (ПрО). Проектирование интеллектуальных помощников или СППР относится к новым перспективным технологиям [2].

Цель статьи - анализ существующих подходов к принятию решений и обобщение их ключевых положений в рамках усовершенствованной методологии с точки зрения применения в СППР.

1 Анализ подходов и методов принятия решений

Применение множества существующих методов ПР в ПрО, связанной с производством, т.е. с динамическими процессами управления организационно-техническими объектами, ограничивается одним важным обстоятельством, состоящим в том, что возможность перехода от описания проблемы к её решению сводится к выбору из ограниченного списка альтернатив. Несмотря на многообразие методов ПР, они зачастую игнорируют важнейшие обстоятельства времени, места и т.д., которые могут изменить шкалу оценки принятых решений. Обстоятельства играют большую роль в принятии решения на практике, что привело к возникновению понятия ситуационного управления и связанного с ним научного направления.

В 1964 г. была предложена идея создания «единой теории управления», впоследствии названной ситуационной теорией управления [3]. Понятия «ситуационная модель» и «ситуационное управление» были введены Д.А. Пospelовым [4, 5]. Подходы к семиотическим основам информатики предложил советский лингвист В.В. Мартынов [6, 7].

Развивая понятие «ситуация» в рамках приложения ситуационного подхода к управлению сложными системами [8], Клыков Ю.И. предложил рассматривать последовательное преобразование ситуации как результат ПР, связанного с выбором управленческого воздействия. При этом задача ПР рассматривалась как классификация ситуаций, а функционирование сложной системы представлялось как процесс преобразования пространственно-временных отношений между элементами. По-другому предложили классифицировать ситуации Бергман и Заде, применив операции теоретико-множественного пересечения [9]. Применение теоретико-множественного пересечения к заданному множеству ситуаций даёт множество обобщённых ситуаций, которое сопоставляется с множеством решений.

Концептуально ситуационное управление можно выразить следующим образом [10].

В качестве текущей ситуации S_{cur} рассматривается система из текущего состояния объекта (вектор состояния V_s) и его внешней среды (вектор возмущений V_i), где $S_{cur} = \langle V_s, V_i \rangle$. Следовательно полная ситуация может быть выражена как: $S = \langle S_{cur}, G \rangle$, где G – некоторая цель управления, которая является той целевой ситуацией S_G , в которую за счёт управления переводится текущая ситуация S_{cur} . Значит S можно представить следующим образом: $S = \langle S_{cur}, S_G \rangle$. Учитывается, что $S_{cur} \in U_1$, где U_1 – некоторый класс определённого типа ситуаций, а $S_G \in U_2$, где U_2 – некоторый класс целевых ситуаций, которые стремится достигнуть лицо, принимающее решение (ЛПР). Для перевода текущей ситуации в целевую опре-

деляется множество управляющих действий (вектор управляющих действий $V_C \in \Omega$, где Ω – множество допустимых управленческих мероприятий), что можно описать выражением:

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

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:

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

В современных исследованиях интерес представляет структурирование ситуаций. Например, в исследовании критических ситуаций [11] принято понятие ситуации на двух уровнях: на макроуровне, где ситуация – элемент, часть всех возможных ситуаций; на микроуровне, где ситуация описывается автономно на основе её внутренней структуры. Развиваются также подходы к функционально-структурному описанию предприятий, которые рассматриваются как совокупность ресурсов и функций и описываются комплексами различных моделей.

Появление мощных и удобных в применении инструментов для построения онтологических моделей (например, *OWL* [12]) и интеллектуальных методов ПР позволило объединить достижения науки в области ситуационного управления, онтологического и структурного проектирования, системного анализа и современных методов ПР. Появилась возможность разработки онтологий предприятия [13]. Для сложных организационно-технических систем потребовалось создать многоуровневые ситуационные модели [14], многоуровневую онтологическую модель предприятия на основе представления его в виде совокупности различных ресурсов [15], а также включить учёт реального времени [16]. Слияние ситуационного, онтологического и структурного подходов осуществлено в ситуационно-онтологической методологии моделирования бизнес-процессов (БП), которая названа «метаситуационной» [17].

Развитие ситуационного подхода к поддержке ПР происходило путём совершенствования понимания термина «ситуации» и вовлечением в этот подход элементов системного, структурного и онтологического подходов (см. рисунок 1). В существующих методологиях мало внимания уделяется связям между организационной частью модели организационной системы и параметрическим методом, с помощью которого для каждой точки ПР осуществляется выбор приемлемого решения. Кроме того, оценивание последствий принятых решений зачастую игнорируется. Многообразие подходов в этой области затрудняет доведение их до инженерного уровня, что ставит вопрос о постановке в общем виде задачи поддержки ПР.



Рисунок 1 – Развитие научных представлений о модели управления предприятием

2 Общая постановка задачи поддержки принятия решений

Задача поддержки ПР может быть представлена как иерархия включённых элементов (см. рисунок 2).

Бизнес-процесс включает некоторое количество точек ПР, т.е. таких функций, в результате выполнения которых он ветвится на некоторые сценарии, способные изменить конечный результат процесса, т.е. БП соотносится с точкой ПР как общее и частное, выстраивая отношение обобщения от точки ПР к БП. В каждой точке ПР может быть некоторое количество ситуаций, вызванных различными обстоятельствами, причём ситуации друг от друга отличаются по составу возможных вариантов решений.

Ситуация – это множество возможных вариантов решений для точки ПР. В каждой ситуации может быть от нуля до нескольких корректных вариантов решений. Любой корректный вариант решения реализует один или несколько сценариев реализации решения. Реализация сценария вызывает последствия, которые можно оценить разными способами.

