



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.89:004.94

## СИТУАТИВНЫЙ СИНТЕЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, МОДЕЛИРУЮЩЕГО ПРИНИМАЕМЫЕ ЧЕЛОВЕКОМ РЕШЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

<sup>1</sup>Балашов О.В., <sup>2</sup>Букачев Д.С.

<sup>1</sup>АО «РАДИОЗАВОД» (НИО-4), Смоленск, Россия, (214027, г. Смоленск, улица Котовского, 2), e-mail: smradio@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «СМОЛЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», Смоленск, Россия (214000, г. Смоленск, ул. Пржевальского, 4), e-mail: dsbuka@yandex.ru

В статье рассматривается ситуативный синтез программного обеспечения, моделирующего процесс принятия решений человеком в контексте социально-экономических систем (СЭС). Предлагается новый подход к формализации процесса принятия решений в условиях нестатистической неопределенности, включающий классификацию действий и мероприятий, а также методы их оценки и визуализации. Введена классификация действий, основанная на логико-лингвистической шкале (ЛЛШ), которая позволяет оценивать реализуемость мероприятий. Разработан механизм построения систем поддержки принятия решений (СППР), включающий использование модели имитации, визуализации и оценки реализуемости решений. Особое внимание уделено использованию теории возможностей и нечеткой логики для оценки реализуемости действий. Статья также описывает процесс формирования интерфейсов для моделей и их интеграцию с объектной базой данных (ОБД). Предложенный подход позволяет автоматизировать процессы планирования и оперативного управления в СЭС, обеспечивая более точную и оперативную оценку реализуемости принимаемых решений.

Ключевые слова: Программное обеспечение, ситуативный синтез, социально-экономическая система, нестатистическая неопределенность, классификация действий, оценка реализуемости, теория возможностей, нечеткая логика, принятие решений.

## SITUATIONAL SYNTHESIS OF SOFTWARE MODELING HUMAN-MADE DECISIONS ON THE OBJECTS OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

<sup>1</sup>Balashov O.V., <sup>2</sup>Bukachev D.S.

<sup>1</sup>JOINT-STOCK COMPANY "RADIO FACTORY" (RESEARCH DEPARTMENT 4), Smolensk, Russia, (214027, Smolensk, street Kotovskogo, 2), e-mail: smradio@mail.ru

<sup>2</sup>SMOLENSK STATE UNIVERSITY, Smolensk, Russia (214000, Smolensk, street Przewalski, 4), e-mail: dsbuka@yandex.ru

The article deals with the situational synthesis of software modeling the process of human decision-making in the context of socio-economic systems (SES). A new approach to the formalization of the decision-making process under non-statistical uncertainty is proposed, including the classification of actions and measures, as well as methods of their evaluation and visualization. The classification of actions based on the logical-linguistic scale (LLS) is introduced, which makes it possible to evaluate the realizability of actions. The mechanism of building decision support systems (DSS) including the use of simulation model, visualization and evaluation of feasibility of decisions is developed. Special attention is paid to the use of possibility theory and fuzzy logic to assess the realizability of actions. The paper also describes the process of forming interfaces for the models and their integration with the object database (OBD). The proposed approach allows to automate the processes of planning

**and operational management in the SES, providing a more accurate and rapid assessment of the feasibility of decisions.**

Keywords: Software, situational synthesis, socio-economic system, non-statistical uncertainty, classification of actions, feasibility assessment, possibility theory, fuzzy logic, decision making.

В настоящее время функционирование любой организации или предприятия как объекта социально-экономической системы (СЭС) осуществляется с применением компьютерных информационных технологий, которые позволяют автоматизировать процессы управления. Ключевыми функциями управления являются планирование и оперативное управление.

На сегодняшний день отсутствует сформировавшийся теоретический подход к формализации процесса принятия решений о выполнении мероприятий плана в условиях нестатистической неопределенности. В Таблице 1 приводится предлагаемая классификация мероприятий (действий), лежащая в основе этого подхода.

