

DOI:

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И СИНТЕЗ МЕТОДОВ ФОРМАЛЬНОГО ОПИСАНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

Титов А.В.

Российский университет транспорта

«Хотя сведение к числам тех явлений, в основании которых лежат определенные числа, и представляет большой научный интерес, все же никоим образом недопустимо рассматривать определенность мысли вообще как одну лишь числовую определенность.» Г.В.Ф.Гегель.

Аннотация. В статье рассматривается проблема разработки общей базы математического обеспечения задач управления объектами сложной природы на основе системного единства различных методов математического моделирования указанных задач. Анализируются проблемы, которые возникают при математическом моделировании процессов принятия решений при моделировании процессов управления объектами большой сложности. На основе анализа основных этапов процесса принятия решения, выявляются имеющиеся противоречия в формальном описании состояний объектов управления различной природы. Поводится анализ основных принятых типов языков описания ситуации управления, определяется их общая формально-языковая основа. На основе использования концепции синтетической квалиметрии и системного подхода намечены пути формирования общей базы формального описания процесса управления качеством сложных объектов и процессов различной природы, требующих использования разных типов логики для описания состояний объектов управления. Рассматривается возможность использования языка суперструктур и языка теории категорий в качестве базы для обобщенного описания задач управления в рамках концепции синтетической квалиметрии.

Ключевые слова: оценка, сложность, теория, формальный язык, модель, синтетическая квалиметрия, предикативное определение, математическая структура, диалектика.

Введение

Современный мир все чаще и чаще «сотрясают» разного рода катаклизмы, как природные, так и «рукотворные» – экономические кризисы, войны, техногенные и экологические катастрофы. Причем набирают они все большую «силу»: кризисы становятся все более всеобъемлющими, войны все более глобальны и ожесточены. XX век перенес тяжелейший экономический кризис и две мировые войны. Начавшийся XXI век спокойствия не прибавил. В этих условиях решение задач управления процессами в технической, социальной, экономической, техногенной и других средах и прогнозирования «хода» развития событий становится все более актуальной, поскольку, как показывает практика последнего времени принимаемые решения подчас 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. Все это, к сожалению, часто вызывает нервозность в «рядах» тех, кто занимается профессионально задачами управления сложными системами и прогнозированием их развития. Отсюда все чаще слышимые «голоса» о необходимости новой математики для описания социальных и экономических систем и процессов в них происходящих. Однако никто из провозглашающих это так и не предложил хотя бы концепции такой «новой математики» все, как правило, сводится к упразднению анализа, дифференциального исчисления и других разделов математики и переходу к использованию и развитию ее отдельных дисциплин, например дискретной математики. И таким критикам не приходит в голову то простое обстоятельство, что все «здание математики» и ее приложений развивалось как единое целое, так что правильнее был бы назвать ее организмом, А, как известно, в организме лишних органов не бывает. Так, что такая критика чаще всего происходит из-за элементарного невежества в области математики и возможностей ее приложения.

Однако было бы ошибкой считать, что подобная критика математики возникла на пустом месте, правильнее говорить о том, что она действует в ложном направлении. Как всякий развивающийся объект математика имеет свои фазы кризиса, другими словами состояния, при которых она исчерпывает качество, в котором прибывает и требует перехода в новое качество. В течении 19-20 веков средства и методы классической математики прекрасно зарекомендовали себя в естествознании, главным образом в физике, и в технической сфере. Уже во второй половине 20 века, однако уже возникла потребность расширения методов классической математики на другие сферы деятельности. Оказалось, что «классические» подходы не всегда дают желаемый результат. В частности, в областях, где важно не только наличие того или иного свойства у предмета описания, 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. Это в частности связано с особенностями сложных объектов управления, к которым можно отнести:

1. Не все цели выбора управленческих решений и управляющих воздействий могут быть выражены в виде количественных соотношений.
2. Принципиально не возможно либо неприемлемо сложно формализованное описание объекта управления. Последнее означает, что любая модель, записанная на формальном языке является слишком грубым описанием объекта управления.
3. Значительная часть информации, необходимая для формирования модели объекта управления может быть представлена лишь в вербальной не формализуемой форме, т.е. существует в виде представлений, а не понятий и терминов. В этом случае информация об объектах управления в значительной степени носит экспертный характер.

Приведенный далеко не полный перечень особенностей, сопутствующих понятию «сложный объект» позволяет сделать вывод о том, что оценка состояний таких объектов к количественной форме может вызывать значительные затруднения..

Таким образом, 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. Исключительно 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].
- «Хотя сведение к числам тех явлений, в основании которых лежат определенные числа, и представляют большой научный интерес, все же никоим образом недопустимо рассматривать определенность мысли вообще как одну лишь числовую определенность.» [3].
- «При этом можно еще заметить, что, если мы, рассматривая предметный мир, занимаемся количественными определениями, мы на самом деле всегда уже имеем в виду как цель такого рассмотрения *меру*, и на это указывает наш язык, который называет исследование количественных определений и отношений *измерением*.» [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.

Наиболее употребительными в практике измерений являются следующие типы шкал: номинальная, порядковая, интервалов, отношений, разностей, абсолютная.

Анализ литературных источников позволяет провести следующую классификацию основных типов шкал [1].

Таблица 1. Классификация основных типов шкал.

Измерения	Шкала	Изоморфность относительно преобразования
Качественные	Номинальная	Взаимно-однозначные преобразования
	Порядка	Строго-монотонные преобразования
	Гиперпорядка	Строго монотонные, сохраняющие порядок первых разностей
Количественные	Интервалов	$f(x) = ax + b.$
	Отношений	$f(x) = ax.$
	Разностей	$f(x) = x + b.$
	Абсолютная	$f(x) =$

В качестве основной шкалы для придания субъективным показателям, заданным в вербальном выражении, количественного значения используется шкала Харингтона.

Использование вербальных шкал оценки связано с тем, что по ряду показателей оценка альтернативы не может быть произведена непосредственно в численном виде. Численные значения придаются таким оценкам с помощью использования шкалы Харрингтона [1], с помощью которой оценивается степень выраженности критериального свойства.

Таблица.2 Шкала Харрингтона

N/N п/п	Наименование градации шкалы	Численные значения
1	2	3
1	высокий уровень	0,80 - 1,00
2	уровень выше среднего	0,64 - 0,80
3	средний уровень	0,37 - 0,64
4	уровень ниже среднего	0,20 - 0,37
5	низкий уровень	0,00 - 0,20

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 философское направление, лежащее в основе концепции общей теории оценки состояний объектов и процессов произвольной природы и сложности.

