

УДК 62.50

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНИВАНИЮ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ РАЗНОРОДНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Галаев Сергей Алексеевич,

канд. техн. наук, доцент кафедры математики и информатики,

e-mail: galaev.sergey@mail.ru,

Московский университет имени С.Ю. Витте, г. Москва, Россия,

Военная академия РВСН имени Петра Великого, г. Балашиха, Россия

В статье предложен подход совместной обработки информации различного вида для решения задачи оценивания состояния сложных систем. Предложенный подход основан на применении положений математической информатики, теории нечетких множеств, теории ультраоператоров.

Ключевые слова: ультраоператор, сведение об объекте, информация, совместная обработка, регуляризация, информационная избыточность

DOI 10.21777/2500-2112-2018-1-44-48

Введение

В настоящий момент в эпоху стремительного развития современных технологий во всех сферах человеческой деятельности приходится иметь дело с новыми перспективными объектами, обладающими рядом особенностей. Они:

- функционируют в пространстве и времени;
- способны к самостоятельному выбору своего поведения;
- выполняют свои функции в условиях многообразия источников некорректности, воздействия факторов различной природы, в том числе складывающейся метеообстановки;
- работают с использованием информации цифровых карт местности для ориентации в пространстве;
- выполняют задачи дистанционно в отрыве от наблюдателя;
- оснащены системами «технического зрения».

В целом такие объекты представляют собой сложные, непредсказуемые, интеллектуализированные системы. Яркими представителями являются различные робототехнические системы, беспилотные летательные аппараты и другие.

С целью осуществления контроля состояния таких объектов применяются системы оценивания состояния. При штатном функционировании робототехнических систем используются штатные алгоритмы обработки и анализа получаемой информации. Дополнительная информация, которая все же имеется, как правило, не используется. В случае возникновения нештатных ситуаций, задача оценивания решается методом регуляризации, заключающемся в привлечении дополнительной информации об искомом решении.

При этом пространство дополнительных привлекаемых сведений – регуляризаторов – имеет бесконечную размерность. Фактически имеется очень большое количество источников информации. Возникает задача управления этими регуляризаторами, заключающаяся в выборе наиболее подходящего регуляризатора в соответствии с заданными критериями, а также совместной обработке имеющихся и дополнительно привлеченных сведений. Обеспечить корректность решения задачи становится все сложнее. С учетом вышеизложенного, актуальной является задача разработки научно-методического подхода совместной обработки и анализа информации различного вида.

1 Общая схема решения задачи оценивания состояния сложных объектов

С целью формализации задачи использовались положения математической информатики [1, 5], теории ультрасистем [5]. Общая схема решения данной задачи представлена в виде иерархической структуры, принцип функционирования которой приведен на рисунке 1. Пусть заданы $i+1$ последова-

тельных уровней иерархии. На соответствующих шкалах заданы решетки понятий. При этом информация на более высоком уровне иерархии есть результат преобразования информации более низкого уровня с помощью соответствующих ультраоператоров.

