

УДК 004.82+007.52

РАЗВИТИЕ МИВАРНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНЫХ БИНАРНЫХ МАТРИЦ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОДНОВРЕМЕННОЙ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЕЕ ДЕСЯТИ ТЫСЯЧ ПРАВИЛ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Варламов О.О., Санду Р.А., Владимиров А.Н.

МАДИ (ГТУ), ФГУП _____, ФГУП НИИР, Москва

Аннотация. Миварные логические сети развивают продукционный подход и используются для создания различных экспертных систем и Многомерных эволюционных прикладных автоматизированных информационных систем (МЭПАИС) поддержки принятия решений. Для расширения возможностей по применению этих формализмов проведен анализ существующих подходов и предложены новые пути развития миварных логических сетей на основе многомерных бинарных матриц для реализации одновременной эволюционной обработки более десяти тысяч правил в реальном времени.

Ключевые слова: мивар, логика, экспертные системы, искусственный интеллект, интеллектуальные системы, эволюция, графы, матрицы.

Введение

Математические модели и методы создания интеллектуальных систем нашли широкое практическое применение в современных автоматизированных системах. Важную роль играет моделирование рассуждений [1], применение методов дискретной математики [2], миварных баз данных и правил [3], формирование пространства знаний в

сети Интернет и Semantic Web [4]. Известная многомерная эволюционная прикладная автоматизированная информационная система (МЭПАИС) поддержки принятия решений применяется в различных предметных областях и основана на миварных логических сетях и использовании линейного матричного метода определения маршрута логического вывода на адаптивной сети правил [5]. Например, она используется для управления инновационными ресурсами (УИР) химической и нефтехимической промышленности (ХНП) России. Фактически, МЭПАИС УИР ХНП - это экспертная система реального времени для управления инновациями в ХНП России. Миварные логические сети могут реализовываться на многопроцессорных вычислительных системах или на сервисно-ориентированных архитектурах. В работе [6] приведено описание применения многопроцессорного вычислительного кластера НИИР для распараллеливания алгоритмов в научно-технических и вычислительных задачах с использованием миварных технологий.

Отметим, что существуют различные программно-аппаратные реализации миварных логических сетей, например: программный комплекс "УДАВ" реализует логический вывод и конструирование алгоритмов решения вычислительных задач на миварной сети правил [7-8]. В настоящее время выявляются новые возможности миварного подхода и развиваются технологии решения различных логико-вычислительных задач. Выполнено описание нескольких предметных областей в формализме миварных логических сетей в целях создания универсальной активной миварной Интернет-энциклопедии, где будут содержаться не только разрозненные факты, но и будут предоставляться сервисы по активному решению требуемых задач в различных областях.

Проведенный анализ возможностей и практического применения миварных логических сетей и продукционного подхода показал, что существуют определенные ограничения для их применения в современных

информационных системах [1-8]. Например, существовало ограничение, что нельзя было использовать правила выбора вида: "если..., то ..., иначе...", когда только часть выходных переменных получает значения. Это ограничение было снято путем применения многодольных графов.

Следующим ограничением является размерность матрицы линейного матричного метода определения маршрута логического вывода на адаптивной сети правил. При проведении экспериментов на многопроцессорных вычислительных комплексах ФГУП НИИР определено, что превышение размера квадратной матрицы свыше десяти тысяч правил/переменных становится критичным, требует развития и разработки новых решений [6-8]. Таким образом, развитие миварного подхода является актуальной и практически важной задачей.

Обобщение логической и вычислительной обработки информации

Исторически так сложилось, что области логического вывода и вычислительной обработки развивались самостоятельно, даже имело место противоречие между этими подходами [1-9]. Для решения многих практических задач применения информационных систем и процессов, требуется проводить как логическую, так и вычислительную обработку данных. Если проводить аналогию с человеком, то наш разум одновременно комплексно решает и логические, и вычислительные, и логико-вычислительные задачи. Миварный подход позволяет в едином формализме проводить логико-вычислительную обработку на основе технологий баз данных и логических систем. Миварный метод логико-вычислительной обработки позволяет решать большой класс сложных научных и практических задач. Прежде всего, необходимо провести анализ существовавших ранее подходов к решению различных классов задач и оценить их ограничения. Затем рассмотрим область баз данных.

Анализ возможностей и ограничений продукционного подхода

Для анализа проблем метода логико-вычислительной обработки данных и его возможных применениях очень важным является следующее заключение Пospelова Д.А.: "... ядром всех основных типов ... интеллектуальных систем являются база знаний и блок, осуществляющий вывод с помощью знаний (решатель, планировщик или логический блок). Этот вывод составляет основную процедуру, реализуемую в интеллектуальных системах" [1, стр. 129]. "Продукции в общем виде можно записать в форме "Если..., то...". Сама по себе эта форма оказывается весьма характерной для фиксации знаний в различных областях человеческой деятельности ... запись знаний в виде систем продукций носит универсальный характер - любые знания можно записать в такой форме" [1, стр. 129]. Отметим, что Кузнецов О.П. в [2, стр. 282-283] под продуктами понимает множество правил вывода в канонических системах (системах продукций Поста), в которых есть посылки и следствия. Следовательно, применение продукционного подхода для логико-вычислительной обработки разнообразных данных является целесообразным. Существуют различные конструкции продукций, "вместо продукций типа $a \Rightarrow b$ рассматривают более сложные конструкции. В общей форме продукции имеют вид: $i, P, A \Rightarrow B, Q$." [1, стр. 134-135]. Отметим, что продукции не нашли широкого практического применения, т.к. исходили из предпосылки, что любой вывод носит переборный характер (факториальный рост вычислительной сложности при увеличении количества переменных). Даже современные суперкомпьютеры при таком подходе позволяют обрабатывать в реальном режиме времени лишь не более 20 правил или переменных. Миварный подход позволил эффективно реализовать предложенные для продукций Пospelовым Д.А. *методы прямой и обратной волны* [1, стр. 85]. Отметим, что существует аналогичный подход, основанный на гиперправилах с