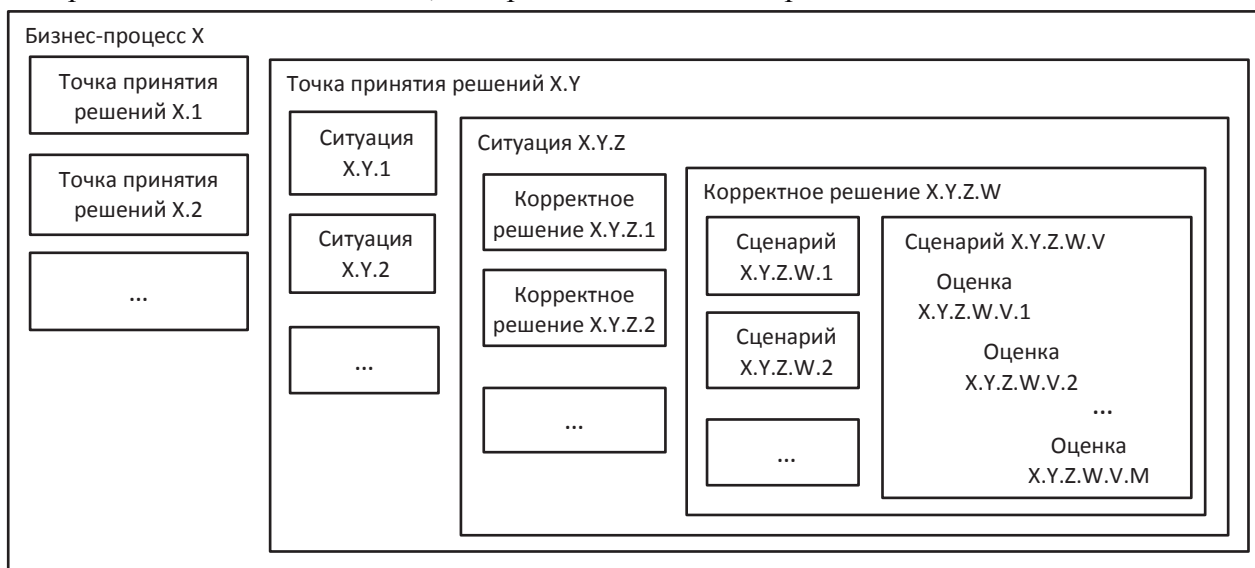


Рисунок 2 – Иерархия включённых элементов, используемых в процессе принятия решения

Такая иерархия очевидна, но не полностью раскрывает феномен ПР. Переход на каждый новый уровень иерархии требует реализации некоторых условий. Это функциональное пространство, поскольку любые операции с его объектами – объекты этого же множества. Переход от общего к частному в каждом конкретном случае требует реализации конкретного метода. Параллельно функциональному пространству возникает методологическое пространство, в котором формируется множество правил, по которым от общего можно перейти к частному в конкретной задаче ПР.

2.1 Переход от БП к существующим в нём точкам ПР

Переход осуществляется визуализацией БП и составлением его концептуальной модели при помощи методологий *SADT*, *UML*, *EPC*, *BPMN* или подобных. В модели определяются функции, в результате выполнения которых БП ветвится на альтернативные потоки управления, а их реализация может привести к различным результатам процесса. В любом случае каждая такая функция будет точкой ПР. Если ветвление процесса предусмотрено его регламентом и не влияет на результаты, то такая функция не является точкой ПР.

Пусть для организации *O* существует множество БП $BP = \{bp_1, \dots, bp_S\}$. Тогда существует некоторое множество *P* таких функций всех БП, в которых осуществляется выбор, определяющий состояния значимых для БП элементов, т.е. точек ПР: причём $P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_n\}$, где p_i – отдельная точка ПР, а n – их общее количество.

Между BP и P можно построить отношение, в котором каждому bp_i будет поставлено в соответствие, обозначающее множество точек ПР в i -том БП, подмножество $P^i \subset P$, где $P^i = \{p_1^i, \dots, p_{n_i}^i\}$, где n_i – число точек ПР в i -том БП. Отбор точек ПР в БП осуществляется по критериям: ветвление модели процесса после точки ПР; влияние на конечные результаты при выборе одной из веток в процессе ПР. На других уровнях ПР критериев может быть больше, поэтому их можно представить как вектор критериев $V^i = \{v_1, \dots, v_{m_i}\}$, где m_i – число критериев в i -том БП. Элементы множества V^i могут принимать значения «да» или «нет», что можно представить как 0 и 1. Тогда переход от множества BP к множеству P в рамках конкретной задачи, т.е. решение задачи определения среди функций БП bp_i некоторого множества точек ПР P^i на основе признаков V^i можно будет записать в виде декартова произведения множеств:

$$P^i = P \times V^i. \quad (3)$$

Если по одному из параметров V^i любое значение P не совпадёт (нет ветвления или нет влияния на конечный результат процесса), то данная функция не будет точкой ПР, а если совпадёт, то при умножении на 1 останется такой точкой.

Для БП организации будет сформировано пространство, где каждому i -тому процессу из множества BP будет соответствовать множество точек ПР. По мере перехода по уровням модели будут формироваться её новые измерения (см. рисунок 3).

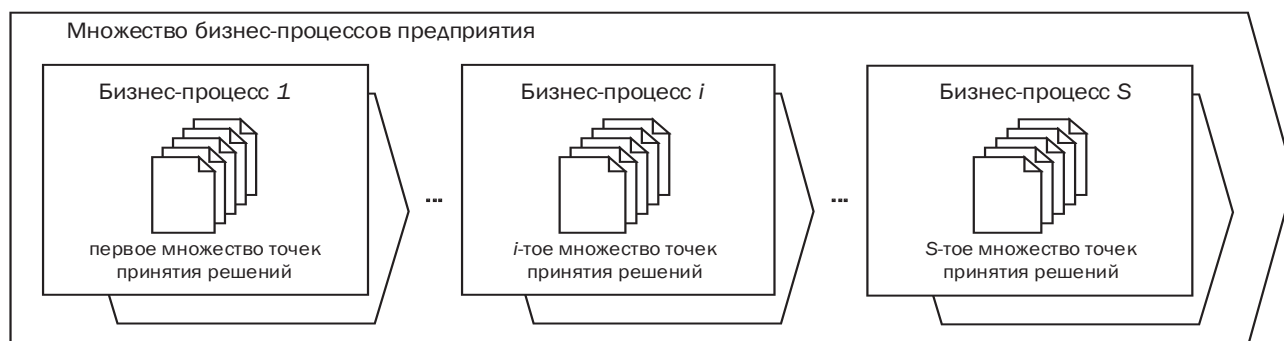


Рисунок 3 – Увеличение числа измерений при переходе к новому уровню рассмотрения системы

2.2 Переход от уровня точки ПР к уровню множества возможных вариантов

Для реализации перехода от уровня точки ПР к уровню множества возможных вариантов решения следует определить ситуацию ПР. Для одной и той же точки ПР разные (обладающие разными значениями измеряемых признаков) ситуации будут иметь разные множества вариантов принимаемых решений.