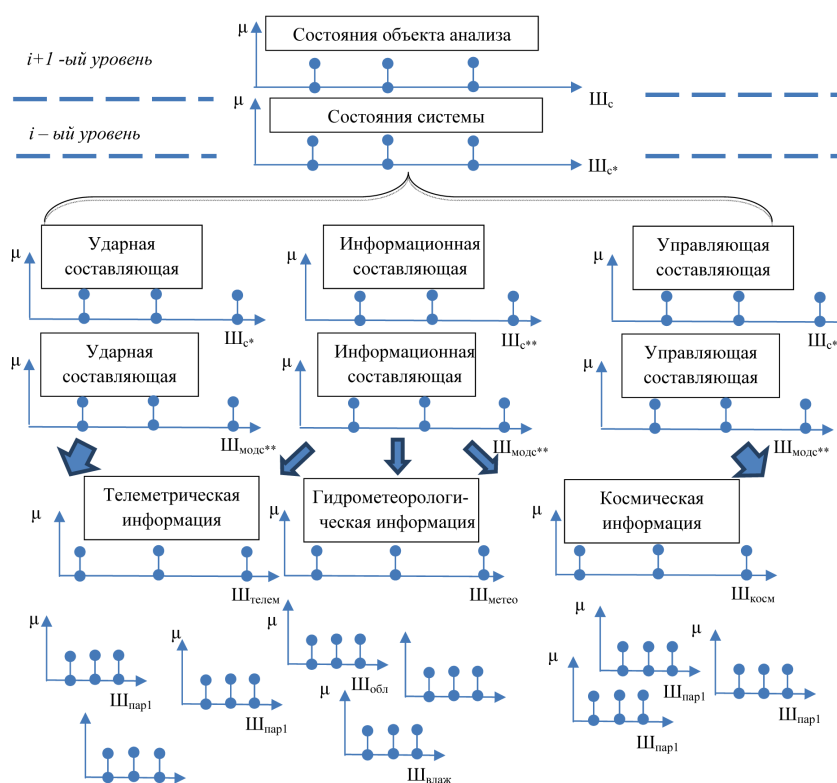


Рисунок 1 – Преобразование измерительной информации, заданной на соответствующих шкалах

Решение задачи поиска необходимой информации заключается в нахождении требуемой точки в пространстве регуляризаторов. При этом регуляризаторы могут быть базовыми и функциональными, представляющими собой элементы баз данных и баз знаний (элементы, методы, алгоритмы, правила и т.д.).

Порядок функционирования представленной системы оценивания состояния сложных объектов приведен в [3, 4]. Однако информация об объекте носит различный характер, в том числе может оказаться семантической. Актуальным является вопрос совместной обработки информации различного вида.

2 Совместная обработка информации различного вида

Рассмотрим вопрос синтеза ультраоператора анализа при наличии сведений, представляемых на различных шкалах: дискретной и непрерывной. Как правило, такая ситуация может сложиться на низших уровнях иерархической структуры системы оценивания – уровне измеряемых параметров. Возникает вопрос совместной обработки результатов измерения, представляемых на различных шкалах. Например, пусть имеется ряд дополнительных сведений об одном объекте: $\delta_{o1}(x_o)$ и $\delta_{o2}(x_o)$ (рисунок 2). При этом $\delta_{o2}(x_o) = \delta_1(x_o) \cap \delta_2(x_o) \cap \delta_3(x_o)$.

Пусть информация на самом верхнем уровне представлена с использованием дискретной шкалы. Следовательно, для совместной обработки (обеспечения единой шкалы сравнения) необходимо привести сведение $\delta_{o2}(x_o)$ к единому виду (к дискретному).

В [2] приведено обоснование применения теории нечетких множеств с целью повышения достоверности контроля. С учетом этого в качестве основного формального математического аппарата предлагается использовать ее основные положения.

Важным понятием теории нечетких множеств является понятие лингвистической переменной, введенной впервые Л.А. Заде. Такие переменные позволяют адекватно отразить приблизительные словесные описания предметов и явлений в том случае, когда точное детерминированное описание