мультиактивизаторами [3]. Хорошевский В.Ф. в [4, стр. 82-83] при описании "слоенного пирога" Semantic Web выделяет промежуточный "слой правил", для которого ведутся исследования различных систем вывода на правилах. Перейдем к базам данных.

Анализ моделей данных баз данных и обработки информации

Проанализируем принципы организации и структурирования данных в существующих моделях данных баз данных (БД), а также подходы к логической обработке информации. В работе [3] проведен анализ практически всех моделей представления данных: реляционных, сетевых, иерархических, семантических сетей, инфологических, онтологий, "сущность-связь" и миварного информационного пространства (всего более 25 моделей данных). В работе [10] Когаловский М.Р. описывает эволюцию технологий баз данных и систематизирует сведения о важнейших технологиях, состоянии и перспективах развития базовых стандартов моделей данных. Одним из крупнейших достижений является создание реляционной модели и, базирующейся на ней, теории реляционных баз данных [10, стр. 73]. Среди перспективных исследований выделим следующие: создание новых технологий для крупномасштабных систем; поддержка логики приложений в среде базы данных; интеграция структурированных и слабоструктурированных данных [10, стр. 74-75].

Марков А.С. и Лисовский К.Ю. рассмотрели математические модели представления об отношении: теоретико-множественные, конструктивные и предикатные; обосновали выбор методов вычислительной логики для повышения уровня интеллектуальности реляционных баз данных [11]. Марков А.С. вводит понятие "логическое программирование реляционных баз данных" в качестве одного из названий направления "дедуктивные базы данных". Под этим подразумевается следующее: "...системе реляционных баз данных не только известна концептуальная модель

данных, но и ... система обладает средствами *логического вывода*, т.е. она способна выводить теоремы из аксиом, логические следствия из гипотез и ... порождать потенциально бесконечное множество новых реляционных таблиц на основе исходно заданного базисного набора таблиц" [11, стр. 47]. Итак, не только в работе [3] предложено совместить хранение данных с логическим выводом, но [3] опубликована раньше, чем [11].

Саймон А.Р. дает многоаспектный анализ ключевых областей современных массовых технологий баз данных и оценивает перспективы их развития [12]. Особый интерес представляют принципы активных систем управления баз данных (СУБД): "среды активных баз данных представляют собой некоторую комбинацию возможностей искусственного интеллекта (**ИИ**) и управления данными" [12, стр. 319]. В качестве способа представления бизнес-правил в контексте активных БД, Саймон А.Р. описывает "используемые в области искусственного интеллекта *правила продукции* ... во многих отношениях языки правил в этих областях (искусственный интеллект и базы данных) концептуально подобны, и ... в будущем эти две области достигнут тесной интеграции" [12, стр. 319]. Более того, "активные базы данных открывают двери на пути к пока еще неуловимому будущему интеллектуальных баз данных с высоким уровнем технологии искусственного интеллекта" [12, стр. 320-321]. Подчеркнем, что "это будущее" уже наступило и реализовано оно именно в миварном подходе и программе "УДАВ" [6-8, 15]. Напомним, что у Поспелова Д.А. в [1] описан российский подход к *продукциям*. В книге [13] рассмотрены структуры данных и алгоритмы, которые являются фундаментом современной методологии разработки программ. Для нас особый интерес представляет определение абстрактного типа данных как математической модели с совокупностью операторов, определенных в рамках этой модели. "Две характерные особенности процедур - обобщение и инкапсуляция - ... отлично характеризуют абстрактные типы данных"

[13, стр. 23]. Для создания новых принципов организации и структурирования данных для реально работающих МЭПАИС важным является оценка времени выполнения различных программ, трактовка которых в [13, стр. 28-36] и в [2, стр. 227-239] значительно отличаются.

Кузнецов С.Д. пишет: "наиболее близко находятся современные объектно-ориентированные СУБД, модели данных которых по многим параметрам близки к семантическим моделям (хотя в некоторых аспектах они более мощны, а в некоторых - более слабы)" [14, стр. 144]. Там же рассмотрены "некоторые черты одной из наиболее популярных семантических моделей данных - модель "Сущность-Связь" (ER-модель). На использовании ER-модели основано большинство современных подходов к проектированию баз данных... Моделирование предметной области базируется на использовании графических диаграмм..." [14, стр. 144]. В [3] показаны формальные представления структур представления данных ER-модели и миварного информационного пространства.

Таким образом, существовали теоретические разработки по объединению логической и вычислительной обработки. Из всех моделей данных наиболее перспективным в этом плане является миварное информационное пространство (миварная модель данных) [3], основанное на многомерном эволюционном представлении данных, взаимозаменяемому универсальному представлению информации и возможности унифицированного логического вывода и вычислительной обработки для реализации всех отношений концептуальной модели данных различных областей, например, для МЭПАИС.

