

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Городецкий В.И., Самойлов В.В., Малов А.О.* Современное состояние технологий извлечения знаний из баз и хранилищ данных // *Новости искусственного интеллекта*, №3, 2002. – С. 3-13.
2. *Башмаков А.И., Башмаков И.А.* Интеллектуальные информационные технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.
3. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2000.
4. *Christopher J. Date.* The Database Relational Model: A Retrospective Review and Analysis: A Historical Account and Assessment of E. F. Codd's Contribution to the Field of Database Technology. Addison Wesley Longman, 2000.
5. *Спулли Э.* "Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка и реализация. Т.1". Издательство: Вильямс 2001. ISBN 5-8459-0191-X.
6. *Devlin B.,* "Data warehouse: from architecture to implementation". Addison Wesley Longman, Inc. 1997. ISBN 0-201-96425-2.

УДК 321.3

П.В. Сороколетов

**ПРИНЦИПЫ И НЕЧЕТКИЕ АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА МОДЕЛЕЙ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ***

Введение. В настоящее время современные интеллектуальные и производственные системы характеризуются отсутствием всей или частичной необходимой информации, что делает некорректным их эффективное функционирование. Это приводит к невозможности и затруднению практического применения существующих систем и методов поддержки принятия решений [1, 2].

При решении комплексных задач энергетики, проектирования, системного анализа, теории игр, где существует понятие «проклятия размерности» анализируемой информации, ограничений и граничных условий необходимо сформулировать постановку и условия задачи, а также понятие решения. Тогда исходная задача требует решения, если имеются некие условия ее получения. Получение решения осуществляется с помощью комплекса методов и алгоритмов. Если существует некий метод, позволяющий на множестве параметров сопоставлять некоторые величины между собой, которые приводят к оптимальному использованию ресурсов, то говорят, что получено оптимальное решение. Оно может представлять собой некое множество значений, функций, правил или методов, приводящих к преобразованию исходных величин и удовлетворению условий задачи [3, 4].

Использование нечетких исходных данных является одним из способов расширения сферы применения формальных методов, в частности, теории ожидаемой полезности, однако этот путь предполагает наличие фактически той же информации, только представленной в другом виде. В работе рассматриваются возможные подходы к анализу решений на основе не только нечеткой, но и ограниченной информации, недостаточной для расчета оценок ожидаемой полезности.

Принятием решений считают множество альтернатив в условиях определенности, позволяющих получать, однозначные, непротиворечивые, корректные решения

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты № 08-01-00473, № 06-01-00272), РНП 2.1.2.3193, РНП 2.1.2.2238, г/б № Т.1.04.01.

на основе формализованных моделей анализируемых объектов, моделей управления и моделей внешней среды [1, 2].

К **задачам** поддержки **принятия решений** в новых информационных технологиях относятся все задачи, включая класс задач в условиях нечеткости и неопределенности, окончательное решение которых осуществляется на основе анализа полученных альтернатив. В этих случаях информацию преобразуют к виду, упрощающему и облегчающему принятие решений.

Значительное число задач принятия решений может быть формализовано. Для таких задач возможна алгоритмизация и применение информационно-управляющих систем, как средства повышения скорости анализа данных и оперативного получения набора решений.

При больших информационных потоках возникают проблемы формализации и применения алгоритмических методов получения решений. Поэтому при невозможности получения решения задачи при исходных условиях предлагаются следующие принципы [5, 6].

1. «Бритвы Оккама» – упрощение условия решения задачи и сведение ее к известной.
2. «Разделяй и властвуй» – разбиение сложной задачи на отдельные подзадачи с возможностью последующей сборки.
3. Получение набора альтернативных решений вместо одного за счет введения дополнительных условий или параметров при недостатке и нечеткости исходных данных.
4. «Data mining» – использование интеллектуального анализа извлечения знаний.
5. Обобщение параметров при большом объеме исходных данных.
6. Использование методов эволюционного и классического моделирования для вариативного анализа ситуаций.

Принятие решений включает выбор последовательности действий и ее реализацию. Поддержка принятия решений основана на получении многовариантных решений с использованием разных методов. Заказчики современных систем поддержки принятия решений требуют получения оптимальных или квазиоптимальных результатов из множества альтернатив.

