

граф второго вида $\tilde{C} = (\tilde{A}, T)$ с нечеткими вершинами и ребрами. В качестве множества вершин выступает множество нечетких шарниров, степень нечеткости вершины совпадает со степенью нечеткости шарнира. Из вершины $\tilde{A}(x)$ в вершину $\tilde{A}(y)$ направлено ребро со степенью достижимости вершин.

Поскольку удаление нечетких шарниров уменьшает степень сильной связности нечеткого ультраграфа, то граф $\tilde{C} = (\tilde{A}, T)$ является индикатором робастности рассматриваемой системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Старостина Т.А. О живучести нечетких графов // Обзорение прикладной и промышленной математики. – М., Т.9, 2002. – 656 с.
2. Берштейн Л.С., Боженик А.В., Розенберг И.Н. Анализ и синтез живучести нечетких графов // Труды Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM'2005. – Санкт-Петербург, Т.1, 2005. – С. 204-207.
3. Целых А.А. Разработка и исследование методов и алгоритмов для моделирования адаптивных веб-ресурсов на основе нечетких ультраграфов // Дис. канд. техн. наук: 05.13.17, Таганрог, 2005.

П.В. Сороколетов

К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ*

В основе теории и практики искусственного интеллекта лежит новая технология интеллектуального анализа данных, т.е. Data mining (discovery-driven data mining) [1,2]. Она основана на концепции шаблонов, описывающих многообразные взаимоотношения между рассматриваемыми данными. Одна из основных проблем – это сложность анализируемых и определяемых шаблонов. Шаблоны должны содержать нечеткие, неопределенные и неожиданные кластеры и регулярные объекты в данных, составляющие так называемые скрытые данные. Новая технология DM согласно [2] включает следующие этапы в процессе анализа и обнаружения в неопределенных данных: нечетких; нетривиальных; полезных для данной практической деятельности; доступных интерпретаций знаний, необходимых для принятия решений в исследуемой области.

Для DM сейчас используется две основных технологии: «сверху-вниз» и «снизу-вверх», которые анализируют следующие уровни знаний: скрытый, глубокий, неглубокий, поверхностный. При этом, как правило, используют такие аналитические инструменты как: язык простых запросов, оперативная аналитическая обработка, «раскопка данных» и др. [2].

Блок DM предлагается включить в современную динамическую экспертную систему (ДЭС). Под ДЭС понимается система, объединяющая возможности компьютера со знанием и опытом эксперта в такой форме, что система может предложить разумный совет или осуществить разумное решение поставленной задачи. Дополнительной характеристикой такой системы, является «способность системы по требованию прокомментировать ход своих рассуждений в понятной для пользователя форме» [3].

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке программы развития научного потенциала высшей школы 2006-2008 годы (проекты РНП.2.1.2.2238, РНП 2.1.2.3193)

Модуль ДЭС – это система, в которую включены знания специалистов о проблемной области и которая в пределах этой области способна принимать экспертные решения.

Определим характеристики, которыми должна обладать ДЭС: 1) анализ и обнаружение неопределенных данных; 2) рассуждать при нечетких данных; 3) объяснять цепочку рассуждений понятным образом; 4) основываться на использовании правил; 5) иметь возможность иерархического наращивания системы; 6) обладать способностью обучения и самоорганизации.

ДЭС обязательно содержит в своём составе базу знаний и механизм логических выводов (интерпретатор) [4]. Для представления фактических знаний используется отдельный механизм – БД, а в базе знаний (БЗ) остаются процедурные знания. Для ведения базы знаний и дополнения ее при необходимости знаниями, полученными от эксперта, требуется отдельный модуль приобретения знаний. Другим компонентом ДЭС является пользовательский интерфейс, необходимый для правильной передачи ответов пользователю в удобной для него форме. Кроме того, пользовательский интерфейс необходим и эксперту для осуществления манипуляций со знаниями. В ДЭС присутствует модуль, способный при помощи механизма логического вывода «предложить разумный совет или осуществить реальное решение поставленной задачи». Модуль, реализующий эти функции, называется модулем советов и объяснений. Следует отметить, что механизм объяснений играет важную роль, позволяя повысить степень доверия пользователя к полученному результату. Это важно не только для пользователя системы, но и для эксперта, который с его помощью определяет, как работает система и как используются предоставленные им знания.