Схематично взаимодействие различных дисциплин можно представить в виде следующей, разумеется, далеко не исчерпывающей проблему, блок-схемы:

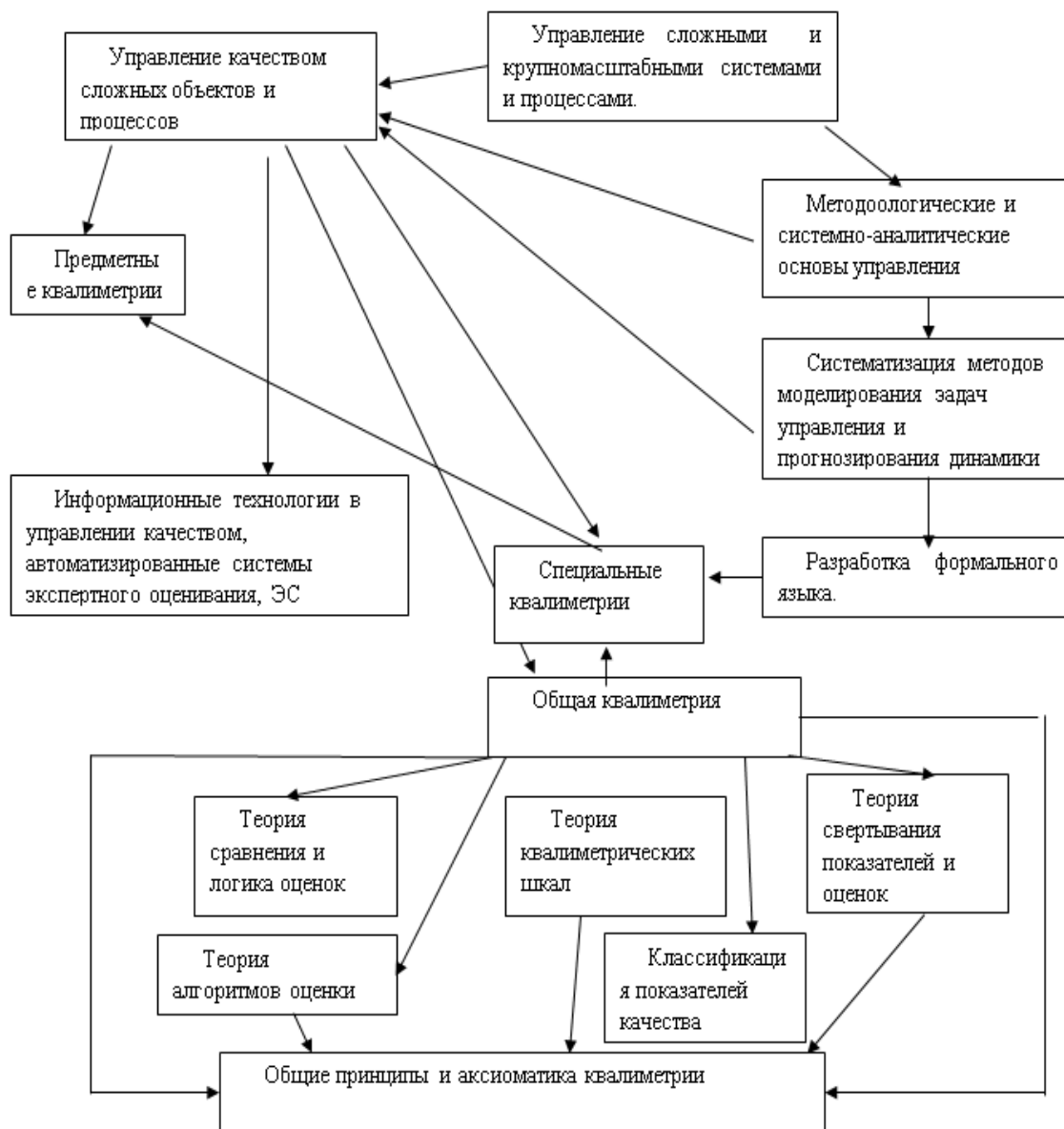


Рис.1. Схема взаимодействия различных дисциплин в задачах управления сложными объектами.

Системность при решении широкого класса задач управления и прогнозирования развитием объектов и систем реализуется, в частности, в ситуационном подходе, который как отмечается в работе [4], наиболее полно отражает проблемы, возникающие в управленческой деятельности, и включает основные методы, связанные с принятием управленческих решений, используемые при применении других подходов.

В рамках ситуационного подхода широкий класс задач управления (принятия управленческих решений) описывается моделью “ситуация- действие”, в которой рекомендации по выработке управляющего воздействия определяются состоянием объекта управления (ситуацией управления) и целями управления, т.е. одним из центральных звеньев технологии управления является звено оценки состояния объекта управления.

В реальной ситуации принятия управленческого решения вероятность нахождения ситуации управления в том или ином состоянии может быть не только неизвестна, но и сам вопрос о существовании этой вероятности может быть не корректным в связи, например, с ее уникальностью. В то же время сценарий развития ситуации зависит от того, в каком именно состоянии она находится на момент, принятый за начальный. В частности, если ситуация описывается аналитически уравнениями с переменными коэффициентами (параметрами), то различные диапазоны изменения коэффициентов могут приводить к различным решениям.

Проблемы, возникающие при моделировании процесса принятия решения при управлении сложными объектами и процессами и прогнозировании их развития привели к формированию множества, по большей части разрозненных и не взаимосвязанных методов моделирования, ориентированных на управление конкретными объектами с их уникальными особенностями, автоматическое перенесение этих методик на другие объекты, зачастую приводит к грубым просчетам. Отсюда множественные попытки обобщений методов моделирования. Некоторые из них, по мнению автора, обладающие значительной степенью общности, описаны ниже.

1 Некоторые из существующих подходов к моделированию динамики развития сложных объектов.

1.1. Использование «мягких» моделей

Так называемые «мягкие» модели могут оказаться полезным инструментом для моделирования сложных объектов, поскольку на основе использования мягких моделей, можно, делать выводы для целого ряда жестких моделей, получаемых с помощью исходной мягкой модели путем вариации значений коэффициентов модели, что, может отражать изменение степени весомости параметров влияющих на оценку состояния объекта описания. В частности, при изменении коэффициентов модели экспоненциальный рост может меняться в определенных «точках перегиба» на более медленный. Мягкие модели позволяют так же учитывать при описании сложных объектов некоторые «подводные камни» жестких моделей.

Иллюстрация возможностей «мягких моделей» на примере простейшая модели роста: $\dot{x} = rx$ предложенной Мальтусом, приведена в работе [5].

Как отмечается в [5] такой вариант жесткой математической модели малоинформативен и не позволяет проанализировать влияние на эволюцию популяции среды обитания. Действительно, при $r > 0$ численность популяции неограниченно растет, что нереально в силу ограниченности средств существования, а при $r < 0$ численность уменьшается до нуля, т.е. популяция вымирает. Частный случай $r = 0$ соответствует стабильной численности, т.е. она не изменяется по времени.