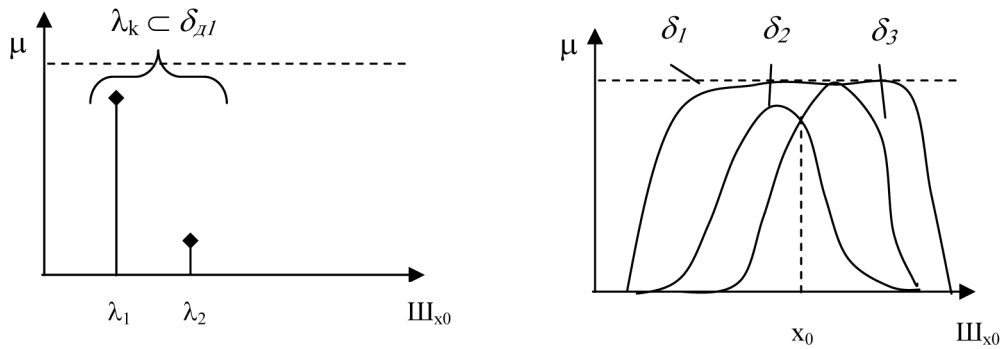


Рисунок 2 – Дополнительные сведения на дискретной и непрерывной шкалах

отсутствует. Под лингвистической переменной понимают набор $(X, T(x), U, G, M)$, где X – название переменной; $T(x)$ – терм-множество или множество названий лингвистических значений переменной X (причем каждое из таких значений является переменной X со значениями из универсального множества U с базовой переменной u); G – синтаксическое правило, порождающее название X значений переменной x ; M – семантическое правило, которое ставит в соответствие каждой нечеткой переменной X ее смысл $M(x)$, т. е. нечеткое подмножество $M(x)$ универсального множества U . Конкретные названия X , порожденные синтаксическим правилом G , называют термом. На практике, как правило, имеют дело с терм-множеством небольшой размерности, поэтому целесообразно просто перечислить элементы терм-множества $T(x)$ и установить прямое соответствие между каждым элементом и его смыслом.

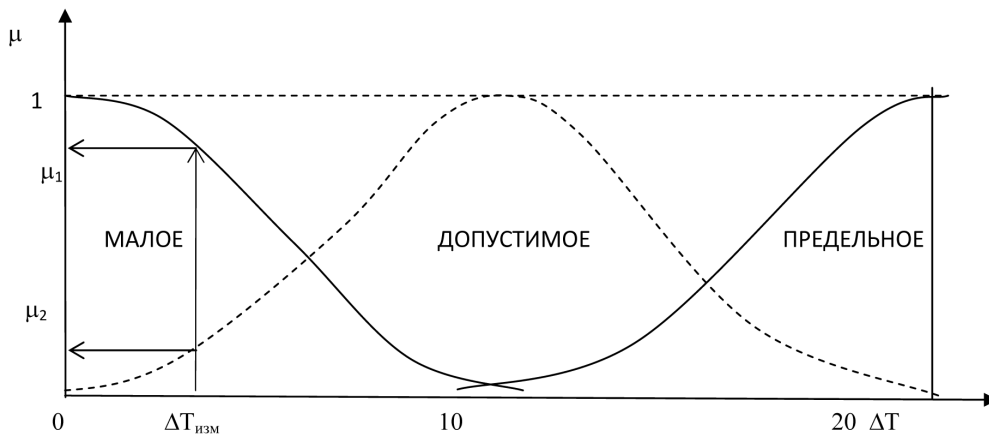


Рисунок 3 – Элементы терм-множества

Для пояснения вышесказанного рассмотрим пример. Пусть анализируется температура в отсеке летательного аппарата (рисунок 3), номинальное значение которой и допустимое абсолютное отклонение от номинала составляют соответственно 293 К и 20 К. Тогда в качестве лингвистической переменной X выберем абсолютное отклонение температуры от номинального значения, областью определения которой является числовой интервал $\Delta T = [0, 20]$. Исходя из требований к точности описания, зададимся терм-множеством $T(x)$ лингвистической переменной: {малое, допустимое, предельное}, с соответствующими функциями принадлежности. Примем, что функция принадлежности является адаптивной и конкретное ее значение определяется измеренным значением температуры.

Тогда измерение $\Delta T_{изм}$ позволит построить нечеткое множество лингвистической переменной абсолютное отклонение температуры от номинального значения в виде

$$A = \{\mu_1/\text{малое}, \mu_2/\text{допустимое}, \mu_3/\text{предельное}\}.$$

Таким образом, для решения задачи совместной обработки количественной и качественной измерительной информации будем использовать теорию нечетких множеств с ее лингвистическими переменными и функциями принадлежности. С их помощью реализуется так называемый нечеткий канал наблюдения, позволяющий на основе одного проведенного измерения получать набор значений функций принадлежности для выбранных термов. Для совместной обработки различного рода информации

необходимо привести ее к одному виду. Так как семантическую информацию представляется возможным формализовать с помощью теории нечетких множеств, то есть представить в нечетком виде, то, следовательно, и имеющуюся количественную измерительную информацию необходимо представить в нечетком виде. При этом возникает вопрос выбора типа и параметров функций принадлежности, который рассмотрен и по которому разработаны рекомендации в [3].