Таблица 1 – Предлагаемая классификация действий (мероприятий)

Наименование	Определения	Меры неопределенности, используемые для оценки	Особенности
<i>Действие</i>	Последовательность технологических операций, направленных на реализацию одной из множества функций, которые может выполнять объект системы, исходя из своего предназначения.	П, U, N	Результат выполнения определяется условиями обстановки.
Группа А	Оценка реализуемости производится по логико-лингвистической шкале (ЛЛШ).		Границы ЛЛШ: левая граница равна нулю, а правая - максимальному значению данного показателя. Правая граница характеризует потенциальные возможности подразделения по выполнению действия в идеальных условиях обстановки.
Группа Б	Оценка реализуемости производится по ЛЛШ.		Границы ЛЛШ: левая граница теоретически равна $+\infty$ , а правая граница равна минимальному его значению и является константой.
Группа В	Оценка реализуемости производится по ЛЛШ.		Границы ЛЛШ: левая граница теоретически равна $+\infty$ , а правая граница равна минимальному значению этого показателя,

			соответствующего содержанию действия.
<i>Мероприятие</i>	Совокупность действий, направленных на реализацию мероприятий, выполняемых несколькими подразделениями одного отдела.	П, U, N	Результат выполнения определяется рыночными условиями.
<i>Общая задача</i>	Совокупность мероприятий, выполняемых разнородными подразделениями организации (цехи, отделы, секторы и др.)	П, U, N	Результат выполнения определяется рыночными условиями.

*Примечание: П - возможность, U- полезность, N – необходимость [9].*

Под управленческим решением (УР) понимаются указания руководителя на выполнение совокупности мероприятий (действий) некоторым объектом СЭС с целью получения конкретного результата. Суть предлагаемого подхода состоит в выделении действий, структура которых постоянна, и задач, структура которых определяется условиями обстановки (ситуативна).

Толчком к разработке предлагаемой классификации явилась классификация, данная Клыковым Ю.И. в работе [4]. Недостатком подхода, предложенного Клыковым Ю.И., является отсутствие в нем средств оценки реализуемости мероприятий плана (общих задач, действий).

В статье предлагается подход к построению системы поддержки принятия решений (СППР), обеспечивающей ситуативный синтез программного обеспечения, моделирующего принимаемые ЛПР решения. В качестве программного обеспечения рассматриваются следующие модели:

- имитации мероприятий (действий);
- визуализации мероприятий (действий);
- оценки реализуемости принимаемых решений на выполнение мероприятий (действий);
- управляющие программы, обеспечивающие реализацию этих мероприятий (действий).

Имитация процессов выполнения мероприятий (действий) необходима в процессе формирования управленческого решения, в технологию выполнения которого входит рассматриваемое мероприятие (действие). Под моделями имитации рассматривается ПО, имитирующее процессы выполнения действий. В качестве таких моделей могут рассматриваться как аналитические модели, так и детерминированные стохастические модели. В качестве основных рассматриваются детерминированные стохастические модели, что дает возможность производить имитацию процессов выполнения действий в различном временном масштабе. В зависимости от содержания модель имитации действия может представлять собой совокупность моделей, имитирующих процессы элементарных операций (бизнес-операций), входящих в технологию его выполнения, или аналитическую модель, имитирующую процесс выполнения действия в общем виде. Каждому действию ставится в

соответствие интерфейс, содержащий в себе необходимые исходные данные для исполнения моделей, а также языковые конструкции, определяющие место расположения этих моделей в памяти ЭВМ и порядок их активизации. В интерфейсах действий определяется режим выполнения рассматриваемого решения (имитация, визуализация, оценка реализуемости и реализация) и в зависимости от выбранного режима активизируются те или иные модели.

