

УДК 004.8 + 007.5

DOI: 10.35330/1991-6639-2021-3-101-5-20

MSC: 68T35

## ОБЗОР 18 МИВАРНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ, СОЗДАНЫХ НА ОСНОВЕ MOGAN

О.О. ВАРЛАМОВ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
105005, г. Москва, 2-я Бауманская улица, 5, стр. 1  
E-mail: edu@bmstu.ru

<sup>2</sup> МАДИ, НИИ МИВАР, РФЯЦ ВНИИЭФ ИЦТ  
ovar@narod.ru

*Исследования миварных технологий логического искусственного интеллекта позволили создать в 2020 году новый мощный, универсальный и быстрый инструмент, который назван «мно-гомерная открытая гносеологическая активная сеть» – MOGAN. Этот инструмент позволяет быстро и просто конструировать алгоритмы и работать с логическими рассуждениями формата «Если, То», его можно использовать для моделирования причинно-следственных зависимостей в разных предметных областях и создания баз знаний прикладных систем искусственного интеллекта нового поколения. Проведен анализ примеров создания 18 миварных экспертных систем в 2020 г., которые подтвердили универсальные возможности миварных сетей по логическому моделированию в КЭСМИ Wi!Mi «Разуматор» для совершенно разных областей. Прикладные области применения миварных экспертных систем постоянно расширяются, что обосновывает необходимость расширения спектра научных исследований на уровне логики в области искусственного интеллекта и дискретной математики.*

**Ключевые слова:** мивар, миварные сети, искусственный интеллект, экспертная система, системы, основанные на правилах, MOGAN, MIPRA, СППР, КЭСМИ, Wi!Mi, «Разуматор», миварная научная школа, большие знания, сети знаний, графы знаний.

Поступила в редакцию 31.05.2021

**Для цитирования.** Варламов О.О. Обзор 18 миварных экспертных систем, созданных на основе MOGAN // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 3 (101). С. 5-20.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Как известно, экспертные системы (ЭС) разрабатываются в области искусственного интеллекта (ИИ) и предназначены для принятия решений, управления, обработки информации и прогнозирования. Напомним, что в Государственном рубрикаторе научно-технической информации (ГРНТИ) в разделе 28 «Кибернетика» есть подраздел 28.23 «Искусственный интеллект», в котором есть пункт 28.23.35 «Экспертные системы». Кроме того, современные экспертные системы соответствуют дорожной карте развития «сквозной» цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект» по субтехнологии «Рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений». Таким образом, проблема создания современных логически рассуждающих экспертных систем, основанных на правилах (Rule-Based Systems) и причинно-следственных зависимостях, является актуальной.

Миварные технологии логического ИИ [1] развиваются в разных научных направлениях, включая и создание новых экспертных систем по разным предметным областям для перехода к работе с «Большими Знаниями». Так как эти экспертные системы используют линейной вычислительной сложности [1] миварный алгоритм логического вывода на па-

раметрах и правилах [2], их принято выделять в отдельный класс экспертных систем реального времени и называть «миварные экспертные системы» (МЭС). МЭС являются технологической основой всех миварных технологий.

В научной литературе опубликованы различные дополнения [3] к «базовому миварному алгоритму» [4], разработаны машина логического вывода [5] и компьютерная система [6], показано, что миварные сети обобщают подходы, основывающиеся на онтологиях и когнитивных картах [7]. Автоматизированное построение маршрута логического вывода в миварной базе знаний запатентовано в 2015 г. [8]. Создание в 2015 году программного комплекса КЭСМИ Wi!Mi «Разуматор» [9] позволило перейти к практическому созданию миварных экспертных систем (МЭС) для самых разных предметных областей и прикладных задач. Отметим, что к настоящему времени уже более 5 тысяч человек использовали КЭСМИ Wi!Mi для научных исследований и решения практических задач.

Обосновано, что миварный подход играет важную роль в компьютерных науках, системах искусственного интеллекта и информатике [10], что обусловлено применением миварных технологий для создания АСУ ТП [11] в разных сферах: автомобильной [12], дорожной [13], городском транспорте [14], для соблюдения правил дорожного движения [15] и анализа ДТП [16]. Таким образом, миварный подход является основой качественного перехода на новый уровень в области ИИ [17], позволяющий создавать интеллектуальные вопросно-ответные системы «Миварный виртуальный консультант» [18], ставить в медицине диагнозы по симптомам [19] и создать экспертную систему в предметной области школьного образования «Геометрия» [20], а также для применения экспертного моделирования в получении новых знаний человеком [21]. Миварный подход позволил соединить разные научные направления, например, робототехнику и ЭС: предложена метрика автономности и интеллектуальности робототехнических комплексов (РТК) и киберфизических систем [22], планирование движения мобильного сервисного робота [23] и вычисление произвольных алгоритмов функционирования сервисных роботов [24] на основе МЭС с перспективой создания автономных интеллектуальных роботов [25], способных к интеллектуальному планированию поведения роботов в пространстве состояний [26]. В работе [27] показано успешное применение миварных экспертных систем для MIPRA – решения задач планирования действий робототехнических комплексов в реальном времени (STRIPS-планирование).

