

РОЛЬ И МЕСТО МИВАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИСКУССТВЕННОМ ИНТЕЛЛЕКТЕ

О.О. Варламов

Проблема создания интеллектуальных систем и логического искусственного интеллекта (ИИ) приобретает все большее значение в современном мире. Две наиболее фундаментальные проблемы, которые занимают разработчиков ИИ – это представление знаний и поиск. Под представлением знаний понимается проблема создания формального языка, позволяющего описывать весь спектр имеющихся в реальном мире знаний, а также проведения манипуляций с данными знаниями. Вторая фундаментальная проблема – поиск решения поставленных задач. Для решения этих проблем предлагается миварный подход.

Миварные технологии открывают принципиально новые возможности по созданию интеллектуальных и логически рассуждающих систем. Миварный подход к представлению и обработке информации базируется на гносеологической концепции "Вещь-Свойство-Отношение" (BCO или VSO) и моделирования реального мира на основе эволюционного дискретного многомерного информационного адаптивного пространства с базисными осями <Вещь, Свойство, Отношение, Время, X, Y, Z>. Количество осей может быть увеличено. Для описания информации важен базис из трех первых осей VSO. Для краткости наименования такое пространство названо: МИВАРНОЕ информационное пространство. Такой подход включает в себя две основные технологии:

- миварная технология накопления информации - это способ создания глобальных эволюционных баз данных и правил (знаний) с изменяемой структурой на основе адаптивного дискретного миварного информационного пространства унифицированного представления данных и правил, базирующегося на трех основных понятиях "вещь, свойство, отношение".

миварная технология обработки информации - это способ создания системы логического вывода или "автоматического конструирования алгоритмов из модулей, сервисов или процедур" на основе активной обучаемой миварной сети правил

Такой подход нашел отражение в развитии следующих основных направлениях ИИ, а именно, при создании экспертных систем, систем понимания естественного языка, в системах распознавания образов, при создании систем управления роботами.

В работе будут рассмотрены перспективы применения миварных технологий в вышеперечисленных направлениях развития ИИ.

Ключевые слова: мивар, миварные сети, интеллектуальные системы, искусственный интеллект, базы данных, экспертные системы, понимание смысла, распознавание образов, робот.

Введение

Область искусственного интеллекта активно развивается и обретает "третье" дыхание, начиная с самого начала исследований в этой области [1, 2]. Основная идея создания миваров появилась тридцать лет назад при решении задач комплексного использования баз данных и машин логического вывода для решения сверхбольших гетерогенных задач обработки разнородной информации в реальном времени. Из пяти основных процессов компьютерных наук (информатики) мивары применяются для накопления и обработки информации. В базах данных создана эволюционная миварная модель данных, которая впервые позволила реализовать изменяемые структуры представления данных на основе гносеологических понятий Вещь, Свойство, Отношение [1, 3]. Новое представление продукций в виде двудольного графа миварных сетей позволило решить в частном случае NP-полную задачу и впервые реализовать логический вывод с линейной вычислительной сложностью.

Миварные базы данных и правил не только накапливают данные, но и позволяют в самих базах данных представлять миварные сети и проводить логическую обработку. Таким образом, мивары позволили объединить базы данных с логико-вычислительной обработкой и создать новый мощный математический инструмент для решения задач по всему спектру области искусственного интеллекта: экспертные системы; понимание текста; распознавание образов; автономные интеллектуальные роботы.

Мивары - это основа для качественного скачка в области искусственного интеллекта за счет использования принципиально новых баз данных и правил с логической обработкой с линейной вычислительной сложностью.

Миварный подход к представлению и обработке информации базируется на гносеологической концепции Райбекаса А.Я. [3] "Вещь-Свойство-Отношение" (ВСО или VSO) и моделирования реального мира на основе эволюционного дискретного многомерного информационного адаптивного пространства с базисными осями <Вещь,

Свойство, Отношение, Время, X, Y, Z>. Количество осей может быть увеличено. Для описания информации важен базис из трех первых осей VSO. Для краткости наименования такое пространство названо: МИВАРНОЕ информационное пространство. Можно записывать в виде: "МИВАР-пространство" или "миварное инфопространство".

МИВАР (мивар) - это наименьший элемент (точка) миварного информационного пространства.

Миварный подход [1, 4-34] развивает достижения в искусственном интеллекте, базах данных, логической обработке, конструировании алгоритмов решений и включает:

1) Миварная технология накопления информации - это способ создания глобальных эволюционных баз данных и правил (знаний) с изменяемой структурой на основе адаптивного дискретного миварного информационного пространства унифицированного представления данных и правил, базирующегося на трех основных понятиях "вещь, свойство, отношение".

2) Миварная технология обработки информации - это способ создания системы логического вывода или "автоматического конструирования алгоритмов из модулей, сервисов или процедур" на основе активной обучаемой миварной сети правил с линейной вычислительной сложностью.

Миварная технология накопления информации предназначена для хранения любой информации с возможным эволюционным изменением структуры и без ограничений по объему и формам представления. Миварная технология обработки информации предназначена для обработки информации, включая логический вывод, вычислительные процедуры и "сервисы".