Модель имитации выполнения одного и того же действия может быть различной для объектов системы. Модель имитации может быть полунатурной, а может быть математической. Модель имитации выполнения мероприятия представляет собой некоторые языковые конструкции, определяющие порядок активизации моделей, имитирующих процессы выполнения действий, входящих в технологию выполнения рассматриваемого мероприятия. Причем в силу ситуативности мероприятий данные языковые конструкции должны формироваться непосредственно в процессе вывода этого мероприятия. Множество языковых конструкций, определяющих порядок имитации действий, входящих в технологию выполнения мероприятия, образует интерфейс этого мероприятия. В зависимости от содержания мероприятия может имитироваться последовательное, параллельное или смешанное выполнение действий, входящих в технологию выполнения этого мероприятия. Модель имитации общего решения представляет собой набор языковых конструкций, активизирующих соответствующие модели мероприятий для подразделений, выполняющих эти мероприятия.

Процесс имитации выполнения мероприятий (действий) не имеет смысла без представления ЛПР возможностей по наблюдению за ходом имитации выполнения этих мероприятий (действий) и общих задач. Для наблюдения за ходом имитации необходимо предоставить ЛПР различного рода мультимедийные, графические и текстовые данные, отображающие и характеризующие процесс имитации. Для синхронизации вывода этих данных с процессом имитации необходимо использование соответствующих моделей визуализации. Модель визуализации должна соответствовать каждому действию. Процесс визуализации имитируемого процесса должен быть синхронизирован с ним по времени. Модели визуализации мероприятий и общих задач создаются таким же образом, как и модели имитации этих процессов. Визуализация необходима ЛПР для структуризации мероприятий и общих задач плана.

Автоматизация процессов планирования и оперативного управления СЭС требует решения проблемы оценки реализуемости принимаемых решений по выполнению мероприятий (действий). Сложность решения этой проблемы состоит в том, что для большинства СЭС решения, принимаемые ЛПР на объектах этих систем, являются уникальными. Следовательно, отсутствует возможность накопить и обработать соответствующую статистическую информацию. Отсутствие статистики делает невозможным использование вероятностных статистических методов (определения объективной вероятности) при разработке моделей оценки реализуемости планируемых мероприятий (действий) [5, 6, 8]. Для оценки реализуемости мероприятий и формализованного представления данных могут быть использованы методы извлечения и обработки экспертной информации [1].

Уникальность мероприятий (действий) проявляется в заранее неизвестной их структуре. Под последней целесообразно рассматривать набор определенных действий, выполняемых объектом СЭС с целью получения конкретного результата.

Нестатистичность структуры мероприятия может быть вызвана незнанием или неполнотой данных о предстоящих действиях конкурирующих и взаимодействующих систем, а также условий актуальной внешней среды. Задача оценки реализуемости мероприятий тесно связана с необходимостью их формализованного представления. На сегодняшний день отсутствует сформировавшийся подход к формализованному представлению мероприятий, планируемых в условиях нестатистической неопределенности.

Необходимо отметить, что уникальность имеет место не только для мероприятий, но и в целом для плана предстоящих действий, содержание которого образуют эти мероприятия. Отсутствие на сегодняшний день подхода к оценке реализуемости мероприятий, включаемых в план действий в условиях нестатистической неопределенности, а также подхода к их формализованному представлению, делает невозможным автоматизацию процессов разработки и оценки хода реализуемости плана предстоящих действий.

Наиболее развитыми средствами оценки мероприятий в современной теории принятия решений являются средства теории вероятностей и теории полезности. Рассмотрим возможности по использованию данных теорий при решении задачи оценки реализуемости принимаемых решений. Использование для оценки реализуемости принимаемых решений методов оценки субъективной вероятности [5, 9] не корректно в силу ряда следующих причин:

Во-первых, необходимо оценивать реализуемость принимаемого человеком решения непосредственно в процессе его формирования. В то же время методы оценки субъективной вероятности требуют получения и обработки экспертных оценок, что является довольно длительным процессом и может не соответствовать требуемому времени реакции СЭС.

Во-вторых, в субъективную вероятность человек вкладывает степень своей уверенности в получении требуемого результата, при этом реализуемость этого результата оценивается человеком весьма приближенно. Последнее утверждение вызвано тем, что ЛПР не в состоянии полностью учитывать технологию выполнения принимаемого им решения на выполнение задачи, рассматриваемым объектом СЭС, а также оценивать степень влияния на реализуемость этого решения различных внутренних и внешних факторов обстановки.

