

УДК 004.89

А.В. Товстик

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

В работе рассматривается существующий подход к разработке экспертных систем. Проведён обзор основных компонентов, используемых при создании экспертных систем, а также моделей их построения. В математической постановке описана сама экспертная система, а также процесс нахождения решения. Описаны ключевые характеристики интеллектуальных агентов. Предложено использование интеллектуальных агентов в качестве основных компонентов экспертной системы. Описаны в математической постановке сама экспертная система, процесс нахождения решения одним агентом и экспертной системой в целом для рассматриваемого подхода. Рассмотрен пример нахождения решения.

Ключевые слова: экспертная система, знаниеориентированная система, мультиагентный подход, интеллектуальные агенты.

Введение

Благодаря развитию средств накопления и передачи информации, человечество получило возможность аккумулировать, структурировать и распространять знания всем, кто имеет в них потребность. Тем не менее, широкая доступность информации вовсе не гарантирует её эффективное применение, тем более, когда необходим быстрый или точный ответ. Этот и другие факторы определили широкое распространение экспертных и схожих с ними систем. С другой стороны в области искусственного интеллекта существуют агентные технологии, которые также показывают стремительное развитие. В силу своей специфики, агентный подход может быть применён практически в любой информационной технологии.

Целью данной статьи является обзор существующих принципов построения экспертных систем и на его основе формулирование модели построения экспертной системы, которая основана на мультиагентном подходе.

1. Принципы экспертных систем

Под экспертной системой будем понимать программные комплексы, аккумулирующие знания экспертов в конкретных предметных областях и предназначенные для консультации в процессе принятия решений менее квалифицированными пользователями.

Развитие экспертных систем насчитывает вот уже сорокалетнюю историю. Как тогда, так и сейчас, исследования направлены на преодоление недостатков экспертных систем [1]. Главным образом, суть этих недостатков в том, чтобы необходимо не просто создать имитацию эксперта, но максимально приблизить эвристические возможности машины к уровню естественного интеллекта.

К настоящему моменту экспертные системы уже получили достаточно широкое развитие и занимают

видное место в теории искусственного интеллекта. Главным образом это произошло благодаря перспективам и достоинствам экспертных систем [2].

В литературе [3 – 6] экспертная система рассматривается как совокупность компонентов. Компоненты, которые наиболее часто используются при построении экспертных систем представлены на рис. 1.

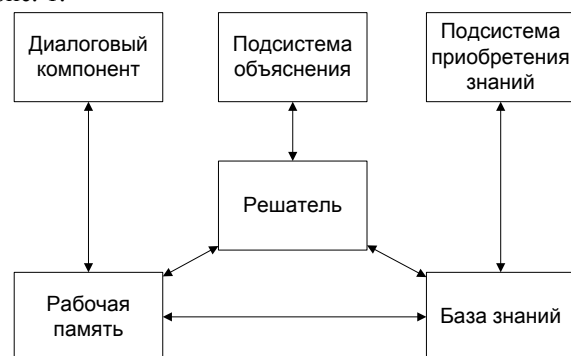


Рис. 1. Структура типичной экспертной системы

То есть, формально экспертную систему можно представить следующим образом:

$$ES = \langle IB_f, KB_k, EB, WM, DB, LB \rangle, \quad (1)$$

где F – множество всех существующих методов логического вывода;

K – множество всех существующих моделей представления знаний;

IB – решатель (машина логического вывода), представляет собой механизм получения новых знаний, используя базу знаний; для выполнения рассуждений существует множество методов логического вывода, т.е. IB включает в себя реализацию метода логического вывода $f \in F$;

KB – база знаний, предназначена для хранения знаний эксперта о какой-либо предметной области; для хранения информации в базе знаний используются различные модели представления знаний, разнородная природа которых весьма затрудняет их

совместное использование, т.е. KB строится с использованием определённой модели представления знаний $k \in K$;

EB – подсистема объяснений, предназначена для наблюдения за ходом решения задачи;

WM – рабочая память, которая предназначена для хранения промежуточных решений или результатов общения системы со внешней средой;

DB – диалоговый компонент позволяет осуществлять взаимодействие системы с пользователем на понятном человеку языке, а также даёт возможность управлять ходом решения задачи;

LB – подсистема приобретения знаний, которая служит для обеспечения возможности внесения корректировок в существующие знания в базе знаний, а также добавления новых.

Одним из главных элементов экспертной системы является машина логического вывода, которая осуществляет поиск решения согласно правилам, записанным в базе знаний.

Машина логического вывода приводится в действие запросом от пользователя и выполняет следующие задачи:

- 1) сравнивает информацию, содержащуюся в запросе пользователя с информацией базы знаний,
- 2) осуществляет поиск определённых целей или причинных связей
- 3) оценивает, относит определённую фактов, основываясь на соответствии коэффициентов доверия, связанных с каждым из фактов.

