

Анализ уровней и видов неопределенности, влияющей на принятие решений по управлению информационными системами

Analysis of uncertainty levels influencing the decisions on information systems control

Парашук / Paraschuk I.

Игорь Борисович

(shchuk@rambler.ru)

доктор технических наук, профессор,
заслуженный изобретатель РФ.

ФГКВООУ ВО «Военная академия связи имени

Маршала Советского Союза С. М. Буденного»

(ВАС им. С. М. Буденного) МО РФ,

профессор кафедры автоматизированных систем
специального назначения.

г. Санкт-Петербург

Башкирцев / Bashkirtsev A.

Андрей Сергеевич

(ab098@ya.ru)

кандидат технических наук.

ВАС им. С. М. Буденного, слушатель.

г. Санкт-Петербург

Михайличенко / Mikhailichenko N.

Николай Валерьевич

(esn2008@rambler.ru)

ВАС им. С. М. Буденного, адъюнкт.

г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: информационная система – information system; неопределенность – uncertainty; нечеткость – fuzziness; недостоверность – unreliability; управление – management; принятие решения – decision-making; поддержка принятия решения – decision support; качество – quality; эффективность – efficiency; показатель качества – quality indicator.

В статье проведен анализ особенностей, уровней, видов и характера неопределенности, влияющей на принятие решений в рамках процедур управления сложными, многоуровневыми системами сбора, хранения, обработки и передачи информации. Рассмотрены некоторые возможные подходы к выработке управленческих технологических решений в условиях нестохастической неопределенности – неоднозначности (нечеткости) и недостаточности (неполноты и противоречивости) исходной информации для принятия решений по управлению информационными системами такого класса.

The article contains the analysis of peculiarities, levels, types and character of an uncertainty influencing decisions during procedures of control of complex, multilevel systems for collection, storage, processing and transmission of information. The article describes some possible approaches to development of management technological decisions in the conditions of non-stochastic uncertainty – ambiguity (fuzziness) and insufficiency (incompleteness and inconsistency) of the initial information for decisions on control of information systems of this class.

Качество и эффективность функционирования контура управления сложной информационной системой (ИС), например телекоммуникационной сетью, либо дата-центром – центром обработки данных (ЦОД), проявляется в наиболее полном использовании потенциала средств и комплексов ИС при выполнении задач по обеспечению процессов информационного обмена, многогранных и динамичных процессов хранения и обработки информации [1, 2, 6].

При этом эффективность управления ИС во многом определяется обоснованностью и своевременностью решений, принимаемых должностными лицами (ДЛ) и сетевыми администраторами в составе органов управления (ОУ) информационной системой. Обоснованность и своевременность решений, принимаемых ДЛ ОУ информационной системой, зависят от их знаний, умений и практических навыков по организации информационного обмена, организации хранения и обработки информации, а также навыков практического применения элементов сложных информационных систем.

Именно поэтому важен уровень подготовки органов управления ИС к выполнению задач в различных условиях обстановки, практическая отработка вопросов взаимодействия при организации хранения, обработки, передачи и приема больших объемов информации. Ключевой задачей остается совершенствование теоретических знаний и практических навыков по управлению в различных условиях неопределенности,

обусловленных факторами эволюционного развития, факторами применения сложных информационных систем в различной обстановке, факторами недостаточности достоверных знаний об истинном состоянии системы в конкретный момент времени.

Под неопределенностью традиционно понимают недостаточную осведомленность лиц и систем, принимающих управленческие решения. Это неполное или неточное представление о значениях различных параметров ИС в будущем, порождаемых различными причинами и, прежде всего, неполнотой или неточностью информации об условиях реализации решения, в том числе связанных с ними затратах и результатах [1–6].

Неопределенность обусловлена как недостатком информации, необходимой для получения количественного описания протекающих в системе процессов, так и сложностью самого объекта управления – информационной системы.

Практика показывает, что зачастую возникает ряд проблем, связанных, в частности, с внедрением автоматизированных систем поддержки принятия решений по управлению сложными ИС в различных условиях априорной неопределенности. Иными словами, налицо противоречие между современным уровнем технического обеспечения процессов управления ИС и уровнем математического, программного и информационно-аналитического обеспечения поддержки принятия решений (ПР) по управлению сложными ИС в различных условиях неопределенности.

