

УДК 004.82+007.52

О. О. Варламов

Научно-исследовательский институт МИВАР (НИИ МИВАР), г. Москва, Россия  
127521, г. Москва, ул. Октябрьская, 72, ООО МИВАР

## МИВАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

O. O. Varlamov

Research Institute MIVAR (SRI MIVAR), Moscow  
127521, Moscow, st. Oktyabrskaya, 72, ООО MIVAR

## MIVAR TECHNOLOGIES AS SOME AREAS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

O. O. Varlamov

Научно-дослідний інститут МІВАР (НДІ МІВАР), м. Москва  
127521, м. Москва, вул. Жовтнева, 72, ТОВ МІВАР

## МІВАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ДЕЯКІ НАПРЯМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Основной особенностью работы является то, что автор с помощью миварных баз данных и правил объединил в одном программном комплексе разные направления ИИ. Мивары позволили объединить базы данных с логико-вычислительной обработкой и создать новый мощный математический инструмент для решения задач по 4 направлениям в области искусственного интеллекта: экспертные системы; понимание текста; распознавание образов; автономные интеллектуальные роботы.

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

The main distinctive feature of the paper is that the author integrated different AI areas in single software using MIVAR bases of data and rules. MIVARs allowed us to integrate databases with logical computational processing and develop a new powerful mathematical tool for solving problems in 4 areas of artificial intelligence: expert systems, text understanding, image recognition, autonomous intelligent robots.

**Key words:** MIVAR, MIVAR nets, intelligent systems, artificial intelligence, databases, expert systems, meaning understanding, image recognition, robot.

Основною особливістю роботи є те, що автор за допомогою міварних баз даних і правил об'єднав в одному програмному комплексі різні напрями ШІ. Мівари дозволили об'єднати бази даних з логіко-обчислювальною обробкою і створити новий потужний математичний інструмент для вирішення завдань по 4 напрямках у галузі штучного інтелекту : експертні системи ; розуміння тексту ; розпізнавання образів; автономні інтелектуальні роботи .

**Ключові слова:** мівар, міварні мережі , інтелектуальні системи, штучний інтелект, бази даних, експертні системи, розуміння сенсу , розпізнавання образів, робот .

## Введение

В науке возникла возможность материализации человеческих мыслей в виде алгоритмов и программ после создания первых ЭВМ. Люди задумались о возможности создания искусственного интеллекта, и возник вопрос: «могут ли машины мыслить?». К сожалению, тогда сразу возникли непреодолимые трудности в логической обработке и эволюционном накоплении информации. Было определено, что логический вывод является NP-сложной задачей, что затруднило развитие ИИ. 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 [1-31].

Миварные технологии применяются для накопления и обработки информации. В базах данных создана эволюционная миварная модель данных, которая позволила реализовать изменяемые структуры представления данных на основе гносеологических понятий Вещь, Свойство, Отношение. Новое представление продукций в виде двудольного графа миварных сетей позволило решить в частном случае задачу «тысячелетия  $NP = P$ » 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.

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.

В общем случае продукционную модель «Если ... (условие), то ... (действие)» можно представить в следующем виде [1]:

$$I = \langle S; L; A \rightarrow B; Q \rangle,$$

где: S – описание класса ситуаций; L – условие, при котором продукция активизируется;  $A \rightarrow B$  ядро продукции; Q – постусловие. Продукции – это наиболее проработанная и распространенная модель представления знаний. Логический вывод в продукционных системах основан на построении прямой и обратной цепочек заключений [32]. Миварные сети развивают продукции путем представления их в виде двудольных графов, что позволяет выполнять логический вывод с линейной вычислительной сложностью [1-31].

Таким образом, мивары с 2002 года 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. Вместе с тем, миварный подход позволил создать программный комплекс «Конструктор экспертных систем КЭСМИ 1.1», который обрабатывает (выполняет логический вывод) 5 млн производственных правил в секунду на персональных компьютерах.

Для решения задач понимания текстов на русском языке в 17-мерной миварной базе данных и правил реализована информационная модель «Картина мира» на основе «Толкового словаря Ожегова» с несколькими контекстами и представлением миварной сети, содержащей 160 000 объектов (вершин графа) и более 600 000 правил (ребер графа). Для отработки подходов по семантическому распознаванию изображений к этой же многомерной миварной базе данных и правил добавлены несколько тысяч картинок.