Известен [3] порядок обработки информации с применением нечеткого условного вывода. Его основу составляют следующие процессы: фаззификация, нечеткий условный вывод, дефаззификация. Целью фаззификации является представление четко заданных сведений с помощью функций принадлежности, задаваемых на непрерывных шкалах. Нечеткий условный вывод позволяет обработать информацию, полученную на первом шаге. На этапе дефаззификации осуществляется обратный переход от нечеткого представления сведения к четкому.

Рассмотрим возможности совместной обработки количественной и качественной информации при использовании аппарата теории нечетких множеств. Общая схема ее представлена на рисунке 4.

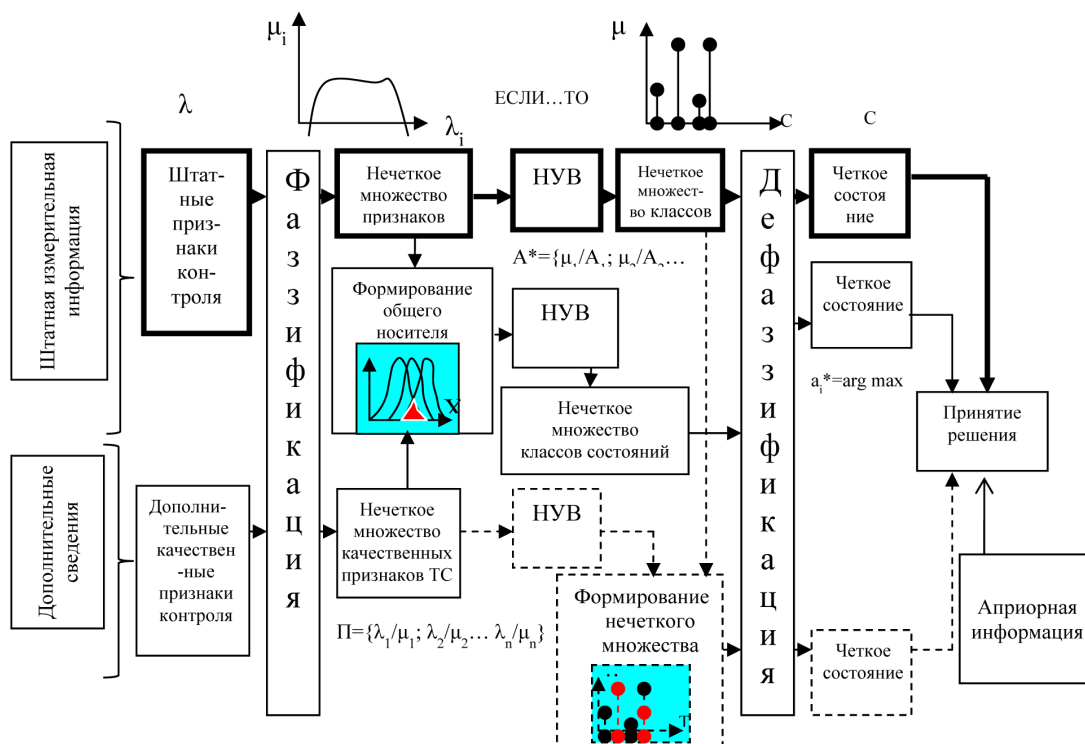


Рисунок 4 – Общая схема совместной обработки количественной и качественной измерительной информации

На рисунке 4 представлены следующие пути решения задачи.