Использование для оценки реализуемости решений методов теории полезности не корректно в силу того, что функция полезности характеризует желательность результата для ЛПР, не оценивая при этом его реализуемость [6, 7]. В качестве одного из подходов к оценке реализуемости решений предлагается использовать подход, в основе которого лежат положения теории возможностей и нечеткой логики [2, 3]. Исходя из определения, действия, в отличие от мероприятий и общих задач, имеют жесткую структуру, но исходные данные для них определяются условиями обстановки и заранее неизвестны.

Действиям ставятся в соответствие модели оценки реализуемости, разработанные на этапе проектирования СППР. В основе разработки моделей оценки реализуемости действий лежит использование моделей оценки возможностей объекта СЭС по выполнению этих действий. В основе рассматриваемых моделей лежит процесс определения текущего значения некоторого объективного показателя, характеризующего процесс выполнения соответствующего действия. Отношение текущего значения данного показателя к его

идеальному значению рассматривается как количественная оценка, характеризующая возможность выполнения рассматриваемого действия. Идеальное значение объективного показателя является правой границей логико-лингвистической шкалы (ЛЛШ), отображающей распределение возможностей объекта СЭС по выполнению соответствующего действия. Помимо количественной оценки возможностей объекта по выполнению действия, существует качественная оценка, которая может принимать одно из множества лингвистических значений, характеризующих качество выполнения рассматриваемого действия. Определение интервалов значений количественной оценки между лингвистическими значениями производится в результате обработки мнений экспертов в рассматриваемой предметной области. Формирование ЛЛШ осуществляется на этапе проектирования модели объекта СЭС. В ходе жизненного цикла объекта ЛЛШ постоянно корректируется.

Таким образом, для каждого объекта СЭС разрабатывается программное обеспечение, позволяющее оценить реализуемость действий, которые он способен выполнять исходя из своего функционального предназначения.

Синтез моделей оценки реализуемости мероприятий и общих задач плана представляет собой последовательную, параллельную или смешанную свертку оценок, характеризующих реализуемость действий (мероприятий), входящих в технологию их выполнения, и производится непосредственно в процессе вывода этих мероприятий и общих задач.

Модели имитации, визуализации и оценки реализуемости действий, а также их интерфейсы создаются на этапе проектирования интеллектуальной системы и вместе с ОБД образуют предметную область этой системы. Синтез рассматриваемых моделей мероприятий и общих задач производится в процессе формирования этих решений, а сами модели представляют собой ссылки на интерфейсы моделей, соответствующих действий. С практической точки зрения моделей имитации, визуализации и оценки реализуемости мероприятий и общих задач реально не существует. В памяти ЭВМ существуют только лишь интерфейсы этих мероприятий и общих задач, в которых отражен порядок выполнения тех или иных моделей.

Формирование интерфейсов производится планировщиком СППР на языке обработки логики управления. Планировщик СППР предназначен для решения следующих задач: формирование интерфейсов (программных модулей) общих задач, мероприятий и действий (Таблица 1) в виде исходного кода на языке определения интерфейсов; определяет логическую последовательность, приоритетность и глубину трансляции программных модулей; формирует объектные запросы в объектную базу данных. Необходимо отметить разницу в формировании интерфейсов общих задач, мероприятий и действий. Формирование интерфейсов действий состоит в копировании нового интерфейса из имеющегося шаблона и определение значений его атрибутов. Интерфейсы мероприятий плана и общих задач синтезируются по соответствующим правилам. В задачу планировщика входит также присваивание мероприятиям (общим задачам) соответствующих идентификаторов. На Рисунках 1-4 показаны примеры интерфейсов общих задач, мероприятий и действий.