Переход от продукций и баз данных к Миварным логическим сетям

В России активно развивается новый подход к единому представлению знаний (правил) и данных, который получил название "миварный". Как показано в [3, 8, 15] миварный подход является

обобщением и развитием продукционного подхода, активных и дедуктивных баз данных, сетей Петри и других формализмов, применяемых для логической обработки и хранения данных. Прежде всего, Миварные логические сети могут быть представлены в виде двудольного графа, состоящего из "объектов-переменных" и "правил-процедур". Каждое правило в миварной логической сети является развитием продукции, гиперправил с мультиактивизаторами или вычислительных процедур. Доказано, что с точки зрения дальнейшей их обработки все эти формализмы идентичны и представляют собой по сути вершины двудольного графа. Возможно использование многодольных графов в целях повышения адекватности моделирования для отдельных задач и различных предметных областей. Например, для реализации выбора по значениям вводят новый тип правил, когда существует два выхода: ДА или НЕТ. В формализме многодольных графов это означает введение третьего типа объектов графа: 1) переменные; 2) процедуры (без выбора) и 3) правила ВЫБОР, когда часть переменных получает значение, а другая часть - нет. Можно сразу делать более сложный выбор из нескольких выходных переменных выбирать часть переменных "ДА", а оставшиеся переменные этого же правила - будут "НЕТ", и создать для них отдельную матрицу. По этим же принципам можно реализовывать не только двузначный выбор "да/нет", но и более сложные правила выбора из нескольких альтернатив: от двух и больше, например: 3, 4, ... 10 и так далее. Для многодольных графов [2, стр. 125] предложен следующий вариант их представления в миварных сетях. Пусть всего будет $(K+1)$ типов вершин графа, т.е. $(K+1)$ -дольный граф. Нумерацию "долей" такого многодольного графа рекомендуется начать с "нулевой" доли.

Как известно, графы, даже многодольные, можно задавать в виде матриц. При реализации миварных логических сетей на компьютерах используется именно матричное представление. В [5] представлены

основы создания линейного матричного метода определения маршрута логического вывода на адаптивной сети миварных правил. Суть метода в том, что для миварной логической сети правил, представленной в списочной форме, строится двумерная матрица, каждая клетка которой может иметь несколько значений. Пусть известны m - правил и n - переменных. Тогда в матрице $V (n \times m)$ представлены все взаимосвязи между правилами и переменными. При этом, входные переменные правила помечаются символом x , выходные - y , "выводимые" переменные - z , а все искомые переменные - w . В матрицу V добавим одну строку и один столбец для хранения служебной информации. Тогда, получаем матрицу V размерности $(n+1) \times (m+1)$, в которой отражена вся структура исходной сети правил, которая может изменяться. Структура миварной логической сети может изменяться в любое время, т.е. это сеть правил с изменяемой (эволюционной) структурой. Пример такой матрицы показан на рис. 1. На рис. 2. эта же матрица показана в виде исходного задания двудольного графа миварной логической сети в виде двух списков: объектов и правил.

V	1	2	3	4	5	...	$n-2$	$n-1$	n	$n+1$
1	x	x	x					y	y	
2			x	y	y			x	x	
...						...				
m		x		x	x		y			
$m+1$										

Рис. 1. Пример исходного задания матрицы V размерности $(n+1) \times (m+1)$.

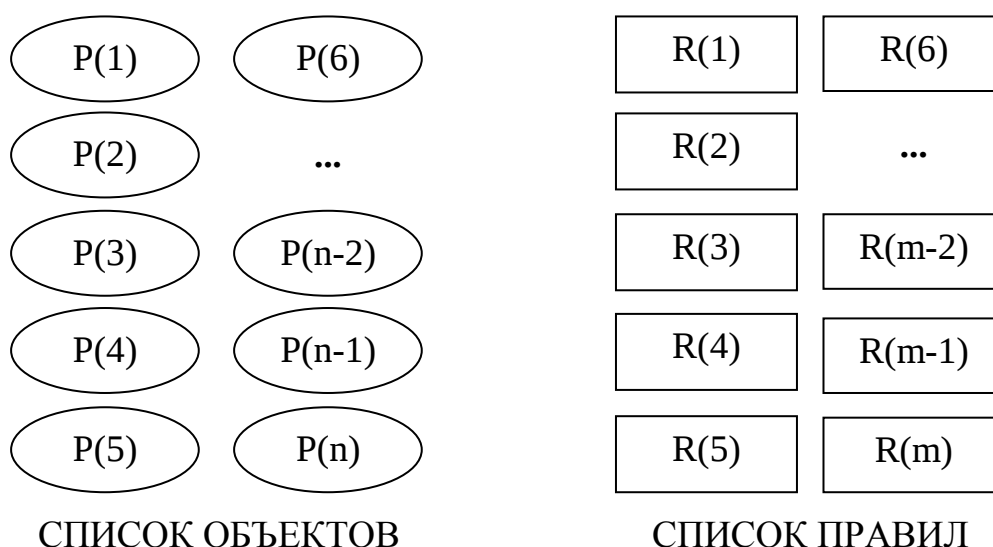


Рис. 2. Пример исходного задания двудольного графа миварной логической сети.

Напомним на известном примере работу миварного метода, когда производят действия по следующим пронумерованным этапам.

1. В строке $(m+1)$ помечают известные z и искомые w переменные. На рис. 3 в этой строке на позициях: 1, 2, 3 проставлено z , а w - на позиции $(n-2)$. На рис. 4 это действие показано на примере построения двудольного графа миварной логической сети. В связи с ограничением по объему публикации приведем рисунки только начала и завершения вывода (рис. 5 и рис. 6). В принципе, по рисункам 5 и 6 "в обратном порядке" можно восстановить все этапы работы метода.