С 2012 года миварные технологии получили новый импульс развития и вышли за рамки экспертных систем, приступив к успешному решению задач по всем направлениям искусственного интеллекта: понимание смысла текстов, распознавание образов и создание автономных интеллектуальных роботов. Конечно, не все задачи еще решены, но

практические результаты доказали, что мивары позволили выйти на новый уровень достижений в области ИИ. В этой работе показаны основные результаты по 5 областям исследований:

- 1) системный анализ и синтез теории миваров;
- 2) миварные экспертные системы;
- 3) миварные системы понимания текстов (на естественном русском языке);
- 4) миварные системы интеллектуального распознавания образов;
- 5) миварные автономные интеллектуальные роботы и их совместная работа.

Следовательно, развитие миварных технологий и исследование областей их применения являются актуальными. Приглашаем всех вместе с нами создавать новые продукты, развивать и использовать миварные технологии для решения новых задач!

Краткая информация о миварных технологиях

В научных исследованиях применяются два основных сокращения, используемые на русском и английском языках [5]:

MIVAR (Multidimensional Informational Variable Adaptive Reality).

МИВАР (Многомерная Информационная Варьирующаяся Адаптивная Реальность).

UDAV (Universal Designer Algorithms Varlamov).

УДАВ (Универсальный Делатель Алгоритмов Варламова).

В миварном подходе объединяются базы данных, вычисления, сервисы и логика. В отличие от традиционных подходов, разделяющих хранение в базах данных, логический вывод и вычислительную обработку, миварный подход позволяет создавать многомерные и эволюционные системы, обрабатывающие информацию в реальном масштабе времени с совмещением логических выводов и вычислительной обработки. Основой многомерного эволюционного миварного подхода является то, что реальный мир существует сам по себе, а при изучении и познании некоторой предметной области человек представляет себе описание этого мира в виде начального трехмерного пространства, осями которого

являются понятия: вещь, свойство и отношение. Эти три понятия – абстракции, удобные для описания реального мира [1, 5]. Миварный подход - это новый подход для разработки интеллектуальных систем и, в ближайшей перспективе, для создания систем логического искусственного интеллекта. По тематике миварных технологий опубликовано более 500 научных работ, часть из которых доступна в РИНЦ.

В середине 20 века были созданы первые ЭВМ и сразу у ученых возникла возможность материализации человеческих мыслей в виде алгоритмов и программ. Люди задумались о возможности создания искусственного интеллекта и возник вопрос: "могут ли машины мыслить?". В самом начале исследований возникли непреодолимые трудности в логической обработке и эволюционном накоплении информации. Было определено, что логический вывод является NP-сложной задачей, что на долгие годы затруднило развитие ИИ. Ученые придумывали "миллионы" способов оптимизации логического вывода на деревьях и т.п. Но кардинального решения найдено не было.

Так как логика не позволяла работать со сложными предметными областями, то и все задачи свелись к "модельным" упрощенным задачам. Поэтому проблема эволюционного накопления информации в базах данных не осознавалась и все довольствовались реляционными и другими графо-табличными моделями данных в области накопления информации - базах данных (БД). Постепенно, настоящие задачи из реальной жизни все же потребовали научного развития и ускорения логического вывода. Разрабатываемые в России миварные технологии объединили и включили в себя эволюционные базы данных и логико-вычислительную обработку с линейной вычислительной сложностью логического вывода [1, 4-34].

В настоящее время разработаны три миварные технологии, которые используются совместно (но могут применяться и независимо друг от друга):

1) технология накопления данных - миварные эволюционные многомерные базы данных и правил на основе трехмерного гносеологического пространства "Вещь, Свойство, Отношение";

2) технология обработки информации - миварные сети для логического вывода или автоматического конструирования алгоритмов с линейной вычислительной сложностью;

3) технология системного анализа, позволяющая объединять большие базы данных с логико-вычислительной обработкой и создающая условия для работы с экспертными системами, а также с многомерными сложными миварными контекстами в задачах понимания текстов и распознавания образов.

Таким образом, мивары в начале 21 века создали мощный теоретический инструмент, который открывает принципиально новые возможности в различных направлениях искусственного интеллекта. Миварные технологии позволили выйти на качественно новый уровень исследований в компьютерных науках и в области ИИ.

История развития миварных технологий

Проанализируем историю развития искусственного интеллекта и поиска научного ответа на вопрос: могут ли машины мыслить? Как правило, под "мышлением" понимали логическую обработку информации на основе анализа причинно-следственных отношений и автоматического построения алгоритмов решения различных задач. В целом эта проблема была формализована в виде задачи построения логического вывода. Отметим, что в широко известных "интеллектуальных пакетах прикладных программ" (ИППП) аналогичная проблема была формализована в виде задачи автоматического построения алгоритма нахождения решения от "ДАНО" к "НАЙТИ" через создание упорядоченного набора заранее написанных процедур (программ). В ИППП заранее создавали набор программ, из которых потом можно было формировать различные пакеты программ для решения конкретной задачи. Такие программы представляли собой готовые "модули" из которых каждый раз "собирался пакет программ" для решения задачи. Проблема

заклучалась в том, что для каждого набора входных и выходных параметров надо было составить свой пакет программ - "упорядоченный набор модулей". По сути, это тоже проблема построения или нахождения логического вывода.