При слишком больших x конкуренция за ресурсы (пищу) приводит к уменьшению r , и жесткая модель Мальтуса должна быть заменена мягкой моделью $r' = r(x)x$ с зависящим от численности популяции коэффициентом размножения. В [5] рассматривается вариант, при котором $r(x) = a - bx$ (логистическая модель). В частности, если x^* максимальная численность, при которой популяция еще может обеспечить себя средствами существования, то $b = 1/x^*$ и коэффициент $b = x/x^*$ будет мерой неиспользованных ресурсов, допускающих увеличение ее численности, уравнение принимает вид: $r' = r(1 - x/x^*)x$

При изменении коэффициентов модели экспоненциальный рост может меняться в определенных «точках перегиба» на более медленный.

1.2. Параметрическая модель, основанная на использовании эвристических процедур.

Эвристические модели применяются в задачах прогнозирования и управления развитием объектов при невозможности строгой формализации их описания и основаны на использовании интуитивных представлений специалистов-экспертов. Имеется множество примеров того, что на основе интуитивных, не поддающихся строгой формализации представлений принимались эффективные управленческие решения.

Эвристические модели основаны, в частности, на использовании интуитивно «ясного» критерия качества и правдоподобных рассуждениях о способах достижения его максимальных значений. В своей экстремальной (можно сказать и экстремистской) форме эвристики вообще отрицают необходимость математического моделирования.

В параметрических эвристических моделях интуиция используется при определении системы параметров, которыми описывается ситуация или объект управления. Среди параметров могут присутствовать как объективные так и субъективные.

Составляется таблица с наборами значений таких признаков, соответствующих различным состояниям исследуемых объектов, трактуемых, например, как уровни (качества, безопасности, эффективности, конкурентоспособности и т.д.). Далее в таблице выделяются наборы столбцов, в которых никакие строки соответствующие разным уровням не совпадают, и кроме того, при удалении из этой системы столбцов хотя бы одного появляется совпадение строк признаков принадлежащих разным уровням. Такие наборы столбцов называют «тестами».

В частности, пусть, что для эффективного управления или прогнозирования развития исследуемого объекта, например сложной технической системы достаточно трех уровней для описания его

состояния. Соответствующие уровни определяются как: «высокий», если состояние объекта, не вызывает опасений нарушения ее функционирования «допустимый» - если состояние объекта оценивается как не вполне соответствующее нормативному, но не влекущее аварийной ситуации в достаточном для завершения текущей фазы функционирования интервале времени, либо допускающий исправления ситуации без остановки работы системы; «критический», требующий немедленного вмешательства либо остановки системы.

1.3 Модели на основе использования теории нечетких множеств.

При описании состояний объектов через набор свойств, которыми обладает данный объект с учетом их интенсивностей, возможны два типа неразличимости состояний:

А) «Слабая», при которой состояния неразличимы, если они описываются одним и тем же набором переменных.

Б) «Сильная», при которой переменные носят нечеткий характер и совпадают не только семейства $\langle G_i, \max\{T_{ij}\}, X_i \rangle$, но и значения функций принадлежности для всех нечетких переменных.

Формализация описания состояний с учетом интенсивностей свойств объектов может быть реализована на основе теории нечетких множеств.

При этом $\langle G_i, T_i, X_i \rangle$ - лингвистическая переменная, которой задается показатель состояния объекта управления G_i , T_i - множество значений лингвистической переменной, т.е. множество нечетких переменных лингвистической переменной G_i , X_i - базовое множество показателя G_i . Каждая нечеткая переменная T_{ij} из семейства $T_i = \{T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{in}\}$, задается как нечеткое множество на базовом множестве X_i . Т.е. $T_{ij} = \langle \mu_{T_{ij}}(x) / x \in X_i \rangle$. Состояния объекта управления задается семейством $\langle G_i, \max\{T_{ij}\}, X_i \rangle$, где $\max\{T_{ij}\} = T_{ik}$, где T_{ik} такое, что $\mu_{T_{ik}} = \max\{\mu_{T_{ij}}(x)\}$.

При этом для объектов, состояния которых различимы, могут быть определены меры сходства и меры различия. В случае четких переменных мера сходства объектов определяется по степени совпадения семейств свойств, которыми они описаны, т.е. по числу совпадающих в оцениваемых объектах свойств - $n(1,1)$.

На нечетких множествах, так же как на обычных, четких, вводятся две бинарные операции \cap и \cup и одна одноместная операция $C(A)$, называемые пересечением, объединением двух множеств и дополнением множества.

Если A, B, C – нечеткие множества и x – элемент носителя этих нечетких множеств, то значения соответствующих операций вычисляются для элемента x по следующим правилам

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

$$\mu_{C(B)}(x) = 1 - \mu_B(x).$$

Для операции симметрической разности $(A \Delta B)$ функция принадлежности вычисляется по формуле:

$$\mu_{A \Delta B}(x) = \min\{\max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \max(1 - \mu_A(x), 1 - \mu_B(x))\}$$

В этом случае, мы имеем структуру, сохраняющую свойства теоретико-множественной операции симметрической разности.

Оценка «близости» или сходства объектов, представленных через описание интенсивностей свойств, сводится к оценке сходства соответствующих нечетких множеств. Такая оценка может проводиться как в абсолютном, так и в относительном смысле. В первом случае объекты (качества) сравниваются как нечеткие множества, базовым множеством, для которых является множество свойств, взятое без каких либо ограничений. При этом, базой сравнения может служить множество свойств, на котором функция принадлежности хотя бы для одного из сравниваемых объектов (качеств) не равна нулю. Во втором случае, как, например, в работе [4], коэффициенты сходства оцениваются по отношению к некоторому эталонному набору свойств-пространству качества Γ .

В обоих подходах за основу оценки мер сходства может быть выбран подход, основанный на построении индексов сравнения нечетких множеств [6]. Рассмотрим, как в этом случае будут выглядеть различные меры сравнения.

1. Мера сходства состояния объекта управления и эталонного класса по совпадению. $n^{(1,1)}$ В работе [4] А.И.Субетто эта мера сходства определяется числом совпадающих в оцениваемых качествах свойств.

Пусть A - носитель на множестве признаков объекта управления ситуации управления, B -носитель на множестве свойств объекта управления эталонного класса, т.е.

$$A = \{x \in X \mid \mu_A(x) > 0\}.$$

$$B = \{x \in X \mid \mu_B(x) > 0\}.$$

Тогда в качестве нормирующего множества выберем множество $A \cup B$.

$$n^{(1,1)} = (\sum \mu_{A \cap B}(x)) / \{\sum \max(\mu_A(x), \mu_B(x))\}$$

Вид делителя определяется, выполнением условия $n^{(1,1)} = 1$ при $A=B$.

2. Мера различия ситуации управления и эталонного класса.

$$S_2 = \sum \mu_{A \Delta B}(x) / \{\sum \max(\mu_A(x), \mu_B(x))\}.$$

В данном случае вид делителя удовлетворяет тому требованию, чтобы коэффициент полного различия равнялся единице только при условии $A \cap B = \emptyset$.

Частным случаем модели с использованием описания объекта управления через набор признаков с учетом их интенсивностей как значений функций принадлежности является классификационный алгоритм вывода.