Например, если необходимо выбрать меры мотивации работника, которому нужно сдать отчёт в среду, то для ситуации сдачи отчёта во вторник множество вариантов решения будет поощрение от 0 до N , а для ситуации сдачи отчёта в четверг такое множество будет включать наказание от 0 до M .

Множество вариантов решений нельзя определить без учёта признаков ситуации, таких как, например, время, контекст, важность, затраты и т.д. Эти признаки должны учитываться на момент времени t , когда принимается решение. Выбор известного множества вариантов решения в зависимости от ранее установленной комбинации признаков является идентификацией типовой ситуацией, а типовая ситуация определяется как ситуация с известными признаками для которой сформировано множество вариантов решения [18].

Схема учёта ситуационного фактора на примере фактора времени показана на рисунке 4.

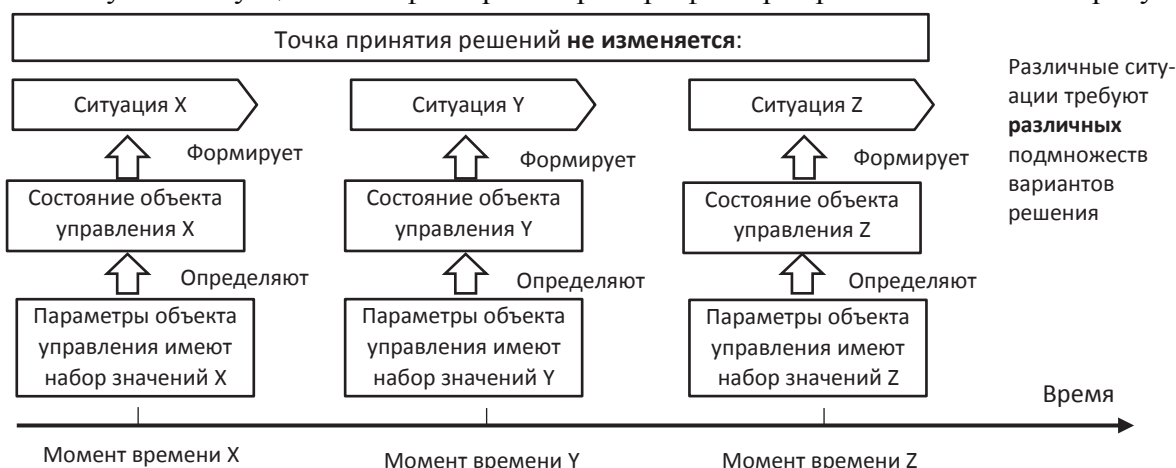


Рисунок 4 – Схема учёта фактора времени при принятии решений

Продолжая выше определённую логику, можно заключить, что для каждой j -той точки ПР $p_j^i \in P^i$, являющейся, по сути, одной из функций bp_i можно поставить в соответствие множество ситуаций $S^{ij} = \{s_1^{ij}, \dots, s_{n_{ij}}^{ij}\}$, где n_{ij} – общее число ситуаций в j -той точке ПР в i -том БП. Множество вариантов решений определяется не только структурой функций БП, но и ситуацией, т.е. сложившимися в данный момент времени на объекте управления конкретными обстоятельствами, которые могут приводить к разным корректным решениям в одной и той же точке ПР в разное время. Подобным образом одна и та же функция в разных условиях (ситуациях) требует разных вариантов для выбора при ПР.

Важной особенностью типовых ситуаций является тот факт, что параметры их состояния можно определить и описать заранее, т.е. зафиксировать в виде множеств вариантов решений, сопоставив им, по аналогии с предыдущим уровнем, некоторое множество признаков или вектор идентификации $V^{ij} = \{v_1^i, \dots, v_{m_{ij}}^i\}$, где m_{ij} – число признаков, которые будут определять ситуацию в j -той точке ПР в i -том БП.

На усложнение по отношению к идентификации точек ПР указывает тот фактор, что признаки ситуации перестают быть логическими, поскольку включают характеристику времени. Это усложнение можно преодолеть если преобразовать их так, чтобы они стали логическими.

Если продолжить все подобные действия, то выражение (1) можно будет применить и для идентификации типовых ситуаций, т.е. выбора множества вариантов решения, подходящего для сложившихся условий в точке ПР p_j^i :

$$S^{ij} = P^i \times V^{ij}. \tag{4}$$

2.3 Переход от ситуации к множеству корректных решений

Наиболее сложным этапом является переход от ситуации, представляющей собой множество возможных решений в некоторых обстоятельствах, к множеству корректных решений. Сложность этапа является следствием многообразия методов ПР и значительного влияния на выбор методов особенностей конкретного БП.

Множество возможных корректных решений в ситуации S^{ij} может иметь вид $D^{ijk} = \{d_1^{ijk}, \dots, d_{n_{ijk}}^{ijk}\}$, где n_{ijk} – общее число корректных решений в k -той ситуации в j -той

точке ПР в i -том БП. Тогда должен существовать некоторый вектор V^{ijk} , позволяющий идентифицировать подмножество корректных решений. Способы отбора нужного решения многообразны, опираются на значительный объём факторов и преобразование вектора V^{ijk} в набор логических компонент представляет собой отдельную задачу. Воспользоваться преобразованием выражения (2) можно, но полученный результат не имеет практического значения. В этой связи предлагается ввести новое ограничение в виде множества методов решения $M = \{m_1, \dots, m_{ijk}\}$, где m_{ijk} – число методов для k -той ситуаций в i -той точке ПР в i -том БП, т.е. переход от множества ситуаций к подмножеству корректных решений будет зависеть от метода ПР.

Таким образом, выражение для конкретной ситуации $s_k^{ij} \in S^{ij}$ есть множество вариантов решений, определяемых на основании метамодеи, заложенной в $m_{ijk} \in M$. Отношение между множествами может быть представлено следующим выражением:

$$D^{ijk} = S^{ij} \times M. \quad (5)$$

На данном уровне модели ПР важным аспектом становится выбор метода обработки информации, т.е. метод выбора подмножества корректных решений из множества всех вариантов, которые доступны в заданной ситуации. Схема процесса ПР с выбором метода ПР из вариантов показана на рисунке 5.