Было предложено универсальное решение, которое заключалось в полном переборе всех возможных вариантов "модулей" или правил в логическом выводе. Достаточно быстро ученые убедились, что вычислительная сложность такого подхода - факториал от количества правил. Таким образом, задачу логического вывода или построения алгоритмов в ИППП отнесли к классу NP-полных задач. На практике это означало полную невозможность решения прикладных задач, т.к. для всех реальных задач количество правил превышало двадцать. А "проклятие размерности" (факториал) приводило к тому, что алгоритм решения теоретически найти было можно, но на это требовалось слишком много времени (годы и даже тысячелетия). До 2002 года не было найдено кардинального решения по снижению вычислительной сложности логического вывода, но решать задачи как-то надо было. Поэтому за прошедшие 70 лет было предложено множество различных решений частных задач в определенных ограничениях предметной области. Более того, в учебниках было записано, что логический вывод - это NP-полная задача и сделать с ней ничего нельзя. Большинство ученых с этим смирилось и не пыталось разобраться с существом этого запрета. Эта проблема логического вывода со временем стала частным случаем одной из проблем тысячелетия, которая кратко записывается так: доказать, что $NP=P$, т.е. существует полиномиальное решение для "не полиномиальных задач".

Другой проблемой в области ИИ была необходимость создания таких баз данных (БД), которые могли непрерывно накапливать разную информацию и быстро находить в них требуемые данные. Противоречие было в том, что структурированные модели данных (реляционные и другие графо-табличные БД) позволяли быстро находить данные, но из-за жесткой структуры в них нельзя было записать любую информацию. А в неструктурированных системах хранения, например: гипертекстовых, слишком долго

проводился поиск информации, хотя записать можно было любую информацию. Однако, в отличие от проблемы логического вывода, проблема создания принципиально новой модели данных с изменяемой структурой не была столь острой и не осознавалась широкими научными кругами до конца прошлого века. Более того, из-за узкой специализации научных исследований логика была отделена от баз данных и эти проблемы никак не связывались между собой.

К концу 20 века в области ИИ многим ученым стало очевидно, что старые узкоспециализированные подходы и методы не дают возможности решать реальные задачи и необходим качественный переход к новым методам и синергетическому объединению разных направлений в области ИИ. Как известно, в компьютерных науках (информатике) выделяют 5 основных процессов работы с информацией: сбор, передачу, накопление, обработку, представление человеку (или принятие решений самим компьютером). С точки зрения интеллектуальных систем наибольшее значение имеют накопление и обработка. В 2002 году были предложены (опубликованы) [1] миварные технологии накопления и обработки информации, которые сняли указанные противоречия, объединили базы данных с логико-вычислительной обработкой. Таким образом, было предложено универсальное и красивое решение многих накопившихся проблем в области ИИ.

Дальнейшее развитие миварных технологий [1, 4-34] позволило на практике показать, что за счет количественного увеличения скорости логического вывода (снижение вычислительной сложности с NP-полной до линейной) и использования гносеологической основы "Вещь, Свойство, Отношение" [3] в миварных базах данных и правил, создан принципиально новый и очень мощный инструмент для решения многих задач во всех четырех направлениях ИИ. Да, идея миваров родилась тридцать лет назад в 1985 году, теоретически были предложены новые решения в 2002 году, но практическое внедрение шло достаточно тяжело и пришлось преодолевать огромное сопротивление. Тем не менее, с 2012 года создан НИИ МИВАР и начались прикладные внедрения миварных технологий.

Исторически события развивались следующим образом. Сначала была создана миварная технологическая платформа для создания экспертных систем (ЭС) и систем поддержки принятия решения (СППР). Затем эту миварную ЭС применили для решения проблемы понимания текстов на русском языке. Оказалось, что гносеологическая основа миварных баз данных и правил очень адекватно позволяет описывать зависимости и логику русского языка. А миварные сети позволяют обрабатывать сверхбольшие логические модели в реальном времени.

При исследовании проблемы понимания русских текстов было найдено решение для обработки множества контекстов. Общение со специалистами в области распознавания образов показало, что у них есть аналогичная сложная проблема и было принято решение о применении миварных технологий для распознавания образов. Практика создания миварных систем распознавания образов подтвердила правильность принятого решения. Уже созданы программные прототипы, которые показывают успешность применения миваров для интеллектуального распознавания образов.