Расплывчатой классификационной моделью называется набор (U, P, R) , где

$U = \{X, Y, \dots, Z\}$ – нечеткое пространство,

$P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$ – разбиение пространства U на нечеткие эталонные классы,

$R = \{r_1, \dots, r_m\}$ – множество управляющих решений, соответствующих эталонным классам, которые в нашем случае составляют набор: «высокий», «удовлетворительный», «критический».

При применении классификационного алгоритма оценка может проводиться отдельно по каждому тесту, например, для приведенной выше таблицы для оценки уровня состояния технической системы может использоваться выделенный в ней «тест», т.е. таблица, включающая только систему параметров составляющих первых столбца.

Для ситуации, характеризуемой точкой, с координатами в пространстве признаков безопасности (x_0, y_0, \dots, z_0) , строится расплывчатая классификационная модель (U, P, W) . Расплывчатый эталонный класс $P_l, l=1, \dots, m$, характеризуется функцией принадлежности.

$$\mu_{P_l}(x_0, y_0, \dots, z_0) = \bigvee_{(\alpha_i, \beta_i, \dots, \gamma_k) \in L_i} \mu_{\alpha_i}(x_0) \wedge \mu_{\beta_i}(y_0) \wedge \dots \wedge \mu_{\gamma_k}(z_0).$$

Выбирается уровень безопасности, для которого функция принадлежности максимальна,

$$\mu_{P_l}(x_0, y_0, \dots, z_0) = \max\{\mu_{P_1}(x_0, y_0, \dots, z_0), \dots, \mu_{P_m}(x_0, y_0, \dots, z_0)\}$$

1.4 Фрактальные модели

Для описания динамики состояний сложных объектов и перехода их в новые фазовые состояния полезными могут оказаться фрактальные модели в их сочетании с нечеткими и эвристическими моделями. В частности параметры модели развития: $Z_{n+1} = K(t)Z_n + C(t)$ могут иметь не только сложную структуру и нечетких характер, но и обладать динамическими свойствами как в «мягких» моделях В.И. Арнольда.

Суть описания динамики развития состояний объекта управления в их **подобии** некоему исходному эталонному образу, т.е. в описании процесса самоподобия и определения зоны его устойчивости.

Чтобы получить некоторое представление о специфике фрактальных моделей процессов развития, нужно обратиться к особенностям **генетических** теорий. В частности в работе [6] по приводится следующее сопоставление классического и генетического подходов к процессам развития: «При **классической** трактовке объекта познания (исповедуемой классической логикой) этот объект понимается как нечто самоотждественное. Изменения, которые происходят с объектом, относятся только к смене им свойств и к изменению его отношений к другим объектам. Изменяется не **сам** объект, а лишь его характеристики и состояния. В лучшем случае может учитываться фактор возникновения или уничтожения объекта, но в любом случае он рассматривается как себестождественный. Этот субстанциализм, унаследован нами от греков, для которых категория субстанции являлась центральной. Как известно, субстанциалистская метафизика предполагает такую теорию познания, где познаваемым является лишь неизменное. Такова классическая родовидовая онтология (и отвечающая ей гносеология), восходящая к Аристотелю и сохранившаяся поныне в теоретико-множественном стиле мышления.

Напротив – при генетическом, конструктивистском подходе наиболее ярко представленном в новое время методологией Декарта объекты рассмотрения (исключением могут быть лишь первичные объекты) конструируются исследователем и потому находятся под его контролем. Таким образом, наконец-то и в сфере методологии античная доктрина субстанции уступает место чему-то, напоминающему библейскую идею творения. Статичность бытия, при которой изменения могут затронуть лишь их акцидентальные (т.е. случайные) стороны сущностей отступает перед **становлением**, когда речь идет уже о подлинном возникновении и подлинном преобразовании объектов рассмотрения».

Перечисленные направления лишь в малой степени отражают многообразие методов моделирования состояния объекта управления при ситуационном подходе. Назрела необходимость систематизации их разнообразия на некоторой единой базе. И такой базой может служить методология разрабатываемая в рамках синтетической квалиметрии, включающей в себя общую, специальные и предметные квалиметрии.

2 Синтетическая квалиметрия как методологическая основа общего подхода к описанию состояний сложных объектов и процессов.

При решении научных, технических, экономических и других задач существенную роль играет подбор (построение) математической модели, на основе которой происходит машинное моделирование либо разработка информационных технологий специального применения.

Подбору (разработке) модели предшествует подбор теории, в терминах которой определяются базовые структуры данных и операции в модели.

В выбранной теории дается представление (описание) исследуемых понятий. Например может считаться, что характеристики связаны непрерывной зависимостью.

Выписываются соотношения, связывающие характеристики элементов (на пример в виде уравнений) – построение модели завершается, что бы как правило начаться снова т.к. быстро выясняется ее ограниченность.

Подбор формализации и знание границ применимости модели очень важны при математическом моделировании, т.к. неадекватность модели может привести к серьезным ошибкам в выводах. Здесь полезен логический анализ, позволяющий вскрыть корни недостатков и ограниченности формализации, выяснить неадекватность ситуации и применяемых средств.

При управлении развитием сложных объектов в общем случае решаются следующие задачи:

- получение и анализ информации о возможных состояниях объекта управления;
- выделение семейства свойств объекта управления определяющих его состояние и влияющих на принятие управленческого решения;
- преобразование семейства свойств объекта управления в систему параметров (показателей и критериев) оценки состояния объекта управления;
- описание “иерархии” параметров объекта управления;
- формирование системы мер, в которых оцениваются значения показателей и критериев оценки состояния объекта управления;
- шкалирование системы мер, введением на ней системы отношений;
- разработка методов и процедур формирования массивов эталонных состояний объекта управления;
- установление метрик и определение мер сходства на пространстве признаков состояния объекта управления (показателей и критериев), по которым будет определяться близость состояние объекта управления к эталонным состояниям;
- разработка методов и процедур формирования массивов управленческих решений;
- формализация процесса сопоставления управленческих решений эталонным состояниям объекта управления, т.е. представление его в виде оператора определенного типа;
- формирование формализованного описания технологии принятия управленческого решения на основе оценки состояния объекта управления;
- повтор всей цепи процедур, если это необходимо.