Линейная вычислительная сложность логического вывода на миварных сетях позволяет в реальном времени работать с графами сверхбольшой размерности, находить подграфы и сравнивать их между собой для понимания русских текстов и/или распознавания изображений.

Мивары позволили объединить базы данных с логико-вычислительной обработкой и создать новый мощный математический инструмент для решения задач по 4 направлениям в области искусственного интеллекта: экспертные системы; понимание текста на естественном языке (ЕЯ); распознавание образов; автономные интеллектуальные роботы.

Следовательно, развитие миварных технологий и исследование областей их применения являются актуальными.

## Краткая история развития миварных технологий

Проведем анализ 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 заключалась 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.

Как известно, 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 было надо. Поэтому за прошедшие 70 лет было предложено множество различных решений частных задач в определенных ограничениях предметной области. Более того, из учебников мы знаем, что логический вывод – это NP-полная задача и решить ее нельзя. Большинство ученых с этим смирились и не пытались 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».

Важной 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 XX 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 решение многих накопившихся проблем в области ИИ.

Дальнейшее развитие миварных технологий [1-31] 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» в миварных базах данных и правил, создан принципиально новый и очень мощный инструмент для решения многих задач во всех четырех направлениях ИИ. 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 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. В области распознавания образов есть аналогичная проблема, и в связи с этим 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. 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 (сверхинтеллектуальный, 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. 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.

## Миварные 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. Далее 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 появились первые публикации на данную тематику [3]. 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 называли «мивар». Было доказано, что миварная модель данных является обобщением всех известных графо-табличных моделей данных [1].

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 продуктов в виде формализма процедур с явным выделением входных и выходных объектов из продуктов. Оказалось, что модель ВСО позволяет описывать и продукты, если вещь – это объект или переменная из продукции, отношение – это ядро продукции, а свойства используются для анализа ограничений продуктов. В результате получилось, что продукты можно хранить в формализме ВСО, при этом продукты представляются в виде двудольного графа «вещи-отношения» или «объекты-правила».

На следующем этапе миварных исследований было предложено представлять продукты 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 продуктов 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], [2], [12], [13], [23-25], создано несколько вариантов машины миварного логического вывода. В настоящее время самый быстрый вариант миварного вывода реализован А. М. Хадиевым, который 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:

- 1) линейная сложность и огромная скорость логического вывода;
- 2) адаптивность описания и изменения условий задачи без прерывания вывода;
- 3) возможность параллельной обработки на этапах логического вывода;
- 4) достаточность одного компьютера для решения сверхсложных задач;
- 5) снижение себестоимости и возможность создания экспертных систем для решения не «игрушечных», а реальных сложных задач [1-31].

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.

## Миварный подход к пониманию текстов на ЕЯ

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 [21], [22], [26] 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 присуща 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. 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 миллионом правил в реальном времени, поэтому в случае тысяч правил русского языка все происходит очень быстро (в реальном времени).

Для решения задач понимания текста создана подсистема "Обучение" (рис. 1), важную роль в которой играет интерфейс обучения виртуальных личностей [22]. Обучение виртуальной личности заключается в формировании в миварной базе данных и правил персонализированной сети концептов.

