



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

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



УДК 681.3.06

МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Балашов О.В.¹, Букачев Д.С.².

¹Смоленский филиал АО «Радиозавод», Россия, (214027, г. Смоленск, улица Котовского, 2), e-mail: smradio@mail.ru

²ФГБОУ ВО Смоленский государственный университет, Смоленск, Россия (21400, г. Смоленск, ул. Пржевальского, 4), e-mail: dsbuka@yandex.ru

Предложен методический аппарат, который позволяет разработать комплекс методик оценки возможностей выполнения действий объектами организационно-технических систем. Данный методический аппарат основан на методах теории возможностей, состоит из нескольких этапов решения частных задач и предназначен для разработки математических моделей функционирования объектов в системах поддержки принятия решений.

Ключевые слова: теория вероятностей, математическая статистика, теория возможностей, математическое моделирование.

METHODOLOGICAL APPARATUS FOR DEVELOPING MATHEMATICAL MODELS FOR DECISION SUPPORT SYSTEMS

¹Balashov O.V., ²Bukachev D.S.

¹Smolensk branch of joint-stock company "Radio factory", Russia, (214027, Smolensk, street Kotovskogo, 2), e-mail: smradio@mail.ru

²Federal State Educational Institution of Higher Education Smolensk State University, Smolensk, Russia (21400, Smolensk, street Przewalski, 4), e-mail: dsbuka@yandex.ru

A methodological apparatus is proposed that allows developing a complex of methods for assessing the possibilities of performing actions by objects of organizational and technical systems. This methodological apparatus is based on the methods of the theory of possibilities, consists of several stages of solving particular problems and is intended for the development of mathematical models of the functioning of objects in decision support systems.

Keywords: probability theory, mathematical statistics, theory of possibilities, mathematical modeling.

Введение. Функционирование организационно-технических систем (ОТС) характеризуется большой сложностью. Результаты проведенных исследований показали, что в составе системы поддержки принятия решений (СППР) должна быть предусмотрена модель принятия решений общего характера [1, 2], которая должна позволять осуществлять выбор альтернатив на основе любого из разработанных в теории принятия решений методов:

- по векторному критерию качества;

- на основе предпочтений лица, принимающего решение (ЛПР);
- на основе правил принятия решений.

В зависимости от характера задачи управления в СППР возможно формирование множества альтернатив одного из трех типов [6]:

- нечёткое множество нечётких альтернатив;
- нечёткое множество чётких альтернатив;
- чёткое множество нечётких альтернатив.

В свою очередь, указанные типы множеств альтернатив образуют аналогичные множества исходов [6]. Исходом может оказаться: нечёткое множество нечётких состояний объекта управления; нечёткое множество чётких состояний; нечёткое состояние.

Если к тому же наступление исхода – недетерминированное событие, то исходом будет случайная величина, значениями которой будут являться множество состояний первого, второго, третьего типа.

Следовательно, для обеспечения функционирования СППР требуется несколько типов математических моделей, образующих состав их программного обеспечения [2]:

- 1) математические модели прогнозирования;
- 2) математические модели, соответствующие задачам управляемых объектов;
- 3) математические модели, обеспечивающие обобщение информации по определенным правилам.

К первому типу относятся модели не только математического, но и эвристического прогнозирования. Информация об этих моделях достаточно подробно изложена в литературе, поэтому в этой статье они рассматриваться не будут.

Ко второму типу моделей относятся:

- модели оценки возможностей управляемых объектов по выполнению ими типовых действий (по своему функциональному предназначению)
- модели оценки степени выполнения управляемыми объектами их действий;
- модели имитации и отображения процессов выполнения управляемыми объектами их типовых действий;
- модели оценки согласованности действий управляемых объектов по значениям параметров этих действий.

К третьему типу относятся:

- модели обработки информации о ресурсах системы (расчёты ресурсов, времени, издержек и др.);
- модели расчёта значений различных показателей;
- модели, обеспечивающие формирование нормативно-справочной информации.

Необходимо отметить, что модели третьего типа используются при определении значений входных параметров для моделей второго типа. На различных этапах процесса управления в органах управления ОТС каждой типовой задаче любого типового объекта рассматриваемой системы ставятся в соответствие следующие модели:

- модель генерации вариантов выполнения действия;
- модель оценки возможностей объекта по выполнению функционального действия;
- модель выбора рационального варианта выполнения действия из множества возможных вариантов;
- модель отображения процесса выполнения объектом действия.