Машина логического вывода предназначена для построения умозаключений аналогично тому, как это делает эксперт. Для процедуры поиска возможны три метода вывода:

- Прямой вывод, осуществляется от посылки к заключению. Все правила рассматриваются последовательно и выполняются в случае их истинности.
- Обратный вывод осуществляется от целей к фактам. Предполагаются возможные решения путём формирования пробных гипотез и последующей проверки этих гипотез на соответствие указанной цели. Данная процедура продолжается до тех пор, пока не будет получен наиболее вероятный путь к получению приемлемого результата [7].

- Смешанный вывод позволяет динамически изменять направление процесса аргументации.

Модели представления знаний можно разделить на формальные и неформальные модели. Формальные модели имеют в своей основе строгую математическую теорию. Этот факт и недостатки этого типа представления знаний [7] обусловили необходимость создания неформальных моделей.

К неформальным моделям относятся:

1. Продукционная модель
2. Фреймовая модель
3. Сетевая модель (семантические сети)

Каждая из неформальных моделей представления знаний подходит только для конкретной предметной области. Поэтому такие модели не обладают такой же универсальностью. Помимо этого каждая из них обладает своими достоинствами и ограничениями [2]. Для преодоления некоторых недостатков той или иной модели представления знаний часто приходится вносить изменения в существующую структуру знаний, что может привести к усложнению представления знаний.

Тем не менее, все модели представления знаний в той или иной степени подвержены ограничениям, связанным с большим объёмом базы знаний. Это привело к образованию тенденции создания узконаправленных экспертных систем. Чаще всего, снижение объёма базы знаний достигается за счёт упрощения модели (сужения предметной области).

В случае, когда упрощение базы знаний недопустимо, получаемые в результате экспертные системы могут быть подвержены ряду недостатков, связанных с низкой производительностью или чрезмерно высоким потреблением памяти.

Таким образом, нахождение ответа A экспертной системой можно описать как:

$$f(KB(k), x) = A, f \in F, k \in K, \quad (2)$$

где x – запрос к базе знаний.

2. Агентный подход

Исследования в области агентных технологий ведутся почти также долго, как и развитие экспертных систем, однако широкий интерес к мультиагентным системам возник лишь в последние десятилетия.

Изначально агенты разрабатывались как попытка сделать интерфейс компьютерных программ более интеллектуальным, поскольку "...стиль взаимодействия пользователя с компьютером предполагает, что пользователь запускает задачу явным образом и управляет ее решением. Но это совершенно не подходит для неискушенного пользователя." [8].

То есть, в сущности, исходная цель программных агентов сходна с целью экспертных систем – помогать менее квалифицированным специалистам справляться с решением задач. Однако в дальнейшем агентов стали применять и для других задач (в частности, в моделировании).

Согласно [9], «Агент – это вычислительная система, помещённая во внешнюю среду, способная взаимодействовать с ней, совершая автономные рациональные действия для достижения определённых целей». Однако это определение не удовлетворяет понятию «интеллектуальный агент».

В [8] авторы приводят «слабое» и «сильное» определения интеллектуального агента. Под интеллектуальным агентом в слабом смысле понимается

программно или аппаратно реализованная система, которая обладает такими свойствами:

- социальность;
- реактивность;
- про-активность.

Сильное определение агента подразумевает дополнительно к перечисленным свойствам наличие у агента хотя бы некоторого подмножества так называемых “ментальных свойств”, таких как:

- знания;
- убеждения;
- желания;
- намерения;
- цели.

Очевидно, что развитие интеллектуальных агентов идёт по пути наделения агентов антропоморфными свойствами. Это обусловлено тем, что, если для множества явлений и процессов было бы достаточно простых агентов, то для адекватной реализации сложной деятельности они просто необходимы.

3. Агенты – эксперты

Рассмотрим агентную среду, где каждый агент содержит и обрабатывает какой-то небольшой участок базы знаний. Агент получает новые знания при помощи своего собственного механизма логического вывода.

Предполагается, что если агент не обладает достаточным количеством информации для осуществления логического вывода, тогда он запрашивает недостающие данные у других агентов, которые могут найти недостающие данные. В случае, если агент, обладающий необходимыми знаниями не может дать ответ по той же причине нехватки данных, то процедура повторяется. Таким образом агенты реализуют важный в мультиагентной среде механизм общения. Так как агент самостоятельно проводит рассуждения над своей базой знаний, то предполагается, что и он также самостоятельно поясняет ход своих рассуждений.

Набор компонентов описанного агента напоминает экспертную систему, что позволяет говорить об агенте, как о мини-экспертной системе.

