

*Е.И. Ключев, к.т.н., Е.И. Туз, ст. преподаватель, Е.А. Волкова, к.т.н.
(Национальный авиационный университет, Украина)*

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОЕКТУ

В статье рассмотрены основные подходы и методы, используемые при проектировании интеллектуальных систем. Предложена схема информационной системы и метод обработки информации, не имеющей определенного характера. На практическом примере показана возможность использования данного подхода при формировании требований к проектируемому объекту

Одна из проблем, с которой приходится сталкиваться экспертам при разработке технического задания на проектирование объекта исследования, заключается в том, что отсутствуют информационные системы обработки неточной информации. Использование экспертами методов обработки неточностей в информационных системах принятия решений позволило бы разработчикам технического задания более точно формировать численные значения параметров проектируемого объекта. В настоящее время в экспертных системах используется несколько методов, позволяющих быть точными в отношении неточностей, присущей человеку, или отсутствию полной информации [1]. В предлагаемой информационной системе используется метод, реализующий нечеткую логику, описанную Л.Заде и распространивший булеву логику на действительные числа [2]. В нечеткой логике кроме значения 1, представляющего истину и значения 0 представляющего ложь, используются также все дроби между 0 и 1, чтобы указать на частичную истину.

Примерами проектов, в которых могут быть использованы методы обработки неточной или нечеткой логики [2] могут быть: разработка нового продукта или услуги; проектирование нового программного продукта; разработка или приобретение новой или модифицированной информационной системы; реализация новой процедуры или процесса, связанного с бизнесом реализации или использования программного продукта.

Разработка оболочки информационной системы формирования требований к параметрам проектируемой системе предполагает создание компилятора с языка правил и рабочей системы. При описании базы правил информационной системы и последующего их представления в машинном виде наиболее эффективным методом моделирования является аппарат теории графов. Использование графов является удобным средством для представления структурированных знаний. Формальный аппарат описания структуры знаний базируется на различных видах графов, узлы которых хранят информацию о сущностях в форме записей, а дуги определяют взаимоотношение между этими сущностями.

Разработка модели базы правил, и представления ее в машинном виде на основании аппарата теории графов дает возможность вывести истинность или ложность утверждений путем организации опроса пользователей. Графически база правил представляет собой некоторое множество упорядоченных по смыслу прямоугольников, связанных между собой стрелками. Прямоугольники представляют собой гипотезы модели и являются либо целями, либо правилами, либо вопросами. Концевые вершины деревьев обязательно должны представлять собой вопросы. Все другие прямоугольники называются правилами.

Истинность или ложность каждого прямоугольника, представляющего цель или правило, выводится из истинности или ложности прямоугольников, на которые делается ссылка.

Для учета неопределенностей, определяющих вклад каждого фактора в некоторую гипотезу в модель правил должна вводиться некоторая неопределенность, которая может задаваться с помощью операторов, имеющих название функций принадлежности для нечетких множеств. Каждому фактору исследуемого параметра, введенного в систему с помощью вопроса, соответствует некоторое значение, находящееся в интервале $[0,1]$, определяемое

функцией принадлежности. Для каждой промежуточной величины исследуемого параметра значение функции принадлежности находится в результате линейной интерполяции.

Имеется множество различных способов задания нечетких операторов типа И или ИЛИ. Независимо от выбранного типа операторов такие операторы в пределе должны вести себя как обычные булевы операторы, когда вероятности определяющих факторов стремятся к нулю или единице.

При реализации информационной системы формирования требований к параметрам проектируемой системы оператор И определяется как минимум, аналогично оператор ИЛИ определяется как максимум.

Использование аппарата нечеткой логики в информационной системе формирования требований позволяет повысить эффективность экспертных методов путем предоставления экспертам возможности формирования высказываний в некотором диапазоне альтернативных величин, описывающих значения параметра объекта.

Основными элементами аппарата теории нечетких множеств, использованными при проектировании информационной системы формирования требований являются понятия, обеспечивающие реализацию процесса принятия решения: множество альтернатив; множество ограничений, учитывающихся при выборе между различными альтернативами; функции принадлежности, ставящие каждой альтернативе в соответствие степень принадлежности этой альтернативы нечеткому множеству альтернатив.