Следует отметить, что необходимость создания предлагаемого методического аппарата определяется тем, что на сегодняшний день отсутствует единый подход к созданию унифицированного математического обеспечения при проектировании СППР различного назначения. В настоящей статье предлагается подход к разработке подобного аппарата, включающего в себя теоретические и практические положения, обеспечивающие разработку по единым правилам математических моделей второго и третьего типов. Содержание математических моделей определяется предметной областью ОТС, а результатом их разработки является математическое обеспечение, на основе которого создается прикладное программное обеспечение СППР.

1. Постановка задачи.

В настоящее время в качестве наиболее широко распространённого подхода к учёту неопределённости информации, используемого, в математическом обеспечении существующих и разрабатываемых информационных систем, является теория вероятностей [2, 3].

Результаты исследований функционирования сложных объектов [2, 3], показывают, что использование вероятностной меры для оценки возможностей выполнения действий, является некорректным, так как обычными для функционирования таких объектов являются условия нестатистической неопределённости. Это приводит к тому, что используемые математические модели неадекватно отображают не только условия обстановки, но и процессы функционирования рассматриваемых в данных моделях объектов ОТС.

Как недостаток применяемой вероятностной модели неопределённости, необходимо также отметить нецелесообразность использования вероятностных показателей для оценки возможностей выполнения нечётких событий, поскольку структура нечётких событий может меняться в зависимости от сложившихся условий обстановки, и накопление статистической информации по данным событиям с целью их формализованного описания и оценки затруднительно. Использование вероятностных мер при оценке возможностей выполнения нечётких событий в конечном итоге приводит к неадекватности описания процессов функционирования рассматриваемой ОТС в сложившихся или прогнозируемых условиях обстановки.

Анализ математических аппаратов показал, что в теории принятия решений для оценки качества принимаемых решений в условиях нестатистической неопределённости наиболее применим аппарат теории возможностей [5]. Этот аппарат позволяет оценить возможности выполнения объектом задачи как степени реализации его потенциальных возможностей в рассматриваемых условиях обстановки. Одно из преимуществ теории возможностей заключается в том, что она позволяет одновременно моделировать неточность (на основе теории нечётких множеств) и количественно характеризовать неопределённость (парой чисел «возможность – определённость») [5].

Оценка возможностей выполнения задачи состоит в сравнении значения показателя, характеризующего процесс её выполнения в реальных условиях с его значением в эталонных («идеальных») условиях. Использование аппарата теории возможностей требует меньшего объёма статистической информации для получения оценки, однако существующая теория возможностей не располагает методическим аппаратом, обеспечивающим практическую

разработку моделей оценки возможностей по выполнению задач организационно-техническими системами в различных предметных областях.

С учетом изложенного, сформулируем постановку задачи следующим образом: на основе теории возможностей требуется разработка методического аппарата, с помощью которого можно создавать модели оценки возможностей отдельных объектов ОТС по выполнению действий по своему функциональному предназначению.

2. Предлагаемый подход.

В рамках предлагаемого подхода под способом достижения результата понимается совокупность действий, выполняемая объектом ОТС и приводящих к намеченной цели. Иными словами, способ достижения результата – это технология выполнения действия объектом ОТС. В зависимости от условий неопределённости, в которых осуществляется выполнение действия, рассматриваются два способа оценки достижения требуемого результата: вероятностный и возможностный.

Рассматриваемый подход предполагает использование аппарата теории возможностей и имеет место в условиях нестатистической неопределенности, когда условия и способы выполнения действий объектами ОТС ситуативные. Возможность характеризует степень реализации объектом ОТС своих потенциальных возможностей по выполнению конкретного действия в рассматриваемой ситуации (условиях сложившейся обстановки), т.е. она характеризует, насколько выполнимо действие в рассматриваемых условиях обстановки. Как и объективная вероятность, возможность определяется с помощью соответствующей математической модели. В основе всех математических моделей оценки возможностей объектов по выполнению задач лежит расчёт текущих возможностей ($\tau_{\text{тек}}$) объекта по выполнению действия и их сравнение с его потенциальными возможностями ($\tau_{\text{ид}}$). В зависимости от физического смысла задачи могут иметь место следующие случаи расчёта возможностей

$$P(Z) = \tau_{\text{тек}} / \tau_{\text{ид}}, \text{ при } \tau_{\text{тек}} \leq \tau_{\text{ид}}, \quad (1)$$

$$P(Z) = \tau_{\text{ид}} / \tau_{\text{тек}}, \text{ при } \tau_{\text{тек}} \geq \tau_{\text{ид}}. \quad (2)$$