Вопросам анализа уровней и видов неопределенности, влияющей на алгоритмы ПР по управлению сложными ИС в различных условиях обстановки, на алгоритмы, предназначенные для поддержки принятия решений ДЛ и сетевыми администраторами в составе ОУ информационной системой, посвящена данная статья.

Известно, что все многообразие условий разработки и принятия управленческих решений сложными техническими (включая информационные) системами, обычно, в целях практической реализуемости математических подходов и алгоритмов управления, ограничивают тремя группами факторов [2, 6, 7]: условия определенности, риска и неопределенности.

В условиях определенности обычно выбирается решение по управлению сложной ИС с наилучшим значением критерия качества. Часто такие условия и решения называют детерминированными. При этом предполагается, что выполнение решения по управлению сложной ИС приведет к заранее известному, более того единственному, результату, что отсутствует какая-либо неясность в отношении перспектив выполнения этого решения. В этих условиях доминирует полная осведомленность о нынешнем и перспективном изменении внешней и внутренней среды. Это, в свою очередь, гарантирует достижение расчетных (планируемых) показателей качества и эффективности функционирования сложной ИС или ее элементов. На практике условия полной определенности (детерми-

нированности) при принятии решений по управлению сложными ИС встречаются крайне редко, однако ДЛ и сетевые администраторы изредка допускают это огрубление обоснованности управленческого решения, предпочитая получить преимущество в простоте и удобстве алгоритмов его поиска [7].

В условиях риска принимается во внимание действие в рамках как внешней, так и внутренней среды функционирования сложной ИС, случайных факторов, вследствие чего реализованное решение по управлению ИС в реальных условиях может не совпадать с рассчитанной однозначной величиной. Именно поэтому в условиях риска принято считать, что каждое решение по управлению ИС может привести к множеству возможных результатов, вероятности которых могут быть оценены или заранее известны. На практике это приводит к тому, что алгоритм выбора решения по управлению ИС, например ЦОД, опирается как на вероятности получения тех или иных результатов, так и на их полезность, выраженную в натуральных (объем и номенклатура услуг, часы, минуты и секунды и т.д.), финансовых (денежных) или иных единицах [1, 2, 6, 7].

Иногда при выработке решений по управлению сложными ИС в условиях риска исходят из наличия достоверной статистики за прошлые периоды и анализа тенденций сохранения в будущем некоторых закономерностей изменения внутренней и внешней среды. Этот подход, опирающийся (с точки зрения математики) на вероятностный характер внешней и внутренней среды, позволяет выработанному решению не выйти за допустимые пределы точности управления, позволяет повысить объективность управленческого решения и получить текущие и прогнозные оценки результата его выполнения.

При выработке решений по управлению сложными ИС в условиях неопределенности информационная неполнота ощущается наиболее остро, поскольку необходимые для принятия решения сведения и факты либо отсутствуют, либо их достоверность вызывает обоснованные сомнения. В этом случае, когда выработка и принятие решения не имеет объективной информационной базы, зачастую становится неизбежным привлечение квалифицированных экспертов, суждения которых позволяют ослабить дефицит знаний и сформулировать рекомендации в недостаточно определенной обстановке. Таким образом, как и в ситуации для условий риска, реализация решения по управлению сложными ИС может привести к разным результатам, но в условиях неопределенности их вероятности либо неизвестны, либо не имеют смысла (когда ситуация не носит случайного характера) [1, 2, 6, 7].

Важной особенностью являются базовые причины возникновения неопределенности (рис. 2) при выработке решений по управлению ИС, их зачастую связывают с факторами некомпетентности должностных лиц и сетевых администраторов таких систем, с факторами противодействия противоборствующей стороны и с

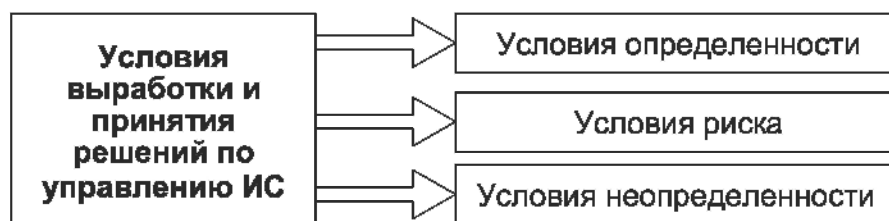


Рис. 1. Общая классификация условий разработки и принятия решений по управлению сложными ИС



Рис. 2. Базовые причины неопределенности при разработке и принятии решений по управлению сложными ИС

факторами случайности, которая всегда имеет место в ходе функционирования сложных мультисервисных информационных систем [4, 8–10].