Рисунок 5 – Схема процесса принятия решений

2.4 Множество сценариев реализации выбранного варианта решения

Сценарии реализации решения представляют собой важную часть процесса ПР. Одно и то же решение можно реализовать по-разному, т.е. сценарии реализации решения формируют множество. Для каждого k -го корректного решения может существовать множество сценариев его реализации $C^{ijk} = \{c_1^{ijk}, \dots, c_{n_{ijk}}^{ijk}\}$, где n_{ijk} – общее число сценариев решений для i -ого корректного решения в k -ой ситуаций, j -ой точки ПР, i -ого БП.

Выбор сценария решения возможен по вектору признаков. Зачастую такой вектор связан с экономическими показателями, но могут быть показатели безопасности, репутации и др. Вектор планирования $V^{ijk} = \{v_1^{ijk}, \dots, v_{m_{ijk}}^{ijk}\}$, где m_{ijk} – число признаков, по которым будет выбран сценарий реализации g -го корректного решения в k -ой ситуаций, i -ой точки ПР, i -ого БП.

$$C^{ijk} = D^{ijk} \times V^{ijk}. \quad (6)$$

2.5 Переход от сценария реализации ПР к оценкам его результативности

Для осуществления перехода от сценария реализации принятого решения к оценкам его результативности требуется сформировать методику выбора оценки с учётом комплекса особенностей БП и сценариев.

Пусть множество оценок $E^{ijkl} = \{e_1^{ijkl}, \dots, e_{n_{ijkl}}^{ijkl}\}$, где n_{ijkl} – число оценок для h -ого сценария реализации g -того корректного решения в k -ой ситуации, j -ой точки ПР, i -ого БП. Многообразие оценок ME может быть учтено выбором метода оценивания $ME = \{me_1, \dots, me_{m_{ijkl}}\}$, где m_{ijkl} – число методов оценки для h -ого сценария реализации g -ого корректного решения в k -ой ситуации, j -ой точки ПР, i -го БП. Вектор полезности оценки UV включает $UV = \{0, 1\}$, как совокупную характеристику осуществимости, целесообразности и возможности получить корректный результат. Декартово произведение с UV позволит отбросить ситуации, которые не требуют оценки последствий принятого решения. В таком случае выражение для оценки последствий принятого решения примет вид:

$$E^{ijkl} = UV \times (C^{ijk} \times ME). \quad (7)$$

Вектор UV в общем виде может представлять собой более сложное множество, т.е. включать промежуточные значения между 0 и 1, в таком случае для определения вектора полезности понадобится функция принадлежности.

Связь множеств объектов, участвующих в процессе ПР, показана на рисунке 6.

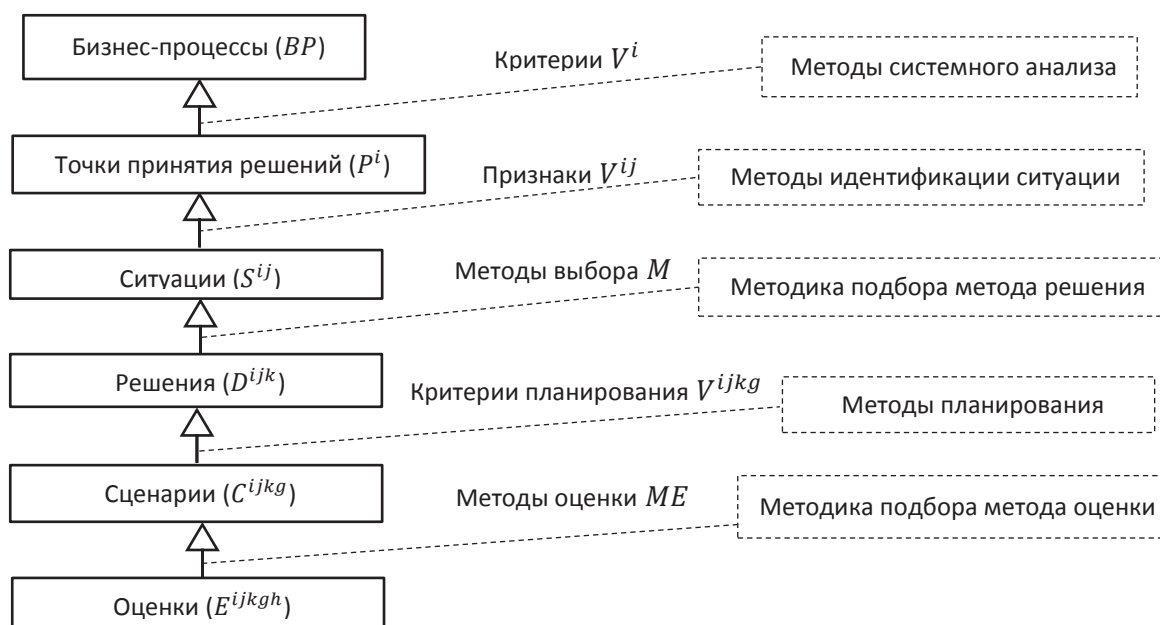


Рисунок 6 – Связь объектов в процессе принятия решения

Предложенная схема постановки задачи ПР включает решения новой задачи определения метода выбора варианта ПР. Для решения задачи можно предложить шкалу методов (от эвристических до точных измерительных) и методику определения точки на данной шкале для конкретной типовой ситуации с известными параметрами в контексте конкретного БП.

3 Формирование шкалы классов методов принятия решений

С целью определения относительно общей меры для выбора методов ПР можно ввести понятие результативности ПР, как вероятности получения корректного решения, снимающего проблему в данной конкретной ситуации на объекте управления без однозначно связанных с этим решением негативных последствий на заданный отрезок времени. Под результативностью понимается степень пригодности выбранного метода для ПР.

Основные классификационные группы методов ПР и их характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики классов методов ПР

Методы ПР	Характеристики			
	Вероятность ошибки при решении	Применимость	Сложность применения	Сложность интерпретации
1 Эвристические методы	Самая высокая	Самая высокая	Самая низкая	Низкая
2 Экспертные методы	Высокая	Высокая	Низкая	Средняя
3 Методы экспертизы на основе нечёткой логики	Средняя	Средняя	Высокая	Средняя
4 Квалиметрические методы	Средняя	Средняя	Средняя	Высокая
5 Аналитические методы	Низкая	Средняя	Высокая	Высокая
6 Простые интеллектуальные методы ПР на основе прецедентов	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя
7 Сложные интеллектуальные методы ПР на основе машинного обучения	Самая низкая	Самая низкая	Самая высокая	Высокая

1. Наименее формализованными и наиболее распространёнными методами ПР являются *неформальные (эвристические) методы ПР* [19]. Вероятность успешного исхода в таком случае практически не прогнозируема. Тем не менее, для простейших ситуаций с низкой ценой неправильного выбора, такой способ ПР может быть оправдан.