Предлагаемый подход к оценке возможностей отличается тем, что в нем рассматриваются не возможности достижения каких-то абстрактных событий, а возможности объектов ОТС по выполнению типовых действий, и является развитием подхода, предложенного в работе [4]. В рамках рассматриваемого подхода так же, как и в существующем, не сохраняется условие аддитивности

$$P(Z) + P(\bar{Z}) = 1. \quad (3)$$

Однако причиной этого является не предположение о слабой связи возможного и невозможного событий, а то, что в данном подходе рассматривается необходимость выполнения действия, а не необходимость события. Иными словами, для действия не может существовать противоположного действия и именно этим объясняется некорректность выражения (3) при применении к ОТС.

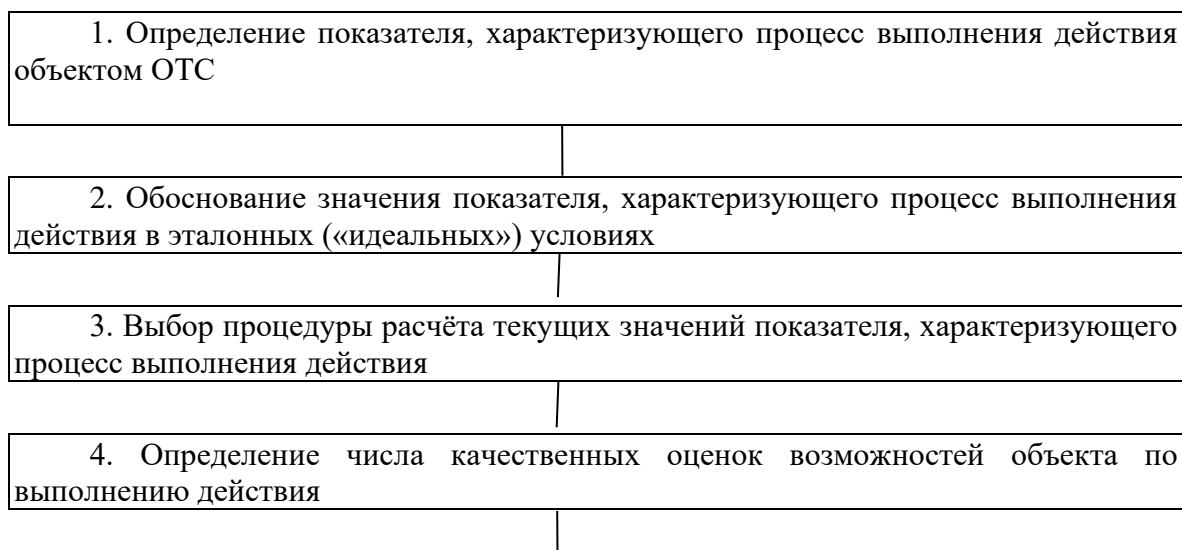
Для решения общей поставленной задачи последовательно рассмотрим следующие задачи частного характера:

- 1) выбор показателя оценки потенциальных и текущих возможностей объекта;
- 2) методику разработки правил определения идеальных условий выполнения действия объектом;
- 3) формулировка правил расчёта текущих возможностей объекта по выполнению типового действия;
- 4) построение логико-лингвистических шкал оценки возможностей объекта по выполнению типового действия.

Заметим, что выполнением последней из задач собственно построение соответствующей математической модели и завершается.

Остановимся на правилах выбора показателя оценки потенциальных и текущих возможностей объекта. В основе оценки возможностей объекта по выполнению типового действия лежит анализ соотношения значений показателя, характеризующего текущие и потенциальные возможности объекта по выполнению рассматриваемого действия. Выбор показателя определяется физическим смыслом действия, в частности, в качестве показателя могут рассматриваться время, расстояние, производственная мощность и т.п., используемых при обосновании решения на выполнение типового действия. Выбранному показателю должна соответствовать математическая модель расчёта его значений, которая должна отражать технологию выполнения соответствующего ей типового действия объекта. В состав математической модели расчета показателя оценки возможностей объекта по выполнению действия должны входить математические зависимости, обеспечивающие выполнение ряда расчётов на каждом технологическом этапе выполнения действия, например, расчёт времени выполнения технологического этапа, расчёт расхода ресурсов за технологический этап, расчёт издержек за технологический этап и т.д.

Рассмотрим теперь разработку математической модели расчёта значений показателя оценки возможностей объекта по выполнению действия. Методика построения математической модели оценки возможностей объекта по выполнению действия показана на рисунке 1.