Степень неопределенности («глубины незнания») информации бывает различной – от полного незнания и «неведения» относительно будущей обстановки до предположительного знания нижних и верхних границ (пределов), в рамках которых может варьироваться показатель, характеризующий тот или иной аспект качества управления сложной ИС. Традиционно различают степень «глубины незнания», величину неосведомленности лиц и систем, принимающих управленческие решения. Принято различать степени [4, 8–10]:

– полная осведомленность – ей соответствует близкая к единице прогнозируемость G_{τ} событий

$$\lim_{\tau \rightarrow \tau_k} G_{\tau} = 1, \quad (1)$$

где τ – время, а τ_k – конечное время прогнозирования события;

– полная неосведомленность – ей соответствует близкая к нулю прогнозируемость наступления события, что математически выражается соотношением

$$\lim_{\tau \rightarrow \tau_k} G_{\tau} = 0; \quad (2)$$

– частичная неопределенность – соответствует событиям, прогнозируемость которых лежит в пределах от 0 до 1, что может быть выражено неравенством

$$0 < G_{\tau} < 1; \quad (3)$$

– неопределенность «безнадежная» – соответствует отсутствию информации о вероятностях состояния среды, в рамках которой функционирует ИС.

В этих случаях для определения наилучших решений по управлению ИС используются критерии гарантированного результата, оптимизма, пессимизма, минимаксного риска и обобщенного максимина [4, 8–10].

Вариант общей классификации видов неопределенности, влияющей на выработку решений в рамках управления сложными, многоуровневыми системами сбора, хранения, обработки и передачи информации, предложен на рис. 3.

Условия неопределенности, возникающие при принятии решений по управлению ИС, объективно обусловлены тем, что сложные системы сбора, хранения, обработки и передачи информации в процессе своего функционирования испытывают зависимость от целого ряда факторов (причин).

В некоторых источниках [4, 9] предприняты попытки систематизировать и отдельно классифицировать условия неопределенности.

Вариант детальной классификации условий неопределенности предложен на рис. 4.

При этом важно помнить, что существует неопределенность внутренней и внешней среды, внешняя и внутренняя неопределенность, физический смысл и причины которых для типичных условий противоборства поясняет рис. 5. Внутренняя среда включает

