

## **Алгебро-логические методы в формализации задач управления и прогнозирования развития сложных систем.**

**Титов А.В.**

*кандидат технических наук  
доцент МГУ ПС (МИИТ), доцент МГТУ им. Баумана  
(Москва, Россия)*

В условиях развивающегося кризиса мировой системы решение задач управления процессами в технической, социальной, экономической, техногенной и других сферах, а так же прогнозирования «хода» развития событий становится все более актуальной проблемой. Тем более, что, как показывает практика последнего времени, принимаемые решения зачастую приводят лишь к ухудшению и без того не простой ситуации.

И над решением этих задач работает целая армия ученых и управленцев, однако решения, даваемые моделями управления, все чаще приводят к неадекватным результатам, прогнозы оказываются ошибочными.

Оказалось, что «классические» подходы не всегда дают желаемый результат. В частности, в областях, где важно не только наличие того или иного свойства у предмета описании, но важно то, на сколько сильно проявляется данное свойство, возникла потребность описывать такие объекты средствами математического моделирования, в которых предусмотрено использование многозначной логики. В результате необходимости моделирования подобных объектов, слабоформализуемых объектов, объектов с дефицитом информации об их свойствах, т.е. объектах, которые обобщенно можно охарактеризовать как «сложные», зародились такие новые средства моделирования как эвристические методы, теория нечетких множеств, теория фракталов, теория экспертных оценок. Однако, возникновение всех этих новых направлений не носило системного характера и часто их построение не соответствовало по строгости требованиям, принятым в классической математик.

К сложным объектам относятся те, в описании состояния которых значительны факторы неопределенности и нечеткости, а так же связано с наличием векторного (многофакторного) критерия оценки объекта оценки, поэтому требует для своего решения разработки формально-экспертных методов, позволяющих осуществлять "сжатие" альтернативных решений в условиях нечеткости и неопределенности.

Анализ основных идей и положений, характерных для класса проблем, в которых присутствуют элементы нечеткости и неопределенности, позволяет выявить следующие закономерности [1,2]:

1. Исклyчительно велика роль субъекта при анализе таких проблем.
2. Информация о внешней среде, о связи между параметрами не бывает полной.
3. Принятие решений всегда сопряжено с риском.
4. Наиболее важная по своему характеру информация может быть получена только при помощи экспертов.
5. Принятие решений в таких проблемах осуществляется человеком на основании своего опыта и интуиции, а также информации, полученной от других людей.
6. Существенные искажения собранной информации происходят обычно при попытках преобразования качественных понятий в числовые величины, поскольку каждый эксперт, как правило, имеет свои представления о соотношениях между качественными понятиями и количественными шкалами оценок.

Из этого следует, что при оценке состояний сложных объектов и процессов значительную роль приобретают семантические неколичественные оценки, выставляемые в качественных шкалах. Для «классического» оценивания такое положение дел нельзя считать обычным, поскольку традиционно точность оценок традиционно связывается с количественной оценкой.

Однако вопреки этому мнению, существует точка зрения, согласно которой, количественная оценка далеко не единственно возможный вид оценки:

«Согласно всему здесь сказанному, следует признать поиски, как это часто случается, всех различий и всех определенностей предметного только в количественном одним из предрассудков, наиболее мешающих как раз развитию точного и основательного познания.» [3].

В наше время представления о возможности и, более того, эффективности качественных оценок все чаще входят в обиход при оценке состояний сложных объектов в задачах управления и прогнозирования развития.

Но, когда встает вопрос о моделировании состояний сложных объектов или процессов управления этими объектами, то возникает указать язык, на котором могут быть записаны качественные оценки. Часто таким оценкам придают числовой или интервальный характер.

Применительно именно к такой постановке проблемы управления качеством объектов и процессов сложной природы, как управления состоянием, поскольку при этом расширяется само понятие «качество», объектов и процессов различной природы формировалась синтетическая квалиметрия, развиваемая в ленинградской школе квалиметрии под руководством, проф. А.И.Субетто.