В последнее время резко актуализировались проблемы создания интеллектуальных роботов, но выяснилось, что "мозги" для роботов собираются делать только через десятилетия, т.к. не знают как подобраться к решению столь сложной проблемы. Ведь многие ученые до сих пор остаются в плену заблуждений о факториальной сложности логики принятия решений. Как известно, в области ИИ выделено 3 уровня исследований: рефлексный (до-интеллектуальный, на который способны животные); логический (принятия решений на основе логики причинно-следственных отношений); социальный (сверх-интеллектуальный, учет эмоций, совести и взаимодействия в социуме). Оказалось, что основные исследования в роботостроении велись на рефлексном уровне или на уровне создания телеуправляемых устройств (луноходов, а не автономных марсоходов). Поэтому было решено применить мивары для создания "мозгов" автономных интеллектуальных роботов. В настоящее время уже есть прикладные результаты моделирования поведения

робота на основе миварных экспертных систем. Понятно, что автономному роботу нужны понимание текстов и распознавание образов, которые вместе с системой принятия решений работают на основе единой (для всего робота) миварной базы данных и правил.

Таким образом, сейчас уже можно со всей ответственностью утверждать: мивары создали новый инструмент, который открывает принципиально новые возможности во всех четырех основных направлениях искусственного интеллекта. Следовательно, миварные технологии являются актуальными, занимают центральное фундаментальное место и играют важнейшую роль в компьютерных науках, системах искусственного интеллекта и информатике. Мивары позволили выйти на качественно новый уровень исследований в компьютерных науках и в области ИИ.

Мивары и экспертные системы

Миварные технологии логико-вычислительной обработки информации начали развиваться в 1985 году с анализа возможностей продукционных систем и сетей Петри для создания интеллектуальных пакетов прикладных программ (ИППП). Возникла идея использовать возможности теории графов для логического вывода. Из механизма сетей Петри стало понятно, что всю предметную область можно описать в виде одного большого двудольного графа. Потом возникла идея, что на таком графе можно искать маршрут логического вывода путем использования методов теории графов по поиску кратчайшего маршрута между заданными вершинами. Выяснилось, что достаточно важным является определение самого факта наличия маршрута вывода. На данном этапе были использованы методы поиска минимального разреза в сетях, которые получили научное развитие и первые публикации в виде статьи [6]. Было показано, что с квадратичной вычислительной сложностью можно найти минимальный разрез. Если такой минимальный разрез был больше нуля, то следовательно и существовал маршрут между необходимыми точками.

С 1989 года проводились активные исследования в области создания эволюционных баз данных для обработки часто изменяемых по структуре и сверхбольших объемов данных в потоковом режиме за минимальное время. Было доказано, что существующие графо-табличные модели данных (реляционные, сетевые, семантические сети, ER-модели и т.д.) не способны работать в требуемом эволюционном режиме и с заданными параметрами по динамичности работы [1]. Для изыскания возможного решения был проведен обзор возможных путей решения. Наиболее интересный вариант был найден в гносеологии, который был творчески преобразован в математический формализм трехмерного информационного пространства "Вещь-Свойство-Отношение" (ВСО). Для краткости и однозначности такая новая модель данных была названа миварной, т.к. точку многомерного гносеологического пространства ВСО назвали "мивар". Было доказано, что миварная модель данных является обобщением всех известных графо-табличных моделей данных.

Экспертные системы должны соединять в себе и накопление, и обработку данных. Совершенно логично получилось развитие миварных баз данных в большие экспертные системы на основе миварных баз данных и правил. Выяснилось, что модель ВСО позволяет хранить не только традиционные отношения баз данных, но и логические и вычислительные процедуры в виде универсальных отношений. Таким образом, было доказано, что в миварных базах данных и правил можно накапливать информацию для логической обработки. В последующих исследованиях в области экспертных систем, основанных на продукционном подходе, было сделано обобщение продукций в виде формализма процедур с явным выделением входных и выходных объектов из продукций. Оказалось, что модель ВСО позволяет описывать и продукции, если вещь - это объект или переменная из продукции, отношение - это ядро продукции, а свойства используются для анализа ограничений продукций. В результате получилось, что продукции можно хранить

в формализме ВСО, при этом продукции представляются в виде двудольного графа "вещи-отношения" или "объекты-правила".

На следующем этапе миварных исследований было предложено представлять продукцию в виде двухмерной матрицы "правила-объекты". По аналогии с алгоритмом поиска минимального разреза было предложено нечто аналогичное для миварных двухмерных матриц. Было доказано, что новое представление продукций в виде двудольного ориентированного графа и двухмерной матрицы позволяет получить дополнительную информацию. Теперь каждое правило знало все свои объекты с указанием их роли: "входящий" или "исходящий" объект. А каждый объект "знал" все свои правила и свою роль в них. Получалось, что находясь в любом месте (вершине) миварной сети всегда известно куда можно двигаться дальше или откуда сюда можно прийти. Следовательно, решение задачи нахождения логического вывода можно было свести к задаче нахождения кратчайшего пути между вершинами "вход" и "выход" двудольного ориентированного графа миварной сети. Отметим, что каждая вершина и ребро миварной сети хранятся в многомерной миварной базе данных и правил, что позволяет методами баз данных быстро находить эти вершины вместе с информацией об их "соседях" (которая записана вместе с идентификатором вершины).