Обзор достигнутых результатов развития миварных технологий показывает, что сделано уже достаточно много, и необходимо представить полученную научную новизну исследований. Для миварных экспертных систем, которые могут не только находить логический вывод на правилах «Если, То», но и конструировать алгоритмы в формализме «Дано, Найти» с последующим их выполнением и получением обратной связи от датчиков [2–27], выделим на основе анализа паспорта научной специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» следующие направления новых научных исследований:

- 1) формализация задач принятия решений и обработки информации в виде создания новых моделей, методов и алгоритмов;
- 2) разработка моделей описания задач принятия решений и обработки информации;
- 3) разработка методов и алгоритмов решения задач принятия решений и обработки информации;
- 4) разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем принятия решений и обработки информации;
- 5) разработка проблемно-ориентированных систем принятия решений.

Миварные экспертные системы применяют как для систем поддержки принятия решений (СППР), так и для автоматических систем принятия решений (СПР) в программных роботах (РРА) и автономных интеллектуальных робототехнических комплексах. Более

того, миварный подход является достаточно универсальным и позволяет решать простые задачи с последующим их объединением в сложные многофункциональные управляющие комплексы или системы принятия решений, которые также называют «рекомендательными системами». Напомним важное свойство миварных сетей: это «белый ящик», в котором всегда можно проследить, почему МЭС пришла к такому выводу или в каком порядке и из каких модулей построила свой алгоритм принятия решения. Всего в 2020 году было выполнено исследование 18 новых предметных областей с точки зрения возможности создания МЭС. Таким образом, тематика работы актуальна и имеет высокую практическую значимость.

## 2. MULTIDIMENSIONAL OPEN GNOSEOLOGICAL ACTIVE NET – MOGAN

Прежде всего надо отметить, что в 2020 году было проведено обобщение миварных технологий на основе анализа достигнутых научных результатов, что позволило создать новый научный формализм – «многомерная открытая гносеологическая активная сеть» – Multidimensional open gnoseological active net (MOGAN). MOGAN основана на объединении эволюционного миварного информационного пространства «Вещь – Свойство – Отношение» и миварных двудольных сетей с линейной вычислительной сложностью логического вывода [1–27]. Таким образом, MOGAN объединяет достоинства этих двух математических аппаратов и позволяет создать универсальный инструмент ИИ для одновременного накопления и быстрой обработки информации. Получаем, что именно на основе MOGAN создан программный комплекс Wi!Mi [9] по конструированию экспертных систем нового поколения, который на тестах на одном обычном компьютере позволяет строить алгоритмы решения со скоростью более 5 миллионов продукционных правил формата «Если, То». Описания разных достаточно сложных предметных областей, например, «Геометрия», «Физика» или «Анализ дорожно-транспортных происшествий» содержат от 300 до 500 правил. Следовательно, создание научного инструмента, способного в реальном времени обрабатывать миллионы правил, позволяет «раздвинуть горизонты» научного моделирования и переходить к реальной обработке «Больших Знаний» – нового научного термина 2020 года. Как видим, в 2020 году путем создания MOGAN заложены основы по переходу к работе с «Большими Знаниями».

Покажем основные свойства MOGAN. Так как инструмент MOGAN создан на основе миварных технологий, то наследует все их основные достоинства:

1. Эволюционное накопление любых сведений в многомерной базе данных с изменяемой структурой на основе гносеологической модели «Вещь – Свойство – Отношение».
2. Открытость к изменениям – в любой момент можно добавить как данные, так и правила, а после выполнения необходимых контрольных процедур можно автоматически продолжить решение задач.
3. Быстрота – кардинальное снижение вычислительной сложности построения алгоритмов позволяет обрабатывать более 5 млн правил/сек.
4. Активность – на основе базы знаний (БЗ) и выполняющегося логического вывода можно автоматически определять, какие исходные данные необходимы для решения задачи.
5. «Легкость» – низкие требования к вычислительному оборудованию для функционирования системы вплоть до решения сложных задач на смартфонах.
6. Экономия энергии – «легкость» MOGAN сильно сокращает затраты на электричество.
7. Встраивание в малые устройства – низкие требования к оборудованию позволяют использовать продукт для «интернета вещей» и других киберфизических систем.
8. Междисциплинарность – эволюционное накопление знаний позволяет объединить в одном продукте разные базы знаний для разных областей.
9. Простота обучения – работе с нашими продуктами быстро обучаются разные специалисты и отлично справляются даже школьники.