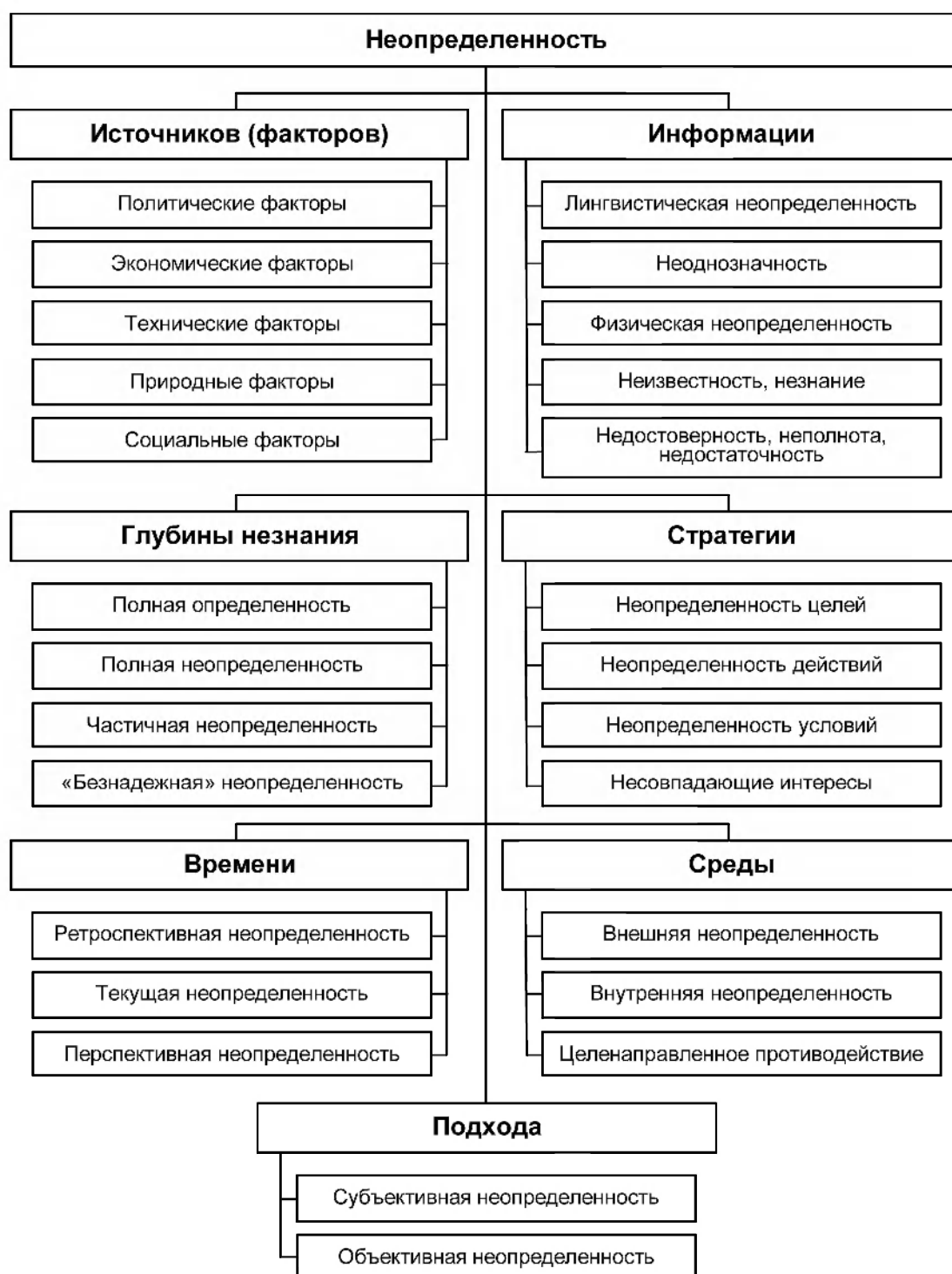


Рис. 3. Вариант общей классификации видов неопределенности, влияющей на принятие решений по управлению ИС

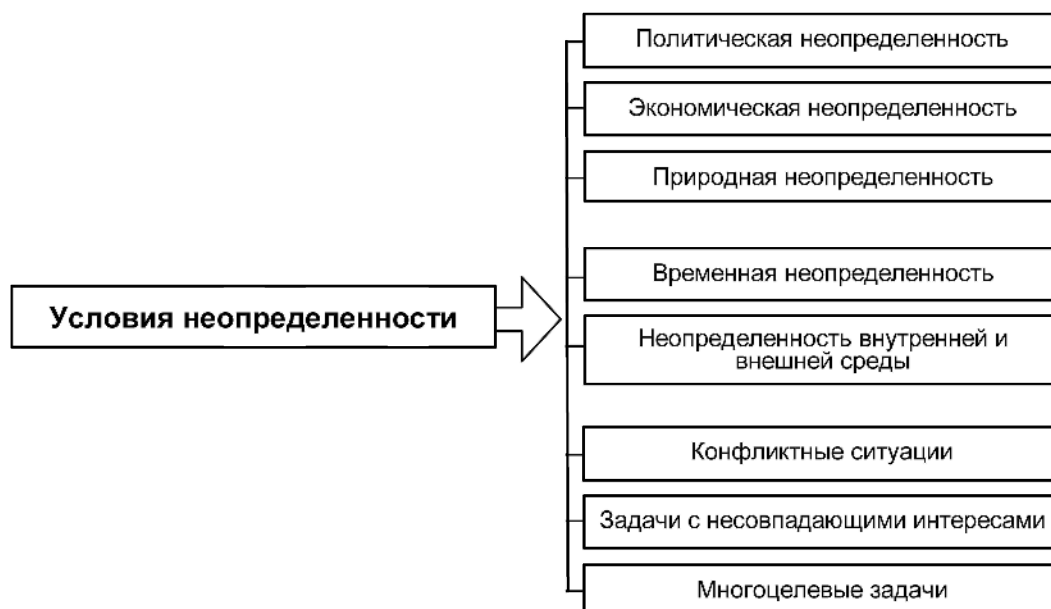


Рис. 4. Вариант классификации условий неопределенности, влияющей на принятие решений по управлению ИС