Таким образом, объединение технологий баз данных с логическим выводом позволило создать миварный метод логического вывода на сверхбольших графах с линейной вычислительной сложностью логического вывода. Как показано в научных работах [1, 5, 15-16, 26-28], создано несколько вариантов машины миварного логического вывода. В настоящее время самый быстрый вариант миварного вывода реализован А. М. Хадиевым и позволяет обрабатывать более 5 млн продукционных правил менее, чем за 0,005 сек. на обычном ноутбуке или сервере.

У миварных сетей есть несколько важных преимуществ, которые позволили говорить о переходе на новый уровень исследований в области создания экспертных

систем: линейная сложность и огромная скорость логического вывода; адаптивность описания и изменения условий задачи без прерывания вывода; возможность параллельной обработки на этапах логического вывода; достаточность одного компьютера для решения сверхсложных задач; снижение себестоимости и возможность создания экспертных систем для решения не "игрушечных", а реальных сложных задач [1-34]. На научных конференциях и при общении с заказчиками нам много раз давали "невозможные" задачи. Например, был создан пример с 419 правилами для моделирования управления электросетевой подстанцией, когда на докладе нас перебили с выражением: "У вас, наверное, ошибка и надо писать 41 правило, а не 419". Это при том, что на тот момент у нас 10 тысяч правил обрабатывались за секунду [28, 33]. Информация об этом повергала наших оппонентов в "культурный шок", который усиливался после нашего показа реальной работы миварной ЭС на обычном ноутбуке в реальном времени.

Таким образом, созданы теоретические основы и реализованы практические программные комплексы в виде миварных экспертных систем. Оставались сложности с созданием моделей на миварных сетях, но и написание любых других моделей (онтологий, семантических сетей, когнитивных карт и т.п.) большой размерности (от тысячи правил) требует больших ручных трудозатрат для любых моделей экспертных систем. Напомним, что мивары обобщают любые известные представления данных, включая семантические сети, онтологии и др. модели знаний. Миварные экспертные системы перешли в стадию промышленной реализации и внедряются в России.

Мивары и понимание текстов

После достижения успеха в экспертных системах были проанализированы другие области искусственного интеллекта. Выяснилось, что в области понимания текстовых сообщений существует огромная и нерешаемая более 50 лет проблема учета контекстов, когда слова принимают разные значения, в зависимости от условий написания текстов. Близкими проблемами являются понимание слитной речи, текстов и слов с ошибками и

др. В качестве ключевой проблемы в этой области ИИ была выделена задача понимания текста на русском языке, т.к. все остальные проблемы были взаимосвязаны с этой.

Системный анализ проблем понимания смыслов текстов [24-25, 29] выявил крайнюю ограниченность используемых инструментов математической лингвистики. Было предложено в 2012 году изменить подход к пониманию смыслов текстов и использовать мощный миварный инструментарий, хорошо показавший себя в области ЭС. Выяснилось, что человеческий язык является не только средством коммуникации, т.к. подобные функции и возможности есть у некоторых видов животных (а обезьяны вообще могут освоить "человеческую речь" до уровня 2-3 летнего ребенка - где как раз и есть только коммуникация). Человеческий язык является средством мышления и самым прямым образом связан с созданием моделей реальной жизни. Если говорить кратко, то системный анализ показал наибольшую адекватность модели ВСО для описания моделей понимания смысла текстов.

Миварные технологии накопления информации позволяют создавать модели для реальной жизни со сверхбольшими объемами данных. Например, при обработке Толкового словаря (Ожегова) был создан граф в многомерном миварном пространстве из 160 тысяч вершин и более 600 тысяч ребер. Одной из важнейших задач стал поиск нахождения подграфа в графе и его обработка. Выяснилось, что при небольшой доработке, с этой "нерешаемой" проблемой отлично и быстро справляется механизм миварного логического вывода. В связи с тем, что пришлось отказаться от традиционной математической лингвистики, пришлось разрабатывать новые методы и модели для понимания смысла текста. Более подробно данные модели изложены в работах. Прежде всего, было решено взять за основу методики обучения слепых детей и исключить все визуальные образы и эмоции, т.к. современный компьютер не имеет подобных систем. Компьютер, в отличие от ребенка, может запомнить любые объемы информации с первого раза. Хотя пришлось сверхподробно описывать все зависимости и особенности предметных областей.

В основу миварного подхода к пониманию смысла текстов была положена модель трехуровневого представления текстов: словоформы; слова; концепты (понятия, для которых "однозначно" зафиксирован смысл). Фактически, концепты - это аналоги конкретных описаний значений слов из толковых словарей. Каждый концепт является уникальным и для него фиксируется контекст и виртуальная личность. При миварном подходе надо определять не только контекст текста, но и персонажа (виртуальную личность) который употребляет эти слова. В целом, если говорить кратко, то смысл текста считается понятным, если каждой словоформе входного текста однозначно соответствует только один концепт. Надо учитывать, что здесь есть 2 уровня неопределенности: каждой словоформе может соответствовать несколько разных слов, а каждому слову может соответствовать несколько концептов.