В основе концепции синтетической квалиметрии, являющейся методологической базой для оценки качества сложных объектов различной природы, лежит системно-аналитический подход к оценке качества. В расширенной трактовке ее можно рассматривать как концепцию общей теории оценки состояний объектов и процессов произвольной сложности.

Системность при решении широкого класса задач управления и прогнозирования развитием объектов и систем реализуется, в частности, в ситуационном подходе, который как отмечается в работе [1], наиболее полно отражает проблемы, возникающие в управленческой деятельности, и включает основные методы, связанные с принятием управленческих решений, используемые при применении других подходов.

Надежны на дальнейшее обобщение методов формализации задач управления качеством связаны с использованием языка теории категорий [5,6].

Категорный подход основан на том, что нечеткое множество связывается с некоторым топосом (т.е. категорией, обладающей конечными пределом и копределом, классификатором подобъектов и допускающей экспонирование), что позволяет для таких множеств определить теоретико-множественные конструкции.

Нечеткое множество может быть определено через описанное выше отношение равенства, которое удобно иллюстрируется на топосе  $\mathbf{Bn}(I)$  расслоений над индексным множеством  $I$  [6]. Если заданы стрелки  $f, g$  на классе морфизмов  $I \rightarrow A$  (где  $A$  — пространство расслоения) то как было показано в [6]

$$[f \approx g] = \{ i \text{ из } I: f(i) = g(i) \}$$

тогда

$$[f \approx f] = \{ i \in I: f(i) = f(i) \}$$

и принадлежность можно рассматривать как отношение

$$\frac{[f \approx f]}{I},$$

которому в работе [4] соответствует выражение

$$\eta = \frac{n^{(1)}}{m},$$

описывающее относительный коэффициент принадлежности признаков качеству. Здесь  $n^{(1)} = \mathbf{n}^{(1,1)}$  при  $\mathbf{R}_k = \mathbf{R}_j$ .

Развитие подхода позволяет интерпретировать алгебру нечетких множеств как полную алгебру Гейтинга в категории Q-Set [7].

Теоретико-категорный язык позволяет расширить описанный подход на случай алгебры оценок с дополнительной структурой и связан с условием сохранения дополнительной структуры на ней. При этом представлении подход, основанный на семантическом анализе типов логических исчислений [14] моделируется функторами, сохраняющими дополнительную категорную структуру, из категории, соответствующей данной формальной теории в категорную структуру, на которой принимают значения оценки, в случае обобщения структур, являющихся решетками это скелетная категория порядка с произведением и копроизведением. Применительно к задачам, решаемым в синтетической квалиметрии это означает моделирование задачи комплексной оценки состояний объектов и процессов функторами, сохраняющими структуру из категории состояний объектов оценки в категорию оценок.

В работе [5], как отмечалось выше, уже рассматривался категорный подход к описанию задач квалиметрии и было показано, что язык теории категорий, в частности использование понятия подобъекта и классификатора подобъектов позволяет сформировать базис для фундаментального обоснования теории нечетких множеств и тем самым ввести качественные характеристики объектов оценки в область формального описания.

### Список литературы.

1. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. — М.: Патент, 1996. —271 с.
2. Мельников А.Н., Бронштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой.- М.: «Наука», 1990.
3. Гегель Г.В.Ф.. Энциклопедия философских наук. т.1. Наука логики.-М.: «Мысль», - 1974,-452с.
4. Субетто А.И. Метаклассификация как наука о механизмах и закономерностях классифицирования . - С-Петербург - Москва.: ИЦ, 1994.- 254
5. Субетто А.И., Титов А.В. Категорный подход к описанию задач квалиметрии// Труды седьмого симпозиума «Квалиметрия человека и образования: методология и практика».- М.: Исследовательский центр проблеме качества подготовки специалистов. 1998.
6. Методологические проблемы моделирования задач прогнозирования и управления развитием сложных и крупномасштабных систем // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD`2015, Материалы восьмой международной конференции. Том 2. – М.: ИПУ РАН, 2015. – С. 221-222.
7. Гольдблатт Р. Топосы. Категорный анализ логики.- М.: «Мир» 1983. .-438 с.