Изменив (1), представим агента, как, самостоятельное принимающее решение, звено экспертной системы:

$$EA_i = \langle IB_i(f_i), KB_i(k_i), EB_i, WM_i \rangle \quad (3)$$

при $i = 1..n$, $f_i \in F$, $k_i \in K$, где n – общее количество агентов в системе. Легко заметить, что такой подход позволит с лёгкостью комбинировать и совместно использовать различные модели представления знаний и механизмы логического вывода. При этом, вся экспертная система, построенная на основе агентного подхода будет описываться следующим образом (рис. 2):

$$AES = \langle \{EA_1, \dots, EA_n\}, WM, DB, LB \rangle. \quad (4)$$

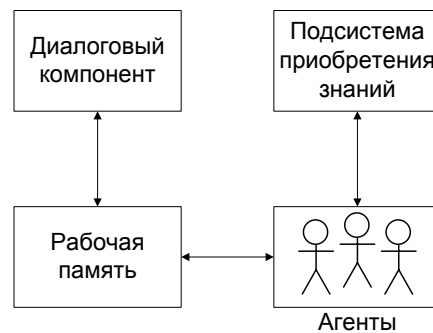


Рис. 2. Общая структура агентной экспертной системы

Таким образом, процесс нахождения решения одним агентом будет иметь вид аналогично (2):

$$f_i(KB_i(k_i), x) = A_i \quad (5)$$

при $i = 1..n$, $f_i \in F$, $k_i \in K$.

Благодаря тому, что каждый агент работает над достижением своей цели самостоятельно, можно говорить о распределении вычислений.

Учитывая (3) и (4), процесс нахождения решения экспертной системой (2), примет вид суперпозиции процессов нахождения ответа каждого агента в отдельности из (5):

$$(g_1 \circ \dots \circ g_n)(x) = g_i(\dots(g_j(x))) \quad (6)$$

при $i = 1..n$, $j = 1..n$, $i \neq j$,

где $g_i(x) = f_i(KB_i(k_i), x)$.

4. Пример агентной экспертной системы

В качестве примера рассмотрим фрагмент экспертной системы по идентификации животного по его характерным признакам из книги [11]. Для простоты положим, что вся база знаний записана в виде продукционных правил и используется одинаковый механизм логического вывода. Ниже приведен перечень правил:

1. ЕСЛИ "имеет шерсть" ИЛИ "кормит детёнышей молоком" ТО "млекопитающее".

2. ЕСЛИ "имеет перья" ИЛИ "летает" И "откладывает яйца" ТО "птица".

3. ЕСЛИ "млекопитающее" И ("ест мясо" И "имеет острые зубы" И "имеет когти" И "глаза направлены вперёд") ТО "хищник".

4. ЕСЛИ "хищник" И "рыжевато-коричневый цвет" И "тёмные пятна" ТО "гепард".

5. ЕСЛИ "хищник" и "рыжевато-коричневый цвет" и "чёрные полосы" ТО "тигр".

6. ЕСЛИ "птица" И "не летает" И "плавает" ТО "пингвин".

7. ЕСЛИ "птица" и "хорошо летает" ТО "альбатрос".

Для простоты опустим процесс получения фактов от пользователя. Подробнее рассмотрим промежуточные факты, получаемые в результате правил. В результате разделения базы знаний между агентами получим структуру из трёх агентов (рис. 3):

1. агент, определяющий классовую принадлежность животного. Содержит правила №1,2;
2. агент, определяющий к какому отряду относится животное. Содержит правило №3;
3. агент, определяющий родовую принадлежность животного. Содержит правила №4,5,6,7.

При таком представлении процесс нахождения родовой принадлежности животного будет осуществляться следующим образом:

1. Агенту "Род" для обработки правил необходимо узнать классовую или родовую принадлежность животного (хищник или птица). Агент запрашивает эту информацию у других агентов.
2. Агент "Отряд" при получении запроса определяет, что ему необходимо знать классовую принадлежность животного (млекопитающее). Агент запрашивает эту информацию у агента "Класс".
3. Агент "Класс" при получении запросов запрашивает необходимые факты у пользователя. Допустим, в результате рассуждений он даёт ответ другим агентам - "млекопитающее".
4. Агент "Род" получает ответ "млекопитающее". Данная информация не даёт ему возможность нахождения ответа.
5. Агент "Отряд" получает ответ "млекопитающее". Пусть в результате обработки правил он даёт ответ агенту "Род" - "хищник".
6. Агент "Род" получает ответ "хищник". Получая дополнительные факты от пользователя, агент даёт окончательный ответ экспертной системы.