Отметим, что системы понимания речи и текстов с ошибками добавляют еще два уровня неопределенности: из речи для каждого произнесенного слова получают несколько разных наборов символов, которые представляют собой слова с ошибками. Второй уровень неопределенности возникает при обработке слов с ошибками, т.е. некоторых наборов символов, каждому из которых может соответствовать несколько словоформ.

Кроме этого, правила русского языка можно представлять в виде продукций. Однако надо подчеркнуть, что учет всех исключений и фиксация явно не заданных правил приводит к порождению тысяч правил работы с языком. Впрочем, миварные сети справляются с миллионами правил в реальном времени, поэтому в случае тысяч правил русского языка все происходит очень быстро.

Данные работы по пониманию текстов на русском языке продолжаются, но полученные результаты позволили работать с большими текстами, учитывать много контекстов и выйти на новый уровень по сравнению с традиционными методами математической лингвистики и современными статистическими подходами. Практические результаты можно увидеть на сайте компании МИВАР [31]. В настоящее время

происходит продолжение обучения виртуальных личностей разным предметным областям ("картина мира") [25]. Можно сделать вывод, что использование нового мощного инструмента "миварные экспертные системы" позволило сделать качественный скачок в области понимания смысла текстов и развитии искусственного интеллекта.

Мивары и распознавание образов

После достижения положительных результатов в области понимания смысла текстов с 2013 года был проведен анализ "соседней" области ИИ - распознавание образов, где так же требовались "большие контексты" [24, 30, 34]. Общение со специалистами в распознавании образов подтвердило исчерпанность применяемых традиционных подходов, когда по статистике определяли вероятность распознавания фрагментов изображений. В этой области также требовалась "семантика", под которой понимались некие внешние по отношению к системе распознавания образов признаки понимания фрагментов изображений.

Анализ распознавания образов показал, что здесь также можно выделить рефлексный уровень, когда на уровне "глаз" выделяются основные признаки (цвет, текстура, форма, контур), а потом на уровне "мышления" по этим признакам и полученным ранее данным ("картина мира") надо понимать и описать полученное изображение. В распознавании образов была выделена ключевая проблема: автоматическое тегирование изображений, которое заключается в том, что надо словами (текстом) описать полученное изображение, по аналогии с тем как это делает человек.

Было принято решение по применению миварных экспертных систем для обработки контекстов при распознавании образов. Выяснилось, что понимание текстов исходит из максимально абстрактных терминов "слов", под которыми могут быть зафиксированы многие реальные объекты. А распознавание образов изначально работает с предельно конкретным изображением, которое надо абстрактно описать и связать с ранее накопленной базой знаний ("картиной мира"). Была выдвинута гипотеза, что "тексты" и

"образы" это два разных проявления одной общей базы знаний, называемой "картина мира". Выяснилось, что для распознавания образов можно использовать знания, полученные из обучения текстами. Например, что мяч может лежать на стуле, а софа не может стоять сверху шкафа в обычной обстановке. Наши эксперименты полностью подтвердили эту гипотезу и теперь доказано: картина мира (база знаний) для понимания текстов и распознавания образов должна быть единой. Кроме того, сама это картина мира хранится и обрабатывается в миварной экспертной системе. "Круг замкнулся" и теперь считается доказанным [24, 30, 34]: миварные экспертные системы являются основой и связующим звеном для понимания смысла текстов и интеллектуального распознавания образов. Таким образом, новый мощный инструмент в виде объединения трех миварных технологий позволил успешно решать задачи в трех областях искусственного интеллекта.

Мивары и автономные роботы

Применение миварных технологий для роботов было впервые предложено еще в 2004 году [20]. Однако далее теории тогда развитие не пошло. Однако в ходе успешного развития и практического применения миваров для ЭС, понимания текста и распознавания образов логично возникла гипотеза об исследовании последнего четвертого направления ИИ - создание автономных роботов. С 2014 года на новом уровне развития миварных технологий начались исследования основных проблем робототехнических систем. выяснилось, что и здесь тоже основные исследования ведутся на рефлексном уровне: роботы учатся ходить, держать равновесие и т.п. При этом робототехники ждали появления систем понимания речи, текстов и распознавания образов от других направлений ИИ.

Системный анализ основных проблем создания "мозгов" для роботов выявил необходимость целенаправленного планирования, быстрого реагирования на изменения, управление своим поведением. Основным ограничением ив этой области оказался переборный логический вывод для принятия решений и малые базы данных. После

привлечения в команду специалистов по робототехнике и их обучению достижениям миваров, стартовал проект по созданию "мозгов" для автономных интеллектуальных роботов, которые могут объединяться в гетерогенные группы. Сформулирована задача создания трехуровневой системы управления группой разнородных роботов для совместного решения сложных задач в реальном масштабе времени. Например, есть некое большое автономное транспортное средство (грузовик, самолет или корабль) - первый уровень управления роботами (макси-роботы), которое перевозит группу автономных роботов (мини-роботы), представляющих собой второй уровень управления роботами. А у каждого автономного робота второго уровня есть микро-роботы третьего уровня управления, которыми он может управлять удаленно.