На основе аппарата теории нечетких множеств разработана процедура принятия решений в расплывчатых условиях при формировании значений, определяющих требования к параметрам проектируемой системы.

Основными элементами этой теории являются понятия расплывчатой цели, расплывчатого ограничения и расплывчатого решения. Расплывчатая цель отождествляется с фиксированным расплывчатым множеством в соответствующем пространстве.

При использовании данного аппарата в качестве решения задачи выступает некоторое расплывчатое множество, определяемое как пересечение расплывчатых целей и расплывчатых ограничений, высказанных группой экспертов. Это решение может рассматриваться, как нечетко сформулированная инструкция, причем диапазон интервала расплывчатого решения может служить мерой степени согласования мнений экспертов. Использование понятий расплывчатой цели и расплывчатого ограничения позволяет формулировать значения показателей обобщенного мнения группы экспертов в установленных ими диапазонах возможных изменений параметров и ограничивающих условий задачи.

Возможность словесной формулировки экспертом расплывчатой цели и расплывчатого ограничения и представление их в качестве расплывчатого множества в одном и том же пространстве альтернатив является важным аргументом в пользу применения рассматриваемого метода при формировании обобщенного мнения экспертов о значениях параметров проектируемой системы.

Формальное описание метода принятия решения в условиях неопределенности можно найти в [2]. Важнейшим компонентом этого метода является представление расплывчатых целей G_i ($i=1,n$) и расплывчатых ограничений G_j ($j=1,m$), как расплывчатых множеств в пространстве альтернатив X с функциями принадлежности $\mu_{G_i}(x)$ и $\mu_{G_j}(x)$, соответственно.

При этом подходе под решением понимается расплывчатое множество вида:

$$D = G_1 \cap G_2 \cap \dots \cap G_n \cap C_1 \cap C_2 \cap \dots \cap C_m,$$

функция принадлежности которого определяется соотношением:

$$\mu_D(x) = \mu_{G_1}(x) \wedge \mu_{G_2}(x) \wedge \dots \wedge \mu_{G_n}(x) \wedge \mu_{C_1}(x) \wedge \mu_{C_2}(x) \wedge \dots \wedge \mu_{C_m}(x). \quad (1)$$

Оптимальное решение, если оно существует, определяется как субнормальное подмножество $D^m \subset D$, задаваемое условием:

$$\mu_D(x) = \begin{cases} \max \mu_D(x) & \text{для } x \in K; \\ 0 & \text{для } x \in k, \end{cases}$$

где K - множество тех точек в пространстве альтернатив X , для которых функция $\mu_D(x)$ имеет максимальное значение.

Если не все входящее в множество D цели и ограничения одинаково важны, то следует ввести весовые коэффициенты, характеризующие относительную важность различных целей и ограничений, тогда для функция принадлежности $\mu_D(x)$ вместо соотношения (1) следует писать:

$$\mu_D(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i(x) \mu_{G_i}(x) + \sum_{j=1}^m \beta_j(x) \mu_{C_j}(x), \quad (2)$$

где α_i и β_j весовые коэффициенты функций принадлежности:

С учетом этого ограничения функции $\alpha_i(x)$ и $\beta_j(x)$ могут быть подобраны таким образом, чтобы передавать относительную важность целей G_1, G_2, \dots, G_n и ограничений

C_1, C_2, C_m . Формула (2) представляет известный способ сведения векторного критерия к скалярному критерию с помощью образования линейной комбинации компонент векторной функции цели.

Разработанная процедура принятия решений в расплывчатых условиях включает следующие этапы:

1. Формирование набора лингвистических переменных, описывающих данные аналитических таблиц.
2. Формирование терм - множеств названий лингвистических переменных, описывающих данные аналитических таблиц.
3. Оценка функций принадлежности численных значений лингвистических переменных.
4. Принятие решений при формировании значений аналитических таблиц с помощью метода теории нечетких множеств.