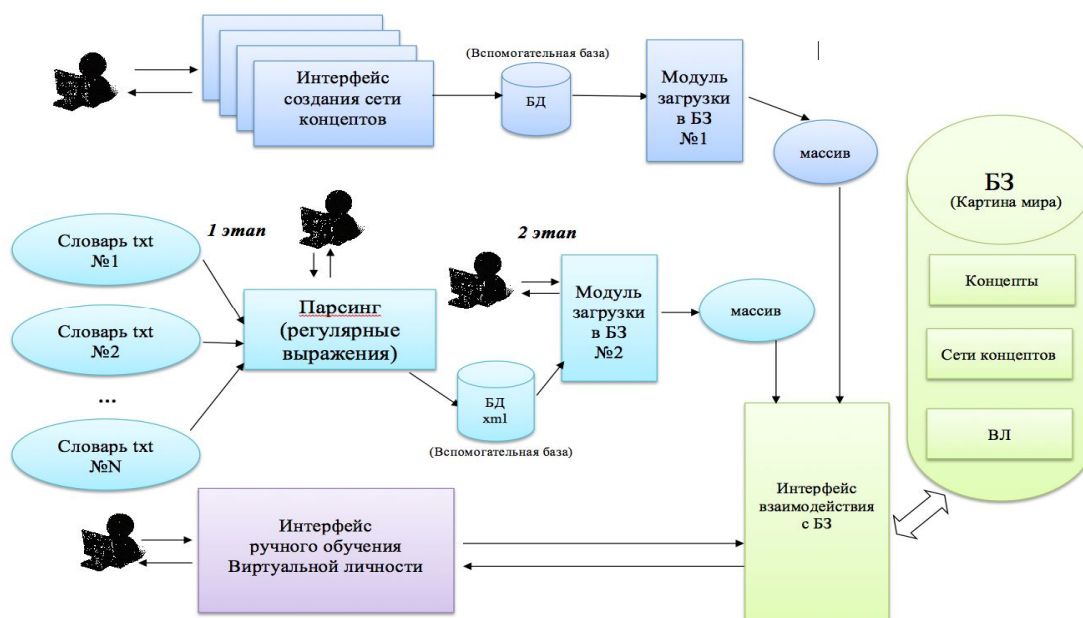


Рисунок 1 – Структура подсистемы «Обучение» на миварных сетях

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 [28]. В настоящее время происходит продолжение обучения виртуальных личностей разным предметным областям («картина мира») [22]. 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 интеллектуальное 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» [21], [27], [31]. Исследования специалистов по распознаванию образов подтвердили 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 понять 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 то, что мяч может лежать на стуле, а софа не может стоять сверху шкафа в обычной обстановке. Для обработки изображений реализован прототип на языке Python с использованием библиотеки OpenCV (рис. 2) [27].

В модуле сегментации происходит выделение масок объектов с использованием методов: Watershed, Grabcut, SWA, Graph Segmentation, SLIC. Далее запускается модуль классификации объектов, где происходит непосредственно распознавание категорий объектов (наделение объектов именами категорий). Для классификации объектов используется концепция BagofWords. Альтернативой классификации объектов через связку модулей сегментатор-классификатор является применение модуля детектирования. В модуле определения признаков происходит определение цвета, текстуры, формы и пространственных отношений (например, «стул находится слева от стола») между объектами. Реализовано определение пола и эмоций (возможные значения: «позитивный», «нейтральный», «негативный») для «лица человека». После опреде-

ления объектов, их свойств и связей между объектами в следующем модуле строится граф вещь – свойство – отношение (ВСО), где вещь – это категория объекта; свойства – цвет, текстура, форма (для объекта «лицо человека» свойствами также являются пол и эмоции); отношения – пространственные отношения. Модуль снятия контекстной неопределенности позволяет уточнять полученные теги путем сравнения графа ВСО с миварной базой знаний. Ложная информация из разбора удаляется в модуле верификации ВСО, который через модуль обращения к миварной базе знаний получает «обученные графы» объектов, которые сопоставляет с полученными графами.