2. Осуществляют последовательно, например, сверху вниз, поиск таких правил, которые могут быть активизированы, т.е. у которых известны все входные переменные. Если таких правил нет, то маршрута логического вывода нет и необходимо выдать запрос на уточнение

(добавление) входных данных. Если такие правила, которые могут быть активизированы, есть, то у каждого из них в соответствующем месте служебной строки делается пометка, что правило может быть запущено. Например, можно ставить в этих клетках таблицы цифру 1.

3. Если таких правил несколько, то осуществляется выбор по заранее определенным критериям такого или таких правил, которые должны быть активизированы в первую очередь. При наличии достаточных ресурсов, одновременно могут запускаться сразу несколько правил.

4. Имитация запуска правила (процедуры) осуществляется путем присваивания выводимым в этом правиле переменным значений "известно", т.е. в нашем примере - z. Запущенное правило, для удобства дальнейшей работы помечается дополнительно, например, цифрой 2 (это не обязательно). Например, как показано на рис. 5 в клетках $(n-1, m+1)$, $(n, m+1)$ и $(n+1, 1)$ произведены соответствующие изменения. На рис. 6 это действие показано на примере построения двудольного графа миварной логической сети.

5. После имитации запуска правил проводят анализ достижения цели, т.е. анализируют получение требуемых значений путем сравнения служебных символов в служебной строке. Если в служебной строке $(m+1)$ осталось хоть одно значение "искомая" (т.е. w), то осуществляют дальнейший поиск маршрута логического вывода. В противном случае, задача считается успешно решенной, а все задействованные правила в соответствующем порядке их запуска и образуют искомый маршрут логического вывода.

6. Прежде всего, определяют наличие таких правил, которые могут быть запущены после определения новых значений на предыдущем этапе. Если таких правил нет, то маршрута вывода нет и поступают аналогично пункту 2 этого метода. Если такие правила есть, то продолжают поиск маршрута вывода.

7. На следующем этапе опять аналогично этапу 4 запускают правила (имитируют запуск), далее аналогично этапам 5 и 6 выполняют необходимые действия столько раз, сколько требуется для получения результата. При необходимости, повторяют все этапы со 2 по 7 до достижения результата. При этом результат может быть как положительный - маршрут вывода существует, так и отрицательный - вывода нет из-за неопределенности входных данных. Для наглядности продолжим пошаговое выполнение нашего примера. Итак, в нашем примере необходимо провести имитацию запуска правила 2, что и показано на рис. 5. На рис. 6 это действие показано на примере построения двудольного графа миварной логической сети.

8. В клетках $(4, m+1)$ и $(5, m+1)$ получаем признак выводимости переменных 4 и 5, а в клетке $(n+1, 2)$ формируем признак того, что правило уже было запущено, т.е. ставим цифру 2. После этого, проводим анализ служебной строки и видим, что не все искомые переменные известны. Значит необходимо продолжить обработку матрицы V размерности $(n+1) \times (m+1)$. Анализ этой матрицы показывает возможность запуска правила m .

9. Продолжим дальнейшую обработку примера. При запуске правила m появляются новые значения, в том числе и для искомых переменных, что и показано на рисунке 5. На рис. 6 это же действие показано на примере построения двудольного графа миварной логической сети.

10. Итак, в нашем примере в служебной строке больше не осталось искомых правил, а в клетках таблицы появились новые значения: в клетке $(n+1, m) - 2$, а в клетке $(n-2, m+1)$ вместо значения w появилось значение z . Таким образом, получен положительный результат, следовательно, маршрут логического вывода при данных исходных значениях существует.

V	1	2	3	4	5	...	n-2	n-1	n	n+1
1	x	x	x					y	y	
2			x	y	y			x	x	
...						...				
m		x		x	x		y			
m+1	z	z	z				w			

