



УДК:004.822 : 004.422.32

## УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОМ В НЕЧЕТКИХ УСЛОВИЯХ

**БОСКЕБЕЕВ К.ДЖ.**  
[izvestiva@ktu.aknet.kg](mailto:izvestiva@ktu.aknet.kg)

*Для описания слабо формализованных процессов наиболее подходят нечеткие модели знаний, при помощи которых представляется возможным естественно описать декларативный опыт человека, его интуицию и логику поведения.*

**Цель исследования.** Нечеткая логика является многозначной логикой, что позволяет определить промежуточные значения для таких общепринятых оценок, как низкое, очень низкое знание. Эти выражения можно формально описать и обрабатывать на компьютерах.

**Модель исследования.** Модели представления знаний необходимы для того, чтобы иметь возможность формально описывать свойства объектов в нечетких условиях. Поэтому используем контроллеры нечеткой логики, как наиболее важное приложение теории нечетких множеств. Их функционирование немного отличается от работы обычных контроллеров; для описания системы используются знания экспертов вместо дифференциальных уравнений. Эти знания могут быть выражены естественным образом с помощью лингвистических переменных, которые описываются нечеткими множествами.

Преимущества использования нечетких множеств в моделировании объекта управления (ОУ) заключаются в их простоте и общности [1]. С помощью нечеткого представления довольно несложно описать переходы в пространстве состояний, исходя из желаемых свойств функционирования системы, даже когда проектировщик имеет лишь смутные представления об их природе. Следует подчеркнуть существенную разницу между классическими методами приближенного анализа сложных систем и подходом, основанным на использовании более абстрактных моделей, к которым можно отнести и модели, основанные на нечетком представлении. В первом случае для упрощения используется та же самая математическая структура, что и сложной модели, а упрощение достигается за счет отбрасывания той части модели, которая признается наименее важной. При втором подходе происходит переход к использованию других математических структур, которые более абстрактны, но, тем не менее, позволяют рассматривать систему в целом, но на менее детализированном уровне. Упрощение в последнем случае достигается за счет отказа от несущественных деталей, а не за счет желания уменьшить количество исследуемых переменных.

С помощью нечетких логических систем имеется возможность имитации мыслительных способностей человека при описании управления процессами, используя сравнительно небольшое количество правил.

В настоящее время наибольший прогресс в проектировании ИСУ достигнут для систем со свойством «интеллектуальности в малом» [2]. Это означает, что управляющие системы, структурно не организованные в соответствии с приведенными выше принципами ИСУ, используют при своем функционировании знания (например, в виде правил), как средство преодоления неопределенности входной информации, модели управляемого объекта или его поведения. Выбор нечетких дифференциальных или разностных уравнений очевиден ввиду их наибольшего соответствия ИСУ «в малом». При этом использование нечетких моделей обеспечивает относительно простой способ управления сложными системами, которые обладают существенным нелинейным поведением. Обычно нечеткие правила, из которых состоит нечеткий контроллер, представляют собой знания или опыт оператора.

Основной проблемой синтеза управления в рассмотренных выше системах являются способы формирования базы правил, обеспечивающих оптимальное регулирование сложными процессами. Как правило, известные методы синтеза не рассматривают сам процесс при решении данной задачи. Поэтому актуальным представляется создание моделей, описывающих процессы в ИСУ (как правило слабо формализованные) таким образом, чтобы задача синтеза могла быть решена некими формальными алгоритмами.



Из известных с 70-х годов XX в. моделей знаний – логических, продукционных, фреймовых, нейронных и семантических сетей – для описания слабо формализованных процессов наиболее подходят продукционные модели знаний, при помощи которых представляется возможным естественно описать декларативный опыт человека, его интуицию и логику поведения [4].

Поскольку основной моделью представления системы управления в нечетких контроллерах является продукционная модель знаний, определим в качестве базовой математической модели описания ОУ также лингвистическую продукционную модель (ЛПМ). Кратко такой набор обычно записывают в виде:

$$X_{k+1}=X_k \circ U_k, \quad (1)$$

где  $X_k = (x_1, x_2, \dots, x_n)$   $k$  - обобщенный вектор состояния системы, а  $U_k = (u_1, u_2, \dots, u_m)$  - обобщенный вектор управляющих воздействий, значения которых представляют собой лингвистические переменные из заданного терм -множества  $S=\{NB, NM, \dots, ZE, \dots, PM, PB\}$ , где NB означает “очень низкое”, NM – “низкое”, ZE – “среднее”, PM – “высокое” и PB – “очень высокое”, и представляют собой нечеткие множества с заданными функциями принадлежности. Особенностью данной модели является то, что она должна отражать динамические связи между переменными ОУ. Как и при описании контроллера, лингвистическое описание ОУ задается в виде набора правил вида  
IF  $X_k=(x_1=NB, x_2=PM, \dots, x_n=ZE)$  AND  $U_k=(u_1=PM, u_2=NB, \dots, u_m=NM)$   
THEN  $X_{k+1}=(x_1=PB, x_2=PS, \dots, x_n=PB)$ , отражающих отношения изменения состояния системы в зависимости от входных воздействий.