Типичную структуру ЭС можно представить как систему, состоящую из следующих основных компонент: модуль DM; база данных; база знаний; интерпретатор; компонент общения [5-7]. База данных хранит исходные и промежуточные данные решаемой задачи. База знаний экспертной системы содержит правила (или другие представления знаний), использующие базу данных как основу для принятия решения. Интерпретатор (решатель) использует исходные данные из базы данных и знания из базы знаний, формирует такую последовательность правил, которые, будучи примененными к исходным данным, приводят к решению задачи. Компонент общения является связующим звеном с пользователем, организует общение как в ходе решения задач, так и в процессе приобретения знаний и объяснения результатов работы.

Такие структуры, принято называть динамическими ЭС [3-6], т.к. они изменяются в процессе принятия решения. ЭС такого типа используют в тех приложениях, где учитываются изменения, происходящие за время решения задачи. ДЭС оперирует знаниями двух типов:

- 1) информации о каждом компоненте, включая сведения о свойствах, имеющих непосредственное отношение к конфигурации;
- 2) правила формирования частичных конфигураций и их расширения, а также условия ограничения, накладываемые на совместимость компонентов.

В ДЭС главным является подход, предполагающий, что процесс решения направляется данными (data-driven). Сначала программа определяет множество компонентов и далее пытается сконструировать такую конфигурацию этих компонентов, которая удовлетворила бы ограничениям, вытекающим как из характеристик отдельных компонентов, так и из отношений и связей между ними [5,6].

Знания о компонентах хранятся в базе данных отдельно от памяти системы, порождающей правила и о рабочей памяти транзитных элементов данных. База данных имеет динамическую структуру. В ней для каждого компонента хранится

информация о классе, типе и множестве характеристик. Знания об ограничениях сохраняются в виде правил в памяти производственной системы программы. Для процедуры вывода программа использует управляющие знания о предметной области (domain-specific control knowledge), позволяющие принимать решение о начале и расширения структуры комплекса. Процесс решения направляется последовательностью правил для нахождения более оптимально решения.

Предметная область систем поддержки принятия решений (СППР) находится в динамике – появляются новые устройства с новыми свойствами, которые по-разному сочетаются друг с другом. Возникает необходимость внесения новых знаний и данных. Здесь в процессе решения используется несколько видов знаний: декларативные, производственные и процедурные. Декларативные знания описывают структуру объекта и формализуются сетью фреймов, производственные знания представляют опыт решения задач и порядок взаимодействия компонентов ДЭС, формализуемых набором правил процедурных знаний о схемах вычислений. Такая организация знаний приемлема для ДЭС позволяет использовать все имеющиеся знания в полном объеме и производить более качественный вывод по сравнению со стандартной ЭС. В системе используются несколько средств обоснования решений. Отличительной особенностью системы является синтетическая структура решателя, в состав которого входят компонент многокритериального анализа, расчетно-логический компонент и компонент логического вывода. В блоке управления стратегией вывода целесообразно использовать метазнания о процессе принятия решений. Метазнания согласно [3,6] являются основным источником развития ДЭС.

Специфика проектирования ДЭС заключается в наличии ряда факторов: анализ и обнаружение неопределенных данных; рассуждение при нечетких данных; работа с экспертами, создание моделей знаний, использование различных методов извлечения знаний, их формализации и т.д. Новая методология проектирования ДЭС должна включать перспективные элементы адаптивной технологии, анализ риска, обучения и самоорганизации, достоинства эволюционных и бионических моделей.

Рассмотрим преимущества такой модели [7]:

- ◆ реально (в виде эволюции) отображает разработку ДЭС;
- ◆ позволяет учитывать риск на каждом витке эволюции;
- ◆ включает шаг системного подхода в итерационную структуру;
- ◆ использует моделирование для уменьшения риска.

Исходя из требований, предъявляемых к разработке ЭС, целесообразно определить возможность использования имеющегося подхода или преобразовать его согласно постановке задачи и спецификой области принятия решений, для которой ведется разработка. Таким образом, ДЭС как вычислительная среда имеет прямое применение для инженерной деятельности в качестве средства автоматизации принятия решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Искусственный интеллект: современный подход. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.
2. Дюк В., Самойленко А., *Data Mining*: учебный курс. – СПб.: Питер, 2001. – 368 с.
3. Джексон П. Введение в экспертные системы. М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 624 с.
4. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шапот М.Д. Статические и динамические экспертные системы // под ред. Попова Э.В. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.
5. Корнеев В.В., Гареев А.Ф., Васютин С.В., Райх В.В., Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. – М.: Изд-во «Нолидж», 2000. – 352 с.
6. Гаврилова Т.А. Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.
7. Курейчик В.В., Сороколетов П.В. Композитные методы разбиения графовых моделей. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. – 140 с.