

ОРГАНИЗАЦИЯ ПАМЯТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

В.П. Гладун

Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины,
Киев, Украина, тел.(044)2662260, e-mail: glad@aduis.kiev.ua.

1. Восприятие, представление и анализ информации в интеллектуальных системах.

1.1. Соревнование компьютера с человеком в решении так называемых интеллектуальных задач все чаще завершается победой компьютера. Однако возникает очевидное противоречие – компьютерный гений победоносно решает сложные многовариантные задачи в искусственных, относительно бедных средах (например, шахматы) и “спотыкается” в решении простых (для человека) житейских задач, требующих, тем не менее, быстрого понимания и оценивания многокомпонентных ситуаций.

Чем компенсируется у человека очевидное преимущество компьютера в быстрой реакции? Ответ единодушен – в основном, организацией памяти. Постараемся выделить структурные свойства памяти, которые по нашему мнению необходимы для формирования вразумительных объяснений человеческого феномена обработки информации.

1.2. Превалирующей тенденцией в развитии интеллектуальных систем является совершенствование человеко-машинного взаимодействия, вплоть до достижения партнёрского уровня человеко-машинных отношений. Поэтому необходимо использовать в компьютерах естественные, свойственные человеку принципы моделирования сред, ситуаций, задач. Типы моделей у партнёров (человека и компьютера) должны быть одинаковы. В жизнедеятельности человека важное значение имеют логико-лингвистические информационные модели, т.е. такие модели, в которых основными элементами служат не числа и вычислительные операции, а имена и логические связи. Логико-лингвистические модели адекватно описываются естественно-языковыми конструкциями, и в этом одно из решающих их достоинств в организации человеко-машинного интерфейса. В будущих компьютерах должны быть созданы условия для человеко-машинного решения задач в партнёрском режиме, обеспечивающем переключение от компьютера к человеку и наоборот в процессе решения одной задачи. Такой режим можно организовать только путём согласования типов информационных моделей, используемых партнёрами. Логико-лингвистические модели являются наиболее приемлемым типом моделей для такого согласования.

1.3. Формирование структуры памяти осуществляется одновременно с восприятием информации и под влиянием воспринимаемой и уже хранящейся информации. Структура памяти отображает воспринятую информацию. Структуризация информации является неотъемлемой функцией памяти. К основным процессам структуризации относятся формирование ассоциативных связей путем выделения пересечений признаков представлений объектов, иерархическое упорядочение, классификация, формирование обобщенных логических признаков моделей классов – понятий. В реальных условиях восприятия информации часто нет возможности получить полную информацию об объекте сразу, одновременно (например, из-за неудачного ракурса или освещенности при восприятии зрительной информации). Поэтому процессы формирования памяти должны допускать

возможность “порционной”, по частям достройки моделей объектов и классов объектов.

1.4. В различных процессах обработки информации объекты представляются одним из двух способов: именем (свернутое, конвергированное представление) или в виде набора значений признаков (развернутое представление). Структура памяти должна обеспечивать удобный переход от одного представления к другому. Механизмы, обеспечивающие такой переход в нейросистеме человека при опознании и вспоминании, рассматриваются в работах Г.С.Воронкова и З.Л.Рабиновича [1].

Просуммируем приведенные тезисы в виде требований к организации памяти в интеллектуальных системах.

- В интеллектуальных системах знания разных типов должны быть объединены в иерархическую сетевую структуру, построенную на единых для всех видов знаний принципах.

- Сеть, представляющая знания, должна обладать развитыми ассоциативными свойствами и, таким образом, обеспечивать выполнение разнородных поисковых операций.

- Сеть должна отражать иерархичность реальных сред и в связи с этим должна быть удобной для представления родовидовых связей и структур составных объектов.

- Обязательными функциями памяти должны быть формирование ассоциативных связей путем выделения пересечений признаков представлений объектов, иерархическое упорядочение, классификация, формирование понятий. Эти функции должны выполняться одновременно с восприятием информации.

- В сети должен быть обеспечен удобный двунаправленный переход между свернутым и развернутым представлениями объектов.

2. Растущая пирамидальная сеть.

Приведенным требованиям удовлетворяет *растущая пирамидальная сеть*. Теория и практические применения растущих пирамидальных сетей представлены во многих публикациях [2-5]. В этой статье приведены несколько измененные правила формирования растущих пирамидальных сетей, обеспечивающие их построение при вводе признаков описаний объектов по частям. Пример растущей пирамидальной сети показан на *рис. 1*.

Пирамидальной сетью называется ациклический ориентированный граф, в котором нет вершин, имеющих одну заходящую дугу. Вершины, не имеющие заходящих дуг, называются *рецепторами*, остальные вершины – *концепторами*. Подграф пирамидальной сети, включающий вершину *a* и все вершины, от которых имеются пути к вершине *a*, называется *пирамидой* вершины *a*. Вершины, входящие в пирамиду вершины *a*, образуют ее *субмножество*. Множество вершин, к которым имеются пути от вершины *a*, называется ее *супермножеством*.