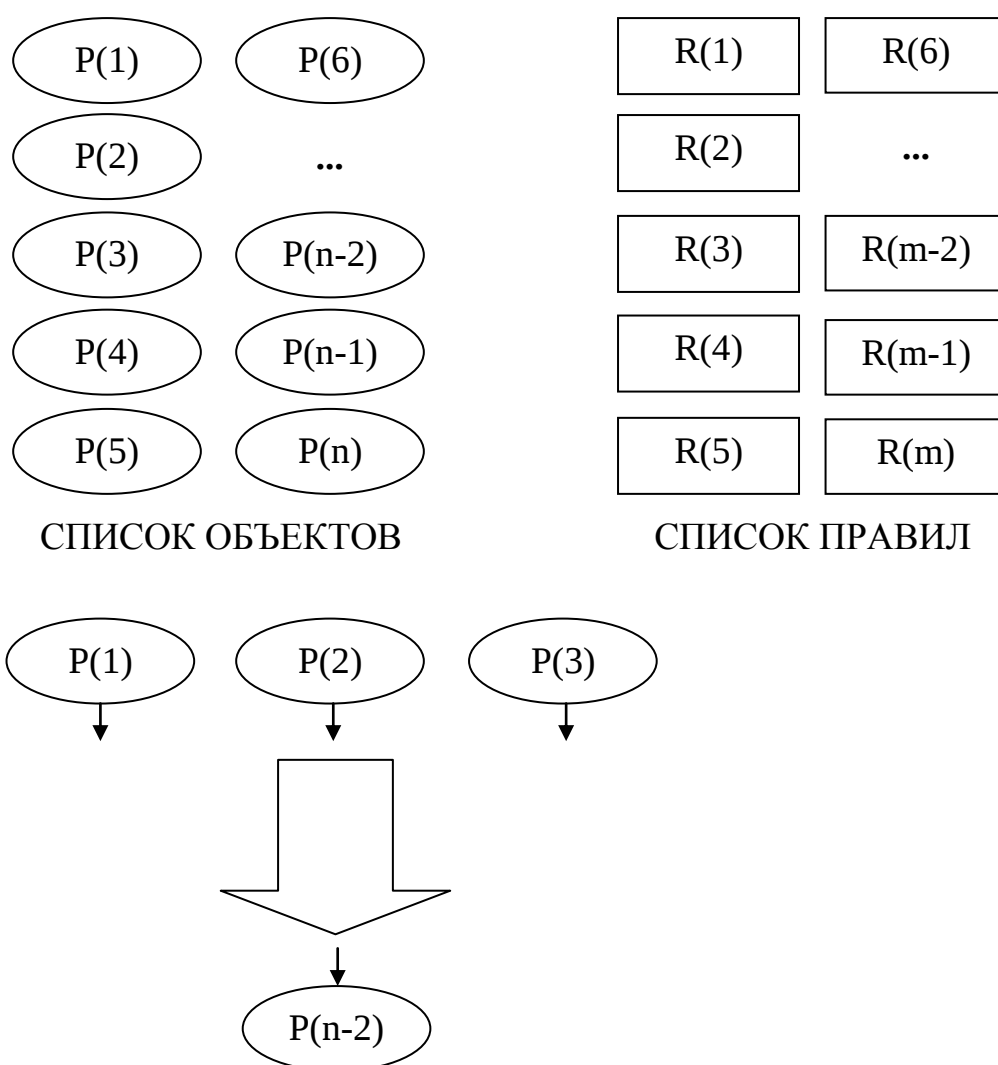
Рис. 3. Действие № 1 в матрице **V**.

Рис. 4. Шаг № 1 - задание исходных данных на миварной сети.

V	1	2	3	4	5	...	n-2	n-1	n	n+1
1	x	x	x					y	y	2
2			x	y	y			x	x	2
...						...				
m		x		x	x		y			2
m+1	z	z	z	z	z		z(w)	z	z	

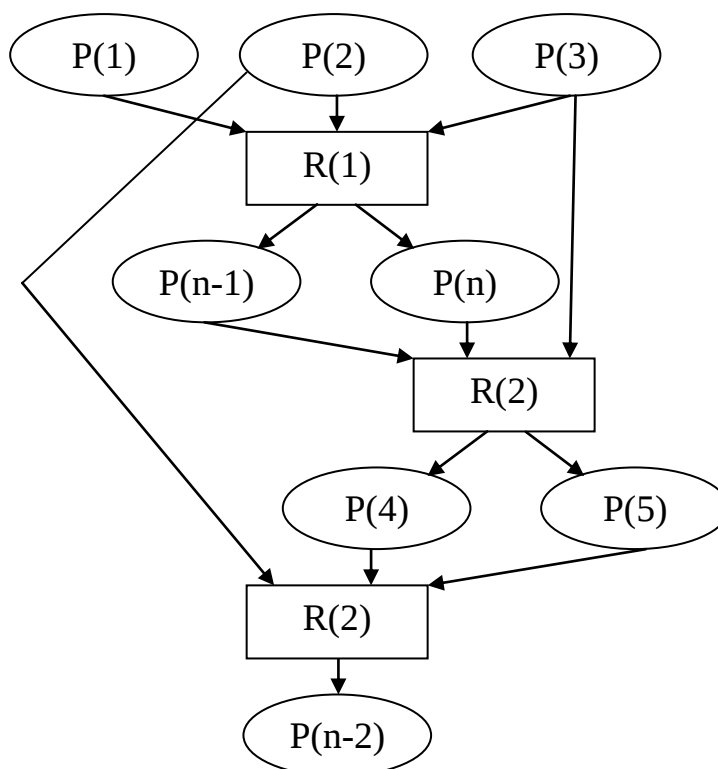
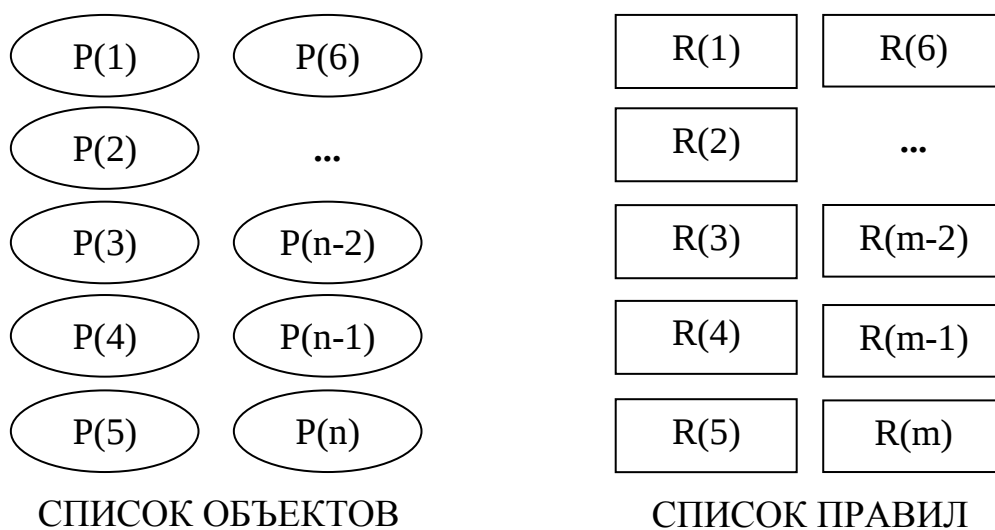
Рис. 5. Действие № 7 примера обработки матрицы **V**.