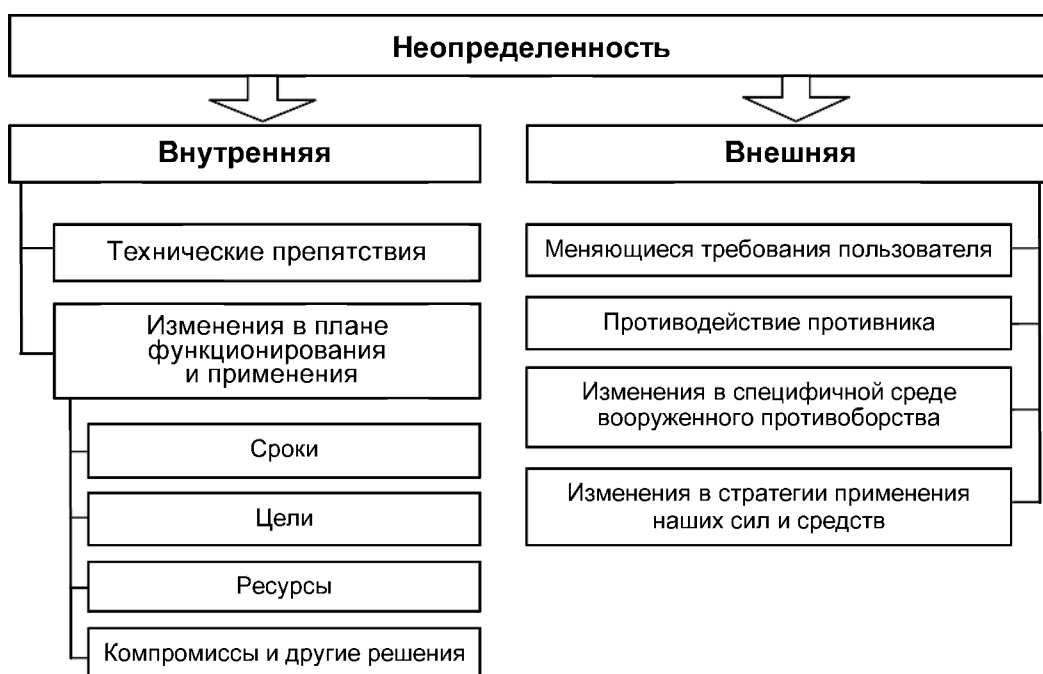


Рис. 5. Физический смысл и причины внешней и внутренней неопределенности, влияющей на принятие решений по управлению ИС

факторы, обусловленные функционированием самой ИС и ее внутренними контактами (взаимосвязями внутри инфраструктуры ИС). Внешняя среда представлена факторами, которые не связаны непосредственно с функционированием самой ИС и имеют более широкий технический, поведенческий, стратегический и иной характер.

При этом важно помнить, что существует неопределенность внутренней и внешней среды, внешняя и внутренняя неопределенность, физический смысл и причины которых для типичных условий противоборства поясняет рис. 5. Внутренняя среда включает факторы, обусловленные функционированием самой ИС и ее внутренними контактами (взаимосвязями внутри инфраструктуры ИС). Внешняя среда представлена факторами, которые не связаны непосредственно с функционированием самой ИС и имеют более широкий технический, поведенческий, стратегический и иной характер.

Важным остается учет фактора времени при анализе качества принимаемых решений по управлению ИС, поскольку всегда как качество решений, так и затраты на их реализацию, распределены во времени [4, 9]. Известно, что по-разному распределенные во времени, но равные по величине затраты, дают неодинаковый полезный результат (качество принимаемых решений по управлению ИС). Именно поэтому по времени возникновения принято различать ретроспективные, текущие и перспективные неопределенности (см. рис. 3).