2. Методы, основанные на анализе формализованного опыта, который подвергается статистической обработке – *экспертные методы ПР* [20]. Данные методы позволяют внести некоторые правила обработки входных данных, поэтому их результативность обычно выше. Привлечение экспертов расширяет круг участников, повышает затраты на ПР и снижает оперативность. Эксперты могут быть заинтересованы и предвзяты, что также не всегда можно исключить при реализации ПР.

3. Для снижения влияния субъективности экспертных методов и повышения уровня предсказуемости результатов принимаемых решений используются *методы экспертизы на основе нечёткой логики* [21, 22]. В данных методах решение определяется из расчёта функций принадлежности, которая обеспечивает некоторый интервал, внутри которого находится вариант решения. Такой подход снижает субъективность и даёт инструменты нечёткой логики, которыми можно влиять на вероятность правильного выбора. Недостатком является возрастающая сложность такого подхода и возможные ограничения по корректному представлению входных данных для ПР.

4. Более точные результаты ПР дают *квалиметрические методы ПР* [23]. Такие методы позволяют точно рассчитать попадание оценочной характеристики в некоторый диапазон и по этому факту судить о том, что нужно выбрать. Часто квалиметрические методы дают искажённую оценку по причине неполного учёта всех важных факторов.

5. Сложными и точными, но трудно применимыми являются *аналитические методы ПР* [24, 25]. Данные методы основываются на точных формулах.

6. *Простые интеллектуальные методы ПР на основе прецедентов* [26] в отличие от прочих позволяют накапливать информацию о ситуации и совершенствовать процесс ПР за счёт уточнения критериев и методов ПР. Простыми данные методы названы по причине относительной простоты уточнения метамоделей процесса. В основу положена прецедентная

модель пополнения базы знаний, которая позволяет учитывать проблемы, возникавшие на предшествующих итерациях.

7. Одними из самых эффективных являются *сложные интеллектуальные методы ПР на основе машинного обучения* [27, 28] и на основе глубокого обучения или нейронных сетей [29]. Данный класс методов применим к ограниченному классу задач в силу высоких требований к объёму и точности как входных данных, так и алгоритму выбора (распознавания) вариантов в процессе ПР. Машинное обучение позволяет эффективно работать с подготовленными, формализованными данными.

Приведённая классификация является ранговой шкалой, в которой измеряемой характеристикой является результативность ПР. При этом сложность использования метода возрастает по той же шкале. Схематичная зависимость числа ошибок при ПР, трудоёмкости этого процесса и вероятности решить задачу от типа метода показана на рисунке 7. Из рисунка видно, что более простые методы дают больше ошибок, но менее трудоёмки. Вероятность того, что задача не разрешима конкретным методом также растёт для более сложных методов. С ростом сложности методов снижается доля задач, которые можно корректно поставить в форме, пригодной для решения выбранным методом.

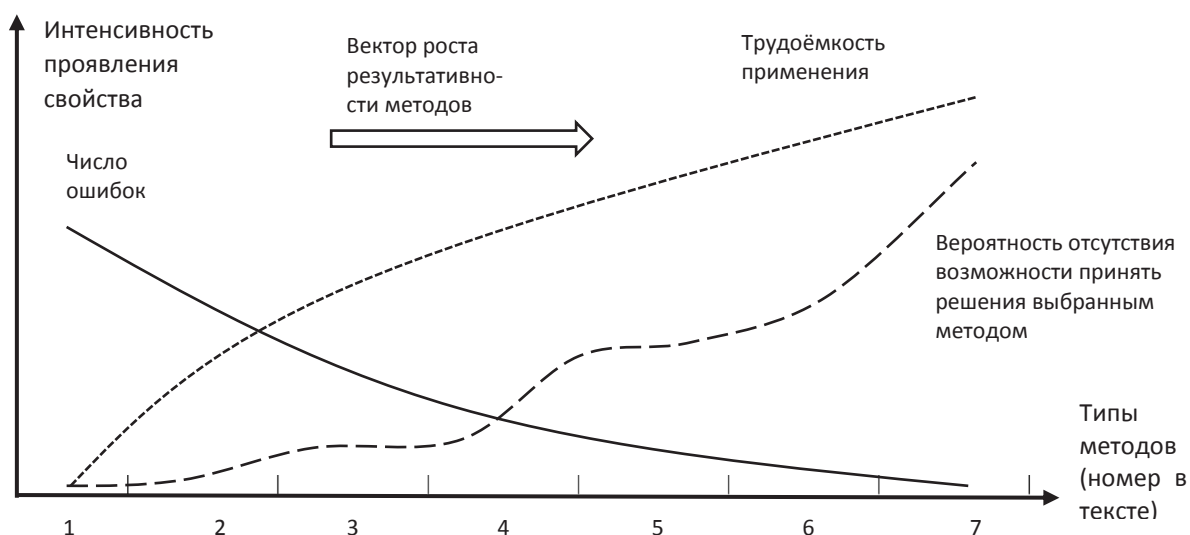


Рисунок 7 – Схема зависимости результативности принятия решений от типа метода

4 Методика подбора класса метода решения

Схема алгоритма методики для определения по входным данным исследуемой ситуации для определения класса методов, который наиболее подходит для конкретной точки ПР, показана на рисунке 8.

Методика подбора класса метода решения зависит от трёх основных условий: допустимой доли ошибок при ПР, доступности ресурсов для использования более сложных методов и принципиальной возможности поставить рассматриваемую задачу так, чтобы решить методом выбранного типа. Можно сформировать измеримые показатели, по анализу расчётов которых можно будет выбрать тот или иной класс методов ПР для реальной системы. К числу таких показателей можно, например, отнести:

- важность последствий ПР, т.е. вероятность получения неприемлемого ущерба в результате принятия некорректного решения;

- точность ПР, т.е. оценка ширины интервала возможных вариантов, которые могут считаться корректными для решаемой задачи;
- оперативность ПР, т.е. степень зависимости корректности принимаемого решения от времени, которое требуется на его принятие;
- сложность ПР, т.е. многообразие и разнородность всех факторов сложившейся на объекте управления ситуации, затрудняющих для эксперта ПР;
- осуществимость ПР, т.е. степень сложности практической реализации ПР.