Рис. 6. Шаг № 7 примера поиска логического вывода на миварной сети.

Применение трехмерных бинарных матриц для развития возможностей двудольных миварных логических сетей

Как отмечено выше, важным ограничением является размерность матрицы линейного матричного метода определения маршрута логического вывода на адаптивной сети правил. При проведении экспериментов на многопроцессорных вычислительных комплексах ФГУП НИИР определено, что превышение размера квадратной матрицы свыше десяти тысяч правил/переменных становится критичным и требует развития и разработки новых решений [6-8]. Это обусловлено тем, что для реализации метода необходимо пересылать общую матрицу на несколько различных процессоров. В связи с тем, что каждое значение матрицы представляется изначально в символьном виде, объем пересылаемых данных становится критичным при достижении, например, размерности 10 000 правил/переменных.

Предлагается следующее решение. Для реализации миварного метода без использования правил ВЫБОРА, требуется хранить в каждой клетке матрицы всего три различных значения:

- 1) **0** (пусто, т.е. нет значения);
- 2) **x** (входная переменная для правила) и
- 3) **y** (выходная переменная для правила).

При этом анализ возможности запуска правила отделен по этапам от определения выводимых переменных, после "запуска правила". Следовательно, для этих двух действий: "поиск запускаемых правил" и "означивание выходных переменных" можно использовать различные матрицы. Важно отметить, что использование разных матриц позволит нам перейти к многомерным бинарным матрицам. Обработка и пересылка бинарных фрагментов матриц занимают значительно меньшие объемы и повышают возможности применения миварных логических сетей для матриц с размерностью значительно более 10 тысяч правил/переменных.

Таким образом, матрица **V** на рис. 1 и 3 будет представлена в виде двух матриц **V1** и **V2**, показанных на рисунке 7. В матрице **V1** все **x** и **z** заменяются единицами, а остальные клетки заполняются нулями. Во второй матрице **V2** наоборот все **y** и **w** заменяются единицами, а остальные клетки заполняются нулями. Исходная матрица представляется в виде двух взаимодополняющих матриц с бинарными значениями 0 или 1. Для работы метода все выполняется аналогично, но при анализе запускаемых правил используется первая матрица, а при определении признака выводимости переменных - вторая матрица, хотя по итогам работы сам признак выводимости переменной должен быть проставлен в первой матрице в нижней служебной строке.

Фактически, осуществлен переход к трехмерной бинарной матрице **{X, Y, Z}**, где по осям **X** и **Y** размещаются двумерные бинарные матрицы описания переменных и правил, а номер самой матрицы становится значением по оси **Z**. Получаем, что для традиционных двудольных графов миварных логических сетей достаточно двух матриц для представления описания предметной области и выполнения метода определения маршрута логического вывода на адаптивной сети правил. При этом, в первой матрице показаны и фиксируются связи-ссылки только от переменных (объектов) к правилам, а во второй матрице - наоборот показаны только связи-ссылки от правил к переменным (объектам).

V1	1	2	3	4	5	...	n-2	n-1	n	n+1
1	1	1	1							
2			1					1	1	
...						...				
m		1		1	1					
m+1	1	1	1							

V2	1	2	3	4	5	...	n-2	n-1	n	n+1
1								1	1	
2				1	1					
...						...				
m							1			
m+1							1			

Рис. 7. Представление миварной сети двумя бинарными матрицами.

Применение многомерных бинарных матриц для развития возможностей многодольных миварных логических сетей

Перейдем к анализу многодольных миварных логических сетей и возможностям по их представлению в виде матриц. Необходимо напомнить, что в общем случае миварное информационное пространство [3] предназначено для эволюционного описания любых предметных областей в следующем формализме. В общем случае выделяют:

- К-мерное подпространство миваров и
- L-мерное подпространство отношений миваров,

которые образуют единое N-мерное миварное пространство, где

$$K+L=N. \quad (1)$$

Формализованное описание N-мерного миварного пространства. Пусть:

$$\exists A = \{a_1, a_2, \dots, a_n, \dots, a_N\}, \quad (2)$$

где $n = \overline{1, N}$; A - множество названий осей миварного пространства, N - количество осей (возможно динамическое) миварного пространства. Тогда:

$$\forall a_n \in A \quad \exists B_n = \{b_{n1}, b_{n2}, \dots, b_{ni_n}, \dots, b_{nI_n}\}, \quad (9)$$

$i_n = \overline{1, I_n}$; B_n - множество миваров оси a_n . Для допустимых значений координат всегда существует определенная точка многомерного миварного пространства:

$$\forall i_1, i_2, \dots, i_n, \dots, i_N \quad \exists \langle i_1, i_2, \dots, i_n, \dots, i_N \rangle \in I_1 \times I_2 \times \dots \times I_n \times \dots \times I_N, \quad (10)$$

где $\langle i_1, i_2, \dots, i_n, \dots, i_N \rangle$ - координаты N-мерной точки. Существует множество значений точек миварного пространства:

$$\exists C = \{c_{i_1 i_2 \dots i_n \dots i_N} \mid i_1 = \overline{1, I_1}; \dots; i_n = \overline{1, I_n}; \dots; i_N = \overline{1, I_N}\}. \quad (11)$$

Для каждой точки миварного пространства существует единственное значение из множества значений C :

$$\forall \langle i_1, i_2, \dots, i_n, \dots, i_N \rangle \quad \exists! c_{i_1, i_2, \dots, i_n, \dots, i_N} \in C. \quad (12)$$

В общем виде такое представление показано на рис. 8.