10. Легкость обучения БЗ – фактически БЗ обучаются по типу воспитания детей, когда подробно и мелкими шагами закладывают все основные логические зависимости и знания.

11. Семантическая интероперабельность и возможность объединения баз знаний различных предметных областей в единое информационно-управляющее пространство и создание активной энциклопедии, которая будет выдавать алгоритм решения, а не ссылки.

12. Для многоагентных систем можно создавать сверхумных компактных агентов, возможности каждого из которых превышают человеческие, и др.

В целом наш инструмент MOGAN совместим со многими уже разработанными продуктами, включая нейросетевые и другие, что позволяет реализовать в любой системе рассуждения на уровне выше «здорового смысла» человека. Уже созданы, проверены и сданы в эксплуатацию программные комплексы в области экспертных систем, понимания смысла текстов на естественном языке и принятия решений для автономных роботов, киберфизических систем и интернета вещей. Кроме того, большие объемы причинно-следственных (каузальных) логических продукционных правил и входящих в них объектов, описываемых в формализме многомерных миварных сетей, предложено называть «Большими Знаниями». Еще одним новым научным достижением 2020 года может стать то, что инструмент формализации, моделирования, принятия решений и обработки информации MOGAN достаточно универсален и может стать фундаментом для создания сильного и/или общего искусственного интеллекта (AGI).

### 3. ОБЗОР НОВЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИМЕРОВ СОЗДАНИЯ МЭС

В 2020 году на основе MOGAN были продолжены научные и практические работы по созданию МЭС. Рассмотрим для примера 18 выполненных проектов по тематике создания миварных баз знаний и их программных реализаций в КЭСМИ в виде конкретных МЭС. Сначала указаны ФИО проектной группы. Проекты приведены в алфавитном порядке по фамилиям участников проектных групп.

1. Аладин Д.В., Ромичева Е.В., Чекулина М.Ю. Проект «Использование МЭС для предметной области «Правила дорожного движения» (ПДД)». Продукционные правила в формализме «Если, То» позволяют формализовать ПДД. МЭС на основе КЭСМИ «Разуматор» способны в реальном времени обрабатывать получаемую от системы технического зрения информацию о дорожной ситуации и строить такие алгоритмы действий водителя, которые полностью соответствуют правилам дорожного движения. Предложенная концепция построения Миварной системы контроля (МСК) ПДД отвечает требованию экономической доступности продукта для широкого круга пользователей. МСК ПДД могут быть встроены в новые автомобили или установлены в качестве дополнительного оборудования на уже используемые машины. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации в области ПДД; разработке новой модели описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений для области автомобильных правил дорожного движения.

2. Аладина Е.В., Аладин Д.В. Проект «Создание логической интеллектуальной системы обеспечения ухода за растениями (ЛИС ОУР) на основе МЭС». Обоснована необходимость применения МЭС для реализации автоматизированных ферм в городской среде и сельском хозяйстве. В КЭСМИ создан программный прототип ЛИС ОУР. Показана работа МЭС в контуре управления с циклическим и календарным планированием процессов. Гибкость и масштабируемость МЭС позволяют создавать системы управления теплицами, которые учитывают индивидуальные особенности роста культур, принимают решения в условиях разнородных данных с датчиков и своевременно корректируют процесс выращивания растений. Полученный опыт можно использовать для сельского хозяйства.

Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации в области обеспечения ухода за растениями и сельского хозяйства; разработке новой модели описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений для области обеспечения ухода за растениями и сельского хозяйства. Кроме того, впервые разработан новый метод решения задач принятия решений и обработки информации путем применения миварных экспертных систем в контуре управления с циклическим и календарным планированием процессов.

3. Березин И.С., Барашкова Е.С., Лузин Д.С., Ореликов М.Г., Белоногов И.Б. Проект «МЭС подбора оптимальной системы контроля и управления доступом (СКУД) для предприятий». Обоснована целесообразность применения МЭС для подбора оптимальной СКУД для различных предприятий. Спроектирована и создана в среде КЭСМИ Wi!Mi «Разуматор» экспертная система «Смета СКУД», которая позволяет упростить процесс выбора СКУД путем отбора требуемых средств СКУД в соответствии с индивидуальными потребностями заказчика, поиска компаний, поставляющих весь спектр отобранных средств и составления сметы с указанием итоговой стоимости средств по каждой из компаний. Определены классы, отношения и правила предметной области в миварной базе знаний. Показано, что после ввода входных данных пользователем по требуемым компонентам СКУД МЭС начинает работу по расчету стоимости заказа клиента, выдавая при этом список компаний, которые смогут выполнить данный заказ и поставить клиенту запрошенные им компоненты СКУД. Для обоснования полученных решений по принципу «белого ящика» в работе показана возможность формирования графа решения МЭС «Смета СКУД». Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации в области СКУД; разработке новой модели описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений для области построения систем контроля и управления доступом для предприятий.