Одним из основополагающих, на наш взгляд, классификационных признаков остается фактор возникновения неопределенности [4, 9, 10]. Различают экономические, политические, технические, социальные и природные факторы. При этом экономические факторы неопределенности обусловлены неблагоприятными изменениями в экономике предприятий и организаций, производящих и эксплуатирующих ИС, а также в экономике страны. Политические факторы неопределенности обусловлены изменением политической обстановки, влияющей на эксплуатацию и применение сложных ИС. Технические факторы неопределенности связаны с изменением технологий и физической сущности информационного обеспечения процессов управления ИС, а социальные факторы связаны с поведенческими характеристиками административного и обслуживающего персонала ИС. Природные факторы неопределенности обычно описывают климатические, погодные условия, различного рода помехи (радио, атмосферные, электромагнитные и др.) [4].

Неопределенность особого рода присуща процедурам принятия решения и управления в целом при наличии конфликтных ситуаций, в качестве которых могут быть стратегия и тактика лиц и систем, участвующих в том или ином противоборстве, действия «партнеров» и т.п. (см. рис. 4). При этом обособленную группу составляют задачи, в которых рассматриваются проблемы несо-

впадающих интересов и многокритериального выбора оптимальных решений в условиях неопределенности (многоцелевые задачи).

В классической постановке принятие решения, например на организацию информационного обмена в ИС, осуществляется в условиях детерминированности, вероятности и неопределенности [2, 6, 10]. Еще один, на наш взгляд, имеющий право на жизнь подход к расширенной классификации условий, в рамках которых может осуществляться принятие решения (ПР) на организацию информационного обмена в ходе функционирования сложной ИС, условий обладания должностными лицами и сетевыми администраторами информацией, необходимой для реализации процедуры выработки решения, приведен на рис. 6.

Очевидно, что детерминированные условия, характеризующие строгим соответствием каждому управленческому решению вполне определенного результата функционирования объекта управления, реально встречаются крайне редко, особенно в ИС, функционирующих в условиях противодействия.

Вероятностные условия более реальны, они характеризуются тем, что в результате каждого управленческого решения или иного воздействия ИС приобретает вполне определенное распределение вероятностей своего состояния и качества на множестве возможных состояний.

В неопределенных условиях, наиболее характерных для среды функционирования и управления сложных ИС, характеристики системы также могут иметь случайный характер, но в отличие от вероятностных условий, закон их распределения неизвестен. Кроме того, причины неопределенности при ПР по организации информационного обмена в ИС могут быть и не связаны со стохастичностью поведения объекта управления [2, 6].

Причины неопределенности при ПР по организации информационного обмена в ИС связаны с опытом должностных лиц органов управления (сетевых администраторов, администраторов ЦОД и т.п.), с нестабильностью условий функционирования и управления, с нестабильностью (изменчивостью) параметров самого процесса ПР. Изменение параметров процесса ПР можно объяснить рядом факторов [1, 3, 6, 11]:

1. Изменяются исходные данные, на основе которых осуществляется ПР по организации сбора, хранения, обработки и передачи информации в ИС.

2. Изменяются внешние условия и текущие требования (критерии качества) ПР по организации сбора, хранения, обработки и передачи информации в ИС (причина – среда, противник, меняющиеся задачи управления).

3. Изменяются методы и средства ПР по организации сбора, хранения, обработки и передачи информации в ИС.

В работах [6, 11] рассмотрены два класса нестабильности условий ПР, которые косвенно подтверж-