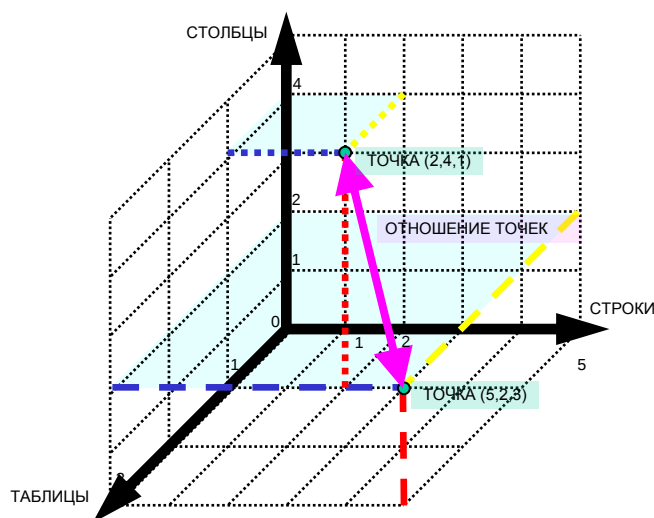


Рис. 8. Пример миварного информационного пространства.

На практике в настоящее время осуществляется описание различных предметных областей в виде матриц продукционного типа, которые затем будут преобразованы в многодольные миварные логические сети. Миварное информационное пространство изначально ориентировано на многомерное представление и возможность описания в таком формализме самых различных предметных областей. В "пределе" поставлена цель составить миварную активную Интернет-энциклопедию, в которой будут описаны в указанном формализме все предметные области. Пример описания предметной области "Физика падения тела" приведен на рис. 9. Данное описание составили Антонов П.Д., Сергушин Г.С. и Федяшев А.Г.

Исходя из поставленной цели создания энциклопедии и формализма многомерного информационного пространства, а также многодольных миварных логических сетей целесообразно реализовать метод матричного поиска логического вывода на многомерных матрицах. Так как в многомерном пространстве нет ограничений по количеству измерений, то получаем следующее. Каждый фрагмент предметной области может быть описан в виде многодольного миварного графа, который необходимо адекватно отобразить в матричной форме.

Любой многодольный граф можно представить комбинацией двудольных графов по аналогии с двоичной арифметикой и представлением любых чисел в двоичном коде. В свою очередь каждый двудольный граф может быть представлен двумя бинарными матрицами для сокращения объема хранимых и передаваемых данных. Получаем, что любой многодольный граф может быть представлен некоторым набором бинарных матриц, которые образуют многомерное подпространство бинарных матриц описания некоторой предметной области.

Физика падения тела

x1	x2	h	m	a	Ftr	Vn	Vk	pn	pk	g	tpad	ttek	ytek	Vtek	
x	x	y													$h = x1 - x2$
y	x	x													$x1 = h + x2$
x	y	x													$x2 = x1 - h$
			y	x	x					x					$m = F/(g-a)$
			x	x	y					x					$F = m*(g-a)$
			x	x	x					y					$g = (m*a + F)/m$
			x	y	x					x					$a = (m*g - F)/m$
x				x		x						x	y		$ytek = x1 - Vn*ttek - a*ttek*ttek/2$
y				x		x						x	x		$x1 = ytek + Vn*t + a*ttek*ttek/2$
x				x		y						x	x		$Vk = (x1 - ytek - a*ttek*ttek/2)/ttek$
x				y		x						x	x		$a = 2*(x1 - Vn*ttek - ytek)/ttek*ttek$
				x		x						x		y	$Vtek = Vn + a*ttek$
				x		x						y		x	$ttek = (Vtek - Vn)/a$
				x		y						x		x	$Vn = Vtek - a*ttek$
				y		x						x		x	$a = (ttek - Vn)/ttek$
				x		x	y				x				$Vk = Vn + a*tpad$
				x		x	x				y				$tpad = (Vk - Vn)/a$
				x		y	x				x				$Vn = Vk - a*tpad$
				y		x	x				x				$a = (Vk - Vn)/tpad$
x		y		x		x					x				$h = x1 - Vn*tpad - a*tpad*tpad/2$
y		x		x		x					x				$x1 = h + Vn*tpad + a*tpad*tpad/2$
			x			x		y							$pn = Vn*m$
			x				x		y						$pk = Vk*m$
			y			x		x							$m = pn/Vn$
			y				x		x						$m = pk/Vk$
			x			y		x							$Vn = pn/m$
			x			y			x						$Vk = pk/m$
x1	x2	h	m	a	Ftr	Vn	Vk	pn	pk	g	tpad	ttek	ytek	Vtek	

Переменные:

- x1 - начальная координата тела
- x2 - конечная координата тела
- h - высота падения тела
- m - масса тела
- a - ускорение падения
- Ftr - сила сопротивления воздуха
- Vn - начальная скорость
- Vk - конечная скорость
- pn - начальный импульс падающего тела
- pk - импульс тела в момент падения
- g - ускорение свободного падения тела
- tpad - общее время падения тела с высоты x1 до x2 (h)
- ttek - текущее время относительно начала падения
- ytek - текущее расстояние от точки начала падения
- Vtek - текущая скорость относительно начала падения

Рис. 9. Пример миварного описания предметной области.