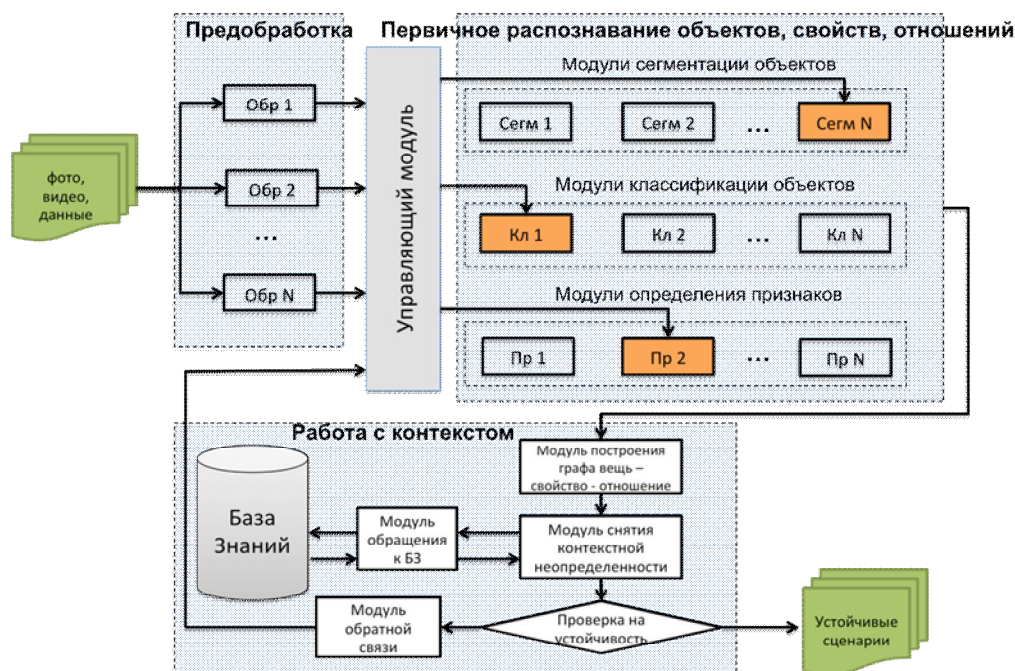


Рисунок 2 – Модульная схема миварной системы распознавания образов

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 эта картина мира хранится и обрабатывается в миварной экспертной системе. «Круг замкнулся» и теперь считается доказанным [21], [27], [31]: 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 системы управления для автономных роботов

Использование миварных технологий для роботов было впервые предложено еще в 2004 году [17]. В ходе успешного развития и практического применения миваров для ЭС, понимания текста и распознавания образов логично возникла гипотеза об исследовании четвертого направления ИИ [1] – 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 систем управления автономными интеллектуальными роботами («мозгов» для роботов) выявил необходимость целенаправленного планирования, быстрого реагирования на изменения, управление своим поведением. Основным ограничением в этой области оказался переборный логический вывод для принятия решений и малые базы данных.

Таким образом, 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 заданием 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.

## Выводы

Рассмотрены проблемы смыслового понимания текста и образов на основе развития продукций в виде миварных двудольных графов. Для понимания текстов на русском языке использована новая экспертная система КЭСМИ. Для решения задач распознавания образов методом автоматического тегирования изображений к ней же добавлены несколько тысяч картинок. Линейная сложность логического вывода на миварных сетях позволяет в реальном времени работать с графами сверхбольшой размерности, находить подграфы в графе для понимания текстов и распознавания изображений.

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 двухдольных 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.

## Список литературы

1. Варламов О. О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство / Варламов О. О. – М. : Радио и связь, 2002. – 288 с.
2. Варламов О. О. Логический искусственный интеллект создан на основе миварного подхода! МИВАР: активные БД с линейным логическим выводом > 3млн правил => понимание смысла + сингулярность в виртуальной реальности / Варламов О. О. – Саарбрюкен, Германия : LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 700 с.
3. Варламов О. О. Алгоритм разреза сети по вершинам и ребрам ее графа сложности  $O(n^2)$  / О. О. Варламов // Труды НИИР : сб. ст. – М., 1997. – С. 92-97.
4. Варламов О. О. Анализ взаимосвязей GRID и САС ИВК, SOA и миварного подхода / О. О. Варламов // Искусственный интеллект. – 2005. – № 4. – С. 4-11.
5. Варламов О. О. Интеллектуальные системы информационной безопасности и системный синтез модели компьютерных угроз / О. О. Варламов // Искусственный интеллект. – 2006. – № 3. – С. 720-727.
6. Варламов О. О. Миварный подход к разработке интеллектуальных систем и проект создания мультипредметной активной миварной интернет-энциклопедии / Варламов О. О. // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2011. – № 1. – С. 55-64.
7. Варламов О. О. О возможности создания интеллектуальных систем на основе GRID, систем адаптивного синтеза ИВК, сервисно-ориентированной архитектуры и миварного информационного пространства / О. О. Варламов // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета. – 2005. – № 10. – С. 130-140.
8. 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.
9. 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.
10. Варламов О. О. Основы многомерного информационного развивающегося (миварного) пространства представления данных и правил / О. О. Варламов // Информационные технологии. – 2003. – № 5. – С. 42-47.
11. Варламов О. О. Параллельная обработка потоков информации на основе виртуальных потоковых баз данных / О. О. Варламов // Известия вузов. Электроника. – 2003. – № 5. – С. 82-89.
12. Варламов О. О. Практическая реализация линейной вычислительной сложности логического вывода на правилах «если-то» в миварных сетях и обработка более трех миллионов правил / О. О. Варламов // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1. – С. 60-97.
13. Варламов О. О. Разработка адаптивного механизма логического вывода на эволюционной интерактивной сети гиперправил с мультиактивизаторами, управляемой потоком данных / О. О. Варламов // Искусственный интеллект. – 2002. – № 3. – С. 363-370.
14. Варламов О. О. Разработка линейного матричного метода определения маршрута логического вывода на адаптивной сети правил / О. О. Варламов // Известия вузов. Электроника. – № 6. – 2002. – С. 43-51.
15. Варламов О. О. Разработка метода распараллеливания потокового множественного доступа к общей базе данных в условиях недопущения взаимного искажения данных / О. О. Варламов // Информационные технологии. – 2003. – № 1. – С. 20-28.