Известно, что оптимальность – это лишь попытка отразить оценочное, субъективное свойство через некоторое количественное соотношение, т.е. выразить количественно то качество, которое желательно придать создаваемой СППР [6]. Оценка СППР, режимов ее работы или внешней среды, где она функционирует, измеряется параметрами. Выделяют внешние и внутренние параметры. Внешние параметры характеризуют свойства внешней по отношению к СППР среды и оказывают влияние на ее функционирование. Обозначают их вектором $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Внутренние параметры характеризуют свойства отдельных элементов системы. Обозначим их вектором $Z=(z_1, z_2, \dots, z_r)$. Совокупность внешних и внутренних параметров называют входными параметрами. Величины, характеризующие свойства СППР в целом называют выходными параметрами. Их обозначают вектором $Y=(y_1, y_2, \dots, y_m)$. Совокупности, выражающие зависимость между входными и выходными параметрами, будем считать математическим описанием СППР [6]:

$$\begin{aligned} y_1 &= y_1(x_1, \dots, x_n; z_1, \dots, z_r), \\ &\vdots \\ y_m &= y_m(x_1, \dots, x_n; z_1, \dots, z_r). \end{aligned}$$

Их можно представить в форме:

$$Y = F(X, Z, \sim \Phi). \quad (1)$$

Выражение (1) представляет собой нечеткое отображение (или соответствие) между двумя множествами параметров $A=(X,Z)$ и $B=Y(A\leftrightarrow B)$, а $\sim\Phi$ – нечеткий график соответствия.

По известной структуре СППР и значениям векторов X и Z создают физические или математические модели (ММ) и на основе их оценки определяют значение вектора Y .

Отметим, что каждому уровню или аспекту при иерархическом подходе к построению СППР соответствуют свои модели.

Приведем нечеткий алгоритм комплексного моделирования СППР [5]:

1. Устанавливаются начальные состояния компонентов СППР и входные значения параметров, определяющих инициализацию событий, устанавливается начальное значение времени моделирования $t=t_0$.
2. Строятся структурные, эвристические, имитационные и эволюционные ММ.
3. На основе заданной шкалы и нечетких условий выбирается путь моделирования.
4. Проверка логического условия выполнимости всех событий в СППР. Построение списка L_c событий, для которых выполнены условия инициализации.
5. Если список L_c пуст, то переход к 6. В противном случае управление передается на выполнение процедуры обслуживания первого события из L_c . Производится модификация времени совершенствования данного события в будущем $t_j=t+\tau_j$ и оно исключается из списка. Переход к 4.
6. В списке запланированных событий находится событие с $\min t_j$ (временем инициализации) и корректируется время τ_j , которое полагается равным этому моменту времени.
7. Проверяется нечеткое условие окончания комплексного моделирования. Если оно не выполняется, то переход к 4.
8. Конец работы алгоритма.

Основными требованиями, предъявляемыми к ММ, являются адекватность, точность, степень универсальности и экономичность [1-6].

Как известно, адекватность ММ в СППР обычно рассматривают в ограниченной области изменения внешних параметров, задаваемых на основе нечетких множеств. Эту область называют областью адекватности ММ. В ней выполняется неравенство $|\mu_{\sim A}(x)\epsilon_i| \leq \mu_{\sim A}(x)\epsilon_{i,g}$, где ϵ_i – относительная погрешность определения параметра u_i , возникающая из-за приближенного характера ММ; $\epsilon_{i,g}$ – допустимая погрешность ($\epsilon_{i,g} \geq 0$), X – четкое множество внешних параметров, $\sim A$ – нечеткое множество внешних параметров заданное на множестве (X) , $\mu_{\sim A}(x)$ – функция принадлежности, принимающая значения на интервале $0 \leq \mu_{\sim A}(x) \leq 1$.

Отметим, что любая ММ описывает лишь некоторое подмножество свойств СППР. Поэтому точность ММ определяется как степень совпадения значений параметров реальных событий и значений тех же параметров, полученных на основе исследуемой ММ. При определении точности ММ важно определять погрешности моделей. Пусть $Y=(y_1, y_2, \dots, y_m)$ – вектор выходных параметров; $y_{i,\epsilon}$ – эталонное значение выходного параметра, определенное на основе экспертных оценок; $y_{i,MM}$ – значение i -го выходного параметра. Тогда относительную погрешность ϵ_i при расчете выходного параметра определяют следующим образом:

$$\mu_{\sim A}(Y)\epsilon_i = (\mu_{\sim A}(Y)y_{i,MM} - \mu_{\sim A}(Y)y_{i,\epsilon}) / \mu_{\sim A}(Y)y_{i,\epsilon}. \quad (2)$$

Погрешность модели для всех значений параметров будет представлять вектор $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$, где n – число выходных параметров. Отметим, что значения погрешности, полученные таким образом, зависят от свойств ММ, особенностей решаемых задач и достоверности экспертных оценок. Значения функций принадлежности $\mu_{\sim A}(Y)\varepsilon_i$ позволят в каждом конкретном случае учитывать данные оценки. При изменении области ПР при решении новых задач необходимо пересматривать оценки точности ММ.

Такие ММ – это только частичное отображение реальной СППР. Поэтому степень универсальности ММ соответствует полноте учета в модели свойств реальной системы. Например, ММ конструкции СППР в виде гиперграфа будет отображать только ее коммутационные свойства, не учитывая протекающих в ней различных процессов.

Запишем модифицированный расплывчатый алгоритм построения локальных ММ для блоков СППР.