Получается, что самая сложная обработка информации может выполняться на мощных серверах макси-робота. Обеспечение энергией всей группировки роботов и ремонт также выполняется макси-роботом. Основные функции по решению поставленных задач выполняют автономные разнородные мини-роботы, которые могут взаимодействовать между собой в разных конфигурациях. Например, для особой маскировки может включаться режим запрета обмена сообщениями, когда каждый мини-робот видит в пассивном режиме своих напарников, моделирует их возможное поведение, анализирует общую обстановку и принимает самостоятельное решение по выполнению общей задачи. Для отдельных сложных случаев у мини-роботов есть микро-роботы, которые могут отделяться от носителя и выполнять разные функции: проникнуть в малые отверстия при проведении спасательных работ в завалах или обнаружение пострадавших с воздуха и т.п. Важно, что эти микро-роботы являются малыми по размерам и простыми по выполняемым функциям, что делает их легко заменяемыми и управляемыми мини-роботами или макси-роботами. Здесь хорошим научно-техническим заделом оказалась способность миварных ЭС за доли секунды обрабатывать огромные массивы данных, а также минимальные требования миварных технологий к вычислительным ресурсам для

обработки и накопления информации. Отметим, что количество уровней управления может увеличиваться, например когда макси-роботы тоже объединяются в некоторые группы. Возможны различные конфигурации и наборы группировок автономных роботов, но важно подчеркнуть, что возможности миварных технологий и их практических реализаций удовлетворяют самым высоким известным требованиям. Из всех направлений применения миварных систем робототехника является самым молодым, но здесь должны собраться в единую систему достижения ЭС, понимания текстов и распознавания образов.

Заключение

Таким образом, мивары создали новый инструмент, который открывает принципиально новые возможности во всех четырех основных направлениях искусственного интеллекта. Следовательно, миварные технологии накопления (эволюционные многомерные миварные базы данных и правил на основе гносеологического пространства "Вещь-Свойство-Отношение") и обработки (миварные сети на двудольных графах с линейной сложностью логического вывода) информации занимают центральное фундаментальное место и играют важнейшую роль в компьютерных науках, системах искусственного интеллекта и информатике. Миварные технологии и программные продукты являются наследием советской математической школы и созданы полностью в России. Результаты миварных технологий значительно превышают мировой уровень. Мивары позволили выйти на качественно новый уровень исследований в компьютерных науках и в области искусственного интеллекта.

Литература

1. Варламов О.О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство. -М.: Радио и связь, 2002. -288 С. ISBN 5-256-01650-4.
2. Люгер Д.Ф. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем. М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
3. Райбекас А. Я. Вещь, свойство, отношение как философские категории. Томск: Издательство ТГУ, 1977. — 243 с.
4. Чибирова М.О., Сергушин Г.С., Варламов О.О., Елисеев Д.В., Хадиев А.М. Реализация общедоступного миварного универсального решателя задач на основе адаптивного активного логического вывода с линейной сложностью и облачных технологий // Искусственный интеллект. – 2013. – № 3. – С. 512-523.
5. Варламов О.О. Логический искусственный интеллект создан на основе миварного похода! МИВАР: активные БД с линейным логическим выводом > 3млн правил => понимание смысла + сингулярность в виртуальной реальности. Саарбрюкен, Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing Gmbh & Co. KG, 2012. 700 с. ISBN: 978-3-8473-1953-5.
6. Варламов О.О. Алгоритм разреза сети по вершинам и ребрам ее графа сложности $O(n^2)$ // Труды НИИР: Сб. ст. – М., 1997. - 136 с. ISBN5-256-1353-X. С. 92-97.
7. Варламов О.О. Анализ взаимосвязей GRID и САС ИВК, SOA и миварного подхода // Искусственный интеллект. 2005. № 4. С. 4-11.
8. Варламов О.О. Интеллектуальные системы информационной безопасности и системный синтез модели компьютерных угроз // Искусственный интеллект. 2006. № 3. С. 720-727.

9. Варламов О.О. Миварный подход к разработке интеллектуальных систем и проект создания мультипредметной активной миварной интернет-энциклопедии // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2011. № 1. С. 55-64.

10. Варламов О.О. О возможности создания интеллектуальных систем на основе GRID, систем адаптивного синтеза ИВК, сервисно-ориентированной архитектуры и миварного информационного пространства // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета. 2005. № 10. С. 130-140.

11. Варламов О.О. О необходимости перехода от теории искусственного интеллекта к разработке теории активного отражения // Известия ЮФУ. Технические науки. 2007. Т. 77. № 2. С. 89-95.

12. Варламов О.О. Обзор двадцати пяти лет развития миварного подхода к разработке интеллектуальных систем и создания искусственного интеллекта // Труды НИИР. 2011. № 1. С.34-44.

13. Варламов О.О. Основы многомерного информационного развивающегося (миварного) пространства представления данных и правил // Информационные технологии. 2003. № 5. С. 42 - 47.

14. Варламов О.О. Параллельная обработка потоков информации на основе виртуальных потоковых баз данных // Известия вузов. Электроника. 2003. № 5. С. 82-89.