В субмножестве и супермножестве вершины выделяются *0*-субмножество и *0*-супермножество, состоящие из тех вершин, которые связаны с ней непосредственно. При построении сети входной информацией служат наборы значений признаков, описывающих некоторые объекты (материалы, состояния агрегата, ситуации, болезни и т.п.). Рецепторы соответствуют значениям признаков. В различных задачах это могут быть имена свойств, отношений, состояний, действий, объектов или классов объектов. Концепторы соответствуют описаниям объектов в целом и пересечениям описаний.

В начальном состоянии сеть состоит только из рецепторов. Концепторы формируются в результате работы алгоритма построения сети. Алгоритм, описанный в ряде публикаций, предназначен для работы в ситуациях, когда признаковое описание каждого объекта полностью известно и вводится целиком. При появлении новых

признаков, характеризующих объект, необходимо формировать новое полное описание объекта, и заменять представляющую его пирамиду другой, соответствующей новому описанию. Однако, как уже отмечалось, в реальных ситуациях функционирования интегрального интеллектуального агента одновременное восприятие всех характеристик объекта далеко не всегда возможно. В этих случаях информация об объектах поступает по частям. Появляется необходимость несколько изменить алгоритм построения сети таким образом, чтобы обеспечить возможность включения в существующие пирамиды объектов новых признаков по мере их появления, без замены пирамид в целом. Приведем описание измененного алгоритма.

При вводе признакового описания объекта, рецепторы соответствующие значениям признаков, входящим в описание, переводятся в состояние возбуждения. Процесс возбуждения распространяется по сети. Концептор переводится в состояние возбуждения, если возбуждены все вершины его θ -субмножества. Рецепторы и концепторы сохраняют состояние возбуждения в течение выполнения всех операций достройки сети.

Пусть при вводе описания объекта F_a – подмножество возбужденных вершин θ -субмножества вершины a ; G – множество возбужденных вершин сети, не имеющих других возбужденных вершин в своих супермножествах.

Ввод новых вершин производится по следующим правилам.

Правило 1.

Если вершина a не возбуждена, и множество F_a содержит более одного элемента, то дуги, соединяющие вершины из множества F_a с вершиной a , ликвидируются, и в сеть вводится новый концептор, который соединяется заходящими дугами с вершинами множества F_a и исходящей дугой с вершиной a . Новая вершина находится в состоянии возбуждения.

Выполнение правила A1 иллюстрируется *рис. 1* (I, II).

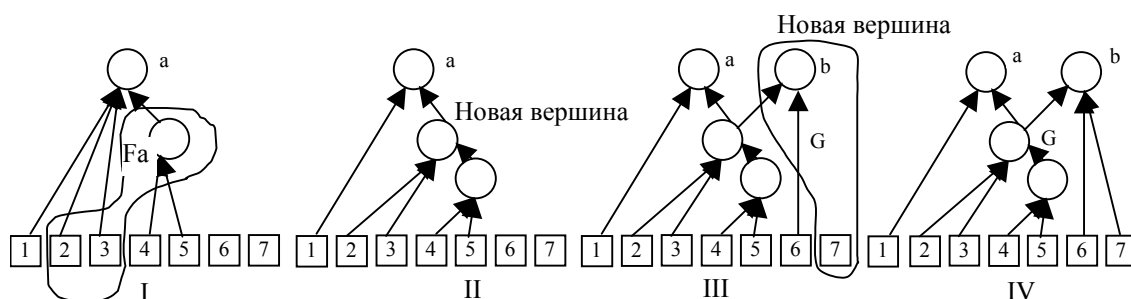


Рис.1.

Сеть II возникает после возбуждения в сети I рецепторов 2, 3, 4, 5.

Как следует из правила 1, условием ввода в сеть новой вершины является ситуация, когда некоторая вершина сети оказывается не полностью возбужденной (возбуждаются не все, но не менее двух вершин ее θ -субмножества). Новые вершины вводятся в субмножества не полностью возбужденных вершин.

После введения новых вершин во все участки, где удовлетворяется условие 1, выполняются правила 2 или 3.

Правило 2.

Если множество G содержит более одного элемента и не включает вершины, помеченной именем введенного объекта, к сети присоединяется новый концептор, который соединяется заходящими дугами со всеми вершинами множества G . Новая вершина находится в возбужденном состоянии.

Выполнение правила 2 иллюстрируется *рис.1(II,III)*. Сеть III возникает после возбуждения в сети II рецепторов 2,3,4,5,6.

Правило 3.

Если множество G содержит более одного элемента и включает вершину, помеченную именем введенного объекта, эта вершина соединяется заходящими дугами с остальными вершинами, входящими в множество G.

Выполнение правила 3 иллюстрируется *рис.1(III,IV)*. Сеть IV возникает после возбуждения в сети IV рецепторов 2,3,4,5,6,7 при условии, что этот набор рецепторов соответствует описанию объекта b.

В измененном алгоритме возможность включения в существующие пирамиды новых признаков обеспечивается правилом 3.

Пирамидальные сети удобны для выполнения различных операций ассоциативного поиска. Например, можно выбрать все объекты, включающие заданное сочетание значений признаков, прослеживая пути, исходящие из вершины сети, которая соответствует этому сочетанию. Для выборки всех объектов, описания которых пересекаются с описанием заданного объекта, достаточно проследить пути, исходящие из вершин, образующих его пирамиду.