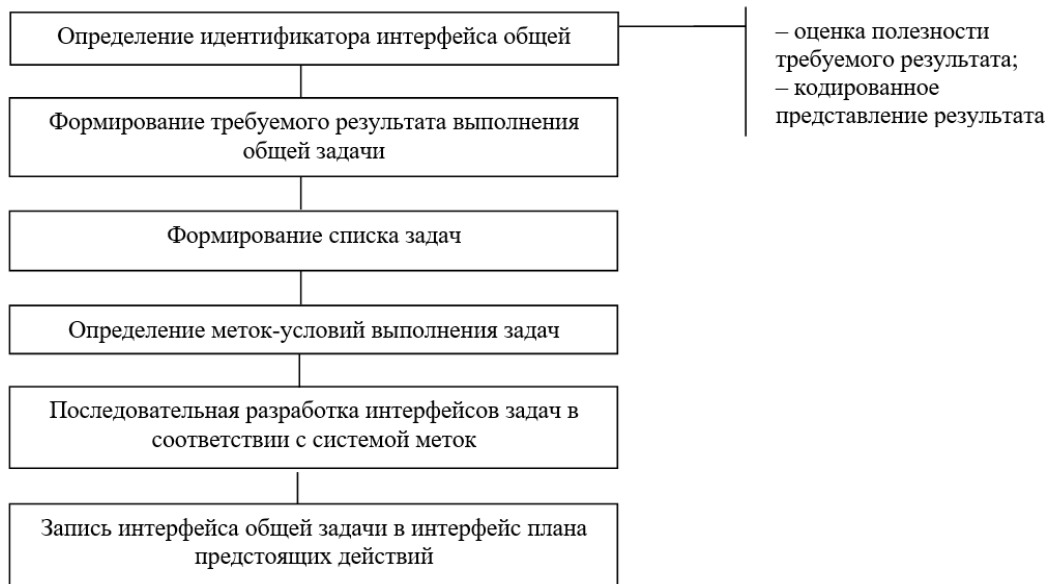


Рисунок 1 – Синтез интерфейса общей задачи

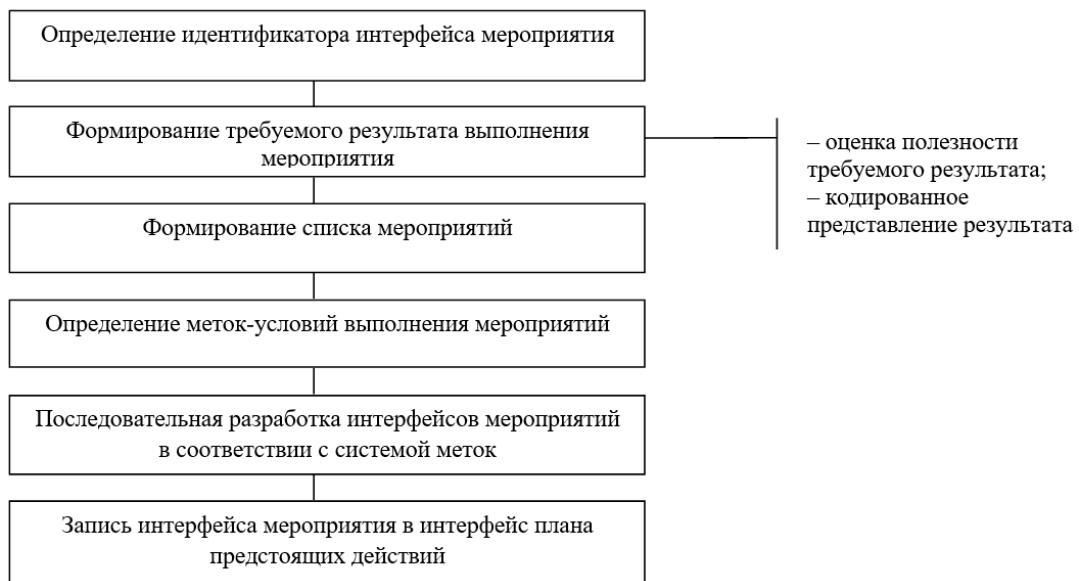


Рисунок 2 – Синтез интерфейса мероприятия

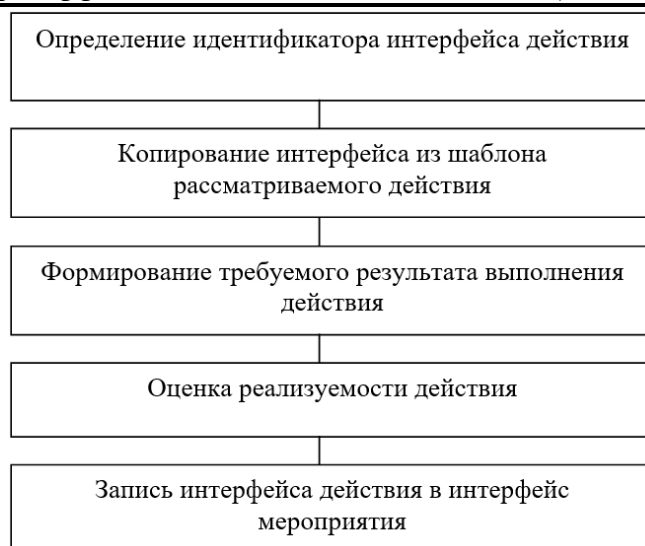


Рисунок 3 – Синтез интерфейса действия

Формирование объектных запросов к объектной базе данных (ОБД) должно проводиться на языке определения запросов автоматически, в соответствии с семантикой формируемых мероприятий (общих задач). Решение данной задачи возможно посредством включения синтаксических и семантических правил формирования объектных запросов в соответствующие правила языка определения интерфейсов.

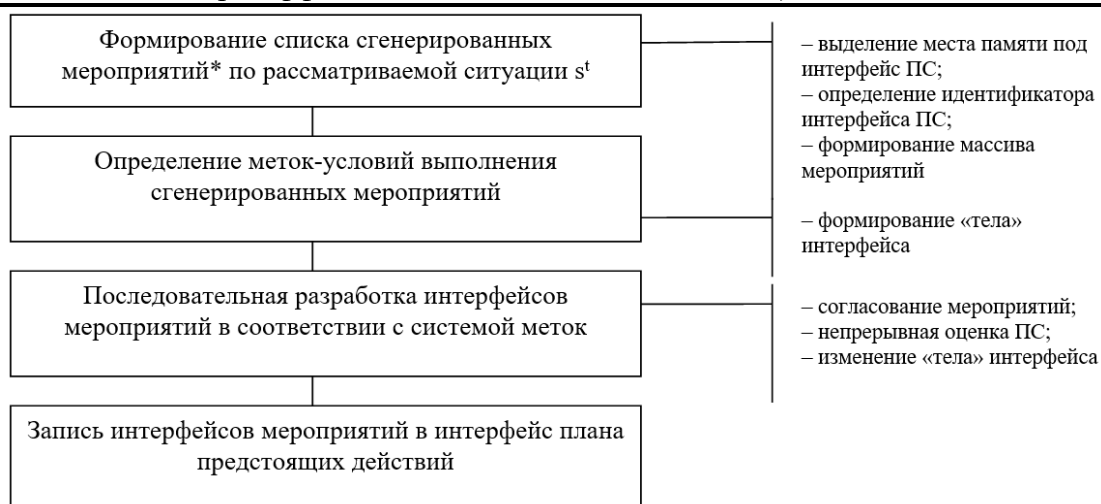
Необходимость использования ОБД вызвана следующими причинами:

- формализованное представление данных в виде, адекватном действительности;
- устранение необходимости в использовании «шлюзов», обеспечивающих согласование объектно-ориентированного представления данных в жестком программном обеспечении с представлением данных, используемым в реляционных базах данных;
- возможность компактного размещения в ОБД данных о свойствах и ресурсах объекта (системы), его (ее) текущем и прогнозируемых состояниях (план предстоящих действий), а также данных из области управления (целевая ситуация, стратегия управления, мероприятия, задачи и другие).

План предстоящих действий представляет собой совокупность планов перехода системы из ситуации в ситуацию. Каждый из этих планов представляется в виде интерфейса, определяющего порядок выполнения общих задач (мероприятий), обеспечивающих переход из одной ситуации в другую. Порядок формирования этих интерфейсов должен быть аналогичен порядку формирования мероприятий и общих задач. В свою очередь, план предстоящих действий также представляет собой интерфейс, определяющий порядок активизации планов перехода из одной ситуации в другую (Рисунок 4).