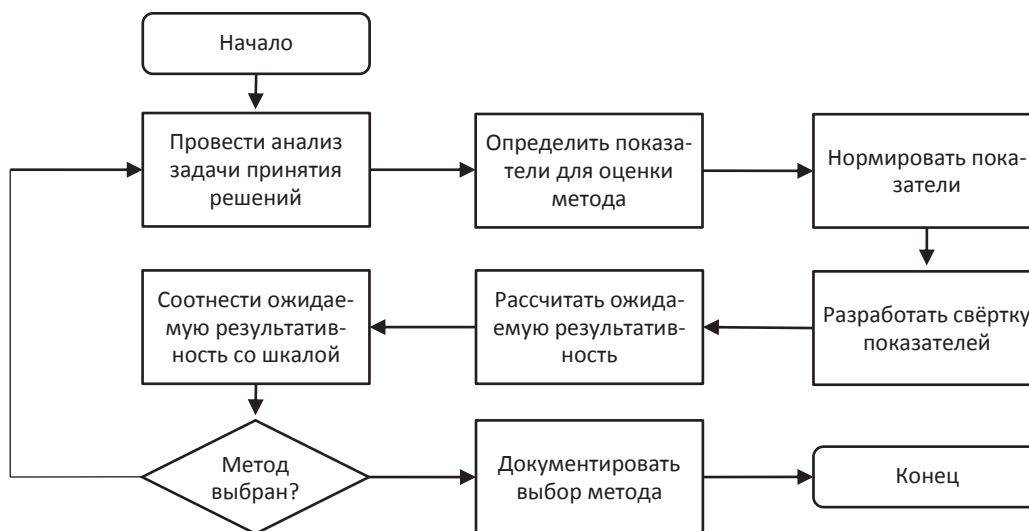


Рисунок 8 – Схема алгоритма определения класса методов для принятия решения

Возможны и другие показатели, определяемые в конкретной ПрО, для конкретной задачи. Каждый показатель даёт определённый вклад в суммарную оценку. Поскольку методы ПР ранжируются по возрастанию результативности (снижению числа ошибок), то и выбранные показатели также можно соотносить с их влиянием на неё:

- показатели прямо влияют на результативность, т.е. чем выше значение показателей, тем выше результативность;
- показатели, напротив, зависят от результативности ПР обратным образом, т.е. чем выше значение показателей, тем меньше шансов получить результативное решение;

Следовательно, в любой ПрО будет два множества показателей: прямо влияющие на результативность и обратно влияющие. При этом каждый показатель будет иметь свою силу влияния, которую можно усреднённо свести в несколько категорий с соответствующими весами. Таким образом, систему оценки можно представить как отношение нескольких множеств: множества прямо влияющих на результативность показателей PP , множество обратно влияющих на результативность решений показателей NP , множество весов показателей W . Выражение для оценки ожидаемой результативности R будет некоторой свёрткой данных показателей:

$$R = f(W, PP, NP), \quad (8)$$

где f – функция связывающая множества показателей.

Для корректной свёртки параметров показатели всех множеств должны быть нормированы и приведены к общей размерности. Поскольку во введённой шкале категории приведены в порядке возрастания показателя R , то достаточно определить интервалы, на которых будут рекомендованы классы различных методов ПР и соотносить полученную оценку с такой шкалой, чтобы получить рекомендацию по выбору класса методов.

Заключение

Развитие методов ПР идёт от простых эвристических методов к сложным интеллектуальным. Совершенствование средств для решения задач классификации, кластеризации и прогнозирования ведёт к использованию более результативных методов ПР, генерирующих меньшее число ошибок. Часто для получения приемлемых результатов вполне достаточно более простых методов, поэтому обеспечение возможности выбора типа метода для конкретной задачи ПР, как компромисса между числом ошибок и сложностью его применения, представляется актуальной задачей.

В статье предложено развитие ситуационной методологии создания СППР и создание новой методики, особенностью которой является представление процесса ПР в виде иерархической структуры, между уровнями которой определены методы перехода. Для решения задачи перехода от множества вариантов решения ЛПР к выбранному варианту сформирована расширенная классификация методов ПР. Предложена методика выбора одного из классов методов ПР, наиболее подходящего в рассматриваемой точке ПР. Это может позволить упростить процесс проектирования СППР, поскольку предлагает простые и наглядные методы формирования иерархии множеств компонентов.

Список источников

- [1] **Трофимова Л.А., Трофимов В.В.** Управление знаниями. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ. 2012. 77 с.
- [2] **Стельмах С.** Gartner: пять новых тенденций развития технологий. *itWeek*. 17 сентября 2019. №6 (949). <https://www.itweek.ru/digitalization/article/detail.php?ID=208851>.
- [3] **Mockler R.J.** Situational Theory of Management. *Harvard Business Review*. 1971. Vol.49, №3. P.146.
- [4] **Поспелов Д.А., Пушкин В.Н.** Мышление и автоматы. М.: Сов. радио, 1972. 22 с.
- [5] **Поспелов Д.А.** Принципы ситуационного управления. Известия АН СССР. *Техническая кибернетика*. 1971. №2. С.10-17.
- [6] **Мартынов В.В.** Семиологические основы информатики. АН БССР. Ин-т языкознания им. Якуба Коласа. Минск: Наука и техника, 1974. 192 с.
- [7] **Массель Л.В., Массель А.Г.** Ситуационное управление и семантическое моделирование в энергетике. Труды IV Международной конференции OSTIS, Беларусь, Минск: БГУИР. 20-22 февраля 2014. С.111-116.
- [8] **Клыкков Ю.И.** Ситуационное управление большими системами. М.: Энергия, 1974. 136 с.
- [9] **Беллман Р., Заде Л.** Вопросы принятия решений в расплывчатых условиях. *Вопросы анализа и процедуры принятия решений*. М.: Мир, 1976. 46 с.
- [10] **Балашов О.В., Лосева В.А.** Генерация управляющих решений в системах поддержки принятия решений с помощью механизмов ситуационного управления. *Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности*. 2018. Т.3. №2(8). С.17-25.
- [11] **Юсупова Н.И.** Критические ситуации и принятие решений при управлении в условиях помех. Уфа: Гилем, 1997. 112 с.
- [12] OWL Web Ontology Language. Overview. W3C Recommendation: W3C, 27 October 2009, <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- [13] **Шведин Б.Я.** Онтология предприятия: экспериентологический подход: технология построения онтологической модели предприятия. М.: URSS, 2010. 234 с.
- [14] **Юсупова Н.И., Сметанина О.Н., Еникеева К.Р.** Иерархические ситуационные модели для СППР в сложных системах. *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 4. С.63
- [15] **Конев К.А.** Концептуальная модель автоматизации предприятия авиационного приборостроения на основе актуализируемой многослойной таксономии. *Вестник УГАТУ*. 2013. Т.17. №5. С.70-77.
- [16] **Скобелев П.О.** Онтологии деятельности для ситуационного управления предприятиями в реальном времени. *Онтология проектирования*. 2012. №1(3). С.6-38.
- [17] **Конев К.А., Шакирова Г.Р.** Применение метаситуационного моделирования для описания социально-экономических процессов в сфере образования. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2014. № 3(91). С.163-171.
- [18] **Антонов В.В., Конев К.А.** Интеллектуальный метод поддержки принятия решений в типовой ситуации. *Онтология проектирования*. 2021. Т.11, №1(39). С.126-136. DOI:10.18287/2223-9537-2021-11-1-126-136.