Определение набора лингвистических переменных сводится к выработке перечня параметров, от которых зависят нечеткие описания этих параметров. В соответствии с определением лингвистической переменной, а также с требованиями к параметрам задачи формируется терм-множество $T(X_i)$ названий лингвистических значений для каждой лингвистической переменной X_i .

Выбор экспертом лингвистических значений из терм-множества осуществляется в соответствии с его представлениями о расплывчатой цели и расплывчатом ограничении для соответствующей переменной. Если, по мнению эксперта, терм-множество не содержит требуемых утверждений, то порождаются новые названия лингвистических значений.

Нечеткие ограничения лингвистической переменной могут быть представлены расплывчатыми множествами с соответствующими функциями принадлежности следующего вида:

$$\mu_{G_{11}}(u_0)(U) = \begin{cases} 0 & \text{при } u < u_0; \\ (1 + (\frac{u - u_0}{15})^{-2})^{-1} & \text{при } u \geq u_0; \end{cases}$$

$$\mu_{G_{12}}(u_0)(U) = \begin{cases} 0 & \text{при } u \geq u_0; \\ (1 + (\frac{u - u_0}{15})^{-2})^{-1} & \text{при } u < u_0; \end{cases}$$

$$\mu_{G_{13}}(u_0)(U) = (1 + (\frac{u - u_0}{10})^2)^{-0.5};$$

$$\mu_{C_{11}}(u_1, u_2)(U) = \left(1 + \left(\frac{u - u_0}{15}\right)^2\right)^{-1},$$

где U, U_0, U_1, U_2 – элементы универсального множества, причем U_0, U_1, U_2 - определяют диапазон изменения значений нечетко описанных параметров задачи.

Для лингвистических значений, форма грамматики которых отличается от рассмотренных выше, выводятся другие соответствующие им соотношения.

Согласованность мнений экспертов, характеризующая предпочтительность тех или иных целей и ограничений, учитывается посредством коэффициентов, оказывающих влияние на результирующее решение. Здесь под решением понимается расплывчатое множество, функция принадлежности которого определяется соотношением:

$$\mu_D(u) = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}(u) \mu_{G_{ij}}(u) + \sum_{k=1}^m \beta_{ik}(u) \mu_{C_{ik}}(u),$$

где $\alpha_{ij}(u)$ и $\beta_{ik}(u)$ - коэффициенты согласования мнений экспертов, причем

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{ij}(u) + \sum_{k=1}^m \beta_{ik}(u) = 1.$$

В настоящее время разработано несколько версий информационной системы формирования требования к параметрам проектируемого объекта на основе аппарата нечеткой логики. Разработанные версии интеллектуальной информационной системы включают в следующие основные элементы: базу данных, модели обработки экспертных данных и интерфейс пользователей.

База данных содержит сведения о предметной области. Модели обработки экспертных высказываний обеспечивают формирование обобщенного мнения экспертов в исследуемой предметной области. Разработанный интерфейс обеспечивает взаимодействие экспертов с автоматизированной системой обработки высказываний.

Пользователь, на первом этапе работы с информационной системой посредством интерфейса, вызывает модуль формирования сценария, описывающий определенную предметную область. Информация, содержащаяся в базе знаний, обрабатывается реализованными в системе методами принятия решений, на основе которых формируются обобщенные решения о параметрах проектируемой системы. Интерфейс системы предоставляет найденные решения в доступной для пользователя форме.

Разработанный интерфейс обеспечивает возможность для пользователей системы естественный диалог на этапе ввода, обработки и формирования результирующих данных.

Работоспособность информационной системы формирования требования к параметрам проектируемого объекта проверена в условиях обработки реальных экспертных данных и может быть рекомендована в качестве инструмента, позволяющего формировать требования к параметрам проектируемого объекта при разработке технического задания.

Список литературы

1. *Экспертные системы. Принципы работы и примеры: Пер.с англ./ А. Брукинг, П. Джонс, и др.; Под ред. Р.Форсайта.* – М.: Радио и связь, 1987. – 224 с. Ил. (Кибернетика)
2. *Заде Л.А.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. «Мир», Москва, 1976.