Очень важно напомнить, что миварное многомерное пространство является изначально эволюционным и может сочетать различные описания любых предметных областей, которые в совокупности будут образовывать общую энциклопедию с возможностью каждому пользователю создавать свое многомерное подпространство с определенной адресацией.

Следовательно, в миварном пространстве могут одновременно храниться различные описания одних и тех же предметных областей. Например, для конкретного человека описание может быть представлено в виде матрицы, показанной на рис. 9. А для использования такого описания при решении задач на многопроцессорных вычислительных комплексах будет создаваться и храниться многомерное подпространство бинарных матриц. В этом нет ничего удивительного, так как и сейчас "компьютеры работают в двоичной арифметике", а для людей потом все представляется в необходимом и наглядном виде. Просто необходимо различать проблемы обработки данных на компьютерах и проблемы представления полученных результатов для пользователей. Для человека нагляднее будут многодольные миварные логические сети, а для обработки внутри компьютера эти сети будут преобразовываться в подпространство бинарных многомерных матриц. В свою очередь, многомерные матрицы совершенно четко и однозначно "встраиваются" в многомерное эволюционное миварное информационное пространство и мы получаем унифицированный механизм:

- 1) и хранения данных - по аналогии с базами данных,
- 2) и логического вывода - по аналогии с продукционным подходом,
- 3) и вычислительной обработки - по аналогии с обычными процедурами.

Все вместе это и образует миварное информационное пространство унифицированного представления и обработки информации.

Выводы

Миварные логические сети развивают продукционный подход и используются для создания различных экспертных систем и Многомерных эволюционных прикладных автоматизированных информационных систем поддержки принятия решений. Миварное информационное пространство является эволюционным и позволяет сочетать различные описания любых предметных областей, которые в совокупности будут образовывать активную энциклопедию с учетом возможности создания индивидуальных многомерных подпространств. В миварном пространстве могут одновременно храниться различные формы описания: для пользователей - многодольные миварные логические сети в виде графов, а для решения задач на многопроцессорных вычислительных комплексах - многомерные бинарные матрицы в виде миварных информационных подпространств.

Для расширения возможностей применения миварного подхода проведен анализ существующих технологий и предложены новые пути развития миварных логических сетей на основе многомерных бинарных матриц для реализации одновременной эволюционной обработки более десяти тысяч правил в реальном времени. Такая обработка основана на быстром матричном методе логико-вычислительной обработки данных в виде продукций и миваров. Этот метод позволяет в едином формализме проводить и логическую обработку - вывод, и выполнять различные вычислительные процедуры с возможностью выработки управляющих воздействий или рекомендаций управленцам-экспертам, что позволило создать новое поколение миварных экспертных систем реального времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пospelов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. - М.: Радио и связь, 1989. - 184 с.

2. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. 6-е изд., стер. - СПб: Издательство "Лань", 2009. - 400 с.
3. Варламов О.О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство. - М.: Радио и связь, 2002. - 288 с.
4. Хорошевский В.Ф. Пространства знаний в сети Интернет и Semantic Web (Часть 1) // Искусственный интеллект и принятие решений, № 1, 2008. С. 80-97.
5. Варламов О.О. Разработка линейного матричного метода определения маршрута логического вывода на адаптивной сети правил // Известия вузов. Электроника, № 6, 2002. С. 43-51.
6. Владимиров А.Н., Варламов О.О., Носов А.В., Потапова Т.С. Применение многопроцессорного вычислительного кластера НИИР для распараллеливания алгоритмов в научно-технических и вычислительных задачах // Труды НИИР: Сб. ст.- М.: НИИР. 2009. № 3. С. 120-124.
7. Носов А.В., Владимиров А.Н., Варламов О.О., Потапова Т.С. Программный комплекс "УДАВ": реализация логического вывода на миварной сети правил // Компьютерные науки и технологии (КНиТ-2009). Ч.1: сборник трудов первой Международной научно-технической конференции. - Белгород: ГиК, 2009. - 275 с. С. 232 - 236.
8. Веб-сайт д.т.н. Варламов О.О. // <http://www.ovar.narod.ru>. 2010.
9. Кук Д., Бейз Г. Компьютерная математика: Пер. с англ. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. - 384 с.
10. Когаловский М.Р. Энциклопедия технологий баз данных. - М.: Финансы и статистика, 2005. - 800 с.
11. Марков А.С., Лисовский К.Ю. Базы данных. Введение в теорию и методологию: Учебник. - М.: Финансы и статистика, 2006. - 512 с.

12. Саймон А.Р. Стратегические технологии баз данных: менеджмент на 2000 год: Пер. с англ./ Под ред. и с предисл. М.Р. Когаловского. - М.: Финансы и статистика, 1999. - 479 с.
13. Ахо А.В., Хопкрофт Д.Э., Ульман Д.Д. Структуры данных и алгоритмы. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2007. - 400с.
14. Кузнецов С.Д. Базы данных: языки и модели. - М.: ООО "Бином-Пресс", 2008. - 720 с.
15. Веб-сайт компании МИВАР // <http://www.mivar.ru>. 2010.