Результаты разработки плана предстоящих действий записываются в ОБД, а в интерфейсе плана отображается порядок активизации планов перехода системы из ситуации в ситуацию, а также те области ОБД, в которых хранится информация, соответствующая этим планам.





\* - вместо мероприятий, в зависимости от масштаба плана, могут рассматриваться общие задачи

Рисунок 4 – Синтез плана предстоящих действий (ПС)

Таким образом, ситуативный синтез ПО, моделирующего принимаемые человеком решения, сводится к формированию интерфейсов. Практическое выполнение решений производится посредством трансляции интерфейсов в исполняемый код и исполнение этого кода процессором ЭВМ.

### Список литературы

1. Балашов О.В, Букачев Д.С. Выбор методов извлечения и обработки экспертной информации для базы знаний систем поддержки принятия решений // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2018. – Т. 3, № 4(10). – С. 28-35.
2. Балашов О.В, Букачев Д.С. Подход к оценке качества управленческих решений на основе нечёткой логики // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2020. – Т. 5, № 1(15). – С. 3-7.
3. Балашов О.В, Букачев Д.С. Методический аппарат разработки математических моделей для систем поддержки принятия решений // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2021. – Т. 6, № 2(20). – С. 25-33.
4. Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами. М., «Энергия», 1974.
5. Наумов Г.Е., Подиновский В.В., Подиновский В.В. Субъективная вероятность: способы представления и методы получения. // Техническая кибернетика. 1991. № 5.
6. Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка принятия решений. М., СИНТЕГ, 1998.
7. Фишберн П.С. Теория полезности для принятия решений. М., Наука, 1972.
8. Экономико-математические методы и прикладные модели: / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, Д.М. Дайитбегов и др.; Под ред. В.В. Федосеева. - М.: ЮНИТИ, 2001.
9. Ягер Р.Р. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения /Пер. с англ., Радио и связь, 1986.

### References

1. Balashov O.V, Bukachev D.S. Vybora metodov izvlecheniya i obrabotki ekspertnoj informacii dlya bazy znaniy sistem podderzhki prinyatiya reshenij // Mezhdunarodnyj zhurnal informacionnyh tekhnologij i energoeffektivnosti. – 2018. – Т. 3, № 4(10). – pp. 28-35.
  2. Balashov O.V, Bukachev D.S. Podhod k ocenke kachestva upravlencheskih reshenij na osnove nechyotkoj logiki // Mezhdunarodnyj zhurnal informacionnyh tekhnologij i energoeffektivnosti. – 2020. – Т. 5, № 1(15). – pp. 3-7.
  3. Balashov O.V, Bukachev D.S. Metodicheskij apparat razrabotki matematicheskikh modelej dlya sistem podderzhki prinyatiya reshenij // Mezhdunarodnyj zhurnal informacionnyh tekhnologij i energoeffektivnosti. – 2021. – Т. 6, № 2(20). – pp. 25-33.
  4. Klykov Yu.I. Situacionnoe upravlenie bol'shimi sistemami. М., «Energija», 1974.
  5. Naumov G.E., Podinovskij V.V., Podinovskij V.V. Sub"ektivnaya veroyatnost': sposoby predstavleniya i metody polucheniya. // Tekhnicheskaya kibernetika. 1991. № 5.
  6. Trahtengerc E. A. Komp'yuternaya podderzhka prinyatiya reshenij. М., SINTEG, 1998.
  7. Fishbern P.S. Teoriya poleznosti dlya prinyatiya reshenij. М., Nauka, 1972.
  8. Ekonomiko-matematicheskie metody i prikladnye modeli: / V.V. Fedoseev, A.N. Garmash, D.M. Dajitbegov i dr.; Pod red. V.V. Fedoseeva. - М.: YuNITI, 2001.
  9. Yager R.R. Nechetkie mnozhestva i teoriya vozmozhnostej. Poslednie dostizheniya /Per. s angl., Radio i svyaz', 1986.
-