При решении перечисленных задач важно учитывать, что в зависимости от сложности и природы объекта управления в описании элементов модели оценки может использоваться различный формальный аппарат, т.е. различные формы описания состояний объекта управления и методов оценки этих состояний. Классификация форм описания и используемых при этом формальных языков разрабатывалась А.И.Субетто в рамках синтетической квалиметрии, которая включает как составные

части общую и специальные квалиметрии. При этом, специальные квалиметрии порождаются как раскрытие общей квалиметрии относительно методов и формальных моделей оценки, при этом как показано в работах А.И.Субетто, разные виды специальных квалиметрии находятся в органической связи друг с другом и образуют единое целое в рамках синтетической квалиметрии.[11]

Таким образом, синтетическая в синтетической квалиметрии реализуется идея о **взаимоопределяющей связи целого**, выраженная в диалектике Гегеля :«Определенное, конечное бытие – это такое бытие, которое соотносится с другим бытием: оно содержание, находящееся в соотношении необходимости с другим содержанием со всем миром. Имея в виду эту взаимоопределяющую связь целого, метафизика могла выставить- в сущности говоря, тавтологическое – утверждение, что если бы была уничтожена одна пылинку то обрушилась бы вся Вселенная. .. Когда предполагается некое определенное содержание, какое-то определенное наличное бытие, то это наличное бытие, потому, что оно *определенное*, находится в многообразном соотношении с другим содержанием. Для него не безразлично, имеется ли другое содержание, с которым оно соотносится, или его нет, ибо только через такое соотношение оно по своему существу есть то, что оно есть. То же имеет место и в представлении..., в связи с которым безразлично, имеется ли бытие или отсутствие содержания, которое как определенное представляется соотношенным с другим содержанием.» [8]

Приведенное имеет первостепенное значение для достижения системности в управлении качеством объектов и процессов, т.к. всякая система динамична и не находится в постоянном взаимодействии как своих составляющих, так и с другими системами, поэтому естественно ставить вопрос об управлении этой динамикой.

Когда Гегель пишет о взаимоопределяющей связи целого, то мы это понимаем так, что определенности, входящие в целое находятся в нем в отношении необходимости по отношению друг к другу, т.е. взаимоопределяют друг друга. Этот аспект в полной мере отражен в системе общая квалиметрия – специальные квалиметрии.

Важный вывод для организации управления заключается в том, что пока целое (данное качество) устойчиво, с одной стороны определенностям, входящим в него, чтобы измениться необходимо преодолеть «сопротивление» целого, с другой стороны целым будут отторгаться определенности не находящиеся в указанном соотношении необходимости с другими определенностями, наконец, определенности меняясь меняют и целое.

В работе [9] раскрывается взаимосвязь между различными типами специальных квалиметрий, описываются некоторые характеристики ситуаций в которых проводится оценка качества и рекомендуемые для них типы формального описания в рамках специальных квалиметрий.

Для разработки общей базы формального моделирования управления качеством и прогнозирования состояний сложных объектов рассмотрим основные этапы моделирования, выполнение которых необходимо при ситуационном подходе и особенности их формального описания для сложных объектов управления.

При принятии управленческого решения в ситуационной схеме управления решаются следующие задачи [10]:

1. Исходя из анализа цели управления, выделяется множество признаков или параметров, которыми описывается ситуация управления.

2. По каждому из выделенных признаков определяется соответствующий ему показатель ситуации управления. При этом значения показателя, в зависимости от типа объекта управления могут принимать как численные, так и вербальные значения, т.е. выступать как нечеткие переменные. Например, при управлении инновационным потенциалом региона, таким параметром могут выступать научно-технические ресурсы региона, а показателем «достаточность научно-технических ресурсов региона для создания новшества» со значениями: α_1 =«достаточные», α_2 =«близкие к достаточным», α_3 =«недостаточные» и т.д.

3. Определяется вид каждого показателя, характеризующего уровень развития региона (объективный или субъективный) и шкала, в которой оценивается значение выделенного показателя.

4. Если определена совокупность показателей ситуации управления $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$, и базовые шкалы X_1, X_2, \dots, X_n , в которых оцениваются их значения, то прямое произведение этих шкал $X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$ образует многомерное пространство ситуаций управления, каждая точка которого (x_0, y_0, \dots, z_0) характеризует конкретную или текущую ситуацию управления. При оценке сложной ситуации управления пространство ситуаций управления имеет иерархический характер.

5. Пространство ситуаций управления разбивается на классы, в общем случае являющиеся нечеткими. С каждым из этих классов связывается определенное управленческое решение.

6. Формируется качественная структура модели управления, например, в виде решающей таблицы, имеющей число столбцов равное числу параметров в подпространстве ситуаций управления, и число строк равное числу эталонных классов, определяемых всевозможными значениями лингвистических переменных. В каждой строке, в первых n столбцах таблицы содержится один из возможных наборов значений лингвистической переменной, например, "инновационный потенциал региона" по всем признакам. В последнем столбце проставляется управленческое решение ω_1 , соответствующее набору значений лингвистической переменной, находящихся в одной с ним строке. Построение решающей таблицы является прерогативой специалистов-экспертов. Наборы значений лингвистических переменных, которым соответствует одно и то же управленческое решение ω_1 образуют эталонный класс L_1 , так же определяются классы L_2, \dots, L_m , соответствующие другим управленческим решениям.

7. Оцениваются значения всех параметров ситуации управления, набор которых (x_0, y_0, \dots, z_0) определяет ее положение в пространстве ситуаций управления.

8. Находится в некотором, заранее определенном смысле, ближайший к точке (x_0, y_0, \dots, z_0) эталонный класс. Соответствующее ему решение считается предпочтительным. Выполнение этого этапа требует задания на пространстве ситуаций управления метрики или мер близости, через которые и определяется «ближайший» эталонный класс.

9. Оцениваются результаты принятия решения и производится, если необходимо, корректировка всего процесса.

Анализ характера задач, которые необходимо решить при принятии управленческого решения показывает, что:

а) Этапы 1, 2, 3, 4, 6, 7 – в общем случае подразумевают привлечение экспертов.

б) Этапы 4, 5, 7, 8. – допускают различные варианты моделирования, с привлечением различного формального аппарата.

Таким образом, корректность решения задачи моделирования состояния объекта управления, в значительной степени зависит от правильности выбора инструмента моделирования. Иными словами:

- При решении научных, технических, экономических и других задач существенную роль играет подбор (построение) математической модели, на основе которой происходит машинное моделирование либо разработка информационных технологий специального применения.
- Подбору (разработке) модели предшествует подбор теории, в терминах которой определяются базовые структуры данных и операции в модели.
- В выбранной теории дается представление (описание) исследуемых понятий. Например, может считаться, что характеристики связаны непрерывной зависимостью.
- Выписываются соотношения, связывающие характеристики элементов (на пример в виде уравнений) – построение модели завершается, что бы как правило начаться снова т.к. быстро выясняется ее ограниченность.
- Подбор формализации и знание границ применимости модели очень важно при математическом моделировании, т.к. неадекватность модели может привести к серьезным ошибкам в выводах. Здесь полезен логический анализ, позволяющий вскрыть корни недостатков и ограниченности формализации, выяснить неадекватность ситуации и применяемых средств.

Из приведенного можно сделать заключение что, формализация основных этапов технологии принятия решений требует развития теории принятия решений, включающей декомпозицию методов описания по типам объектов управления и этапам технологии принятия решения. Автоматизация любой области деятельности, в том числе и принятия управленческих решений, требует разработки развитой теории процесса управления. Основные положения теории записываются на специальном формальном языке-языке теории, что и обеспечивает в дальнейшем возможность автоматизации. Другими словами для автоматизации какого-либо вида деятельности теория этого вида деятельности должна развиваться как дедуктивная наука.