16. Варламов О. О. Системный анализ и синтез моделей данных и методы обработки информации для создания самоорганизующихся комплексов оперативной диагностики / О. О. Варламов // Искусственный интеллект. – 2003. – № 3. – С. 299.
17. Варламов О. О. Системы обработки информации и взаимодействие групп мобильных роботов на основе миварного информационного пространства / О. О. Варламов // Искусственный интеллект. – 2004. – № 4. – С. 695-700.
18. Варламов О. О. Создание интеллектуальных систем на основе взаимодействия миварного информационного пространства и сервисно-ориентированной архитектуры / О. О. Варламов // Искусственный интеллект. – 2005. – № 3. – С. 13-17.
19. Варламов О. О. Создание теории активного отражения как обобщения теории искусственного интеллекта и возможность ее реализации в миварном инфопространстве / О. О. Варламов // Искусственный интеллект. – 2007. – № 3. – С. 17-24.
20. Варламов О. О. Эволюционные базы данных и знаний. Миварное информационное пространство / О. О. Варламов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2007. – № 2(77). – С. 77-81.
21. Комплексное моделирование процессов понимания компьютерами смысла текстов, речи и образов на основе миварных технологий / [Варламов О. О., Адамова Л. Е., Елисеев Д. В. и др.] // Искусственный интеллект. – 2013. – № 4. – С. 15-27.
22. Исследование подходов и основных проблем понимания естественного русского языка / [Варламов О. О., Адамова Л. Е., Петерсон А. О. и др.] // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 2; URL: [auts.esrae.ru/10-196](http://auts.esrae.ru/10-196) (дата обращения: 15.03.2015).
23. Развитие миварного метода логико-вычислительной обработки информации для АСУ, тренажеров, экспертных систем реального времени и архитектур, ориентированных на сервисы / [Варламов О. О., Владимиров А. Н., Бадалов А. Ю., Чванин О. Н.] // Труды Научно-исследовательского института радио. – 2010. – № 3. – С. 18-26.
24. Применение многопроцессорного вычислительного кластера НИИР для распараллеливания алгоритмов в научно-технических и вычислительных задачах / [Варламов О. О., Владимиров А. Н., Носов А. В., Потапова Т. С.] // Труды Научно-исследовательского института радио. – 2009. – № 3. – С. 120-123.
25. Программный комплекс «УДАВ»: практическая реализация активного обучаемого логического вывода с линейной вычислительной сложностью на основе миварной сети правил / [Варламов О. О., Владимиров А. Н., Носов А. В., Потапова Т. С.] // Труды Научно-исследовательского института радио. – 2010. – Т. 1. – С. 108-116.
26. О миварном подходе к моделированию процессов понимания компьютерами смысла текстов, речи и образов / [Варламов О. О., Сергушин Г. С., Елисеев Д. В. и др.] // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 2(4); URL: [auts.esrae.ru/4-80](http://auts.esrae.ru/4-80) (дата обращения: 15.03.2015).
27. Система автоматического тегирования изображений на основе миварных технологий / [Майборода Ю. И., Синцов М. Ю., Озерин А. Ю. и др.] // Программные системы: теория и приложения. – 2014. – № 4. – С. 159-170.
28. Мивар [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mivar.ru> (дата обращения: 04.03.2015).
29. Анализ технологий трехмерного моделирования и создания 3D объектов для различных интеллектуальных систем / [Чувиков Д. А., Казакова Н. А., Варламов О. О., Хадиев А. М.] // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 2.1. – С. 84-97.
30. 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 / О. О. Varlamov // [Электронный ресурс] 2012 – Режим доступа: <http://arxiv.org/abs/1111.1321>. свободный (Дата обращения: 21.01.2012).
31. MivarTechnologies in Mathematical Modeling of Natural Language, Images and Human Speech Understanding / [Varlamov O. O., Adamova L. E., Eliseev D. V. et al.] // International Journal of Advanced Studies. – 2013. – Т. 3. № 3. – С. 17-23.
32. Тузовский А. Ф. Системы управления знаниями (методы и технологии) / Тузовский А. Ф., Чириков С. В., Ямпольский В. З. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005.