Как правило, динамическое поведение таких систем описывается в виде таблиц лингвистических правил, связывающих управляющие воздействия  $U$  и выходы (либо состояния) объекта  $X$ :

$$X_{k+1}=R(X_k, U_k), \quad (2)$$

$$\text{or } \Delta X_k=R(X_k, U_k), \quad (3)$$

где  $X$  – состояние системы,  $\Delta X$  – изменение состояния в следующий момент времени,  $U$  – управляющее воздействие,  $R$  – отношение связи,  $k$  – шаг дискретизации.

Нечеткая экспертная система для вывода решения использует вместо Булевой логики совокупность нечетких функций принадлежности и правил. Правила в нечеткой экспертной системе имеют обычно вид, подобный следующему: если  $x$  низок и  $y$  высок, тогда  $z$  = средний, где  $x$   $b$   $y$  - входные переменные (для которых известны значения),  $z$  - выходная переменная (значение, которое будет вычислено), низко - функция принадлежности (нечеткое подмножество), определенная на  $x$ , высоко - функция принадлежности, определенная на  $y$ , и среднее - функция принадлежности, определенная на  $z$ . Антецедент правила (предпосылка правила) описывает, когда правило применяется, в то время как заключение (следствие правила) назначает функцию принадлежности к каждому из выведенных значений переменных. Большинство инструментальных средств, работающих с нечеткими экспертными системами, позволяют применять в правиле несколько заключений. Совокупность правил в нечеткой экспертной системе известна как база знаний. В общем случае вывод решения происходит за три (или четыре) шага. С помощью функций ПРИНАДЛЕЖ-НОСТИ, определенных на входных переменных, вычисляются их фактические значения и определяется степень уверенности для каждой предпосылки правила.

Используя процедуру ВЫВОДА, вычисляется значение истинности для предпосылки каждого правила, которое применяется к заключению каждого правила. В результате этого каждой переменной вывода для каждого правила назначается одно значение из нечеткого подмножества значений. Обычно в качестве для вывода используются МИНИМИЗАЦИЯ или правила ПРОДУКЦИИ. При МИНИМИЗИРУЮ-ЩЕМ логическом выводе выходная функция принадлежности ограничена сверху в соответствии с вычисленной степенью истинности предпосылок (нечеткое логическое И). В логическом выводе с использованием ПРОДУКЦИИ выходная функция принадлежности масштабируется с помощью вычисленной степени истинности предпосылки правила.

Используя КОМПОЗИЦИЮ, все нечеткие подмножества, назначенные для каждой выходной переменной, объединяются вместе и формируется единственное нечеткое подмножество значений для каждой выводимой переменной. Наконец, снова обычно используются функции MAX или SUM. При использовании композиции MAX объединенное выходное нечеткое подмножество значений создается путем нахождения максимума из всех нечетких подмножеств, назначенных переменными в соответствии с правилом вывода (нечеткое логическое ИЛИ). В композиции SUM объединенное выходное нечеткое подмножество создается суммированием всех



нечетких значений из подмножеств, назначенных для переменной вывода с помощью правил вывода.

Наконец - (необязательный) процесс точной интерпретации, который используется тогда, когда полезно преобразовывать нечеткий набор значений выводимых переменных к точным значениям. Имеется достаточно большое количество методов перехода к точным значениям (по крайней мере 30). Два из общих методов - это методы **Полной интерпретации** и по **Максимуму**. В методе полной интерпретации точное значение выводимой переменной вычисляется как значение "центра тяжести" функции принадлежности для нечеткого значения. В методе Максимума в качестве точного значения выводимой переменной принимается максимальное значение функции принадлежности нечеткого соответствия.

Субъективность решения задачи ЛПР проявляется в субъективности таких элементов: цели управления; ограничений; окружающей среды и последствий управления; используемой информации, на основании которой принимается управление; алгоритмы управления. Таким образом, в информационных системах накапливаются знания экспертов.

#### **Выводы:**

- Для управления объектом в нечетких условиях необходимо использовать теорию нечеткого множества для обработки неопределенностей знаний, необходимых ЛПР в процессе принятия решения.
- Пользователь может без труда получать информацию о протекающих процессах и процессах управления, касающихся, например, ресурсов и информации, необходимой для завершения этих действий, а также для установления отношений между ними.

#### **Литература**

1. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова., В.Ф. Хорошевский. - СПб: Питер, 2000. – 384 с.
2. Чулюков В.А., Астахова И.В. Системы искусственного интеллекта. Практический курс: учебн. пособ. / В.А. Чулюков, И.В. Астахова и др.; под ред. И.В. Астаховой. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2008. – 292 с.
3. Обработка нечеткой информации в системах принятий решений /А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
4. Приобретение знаний: Пер. с япон. / под ред. С.Осуги, Ю. Саэки. - М.: Мир, 1990. – 304 с.