Преобразование научного знания в формальную теорию связано с процессом *абстракции*, который при естественнонаучном подходе можно определить как процесс, включающий ряд этапов:

- создание формального языка для описания понятий и процессов, изучаемых данным научным направлением;
- создание теории записанной на выбранном языке, интерпретацией которой являются изучаемые структуры;
- развитие теории для дальнейшего изучения свойств исследуемых структур.

- Обобщая это, можно сказать, что превращение знания в научное знание связано с процессом *абстракции*, который при естественнонаучном подходе можно определить как процесс, состоящий из следующих этапов:
- обнаружение формальной аналогии в поведении некоторых разных сущностей;
- выделение общих черт и их изолированное представление в виде аксиоматического описания;
- развитие общей теории на основе аксиоматического описания;
- «иллюстрация» примерами – моделями теории;
- специализация, процесс обратный к абстракции – поиск новых моделей;
- поиск теорем представления.

Среди языков, которыми описываются ситуации управления для объектов управления различной природы, выделяют следующие [4]:

- Естественный язык.
- Язык предикатов.
- Язык теории множеств
- Язык универсальной алгебры, в частности булевой алгебры.
- Язык теории вероятностей.
- Язык нечетких множеств,
- Язык теории графов.
- Язык функционального анализа.
- Язык теории моделей
- Язык теории структур.
- Категорный язык.

Приведенный перечень языков, на которых может проводиться классификация тех или иных объектов конечно не полон и может быть существенно пополнен. Однако, более важной задачей является обнаружение связи как между этими языками, для приведения их в систему, которая в конечном итоге и стала бы системой языков теории управления, а так же нахождения связи языка с типом объекта управления. Определенные усилия в этом направлении были предприняты профессором А.И.Субетто при оценке границ применимости различных типов специальных квалиметров [9].

Общим для всех языковых форм формализации состояний объекта управления является то, что при доминирующем в настоящее время подходе это состояние описывается на основе атрибутов или признаков характеризующих описываемый объект. При этом признаку придается статус свойства, которое в логике называют предикатом. Таким образом, язык предикатов или некоторый более общий язык естественным образом оказывается вершиной языковой структуры при формировании теории.

При использовании языка предикатов класс состояний объекта управления, отвечающих этому описанию задается классом $K = \{x | F(x)\}$, где x - объект или ситуация из определенного семейства ситуаций, F - свойство, Запись $F(x)$ означает, что объект x обладает свойством F .

Формулы языка предикатов, имеют эквивалентную теоретико-множественную форму. Например фигура силлогизма

$$A(M,P)$$

$$A(S,M)$$

$$A(S,P)$$

может быть записана в логической форме как

$$\forall x((F(x) \rightarrow G(x)) \wedge (E(x) \rightarrow F(x))) \rightarrow \forall x(E(x) \rightarrow G(x)).$$

Эквивалентная теоретико –множественная форма имеет вид:

$$((M \subseteq P) \wedge (S \subseteq M)) \rightarrow (S \subseteq P).$$

Обобщением может служить запись на языке импликативных решеток:

$$(S \Rightarrow M) \square (S \Rightarrow M) \leq S \Rightarrow P.$$

Использование языка предикатов для описания ситуации управления основано на оценке суждений вида «объект А обладает свойством В». При этом значение оценки не исчерпывается парой 0,1, если нас интересует не просто наличие свойства, но и его интенсивность. Например А может обладать свойством В с некоторой интенсивностью и тогда истинность приведенного суждения будет

оцениваться в промежутке $[0,1]$. В частности, это может приводить к тому, что возможны истинные суждения вида «А обладает и не обладает свойством В». Иными словами, при моделировании состояний сложных объектов мы можем сталкиваться с ситуациями, в которых нарушаются законы классической формальной логики с законами исключенного третьего и противоречия.

Исходя из базовой модели оценки, предложенной А.И.Субетто, модель оценки состояния объекта управления можно представить в виде [7]:

$$\langle S; f; R; A; M \rangle, \text{ где}$$

S- совокупность свойств, которыми описывается состояние объекта управления;

F – семейство операций на множестве свойств;

R – семейство отношений на множестве свойств;

A – семейство структур оценки свойств;

M–семейство мер, которыми измеряется интенсивность свойств.

При ситуационном подходе объект управления, $G=\{G_1, G_2, \dots, G_n\}$ характеризуется совокупностью признаков G_1, G_2, \dots, G_n , значениями которых определяется состояние объекта управления.

Каждый признак G_i ($i \in I=\{1,2, \dots, n\}$) превращается в показатель ситуации управления, с некоторой совокупностью возможных значений этого показателя. Все показатели, совокупностью которых описывается ситуация управления разбиваются на "объективные показатели" и "субъективные показатели" (экспертные). Каждый показатель ситуации управления G_i характеризуется кортежем $\langle G_i, o_i, O_i \rangle$, где o_i - оценка показателя G_i , O_i - шкала или совокупность значений показателя ситуации управления G_i .

Для объективных показателей O_i совпадает с базовой шкалой X_i , оценка o_i со значением x_i на базовой шкале X_i . В случае субъективных показателей в кортеже $\langle G_i, o_i, O_i \rangle$ - o_i , оценка показателя G_i в некоторой шкале O_i , значения которой в общем случае вербальный характер. Тогда объект представлен тройкой $\langle G_i, T_i, X_i \rangle$, где G_i – показатель, заданный в виде лингвистической переменной T_i - множество значений лингвистической переменной. Каждая нечеткая переменная T_{ij} из семейства $T_i = \{T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{in}\}$, задается как нечеткое множество на базовом множестве X_i . Т.е. $T_{ij} = \langle \mu_{T_{ij}}(x) / x \in X_i \rangle$. Состояние объекта управления задается семейством $\{\langle G_i, \max\{T_{ij}\}, X_i \rangle\}$, где $\max\{T_{ij}\} = T_{ik}$, где T_{ik} такое, что $\mu_{T_{ik}} = \max\{\mu_{T_{ij}}(x)\}$.

Состояние объекта управления $m(x_1, x_2, \dots, x_n)$ - точка в n-мерном пространстве $X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$. Эталонные состояния объекта задаются как нечеткие области в этом пространстве.

Т.о. степень и способы формализации различны.

Пусть F есть некоторое свойство и X – семейство объектов оценки (ситуация управления), тогда класс объектов, которые обладают свойством F описывается выражением $K = \{x | F(x) \wedge x \in X\}$, где x- объект или ситуация из определенного семейства объектов или ситуаций управления, запись F(x) означает, что объект x обладает свойством F. Как правило, ситуация управления характеризуется совокупностью свойств F_1, F_2, \dots, F_n , тогда можно рассматривать новое свойство $F = F_1 \wedge F_2 \wedge \dots \wedge F_n$, т.е. свойство являющееся конъюнкцией свойств F_1, F_2, \dots, F_n . Тогда запись F(x) представляет высказывательную форму «предмет x обладает каждым из свойств F_1, F_2, \dots, F_n », где в качестве x может рассматриваться ситуация управления. Таким образом, любое качество в атрибутивной теории качества можно рассматривать с логической точки зрения как одноместный предикат.