Во-первых, выделенными прямоугольниками показан традиционный метод решения задачи контроля состояния объектов с использованием нечеткой меры. Во-вторых, обычными прямоугольниками представлен метод, основанный на формировании обобщенного насыщенного носителя измерительной информации, включая качественную, на этапе фаззификации. Здесь насыщенный носитель представляет собой результирующее нечеткое множество признаков состояний, образованное в результате обработки количественной и качественной информации. Далее осуществляется нечеткий условный вывод с помощью продукционных правил «ЕСЛИ...ТО...» и получение нечеткого множества классов состояний. Затем происходит процесс дефаззификации одним из существующих методов, получение конкретного четкого состояния и принятие решения.

В-третьих, пунктирными прямоугольниками представлен метод, основанный на раздельной обработке четкой и нечеткой информации и формировании насыщенного носителя на этапе дефаззификации. Данный метод неэффективен с точки зрения оперативности, поэтому в дальнейшем изложении не рассматривается.

В нашем случае сведение $\delta_{o_2}(x_{\theta})$ представлено с помощью соответствующих функций принадлежности и этап фаззификации уже пройден.

Таким образом, с целью совместной обработки двух дополнительных сведений $\delta_{o_1}(x_{\theta})$ и $\delta_{o_2}(x_{\theta})$ целесообразно над сведением $\delta_{o_2}(x_{\theta})$ провести нечеткий условный вывод и дефаззификацию одним из существующих многочисленных способов. При этом учитывать, что фаззификация сведения уже проведена (каждый из лингвистических термов сведения представлен с помощью функций принадлежности).

Данное преобразование приведет к обеспечению единства шкал сравнения сведений между собой, что позволит решить задачу анализа.

Заключение

Предложенный научно-методический подход позволит осуществлять регуляризацию задачи оценивания состояния сложных систем в условиях разнородности представления дополнительно привлекаемых сведений, что с практической точки зрения приведет к повышению качества решения нестандартных задач, а с научной – может внести вклад в теорию контроля и прогнозирования сложных объектов и ситуаций.

Список литературы

1. *Андрашитов Д.С.* и др. Модели и технологии управления в социально-экономических системах: монография / Д.С. Андрашитов, С.А. Галаев, М.А. Зайцев, И.М. Казеев, С.Н. Маликов, А.С. Рудько, И.Е. Сафонова, Г.Г. Тельнов. – М.: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2017.
2. *Галаев С.А.* К вопросу повышения качества оценивания состояния сложных технических систем в условиях информационной избыточности. Нейрокомпьютеры и их применение: тезисы докладов. 2017. – С. 54.
3. *Кукушкин С.С., Потюпкин А.Ю., Антипов В.А.* Метод построения ультраоператора комплексной обработки информации дистанционного мониторинга // Измерительная техника. – 2009. – № 8. – С. 31.
4. *Потюпкин А.Ю.* Научно-методические основы решения задач анализа состояния объектов ракетно-космической техники в условиях неопределенности: монография. – М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2003.
5. *Потюпкин А.Ю., Чечкин А.В.* Интеллектуализация сложных технических систем: монография. – М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2013.
6. *Чечкин А.В., Пирогов М.В.* Интеллектуализация сложной системы как средство обеспечения ее информационно-системной безопасности // Фундаментальная и прикладная математика. – 2009. – Т. 15. – №3. – С. 225–239.

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACH TO STATE ESTIMATION OF COMPLEX OBJECTS UNDER THE CONDITIONS OF HETEROGENEITY OF MEASUREMENT INFORMATION

Galaev S.A.,

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Mathematics and Informatics,
e-mail: galaev.sergey@mail.ru,
Moscow University named after Witte, Moscow,
Military Academy of Strategic Missile Forces named after Peter the Great, Balashikha*

In the article, the proposed approach is joint processing of information of various kinds to solve the problem of state estimation of complex systems. The proposed approach is based on the application of the provisions of mathematical computer science, fuzzy set theory, theory of ultra-operators.

Keywords: ultra operator, information about the object, information, joint processing, regularization, information redundancy