- [19] Кулюткин Ю.Н. Эвристические методы в структуре решений. – М.: Педагогика, 1970. – 232 с.
- [20] Козлова К.А., Герасимец О.И. Экспертные методы принятия решений: основные методы экспертных оценок. *Вестник магистратуры*. 2018. №2-1(77). С.25-26.
- [21] Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 1990. 272 с.
- [22] Larsen P.M. Industrial Applications of Fuzzy Logic Control. *Int. J. Man Machine Stud.*, 1980, v.12, No.1, P.3–10.
- [23] Протасьев В.Б., Косаревская А.В. Оценка качества управленческих решений с использованием методов квалиметрии. // *Вестник ТулГУ. Автоматизация: проблемы, идеи, решения: Материалы Междунар. научно-техн. конф. «АПИР-14»*. Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. С.193-196.
- [24] Рейльян Я.Р. Аналитическая основа принятия управленческих решений. М.: Финансы и статистика, 1989. 205 с.
- [25] Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. М.: ЛКИ, 2008. 360 с.
- [26] Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений. *Искусственный интеллект и принятие решений*. 2009. №1. С.45-57.
- [27] Шумский С.А. Машинный интеллект. Очерки по теории машинного обучения и искусственного интеллекта. М.: РИОР, 2019. DOI: 10.29039/02011-1. <https://naukaru.ru/upload/21232f297a57a5a743894a0e4a801fc3/files/4aa3e882e70144f867ed116d42342630.pdf>.
- [28] Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных: пер. с англ. М.: ДМК Пресс, 2015. 399 с.
- [29] Aggarwal C. *Neural Networks and Deep Learning: A Textbook*. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, 2018. 497 p. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-94463-0>.

Сведения об авторах



Антонов Вячеслав Викторович, 1956 г. рождения. Окончил Башкирский государственный университет (1979), к.т.н. (2007), д.т.н. (2015). Заведующий кафедрой автоматизированных систем управления Уфимского университета науки и технологий (УУНиТ), профессор кафедры управления в органах внутренних дел Уфимского юридического института МВД России. В списке научных трудов более 130 работ в области построения интеллектуальных систем. AuthorID (РИНЦ): 530537. Author ID (Scopus): 57200254522; Researcher ID (WoS): AАН-5121-2019. antonov.v@bashkortostan.ru.



Конев Константин Анатольевич, 1977 г. рождения. Окончил Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ) (2000), к.т.н. (2004). Доцент кафедры автоматизированных систем управления УУНиТ. В списке научных трудов около 30 работ в области систем поддержки принятия решений. AuthorID (РИНЦ): 544899. sireo@rambler.ru. ✉

Поступила в редакцию 10.10.2022, после рецензирования 15.11.2022. Принята к публикации 30.11.2022.



Scientific article

DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-4-547-561

Improving the situational methodology for developing decision support systems for enterprises

© 2022, V.V. Antonov, K.A. Konev ✉

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Abstract

The article proposes a technique for the development of a situational methodology for the development of decision support systems for organizational systems, taking into account the influence of the time factor. In the existing methodolo-

gies, insufficient attention is paid to the links between the organizational part of the model and the parametric method, with the help of which the choice of an acceptable solution is made, the assessment of the consequences of the decisions made is often ignored, and the application of these methodologies to solving practical problems is difficult. The main purpose of the article is to summarize the existing approaches to decision making based on an improved methodology for developing decision support systems, which is aimed at eliminating the identified problems. To achieve the goal, systemic and situational approaches, ontological engineering, structural analysis of systems, and methods for classifying complex objects were used. As a result, proposals were formed to improve the situational approach to creating decision support systems, including the definition of a hierarchy of decision-making process components, descriptions of transition methods between decision-making levels, with an emphasis on the level of choice of a parametric method for transforming a set of decision options into effective solution. The article concludes that the proposed methodology will simplify the process of designing decision support systems for enterprises.

Key words: *situational management, decision making, methodology for designing a decision support system.*

Citation: Antonov VV, Konev KA. Improving the situational methodology for developing decision support systems for enterprises [In Russian]. *Ontology of designing*. 2022; 12(4): 547-561. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-4-547-561.