Алгоритм построения сети обеспечивает автоматическое установление ассоциативной близости между объектами по общим элементам их описаний. Все процессы, связанные с построением сети, при обработке одного описания локализуются в относительно небольшой части сети – пирамиде, соответствующей этому описанию.

Важным свойством пирамидальных сетей является их иерархичность, позволяющая естественным образом отображать структуру составных объектов и родовидовые связи.

Концепторы сети соответствуют сочетаниям значений признаков, определяющих конъюнктивные классы объектов. При включении возбужденных вершин в пирамиду объекта осуществляется привязка объекта к классам, определения которых представлены этими вершинами. Таким образом при построении сети формируются конъюнктивные классы объектов, т.е. осуществляется классификация без учителя. Классифицирующие свойства пирамидальной сети имеют большое значение для моделирования сред и ситуаций.

В растущих пирамидальных сетях реализуются процессы формирования обобщенных логических моделей классов объектов – понятий [2-5].

Сформированное понятие представляется в сети ансамблем специально выделенных вершин. На основе анализа сети специальная процедура строит понятие в форме логического выражения. Логические выражения, определяющие различные классы объектов, объединяются в *кластерные базы данных* (КБД). КБД содержат информацию о группах объектов (кластерах), специфичных для исследуемой предметной области. На основе КБД решаются задачи классификации, диагностики и прогнозирования.

После того, как понятие для некоторого класса объектов сформировано, проблемы прогнозирования и диагностики сводятся к проблеме классификации. Классификация новых объектов выполняется путем сравнения их признаков с описанием, определяющим класс прогнозируемых или диагностируемых объектов. Объекты можно классифицировать, вычисляя значение логических выражений, которые представляют соответствующие понятия.

В пирамидальной сети информация хранится путем ее отображения в структуре сети. Информация об объектах и классах объектов представлена ансамблями вершин

(пирамидами), распределенными по всей сети. Внесение новой информации вызывает перераспределение связей между вершинами сети, т.е. изменение ее структуры.

Конечно, в полной мере достоинства пирамидальных сетей проявляются при их физической реализации, допускающей параллельное распространение сигналов по сети. Важным свойством сети как средства хранения информации является то, что возможность параллельного распространения сигналов сочетается в ней с возможностью параллельного приема сигналов на рецепторы.

Существует аналогия между основными процессами, имеющими место в растущих пирамидальных сетях и нейронных сетях. Решающим преимуществом растущей пирамидальной сети является тот факт, что ее структура формируется полностью автоматически в зависимости от вводимых данных. В результате достигается оптимизация представления информации за счет адаптации структуры сети к структурным особенностям данных. Причем, в отличие от нейронных сетей, эффект адаптации достигается без введения априорной избыточности сети. Процесс обучения не зависит от predetermined конфигурации сети. Недостатком нейронных сетей по сравнению с растущими пирамидальными сетями является также то, что выделенные в них обобщенные знания не могут быть явно представлены в виде правил или логических выражений. Это затрудняет их интерпретацию и понимание человеком.

Программная система CONFOR (CONcept FORmation), реализующая индуктивные методы анализа данных на основе растущих пирамидальных сетей, прошла длительное испытание временем. Типичными прикладными задачами, для решения которых использовался комплекс, являются: прогнозирование новых химических соединений и материалов с заданными свойствами, прогнозирование в генетике, геологии, прогнозирование солнечной активности, медицинская и техническая диагностика, прогнозирование нарушений в работе сложных агрегатов.

Заключение.

Пирамидальная сеть является сетевой памятью, автоматически настраиваемой на структуру входной информации. В отличие от сетей нейроподобных элементов эффект адаптации достигается без введения априорной избыточности сети.

Исследования, выполненные на сложных данных большого объема, показали высокую эффективность применения растущих пирамидальных сетей для решения аналитических задач. Такие качества, как простота внесения изменений, совмещение процессов ввода информации с ее классификацией, обобщением и выделением существенных признаков, высокая ассоциативность, делают растущие пирамидальные сети важным компонентом прогнозирующих и диагностических систем.

(Работа выполнялась в рамках проекта INTAS №00-397)

Литература

- 1.Воронков Г.С. Рабинович З.Л. Естественная среда памяти и мышления: модельное представление. //Тр. междунар. конф. Знание-Диалог-Решение-2001.-СПб.-2001.
- 2.Гладун В.П. Партнерство с компьютером. Человеко-машинные целеустремленные системы.-Киев: Port-Royal. – 2000.
- 3.Гладун В.П. Ващенко Н.Д. Локально-статистические методы формирования знаний. // Кибернетика и системный анализ. – 1995.
- 4.Гладун В.П. Планирование решений.-Киев: Наукова думка.– 1987.
- 5.Gladun V.P. and Vashchenko N.D. Analitical processes in pyramidal networks//Intern. Jounal on Information Theories and Applications. FOI-COMMERCE, Sofia.–2000.- Vol.7,- №3.