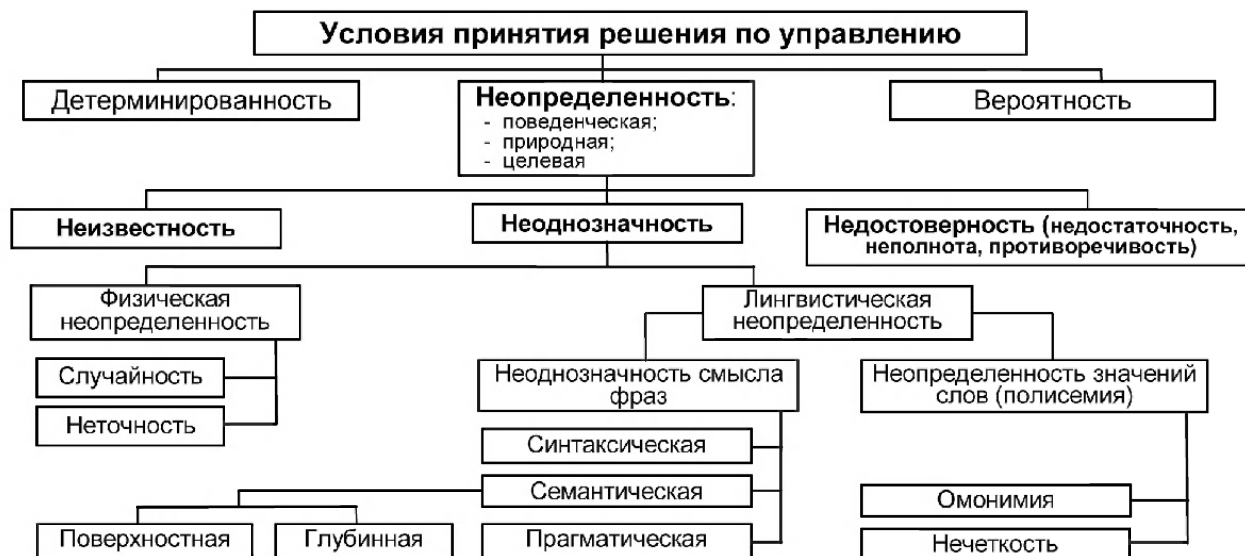


Рис. 6. Вариант расширенной классификации условий принятия решений по управлению ИС



Рис. 7. Виды и характер неопределенностей, влияющих на ПР по управлению ИС

дают классификацию, предложенную на рис. 6. Первый – условия ПР изменяются закономерно (например, в зависимости от шага функционирования ИС), т.е. детерминированный случай. Второй – условия ПР изменяются случайно, тогда речь идет о вероятностных и неопределенных условиях эксплуатации ИС. Классы неопределенности рассмотрены на рис. 6, а математический характер неопределенностей принято описывать четырьмя уровнями априорной неопределенности: полного задания распределений вероятностей случайных процессов по всей области их значений; параметрической априорной неопределенности (известен вид распределения, неизвестны параметры распределения); непараметрической априорной неопределенности (известен даже вид распределения вероятностей случайных процессов); нечеткой (размытой) априорной неопределенности (известны четкие границы множества состояний и вида распределения вероятностей значений его элементов).

Специалистам в области ПР по организации функционирования сложных систем различного назначения очевидна актуальность задачи разработки алгоритмов ПР по организации сбора, хранения, обработки и передачи информации в ИС, учитывающих неопределенность исходных данных, неопределенность параметров текущего состояния ИС, вызванные различного вида воздействиями и другие виды неопределенности.

Так, при принятии решения по организации сбора, хранения, обработки и передачи информации в ИС, источником неопределенности различного вида могут выступать сами должностные лица органов управления (сетевые администраторы ИС, администраторы ЦОД и т.п.). Это происходит: когда ИС функционирует в нестационарных режимах, в условиях воздействия дестабилизирующих факторов, возникающих вследствие природных катастроф, осмысленной деятельности антагонистической системы (например, противника); когда ограничения на ресурсы управления и отсутствие статистических данных о параметрах ИС вынуждают администраторов систем использовать неопределенную, например нечеткую (лингвистическую), форму описания задач управления; когда присутствует неопределенность (нечеткость) целей управления. В последнем случае задача уже в исходном виде «погружена» в неопределенную среду.

В рамках принятия решений на организацию сбора, хранения, обработки и передачи информации в ИС неопределенность может быть связана с вероятностной, неполной, недостоверной и т.п. информацией о поведении системы, о механизме перехода ИС из состояния в состояние. Влияние условий функционирования ИС и управления ею (с точки зрения видов и характера неопределенностей) на принятие решений по организации сбора, хранения, обработки и передачи информации, представлено на рис. 7.