5. Получение и обработка статистической информации о результатах выполнения действия (объективной или субъективной)

Рисунок 1 – Последовательность построения модели оценки возможностей выполнения объектом типового действия

Выбор процедуры расчёта текущих значений показателя заключается в выборе и обосновании математических зависимостей, которые позволяют получить значения показателя, характеризующего процесс выполнения действия, адекватные рассматриваемым условиям функционирования объекта. При выборе математических зависимостей принимается во внимание тот факт, что процесс выполнения действия состоит из технологических этапов (операций). Каждый такой этап подлежит оценке, и ему ставится в соответствие временной показатель. Значение показателя может быть нормативным, расчётным или комбинированным, сочетающим как нормативные, так и расчётные значения. Кроме количественной оценки возможностей объекта по выполнению действия может определяться также качественная оценка. Качественная оценка позволяет выделить диапазоны значений количественной составляющей и определить их физический смысл. Число качественных оценок (термов) определяется, как правило, экспертным путем.

Количественные и качественные возможностные оценки получаются после обработки статистической информации (объективной или субъективной) о результатах выполнения задачи, отображенной на шкалу значений объективного показателя [2, 3, 6]. ЛПР представляется количественная и качественная составляющие оценки возможности по выполнению задачи рассматриваемым объектом.

Таким образом, количественная составляющая определяется числовым значением показателя, характеризующего процесс выполнения действия. Качественная составляющая формируется в результате выделения экспертами интервалов значений данного показателя, соответствующих значениям лингвистической переменной, определяющей возможность выполнения рассматриваемого действия [2, 3].

Определим теперь правила определения эталонных («идеальных») условий выполнения действия объектом. В качестве эталонных рассматриваются условия, при которых отсутствуют какие-либо ограничения на выполнение объектом одной из множества его типовых действий. Выбор эталонных условий необходим для определения потенциальных возможностей объекта по выполнению его типового действия. Потенциальным возможностям соответствует максимальное или минимальное значение оценки показателя возможностей объекта по выполнению типового действия (определяется физическим смыслом действия). Эталонным условиям выполнения действия соответствуют конкретные значения переменных математической модели расчёта значений показателя. Эталонным условиям соответствуют также состояние объекта, при котором он полностью обеспечен ресурсами, необходимыми для выполнения задачи. Таким образом, для расчёта значений показателя, характеризующего потенциальные возможности объекта по выполнению типового действия, используется математическая модель расчёта значений этого показателя, причем значения переменных, рассматриваемых в этой модели, соответствует эталонным («идеальным») условиям.

Следующим этапом построения модели оценки возможностей средств отдельных объектов ОТС по выполнению действий по своему функциональному предназначению является формулировка правил расчёта текущих возможностей объекта по выполнению

типового действия. Расчёт таких возможностей проводится в условиях, определяемых текущей ситуацией (заметим, что текущие условия не могут быть лучше идеальных). Определение текущих условий может проводиться в процессе оценки текущей ситуации или моделирования этой ситуации в процессе планирования и оперативного управления. Результатом определения текущих условий является определение значений всех переменных, используемых при расчете текущего значения показателя оценки возможностей объекта по выполнению действия.

При определении текущих возможностей объекта по выполнению типового действия проводится расчёт следующих величин: время выполнения действия; ресурсов, необходимых для его выполнения; издержек, которые может понести объект при выполнении действия; количество объектов воздействия и степень оказанного воздействия за время выполнения действия; количество произведенной продукции за время выполнения действия. Расчёт перечисленных величин проводится по всем этапам действия с учётом параметров текущей ситуации.

Таким образом, математическая модель расчёта показателя оценки возможностей объекта по выполнению действия обеспечивает расчёт потенциальных и текущих возможностей объекта по выполнению рассматриваемого действия.

Рассмотрим теперь последнюю из поставленных частных задач – построение логико-лингвистических шкал оценки возможностей объекта по выполнению типового действия.

Результаты исследований содержания действий, выполняемых объектами ОТС в зависимости от способа оценки возможностей их выполнения, можно условно разделить на группы по характеру построения логико-лингвистической шкалы (ЛЛШ) [2, 3].

К *первой* группе можно отнести модели, в которых левая граница ЛЛШ равна 0, а правая максимальному значению показателя, характеризующего процесс выполнения действия. Правая граница характеризует потенциальные возможности объекта по выполнению действия в эталонных («идеальных») условиях обстановки. Например, возможность монтажа электрооборудования, кладка кирпича, штукатурка стен и т. д.