15. Варламов О.О. Практическая реализация линейной вычислительной сложности логического вывода на правилах "если-то" в миварных сетях и обработка более трех миллионов правил // Автоматизация и управление в технических системах. 2013. № 1. С. 60-97.

16. Варламов О.О. Разработка адаптивного механизма логического вывода на эволюционной интерактивной сети гиперправил с мультиактивизаторами, управляемой потоком данных // Искусственный интеллект. 2002. № 3. С. 363-370.

17. Варламов О.О. Разработка линейного матричного метода определения маршрута логического вывода на адаптивной сети правил // Известия вузов. Электроника, № 6, 2002. С. 43-51.

18. Варламов О.О. Разработка метода распараллеливания потокового множественного доступа к общей базе данных в условиях недопущения взаимного искажения данных // Информационные технологии. 2003. № 1. С. 20-28.

19. Варламов О.О. Системный анализ и синтез моделей данных и методы обработки информации для создания самоорганизующихся комплексов оперативной диагностики // Искусственный интеллект. 2003. № 3. С. 299.

20. Варламов О.О. Системы обработки информации и взаимодействие групп мобильных роботов на основе миварного информационного пространства // Искусственный интеллект. 2004. № 4. С. 695-700.

21. Варламов О.О. Создание интеллектуальных систем на основе взаимодействия миварного информационного пространства и сервисно-ориентированной архитектуры // Искусственный интеллект. 2005. № 3. С. 13-17.

22. Варламов О.О. Создание теории активного отражения как обобщения теории искусственного интеллекта и возможность ее реализации в миварном инфопространстве // Искусственный интеллект. 2007. № 3. С. 17 — 24.

23. Варламов О.О. Эволюционные базы данных и знаний. Миварное информационное пространство. Известия ЮФУ. Технические науки. 2007 №2(77) С.77–81

24. Варламов О.О., Адамова Л.Е., Елисеев Д.В., Майборода Ю.И., Антонов П.Д., Сергушин Г.С., Чибирова М.О. Комплексное моделирование процессов понимания компьютерами смысла текстов, речи и образов на основе миварных технологий // Искусственный интеллект. – 2013. – № 4. – С. 15-27.

25. Варламов О.О., Адамова Л.Е., Петерсон А.О., Протопопова Д.А., Скакунова Е.А. Исследование подходов и основных проблем понимания естественного русского

языка // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 2; URL: auts.esrae.ru/10-196 (дата обращения: 15.03.2015).

26. Варламов О.О., Владимиров А.Н., Бадалов А.Ю., Чванин О.Н. Развитие миварного метода логико-вычислительной обработки информации для АСУ, тренажеров, экспертных систем реального времени и архитектур, ориентированных на сервисы // Труды Научно-исследовательского института радио. 2010. № 3. С. 18-26.

27. Варламов О.О., Владимиров А.Н., Носов А.В., Потапова Т.С. Применение многопроцессорного вычислительного кластера НИИР для распараллеливания алгоритмов в научно-технических и вычислительных задачах // Труды Научно-исследовательского института радио. 2009. № 3. С. 120-123

28. Варламов О.О., Владимиров А.Н., Носов А.В., Потапова Т.С. Программный комплекс "УДАВ": практическая реализация активного обучаемого логического вывода с линейной вычислительной сложностью на основе миварной сети правил // Труды Научно-исследовательского института радио. 2010. Т. 1. С. 108-116.

29. Варламов О.О., Сергушин Г.С., Елисеев Д.В., Адамова Л.Е., Майборода Ю.И., Антонов П.Д., Чибирова М.О. О миварном подходе к моделированию процессов понимания компьютерами смысла текстов, речи и образов // Автоматизация и управление в технических системах. 2013. № 2(4); URL: auts.esrae.ru/4-80 (дата обращения: 15.03.2015).

30. Майборода Ю.И., Синцов М.Ю., Озерин А.Ю., Кузин А.А., Варламов О.О. Система автоматического тегирования изображений на основе миварных технологий // Программные системы: теория и приложения. 2014, № 4, С. 159–170.

31. Мивар [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mivar.ru> (дата обращения: 04.03.2015).

32. Чувииков Д.А., Казакова Н.А., Варламов О.О., Хадиев А.М. Анализ технологий трехмерного моделирования и создания 3D объектов для различных интеллектуальных

систем // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 2.1. – С. 84-97.

DOI: 10.12731/2306-1561-2014-2-9.

33. Varlamov O.O. MIVAR: Transition from Productions to Bipartite Graphs MIVAR Nets and Practical Realization of Automated Constructor of Algorithms Handling More than Three Million Production Rules // [Электронный ресурс] 2012 – Режим доступа: <http://arxiv.org/abs/1111.1321>. свободный (Дата обращения: 21.01.2012).

34. Varlamov O.O., Adamova L.E., Eliseev D.V., Mayboroda Yu.I., Antonov P.D., Sergushin G.S., Chibirova M.O. Mivar Technologies in Mathematical Modeling of Natural Language, Images and Human Speech Understanding // International Journal of Advanced Studies. 2013. Т. 3. № 3. С. 17-23.