Таким образом, объективно существующая неопределенность условий принятия решений по управлению

сложными ИС, вызванная нестационарностью функционирования систем такого класса, воздействиями дестабилизирующих (часто антагонистических) факторов, внешней среды, нечеткостью целей и несогласованностью задач управления ИС и др., обуславливает необходимость решения должностными лицами (администраторами систем) задач оптимального ПР с учетом условий не только многокритериальности, но и неопределенности. Анализ подходов к принятию решений и видов неопределенности, имеющей место при ПР должностными лицами (администраторами систем) на организацию сбора, хранения, обработки и передачи информации в ИС, показывает, что на современном этапе недостаточно развиты алгоритмы принятия решений в условиях нестохастической неопределенности, а именно, неоднозначности (нечеткости) и недостаточности (неполноты и противоречивости) исходной информации для ПР по управлению системами подобного класса.

Что касается математических методов снижения неопределенности (с целью повышения обоснованности и достоверности принимаемых решений), то для принятия решений в условиях неизвестности, основанной на вероятностном характере используемой при ПР информации (см. рис. 7), давно и успешно используются методы теории вероятности и математической статистики [1–3]. Для нестохастической неопределенности типа неоднозначности (нечеткости), апробированы и используются методы теории нечетких множеств [12], а для нестохастической неопределенности типа недостоверности, недостаточности (неполноты и противоречивости) исходной информации, нашли свое успешное применение методы теории искусственных нейронных сетей [6]. Наиболее вероятным и перспективным в дальнейшем, сочетающим в себе достоинства перечисленных методов и сулящим выигрыш с точки зрения повышения не только обоснованности и достоверности, но и оперативности принимаемых решений, нам видится путь снижения неопределенности на базе разработки и применения относительно новых и эффективных математических методов, основанных на моделях и алгоритмах теории нейро-нечетких сетей [13, 14].

Литература

1. Калинин, В. Н. Теоретические основы системных исследований: краткий авторский курс / В.Н. Калинин. – Издание 2-е, доп. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2013. – 278 с.
2. Анфилов, В. С. Теоретические основы автоматизации управления войсками и связью. Часть 1. Системные основы автоматизации управления войсками и связью: Учебн. пособие / В.С. Анфилов. – СПб.: ВАС, 2014. – 312 с.
3. Москвин, Б. В. Теория принятия решений: учебник / Б.В. Москвин. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2014. – 364 с.
4. Шапкин, А. С. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций / А.С. Шапкин. – М.: Дашков и К0, 2003. – 544 с.

5. Иваненко, В. И. Проблема неопределенности в задачах принятия решений / В.И. Иваненко. – Киев: Наукова думка, 1990. – 136 с.

6. Паращук, И. Б. Нейросетевые методы в задачах моделирования и анализа эффективности функционирования сетей связи : учебно-методическое пособие / И.Б. Паращук, Ю.Н. Иванов, П.Г. Романенко. – СПб.: ВАС, 2010. – 103 с.

7. Сфера услуг в современном обществе : учебное пособие / Л.А. Казарина [и др.]. – М.: Интер, 2004. – 352 с.

8. Модернизация экономики на основе технологических инноваций / А.Н. Асаул [и др.]. – СПб.: АНО ИПЭВ, 2008. – 606 с.

9. Принятие финансовых решений в условиях сравнительной неопределенности / О.А. Баяк [и др.]. – М.: Вузовский учебник, 2014. – 106 с.

10. Военная системотехника и системный анализ. Модели и методы подготовки и принятия решений в сложных организационно-технических комплексах в условиях неопределенности и многокритериальности / Под ред. Б.В. Соколова. – СПб.: ВИКУ им. А.Ф. Можайского, 1999. – 496 с.

11. Шапиро, Д. И. Принятие решений в системах организационного управления: Использование расплывчатых категорий / Д.И. Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 184 с.

12. Паращук, И. Б. Нечеткие множества в задачах анализа сетей связи / И.Б. Паращук, И.П. Бобрик. – СПб.: ВУС, 2001. – 80 с.

13. Булдакова, Т. И. Оценка информационных рисков в автоматизированных системах с помощью нейронечёткой модели / Т.И. Булдакова, Д.А. Миков // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2013. – № 11. – С. 295–310.

14. Паращук, И. Б. Нейро-нечеткие модели в интересах управления данными в ЦОД и интеллектуального анализа информации в региональных телекоммуникационных сетях / И.Б. Паращук, Н.В. Михайличенко // Юбилейная XV Санкт-Петербургская Международная Конференция «Региональная информатика-2016 (РИ-2016)». Материалы конференции. – СПб.: СПОИСУ, 2016. – С. 117–118.