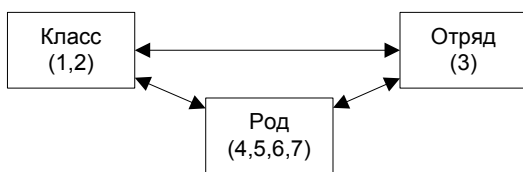


Рис. 3. Схематическое представление агентной экспертной системы

Заключение

Рассмотренный агентный подход к проектированию экспертных систем имеет ряд преимуществ, некоторые из которых описаны выше. Кроме того, использование декомпозированной экспертной системы, построенной на базе агентной технологии снижается объём информации, которую необходимо обработать в процессе получения новых знаний. Как следствие, удаётся в значительной степени отдалиться от ограничения на объём базы знаний. Предполагается, что ис-

пользование мультиагентного подхода может не только упростить использование разнородной базы знаний, но также и благотворно сказаться на производительности за счёт распределения вычислительной мощности на каждого агента.

Автономная природа агентов позволяет упростить слежение за ходом логического вывода, т.к. нет необходимости следить за всей системой в целом – каждый агент может контролировать этот процесс самостоятельно. Также агент самостоятельно объясняет ход своих рассуждений.

В дальнейшей работе планируется разработка и подробное описание принципов работы, функционирования и взаимодействия агентов, входящих в состав экспертной системы.

Список литературы

1. Таунсенд, К. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ [Текст]: Пер. с англ. / К. Таунсенд, Д. Фохт. предисл. Г.С. Осипова. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 320 с.
2. Джарратано, Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание [Текст]: пер. с англ. / Д. Джарратано, Г. Райли. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1152 с.
3. Попов, Э.В. Экспертные системы: решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ [Текст] / Э.В. Попов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 288 с.
4. Брукинг, А. Экспертные системы. Принципы работы и примеры [Текст]: пер. с англ. / А. Брукинг, П. Джонс, Ф. Кокс и др.; под ред. Р. Форсайта. – М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.
5. Построение экспертных систем [Текст]: пер. с англ. / под ред. Ф. Хейеса-Рота, Д. Уотермана, Д. Лента. – М.: Мир, 1987. – 441 с.
6. Уэно, Х. Представление и использование знаний [Текст]: пер. с япон. / Х. Уэно, Т. Кояма, Т. Окамото, Б. Мацуби, М. Исидзука.; под ред. Х. Уэно, М. Исидзука. – М.: Мир, 1989. – 220 с.
7. Ручкин, В.Н. Универсальный искусственный интеллект и экспертные системы [Текст] / В.Н. Ручкин, В.А. Фулин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 240 с.
8. Городецкий, В.И. Многоагентные системы (обзор) [Текст] / В.И. Городецкий, М.С. Грушинский, А.В. Хабалов // Новости искусственного интеллекта. – 1998. – №2. – С. 64 – 117.
9. Wooldridge, Michael J. An introduction to multiagent systems [Text] / Michael J. Wooldridge. – New York : J. Wiley, 1966. – 366 p.
10. Гаврилов, А.В. Гибридные интеллектуальные системы [Текст] / А.В. Гаврилов, Ю.В. Новицкая // Международная конференция ИСТ-2003 "Информационные системы и технологии": Материалы Межд. Конф. ИСТ-2003, 22 – 26 апреля 2003 г. Новосибирск, 2003. – С. 116 – 121.
11. Братко, И. Программирование на языке Пролог для искусственного интеллекта [Текст]: пер. с англ. / И. Братко. – М.: Мир, 1990. – 560 с.

Поступила в редколлегию 6.11.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Н.Д. Кошевой, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

МУЛЬТИАГЕНТНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ

А.В. Товстік

В роботі розглядається існуючий підхід до розробки експертних систем. Проведений огляд основних компонентів, які використовуються при створенні експертних систем, а також моделей їх побудування. В математичній постановці описана сама експертна система, а також процес знаходження рішення. Описані ключові характеристики інтелектуальних агентів. Запропоновано використання інтелектуальних агентів в якості основних компонентів експертної системи. Описані в математичній постановці сама експертна система, процес знаходження рішення одним агентом та експертною системою в цілому для підходу, що розглядається. Розглянуто приклад знаходження рішення.

Ключові слова: експертна система, знанняорієнтована система, мультиагентний підхід, інтелектуальні агенти.

MULTI-AGENT APPROACH FOR EXPERT SYSTEMS DEVELOPMENT

A.V. Tovstik

Considered existing approach for expert systems development. The major components used in expert systems and models of constructing them are reviewed. Expert system and the process of problem solving described in mathematical statement. The key features of intelligent agents are described. Proposed the using of intelligent agents as the main components in the expert system. The mathematical statement of expert system itself, the process of problem solving by one agent and by an expert system as a whole for this approach is described. The example of problem solving is considered.

keywords: expert system, knowledge-based system, multi-agent approach, intelligent agents.