Вторую группу составляют модели, в которых правая граница определяется минимальным значением показателя, характеризующего процесс выполнения задачи, и соответствует определённому нормативному значению, полученному в наперёд заданных условиях. В качестве примера – это возможность развёртывания или свёртывания оборудования на строительной площадке и т. д.

К *третьей* группе предлагается отнести модели, в которых правая граница шкалы равняется минимальному значению показателя, характеризующего процесс выполнения задачи, и зависит от конкретных условий обстановки, то есть определяется в ходе принятия решения на выполнение задачи. Например, оценка возможностей по доставке строительных материалов на площадку.

В зависимости от физического смысла действия оценка возможностей объекта по его выполнению проводится посредством выражений (1) или (2). Отношение текущих возможностей к потенциальным возможностям (или наоборот) позволяет определить количественную оценку возможностей объекта по выполнению действия. Для большинства действий, выполняемых объектами ОТС, возможно использование качественных оценок, позволяющих учесть большое количество трудно формализуемых факторов, которые

невозможно учесть при разработке математической модели расчёта показателя оценки возможностей объекта по выполнению действия.

С целью реализации качественных оценок, предлагается включать в состав моделей оценки возможностей объектов по выполнению действий, процедуры, реализующие логико-лингвистические шкалы. Основными этапами разработки ЛЛШ являются:

а) определение множества качественных оценок возможностей объектов по выполнению действия;

б) сбор статистической информации о результатах выполнения действия объектом (сбор объективной информации или проведение экспертного опроса);

в) построение распределений функций принадлежности качественных оценок по интервалам шкалы измерения количественной оценки (обработка результатов сбора объективной информации или проведения экспертного опроса).

Заключение. Предложенный методический аппарат позволяет разработать комплекс методик оценки возможностей объектов ОТС по выполнению действий. Данный методический аппарат основан на методах теории возможностей, состоит из нескольких этапов решения частных задач и предназначен для разработки математических моделей функционирования объектов в СППР.

Список литературы

1. Балашов О.В., Букачев Д.С. Подход к разработке технологии автоматизированного планирования и оперативного управления организационно-техническими системами // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2020. – Т.5, №4 (18). – с. 21-31.
2. Балашов О. В. Теоретическое обобщение и развитие методов построения систем поддержки принятия решений для управления организационно-техническими системами военного назначения. – Смоленск: Изд-во. ВА ВПВО ВС РФ, 2006. – 118 с.
3. Балашов О. В., Борисов В. В., Круглов В. В. Вопросы управления организационно-техническими системами военного назначения. – Смоленск: Изд-во. ВА ВПВО ВС РФ, 2005. – 62 с.
4. Борисов А. Н., Крумберг О. А. Федоров И. П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
5. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике. М., Радио и связь, 1990. – 288 с.
6. Круглов В. В., Дли М. И. Интеллектуальные информационные системы: Компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. – М.: Физматлит, 2002. – 256 с.

References

1. Balashov O.V., Bukachev D.S. Podhod k razrabotke tekhnologii avtomatizirovannogo planirovaniya i operativnogo upravleniya organizacionno-tekhnicheskimi sistemami // Mezhdunarodnyj zhurnal informacionnyh tekhnologij i energoeffektivnosti. – 2020. – Т.5, №4 (18). – pp. 21-31.

2. Balashov O. V. Teoreticheskoe obobshchenie i razvitie metodov postroeniya sistem podderzhki prinyatiya reshenij dlya upravleniya organizacionno-tekhnicheskimi sistemami voennogo naznacheniya. – Smolensk: Izd-vo. VA VPVO VS RF, 2006. – 118 p.
 3. Balashov O. V., Borisov V. V., Kruglov V. V. Voprosy upravleniya organizacionno-tekhnicheskimi sistemami voennogo naznacheniya. – Smolensk: Izd-vo. VA VPVO VS RF, 2005. – 62 p.
 4. Borisov A. N., Krumberg O. A., Fedorov I. P. Prinyatie reshenij na osnove nechetkih mo-delej: Primery ispol'zovaniya. – Riga: Zinatne, 1990. – 184 p.
 5. Dyubua D., Prad A. Teoriya vozmozhnostej. Prilozheniya k predstavleniyu znaniy v informatike. M., Radio i svyaz', 1990. – 288 p.
 6. Kruglov V. V., Dli M. I. Intellektual'nye informacionnye sistemy: Komp'yuternaya podderzhka sistem nechetkoj logiki i nechetkogo vyvoda. – M.: Fizmatlit, 2002. – 256 p.
-