3 Формализация целевого пространства ситуаций управления на основе суперструктур.

Для эффективного моделирования широкого спектра ситуаций управления теория должна строиться таким образом, чтобы она давала возможность описывать ситуации управления, которые характеризуются «набором свойств» из некоторого семейства или пространства свойств.

По аналогии с нестандартным анализом предположим, что есть некоторый набор индивидуальных свойств S, т.е. таких свойств, которые не являются множествами, т.е. не выражаются через другие свойства. Однако последнее положение может вызвать законные возражения, поскольку математические объекты могут рассматриваться как множества.

Предполагается, что имеется достаточно большое множество истинных индивидов J (урэлементов), о котором известно лишь, что они не являются множествами. Тогда можно взаимно однозначно вложить S в J (или его подмножество) и отождествить S с его образом в J.

Введенное в математике понятие суперструктуры, позволяет моделировать с помощью семейства S все свойства и строить пространства свойств и пространства объектов, определяемых через свойства.

Определение [18].

Для произвольного множества индивидов S определяется иерархия:

$$S_0 = S;$$

$$S_{i+1} = S_i \cup P(S);$$

$$\hat{S} = \cup S_i, i \in \mathbb{N}.$$

Тогда \hat{S} называется суперструктурой с индивидами S . Каждый элемент S является индивидом построенной суперструктуры а элементы из $\hat{S} - S$ – множествами суперструктуры \hat{S} . Поскольку пустое множество является полмножеством множества индивидов, то пустое множество элемент суперструктуры.

Определение.

Множество $A \subseteq \hat{S}$ называется транзитивным в \hat{S} , если $\forall x \in A, x \in S \vee x \subseteq A$.

Как показано в работе Девиса в суперструктуре верны следующие утверждения.

1. Множество A транзитивно в суперструктуре \hat{S} тогда и только тогда, когда $x \in (A - S) \wedge y \in A \Rightarrow x \in A$.
2. Каждое S_i транзитивно в \hat{S} .
3. Если $x_1, x_2, \dots, x_k \in \hat{S} - S$, то $x_1 \cup x_2 \dots \cup x_k \in \hat{S}$.
4. Если $x, y \in S_i$, то $\langle x, y \rangle \in S_{n+2}$
5. Если $x_1, x_2, \dots, x_k \in S_i$ и $n > 1$, то $\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle \in S_{i+2k-2}$.
6. \hat{S} транзитивно в \hat{S} .

Определение.

Подмножество U суперструктуры \hat{S} называется универсумом с индивидами S , если:

$$\emptyset \in U;$$

$$S \subseteq U;$$

если $x, y \in U$, то $\{x, y\} \in U$.

Лемма.

\hat{S} является универсумом с индивидами S .

Суперструктура \hat{S} называется стандартным универсумом с индивидами S .

При отождествлении индивидуальных свойств с семейством S и предположении, что объекты описываются в предикативной форме как это было сказано выше, в приведенной модели объекты оценки есть элементы из семейства $\hat{S} - S$. Точнее каждый объект оценки есть элемент из $x \in S_{i-1} - S$, если при этом $x \notin S_{i-1} - S$, то $x \in S_i - S_{i-1}$, т.е. является элементом «слоя» S_i . Это означает, что при формировании описания состояния социально-экономического развития дерево показателей социально –экономического развития будет включать i - уровней.

Моделью пространства целей в социально-экономической сфере служит тройка следующего вида:

$\{G, R, P\}$, где G - пространство состояний социально-экономического развития, R – множество отношений порядка на пространстве G , P - множество отношений эквивалентности на пространстве P .

Пространство состояний объекта управления описывается системой заранее выбранных индикаторов состояния объекта управления индикаторов.

В соответствии с введенными ранее обозначениями $\forall g \in G \exists i$ такое, что $g \in S_i - S_{i-1}$.

В силу транзитивности множества $S_i \quad g \subseteq S_i - S_{i-1}$. При этом $g = (g_1, g_2, \dots, g_n)$, интенсивность каждого свойства g_i оценивается в шкале X_i таким образом состояние объекта оценки определяется как точка в $m(x_1, x_2, \dots, x_n)$ в n -мерном пространстве $X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$. В свою очередь если $\exists j$ такое, что свойство $g_j \in S_j - S$, то $g_j = (g_{j1}, g_{j2}, \dots, g_{jm})$ и оценка свойства g_j есть точка $m_j(x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jm})$ в пространстве $X_{j1} \times X_{j2} \times \dots \times X_{jm}$ и т.д.

Отношение порядка на пространстве G может устанавливаться на основе значений функции предпочтения $F(x_1, x_2, \dots, x_m)$, соответственно на подпространстве g_j с помощью функции предпочтения $F_j(x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jm})$ и т.д. при этом устанавливаются отношения предпочтения (\square) и эквивалентности (\sim) такие, что $g \square g'$ тогда и только тогда, когда $F(x_1', x_2', \dots, x_m') > F(x_1'', x_2'', \dots, x_m'')$ и $g \sim g'$ тогда и только тогда, когда $F(x_1', x_2', \dots, x_m') = F(x_1'', x_2'', \dots, x_m'')$. Легко проверить, что введенные таким образом отношения являются отношениями порядка и эквивалентности соответственно.

Свертка F значений показателей (x_1, x_2, \dots, x_n) может иметь различный вид и сами значения могут оцениваться в разных шкалах.

Управление при этом рассматривается как преобразование вида: $g^h \rightarrow g^k$, такое, что $g^h < g^k$, где g^h - начальное состояние объекта управления g^k - конечное. При этом $g^k = f(g^h, A, B)$ [19], где A-план действий, реализуемых для перехода из состояния g^h в состояние g^k , B- активные средства, используемые для реализации этого плана, в состав которых входит все то, что необходимо для выполнения операций предусмотренных планом A.

4 Развитие на основе использования языка теории категорий.

Можно показать, что при определенных условиях тип логического исчисления связан со структурой, на которой принимает значение оценка формул этого исчисления [14,15].

Надежны на дальнейшее обобщение методов формализации задач управления связаны с использованием языка теории категорий [16].

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.

Пусть P произвольное линейно —упорядоченное множество с начальным элементом 0 и конечным элементом 1. P является решеткой и есть алгебра Гейтинга.

Операция \rightarrow задается здесь по правилу:

$$p \rightarrow q = \begin{cases} 1 & \text{при } p < q \\ q & \text{при } p > q \end{cases}$$

Проверяется ,что $p \rightarrow q$ удовлетворяет условиям псевдодополнения. Это применимо, в частности к отрезку [0,1] с соответствующим упорядочением.

Приведенное замечание позволяет сделать вывод о применимости алгебры Гейтинга к операциям на нечетких множествах.