1. Определение свойств блоков моделируемой системы, которые должны отобразиться в общей модели. Основное здесь задать и определить функцию и перечень выходных параметров $y_i \in Y$ СППР и список внешних параметров $z_j \in Z$. Y – четкое множество выходных параметров, $\sim B$ – нечеткое множество выходных параметров заданное на множестве (Y) , $\mu_{\sim B}(Y)$ – функция принадлежности принимающая значения на интервале $0 \leq \mu_{\sim B}(Y) \leq 1$, Z – четкое множество внешних параметров, $\sim C$ – нечеткое множество внешних параметров заданное на множестве (Z) , $\mu_{\sim C}(Z)$ – функция принадлежности принимающая значения на интервале $0 \leq \mu_{\sim C}(Z) \leq 1$.
2. Выбор структуры ММ в виде блоков, «воспринимаемых» ЛППР. Установление взаимно однозначного соответствия и правил однозначного преобразования локальных моделей в общую модель.
3. Решение задачи идентификации, при которой определяются численные значения параметров локальных и общей ММ для заданной структуры СППР.
4. Выбор тестовых задач и на их основе определение адекватности, точности, степень универсальности, экономичности и погрешности ММ. Если она больше допустимого значения $\varepsilon_{i, \text{г}}$, то переход к 2 с выбором новой структуры ММ. Если условие (2) в тестовых задачах выполняется, то переход к 5.
5. Определение значений $z_{i \text{ min}}$ и $z_{i \text{ max}}$. (Это способствует правильному выбору результатов ПР).
6. Конец работы алгоритма.

Заметим, что задача идентификации в алгоритме ставится как экстремальная. Найти $\min \mu_{\sim A}(x)\varepsilon_0(X)$ при $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, $x_i \in XD$, где XD – область, в которой выбирают значения параметров ММ; ε_0 – обобщенная оценка погрешности ММ. Для нахождения $\min \varepsilon_0(X)$ применяют методы математического программирования, эвристического поиска и другие комбинированные методы.

Отметим, что для получения ММ используются неформальные и формальные методы. Неформальные методы применяются на разных иерархических уровнях для ММ элементов. Они включают в себя анализ и изучение закономерностей процессов и явлений, принятие различных ограничений, допущений и упрощений. В настоящее время для этих целей начинают использоваться эвристические алгоритмы и динамические ЭС [5]. При построении ММ СППР в основном используются комбинации формальных и неформальных методов, на основе расплывчатых множеств, многоагентных, самоорганизующихся систем и нетрадиционных алгебр логики [5, 6].

Расплывчатый модифицированный алгоритм построения обобщенной СППР представим в следующем виде:

1. Определение существенных с точки зрения ЛПР свойств системы.
2. Разделение выбранных свойств на внешние, внутренние, неконтролируемые (случайные и расплывчатые) и выходные параметры.
3. Выбор математической формы записи для выражения функциональных зависимостей между входными и выходными параметрами.
4. Построение локальных и общей математической модели.
5. Программно-аппаратная реализация ММ, позволяющая по заданным входным параметрам получать значения либо оценки выходных параметров.
6. Проведение имитационного или эволюционного моделирования для проверки изоморфизма моделей и реальных ситуаций.
7. Оценка адекватности, точности, степени универсальности, экономичности и погрешности ММ для обеспечения компромисса между ожидаемыми результатами математического моделирования и результатами вычислительных экспериментов.
8. Конец работы алгоритма.

Заметим, что для каждой ИИС можно построить большое число математических описаний, которые отражают те или иные ее свойства.

Использование предлагаемых принципов и нечетких алгоритмов анализа моделей позволяет повысить качество и скорость принятия решений в неопределенных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Грешиков А.А.* Математические методы принятия решений. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006.
2. *Тихонов А.Н., Цветков В.Я.* Методы и системы поддержки принятия решений. – М.: МАКС Пресс, 2001.
3. *Трахтенгерц Э.А.* Компьютерная поддержка принятия решений. – М.: Синтег, 1998.
4. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах. – М.: Логос, 2000.
5. *Курейчик В.В., Сороколетов П.В.* Принятие решений в неопределенных условиях в задачах проектирования РЭА // Известия вузов. Северо-кавказский регион. Технические науки. № 1, 2007. – С. 19-23.
6. *Емельянов В.В., Курейчик В.В.* Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: Физматлит, 2003. – 432 с.

УДК 681.3.053

С.А. Жмурко

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ АГЕНТА И МНОГОАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ*

К основным принципам создания современных перспективных САПР [1] относятся представление САПР как человеко-машинной системы, комплексный подход к автоматизации проектирования, представление САПР как совокупности распределенных информационно-согласованных подсистем, открытость САПР и т.д.

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 07-01-00174), РНП 2.1.2.3193, РНП 2.1.2.2238, г/б № Т.1.04.01, г/б № Т.12.8.08.