## References

1. Varlamov O. O. Jevoľucionnye bazy dannyh i znaniy dlja adaptivnogo sinteza intellektual'nyh sistem. Mivarnoe informacionnoeprostranstvo / Varlamov O. O. – M. : Radio i svjaz', 2002. – 288 s.
2. Varlamov O. O. Logicheskij iskusstvennyj intellekt sozdan na osnove mivarnogo pohoda! MIVAR: aktivnye BD s linejnym logicheskim vyvodom > 3mln pravil => ponimanie smysla + singuljarnost' v virtual'noj real'nosti / Varlamov O. O. – Saarbrjuken, Germanija : LAP LAMBERT Academic Publishing Gmbh& Co. KG, 2012. – 700 s.
3. Varlamov O. O. Algoritm razreza seti po vershinam i rebram ee grafa slozhnosti  $O(n^2)$  / O. O. Varlamov // Trudy NIIR : sb. st. – M., 1997. – S. 92-97.
4. Varlamov O. O. Analiz vzaimosvjazej GRID i SAS IVK, SOA i mivarnogo podhoda / O. O. Varlamov // Iskusstvennyj intellekt. – 2005. – № 4. – S. 4-11.
5. Varlamov O. O. Intellektual'nye sistemy informacionnoj bezopasnosti i sistemnyj sintez modeli komp'juternyh ugroz / O. O. Varlamov // Iskusstvennyj intellekt. – 2006. – № 3. – S. 720-727.
6. Varlamov O. O. Mivarnyj podhod k razrabotke intellektual'nyh sistem i proekt sozdanija mul'tipredmetnoj aktivnoj mivarnoj internet-jenciklopedii / Varlamov O. O. // Izvestija Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN. – 2011. – № 1. – S. 55-64.
7. Varlamov O. O. O vozmozhnosti sozdanija intellektual'nyh sistem na osnove GRID, sistem adaptivnogo sinteza IVK, servisno-orientirovannoj arhitektury i mivarnogo informacionnogo prostranstva / O. O. Varlamov // Izvestija Taganrogskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta. – 2005. – № 10. – S. 130-140.
8. Varlamov O. O. O neobhodimosti perehoda ot teorii iskusstvennogo intellekta k razrabotke teorii aktivnogo otrazhenija // Izvestija JuFU. Tekhnicheskie nauki. – 2007. – T. 77, № 2. – S. 89-95.
9. Varlamov O. O. Obzor dvadcati pjati let razvitija mivarnogo podhoda k razrabotke intellektual'nyh sistem i sozdanija iskusstvennogo intellekta // Trudy NIIR. – 2011. – № 1. – S. 34-44.
10. Varlamov O. O. Osnovy mnogomernogo informacionnogo razvivajushhegosja (mivarnogo) prostranstva predstavlenija dannyh i pravil / O. O. Varlamov // Informacionnye tehnologii. – 2003. – № 5. – S. 42-47.
11. Varlamov O. O. Parallelnaja obrabotka potokov informacii na osnove virtual'nyh potokovyh baz dannyh / O. O. Varlamov // Izvestija vuzov. Jelektronika. – 2003. – № 5. – S. 82-89.