Financial Support: The research is carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the main part of the state assignment to higher educational institutions No. FEUE-2020-0007.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

List of figures and table

Figure 1 – Development of scientific ideas about the enterprise management model

Figure 2 – Hierarchy of included elements used in the decision process

Figure 3 – Increase in the number of measurements when moving to a new level of consideration of the system

Figure 4 – The time factor scheme when making decisions

Figure 5 – Diagram of the decision-making process

Figure 6 – Communication of objects in the process of decision making

Figure 7 – Dependence scheme of the effectiveness of decision-making on the method type

Figure 8 – Algorithm for determining the class of methods for decision making

Table 1 – Characteristics of Decision Method Classes

References

- [1] **Trofimova, LA, Trofimov VV.** Knowledge management [In Russian]. St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University of Economics. 2012. 77p.
- [2] **Stelmakh S.** Gartner: five new trends in technology development. *itWeek*. 2019; 6(949). <https://www.itweek.ru/digitalization/article/detail.php?ID=208851>.
- [3] **Mockler RJ.** Situational Theory of Management. *Harvard Business Review*. 1971; 49(3): 146.
- [4] **Pospelov DA, Pushkin VN.** Thinking and automata [In Russian]. Moscow: Sov. radio, 1972. 22 p.
- [5] **Pospelov DA.** Principles of situational management [In Russian]. *Izv. RAS USSR. Technical cybernetics*. 1971; 2: 10-17.
- [6] **Martynov VV.** Semiological foundations of informatics [In Russian]. Academy of Sciences of the BSSR. Institute of Linguistics im. Yakub Kolas. Minsk: Science and technology, 1974. 192 p.
- [7] **Massel LV, Massel AG.** Situational management and semantic modeling in the energy sector [In Russian]. Proceedings of the IV International Conference OSTIS, Belarus, Minsk. BSUIR. 2014. Belarus. February 20-22, 2014. P.111-116.
- [8] **Klykov YuI.** Situational control of large systems [In Russian]. Moscow. Energy, 1974. 136 p.
- [9] **Bellman R, Zade L.** Decision-making issues in vague conditions. Questions of analysis and decision-making procedures. Moscow. Mir, 1976. 46 p.
- [10] **Balashov OV, Loseva VA.** Generation of Control Decisions in Decision Support Systems Using Situational Control Mechanisms [In Russian]. *International Journal of Information Technologies and Energy Efficiency*. 2018; 3(2): 17-25.
- [11] **Yusupova NI.** Critical situations and decision-making in control under interference conditions [In Russian]. Ufa. Gilem, 1997. 112 p.

- [12] OWL Web Ontology Language Overview. W3C Recommendation: W3C, 27 October 2009, <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- [13] **Shvedin BYa.** Ontology of the enterprise: an experimental approach: a technology for constructing an ontological model of an enterprise [In Russian]. Moscow. URSS, 2010. 234 p.
- [14] **Yusupova NI, Smetanina ON, Enikeeva KR.** Hierarchical situational models for DSS in complex systems [In Russian]. *Modern problems of science and education*. 2013. No. 4. P.63
- [15] **Konev KA.** Conceptual model of automation of an aviation instrumentation enterprise based on an updated multi-layer taxonomy [In Russian]. *Vestnik UGATU*. 2013; 17(5): 70-77.
- [16] **Skobelev PO.** Ontologies of activity for situational management of enterprises in real time [In Russian]. *Ontology of designing*. 2012; 1(3): 6-38.
- [17] **Konev KA, Shakirova GR.** Application of meta-situational modeling to describe socio-economic processes in the field of education [In Russian]. *Scientific and technical bulletin of information technologies, mechanics and optics*. 2014; 3(91): 163-171.
- [18] **Antonov VV, Konev KA.** Intelligent decision support method in a typical situation [In Russian]. *Ontology of designing*. 2021; 11(1): 126-136. DOI:10.18287/2223-9537-2021-11-1-126-136.
- [19] **Kulyutkin YuN.** Heuristic methods in the decision structure [In Russian]. Moscow. Pedagogy, 1970. 232 p.
- [20] **Kozlova KA, Gerasimets OI.** Expert decision-making methods: basic methods of expert assessments [In Russian]. *Bulletin of the Magistracy*. 2018; 2-1(77): 25-26.
- [21] **Melikhov AN, Bernshtein LS, Korovin SYa.** Situational advising systems with fuzzy logic: monograph [In Russian]. Moscow. "Nauka", 1990. 272 p.
- [22] **Larsen PM.** Industrial Applications of Fuzzy Logic Control. *Int. J. Man Machine Stud.*, 1980; 12(1): 3–10.
- [23] **Protasiev VB, Kosarevskaya AV.** Assessment of the quality of management decisions using qualimetry methods [In Russian]. *Bulletin of TulGU. Automation: problems, ideas, solutions: Proceedings of the Intern. scientific and technical conf. "APIR-14"*. Tula: Publishing house of TulGU, 2009. P.193-196.
- [24] **Reylyan YaR.** Analytical basis for making managerial decisions [In Russian]. Moscow. Finance and statistics, 1989. 205 p.
- [25] **Saaty TL.** Decision making under dependencies and feedbacks. *Analytical networks*. Moscow. LKI, 2008. 360 p.
- [26] **Varshavsky PR, Ereemeev AP.** Case Based Reasoning Modeling in Intelligent Decision Support Systems. *Artificial Intelligence and Decision Making*. 2009; 1: 45-57.
- [27] **Shumsky SA.** Machine intelligence. Essays on the theory of machine learning and artificial intelligence [In Russian]. Moscow. RIOR, 2019. DOI: 10.29039/02011-1. <https://naukaru.ru/upload/21232f297a57a5a743894a0e4a801fc3/files/4aa3e882e70144f867ed116d42342630.pdf>.
- [28] **Flach P.** Machine learning. The science and art of building algorithms that extract knowledge from data [In Russian]. Trans. from English. Moscow. DMK Press, 2015. 399 p.
- [29] **Aggarwal C.** Neural Networks and Deep Learning: A Textbook. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, 2018. 497 p. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-94463-0>.

About the authors

Vyacheslav Viktorovich Antonov (b. 1956) graduated from Bashkir State University (1979), Ph.D. (2007), D.Sc. (2015). Head of the Department of Automated Control Systems of the Ufa University of Science and Technology (UUST), Professor of the Department of Management in Internal Affairs of the Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. The list of scientific works includes more than 130 works in the field of building intelligent systems. AuthorID (РИИЦ): 530537. Author ID (Scopus): 57200254522; Researcher ID (WoS): AAH-5121-2019. antonov.v@bashkortostan.ru.

Konstantin Anatolyevich Konev (b. 1977) graduated from Ufa State Aviation Technical University (USATU) (2000), Ph.D. (2004). Associate Professor of the Department of Automated Control Systems, UUST. The list of scientific works includes about 30 works in the field of decision support systems. AuthorID (РИИЦ): 544899. sir-eo@rambler.ru. ☒

Received October 10, 2022. Revised November 15, 2022. Accepted November 28, 2022.