Нечеткое множество может быть определено через описанное выше отношение равенства, которое удобно иллюстрируется на топосе $\mathbf{Bn}(I)$ расслоений над индексным множеством I [17]. Если заданы стрелки f,g на классе морфизмов $I \rightarrow A$ (где A —пространство расслоения) то как было показано в [17]

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

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 [2] 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 [17].

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 оценкисостояний объектов и процессов функторами, сохраняющими структуру из категории состояний объектов оценки в категорию оценок.

В частности, такой подход реализуется в нестандартном анализе, которой «есть алгебрологический метод, основанный на рассмотрении оценок и в основном применяемый для изучения объектов, представимых в виде глобальных элементов некоторого пучка.» [17].

В работе [16], 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.

Модели, которые рассматриваются классической теорией, являются функторами из категории, соответствующей некоторой теории в категорию всех множеств. Рассматривая вместо последней какую-либо другую категорию, обладающую определенной структурой, получим неклассическую теорию. Тип полученной теории будет индуцироваться заданной категорией и ограничениями, наложенными на функтор (его задаваемыми свойствами).

При таком подходе «логики», к которым относятся и «логики оценки», как вид исследования структур представляют собой семейство функторов из категорий, соответствующих формальным теориям в категории структур, на которых принимает значение оценка. Иными словами в категорном подходе оценка есть функтор, сохраняющий дополнительную структуру. При таком подходе вид минимальной логики «образующей» будет определяться типом функтора и, следовательно, минимальные логики будут представлять собой семейство, определяемое семейством баз, предбаз, образующих и т.д. структур значений оценки. Нельзя исключать и того, что сюда войдут функторы как гладкие отображения многообразий, поскольку в обиход уже введен термин «локальная истинность», в частности в [17] рассматривается язык PL, в который включена новая связка ∇ и если α формула этого языка, то формула $\nabla\alpha$ читается «локально имеет место, что α ».

В категории \mathbf{K} подобъекты определяются как семейство вида $\text{Sub}(d) = \{[f] \mid f \text{ стрелка и } \text{cod}(f)=d\}$. Классификатором подобъектов называют \mathbf{K} -объект Ω вместе со стрелкой $\text{true}: 1 \rightarrow \Omega$, для которой диаграмма

$$\begin{array}{ccc}
 & \xrightarrow{f} & \\
 a & & d \\
 \downarrow ! & & \downarrow \chi(f) \\
 & \xrightarrow{\text{true}} & \\
 1 & & \Omega
 \end{array}$$

декартов квадрат .

Для Ω , также можно рассматривать семейство $\text{Sub } \Omega$. Рассматривая Ω как структуру, на которой принимает значение оценки, получаем инструмент для семантического анализа типа логического исчисления.

Введение в теории категорий классификатора подобъектов Ω , и связанная с этим понятием Ω - аксиома, порождает утверждение, о том, что в категории, обладающей классификатором подобъектов $\text{Sub}(d) \cong \mathbf{K}(d, \Omega)$. В частности, в качестве \mathbf{K} можно взять категорию, соответствующую формальной теории (в частности алгебру формул логического исчисления), в качестве Ω - структуру, на которой принимает значение оценка. В [17] доказано, что утверждение о том, что топос \mathbf{K} булев, эквивалентно утверждению о том, что $\text{Sub } \Omega$ - булева алгебра. Этим определяются и ограничения на свойства функции $\chi(f): d \rightarrow \Omega$ – она должна сохранять структуру. В частности подтверждается предположение о

том, что структура оценки для булевой алгебры формул должна быть булевой алгеброй, что не всегда учитывается в многозначных логиках.

Заключение

В настоящее время моделирование процессов управления сложными объектами и процессов и прогнозирования их развития сталкивается с трудностями связанными с тем, что признанные классическими методы формального моделирования в условиях наличия факторов нечеткости и неопределенности, неполноты информации об основных факторах, влияющих на динамику развития объекта исследования, динамично изменяющейся внешней среды, зачастую не достаточно эффективны. Методы формального моделирования таких объектов и процессов не систематизированы, их применение не базируется на единой методологии, что снижает эффективность их применения. Поиск новых подходов требует, прежде всего, тщательного анализа причин возникающих при моделировании состояний таких объектов. Не достаточно констатации факта низкой эффективности того или иного метода формального моделирования. Практика моделирования состояний сложных объектов в настоящее время часто нацелено на применение качественных, а не количественных оценок. Технически это осуществляется методами теории нечетких множеств, использующей лингвистические переменные, значения которых носят качественный характер. Однако эта техника не имеет достаточно надежной базы. Разработка такой базы могла бы осуществляться на основе синтеза концепций синтетической квалиметрии, системного подхода и использования новых математических методов, связанных с использованием и разработкой неклассических вариантов формальной логики и теории категорий.

Литература

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. *Арнольд В.И.* «Жесткие и мягкие» математические модели. Доклад на научно –практическом семинаре «Аналитика в государственных учреждениях».- М.: Администрация президента РФ, 1997.
6. *Дюбуа Д., Прад А.* Общий подход к определению индексов сравнения в теории нечетких множеств.// Нечеткие множества и теория возможностей.- М.: " Радио и связь", 1988.- С.51 - 63 .
7. *Субетто А.И.* Введение в квалиметрию высшей школы. Книга III «Общая квалиметрия и специальные квалиметрии».- М.: ИЦ Гособразования СССР, 1991 г.171 с.
8. *Гегель Г.В.Ф.* Наука логики.- СПб.: «Наука», -1997, -799 с.
9. *Субетто А.И., Титов А.В.* Ситуационный подход к применению методов специальных квалиметрий в системах мониторинга качества образования на различных уровнях. Труды восьмого симпозиума “Квалиметрия человека и образования.-М.: ИЦ, 1999.
10. *Титов А.В., Титов И.А.* Ситуационный подход к управлению развитием крупномасштабных систем//Управление развитием крупномасштабных систем MLSD 2008. Материалы международной конференции (1-3 октября 2008).Москва. ИПУ.2008, сс. 118-120
1. *Титов А.В.* О ситуационно подходе к управлению развитием регионов//Региональная экономика:теория и практика. №24, 2008.
2. *Титов А.В.* О зависимости типа логического исчисления от структуры оценки. //Материалы международной конференции «Седьмые Смирновские чтения по логике»- М.:МГУ им.Ломоносова, 2011, сс.34-36. [ISBN 978-5-88289-396-4]
3. *Титов А.В.* Семантический подход к анализу логических исчислений.// «Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке» Материалы XI Международной научной конференции, 26-28 июня 2010 г. Санкт-Петербургский государственный университет. 2010, сс. 376-380.
4. *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 по проблеме качества подготовки специалистов. 1998.
5. *Гольдблатт Р.* Топосы. Категорный анализ логики.- М.: «Мир» 1983. .-438 с.

6. *Девис Р.* Прикладной нестандартный анализ.-М «Мир», 1980.
7. *Шахнов И.Ф.* Согласование решений в сложных системах. Аддитивная модель.-М.: ВЦ РАН, 1998.