12. Varlamov O. O. Prakticheskaja realizacija linejnoj vychislitel'noj slozhnosti logicheskogo vyvoda na pravilah «esli-to» v mivarnyh setjah i obrabotka bolee treh millionov pravil / O. O. Varlamov // Avtomatizacija i upravlenie v tekhnicheskikh sistemah. – 2013. – № 1. – S. 60-97.
13. Varlamov O. O. Razrabotka adaptivnogo mehanizma logicheskogo vyvoda na jevoľucionnoj interaktivnoj seti giperpravil s mul'tiaktivizatorami, upravljaemoj potokom dannyh / O. O. Varlamov // Iskusstvennyj intellekt. – 2002. – № 3. – S. 363-370.
14. Varlamov O. O. Razrabotka linejnogo matrichnogo metoda opredelenija marshruta logicheskogo vyvoda na adaptivnoj seti pravil / O. O. Varlamov // Izvestija vuzov. Jelektronika. – № 6. – 2002. – S. 43-51.
15. Varlamov O. O. Razrabotka metoda rasparallelivanija potokovogo mnozhestvennogo dostupa k obshhej baze dannyh v uslovijah nedopushhenija vzaimnogo iskazhenija dannyh / O. O. Varlamov // Informacionnye tehnologii. – 2003. – № 1. – S. 20-28.
16. Varlamov O. O. Sistemnyj analiz i sintez modelej dannyh i metody obrabotki informacii dlja sozdanija samoorganizujushhiesja kompleksov operativnoj diagnostiki / O. O. Varlamov // Iskusstvennyj intellekt. – 2003. – № 3. – S. 299.
17. Varlamov O. O. Sistemy obrabotki informacii i vzaimodejstvie grupp mobil'nyh robotov na osnove mivarnogo informacionnogo prostranstva / O. O. Varlamov // Iskusstvennyj intellekt. – 2004. – № 4. – S. 695-700.
18. Varlamov O. O. Sozdanie intellektual'nyh sistem na osnove vzaimodejstviya mivarnogo informacionnogo prostranstva i servisno-orientirovannoj arhitektury / O. O. Varlamov // Iskusstvennyj intellekt. – 2005. – № 3. – S. 13-17.
19. Varlamov O. O. Sozdanie teorii aktivnogo otrazhenija kak obobshhenija teorii iskusstvennogo intellekta i vozmozhnost' ee realizacii v mivarnom infoprostranstve / O. O. Varlamov // Iskusstvennyj intellekt. – 2007. – № 3. – S. 17-24.
20. Varlamov O. O. Jevoľucionnye bazy dannyh i znaniy. Mivarnoe informacionnoe prostranstvo / O. O. Varlamov // Izvestija JuFU. Tekhnicheskie nauki. – 2007. – № 2(77). – S. 77-81.
21. Kompleksnoe modelirovanie processov ponimaniya komp'juterami smysla tekstov, rechi i obrazov na osnove mivarnyh tehnologij / [Varlamov O. O., Adamova L. E., Eliseev D. V. i dr.] // Iskusstvennyj intellekt. – 2013. – № 4. – S. 15-27.
22. Issledovanie podhodov i osnovnyh problem ponimaniya estestvennogo russkogo jazyka / [Varlamov O. O., Adamova L. E., Peterson A. O. i dr.] // Avtomatizacija i upravlenie v tekhnicheskikh sistemah. – 2014. – № 2; URL: auts.esrae.ru/10-196 (data obrashhenija: 15.03.2015).

23. Razvitie mivarnogo metoda logiko-vychislitel'noj obrabotki informacii dlja ASU, trenazherov, jekspertnyh sistem real'nogo vremeni i arhitektur, orientirovannyh na servisy / [Varlamov O. O., Vladimirov A. N., Badalov A. Ju., Chvanin O. N.] // Trudy Nauchno-issledovatel'skogo instituta radio. – 2010. – № 3. – S. 18-26.
24. Primenenie mnogoprocessornogo vychislitel'nogo klastera NIIR dlja rasparallelivaniya algoritmov v nauchno-tehnicheskikh i vychislitel'nyh zadachah / [Varlamov O. O., Vladimirov A. N., Nosov A. V., Potapova T. S.] // Trudy Nauchno-issledovatel'skogo instituta radio. – 2009. – № 3. – S. 120-123.
25. Programmnyj kompleks «UDAV»: prakticheskaja realizacija aktivnogo obuchaemogo logicheskogo vyvoda s linejnoj vychislitel'noj slozhnost'ju na osnove mivarnoj seti pravil / [Varlamov O. O., Vladimirov A. N., Nosov A. V., Potapova T. S.] // Trudy Nauchno-issledovatel'skogo instituta radio. – 2010. – T. 1. – S. 108-116.
26. O mivarnom podhode k modelirovaniju processov ponimaniya komp'juterami smysla tekstov, rechi i obrazov / [Varlamov O. O., Sergushin G. S., Eliseev D. V. i dr.] // Avtomatizacija i upravlenie v tehniceskikh sistemah. – 2013. – № 2(4); URL: auts.esrae.ru/4-80 (data obrashhenija: 15.03.2015).
27. Sistema avtomaticheskogo tegirovanija izobrazhenij na osnove mivarnyh tehnologij / [Majboroda Ju. I., Sincov M. Ju., Ozerin A. Ju. i dr.] // Programmnye sistemy: teorija i prilozhenija. – 2014. – № 4. – S. 159-170.
28. Mivar [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : <http://www.mivar.ru> (data obrashhenija: 04.03.2015).
29. Analiz tehnologij trehnernogo modelirovanija i sozdaniya 3D obektov dlja razlichnyh intellektual'nyh sistem / [Chuvikov D. A., Kazakova N. A., Varlamov O. O., Hadiev A. M.] // Avtomatizacija i upravlenie v tehniceskikh sistemah. – 2014. – № 2.1. – S. 84-97.
30. 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 / O. O. Varlamov // [Jelektronnyj resurs] 2012 – Rezhim dostupa: <http://arxiv.org/abs/1111.1321>. svobodnyj (Data obrashhenija: 21.01.2012).
31. MivarTechnologies in Mathematical Modeling of Natural Language, Images and Human Speech Understanding / [Varlamov O. O., Adamova L. E., Eliseev D. V. et al.] // International Journal of Advanced Studies. – 2013. – T. 3. № 3. – S. 17-23.
32. Tuzovskij A. F. Sistemy upravlenija znanijami (metody i tehnologii) / Tuzovskij A. F., Chirikov S. V., Jampol'skij V. Z. – Tomsk: Izd-vo NTL, 2005.

## RESUME

O. O. Varlamov

### *Mivar Technologies as Some Areas of Artificial Intelligence*

**Background:** The evolutionary mivar data model has been developed in databases, which has allowed us to implement changeable structures of data representation on the basis of epistemic concepts Thing, Property, Relation. Mivar technologies being developed in Russia have integrated evolutionary databases and logical-computational processing with linear complexity of logical inference.

**Materials and methods:** Mivar bases of data and rules not only accumulate data, but also allow us to represent mivar nets and implement logical processing in the databases. The article addresses the problems of text and image meaning understanding on the basis of development of productions in the form of mivar bipartite graphs. The new expert system KESMI has been used for understanding texts in the Russian language. To solve the task of image recognition by using the method of automated image tagging several thousand images have been added.

**Results:** Mivar expert systems are the basis and key link for text meaning understanding and intelligent image recognition. A new powerful tool in the form of integration of three mivar technologies has allowed us to solve tasks in three fields of artificial intelligence successfully. The task of developing three level management system of heterogeneous robot group for solving complex tasks jointly in real time has been formulated.

**Conclusion:** The results of mivar technologies exceed world level significantly. Mivars have allowed us to reach a qualitatively new level of research in computer sciences and in the field of artificial intelligence.

Статья поступила в редакцию 06.07.2015.