4. Бушуев Р.А., Девяткин А.В., Зыков Д.А., Шоскальне В.М., Булатова И.Г. Проект «Разработка базы знаний МЭС для создания сайтов для людей с недостатками по зрению». Проект посвящен проблеме реабилитации инвалидов, в том числе для взаимодействия слабовидящих и незрячих людей с компьютерами. Существующие решения, называемые ассистивными технологиями, позволяют лишь частично устранить социальный барьер информационного пространства. В рамках проекта созданы миварная база знаний и прототип в КЭСМИ, который помогает разработать доступную программную среду, использование которой не будет вызывать непонимание как у людей с проблемами зрения, так и без них. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации в области создания сайтов для людей с недостатками по зрению; разработке новой модели описания и нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений для создания сайтов для людей с недостатками по зрению.

5. Гаранов К.В., Самохвалов А.Э., Максаков А.А., Виноградова М.В., Лужевский Д.В. Проект «Создание МЭС функционирования компьютерных сетей для их контроля и мониторинга в реальном времени». Обосновано применение МЭС для контроля и мониторинга в реальном времени функционирования компьютерных сетей. Как известно, для принятия решений в сложных и нестандартных ситуациях целесообразно применять МЭС. Причинно-следственные зависимости в виде продукционных правил в формализме «Если, То» позволяют формализовать правила для решения этой задач. Использование миварных технологий позволяет преобразовать сложные алгоритмы действий в формальные пара-

метры и правила, которые находятся внутри системы, выполняются автоматически без участия пользователей при помощи интеграции с системами управления оборудованием. При этом повышается простота использования систем сотрудниками технической поддержки, что в свою очередь позволяет компании экономить средства на содержании большого штата квалифицированных сотрудников. МЭС способны в реальном времени обрабатывать получаемую информацию о состоянии оборудования и строить алгоритмы действий для сотрудников или автоматических систем. В перспективе полученные результаты можно внедрять в систему мониторинга сетевого оборудования для оснащения ее функционалом прямых рекомендаций, повышения клиентоориентированности компании и обеспечения стабильности работы сети провайдера. Благодаря высокой скорости логических вычислений МЭС открывают широкие возможности для реализации в реальном времени систем помощи и систем принятия решений, что важно для области сетей связи. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации в области контроля и мониторинга в реальном времени функционирования компьютерных сетей; разработке новой модели описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений для области построения систем контроля и мониторинга функционирования компьютерных сетей в реальном времени.

6. Голубев И.И., Харлашкин А.И., Извин А.В., Хустнетдинов Д.Р., Аксенова М.В. Проект «Создание МЭС для определения силы карточной комбинации в целях ускорения симуляции игры в покер». Создана новая математическая модель в формализме миварных сетей, которая определяет силы карточных комбинаций у сидящих за столом игроков при многократной симуляции текущей ситуации покерной партии. Эта модель реализована в программе КЭСМИ и разработана МЭС для принятия решений при игре в покер. Во время каждой итерации у игроков карты генерируются случайно из множества карт, которые не представлены на столе и не находятся у игрока. Если у некоторого игрока самая старшая комбинация, то ему засчитывается победа. После многократного числа повторений симуляций игры в покер набирается статистика, с помощью которой определяется вероятность победы. Применение МЭС ускоряет процесс симуляции и позволяет собирать статистику больших объемов, что увеличивает определение точности вероятности победы. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации в области определения силы карточной комбинации для принятия решений при игре в покер; разработке новой модели описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений для симуляции игры в покер. Кроме того, разработан новый метод решения задач принятия решений и обработки информации путем применения миварных экспертных систем для создания и разметки обучающих выборок (дата-сетов) для нейросетевых подходов, что позволяет объединять логику и статистику.

7. Кайнов П.И., Максаков А.А., Чувилов Д. А., Аксенов А.Н. Проект «МЭС для транспортной логистики». Предложено применить МЭС для решения задач транспортной логистики. На основе миваров создана АИС транспортной логистики, в которой реализованы задачи поиска подходящего по заданным критериям транспортного средства, а также вычисление времени, необходимого для доставки груза до клиента. Созданная система отвечает требованиям экономической доступности и может быть использована в логистических компаниях. С помощью этой системы работники логистических компаний смогут намного быстрее выполнять свою работу, т.к. им нужно будет только вводить исходные данные, а расчеты и выводы система сделает за них автоматически. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки инфор-

мации в области решения задач транспортной логистики; разработке новой модели описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений для задач транспортной логистики.

8. Ким Хохён, Белоногов И.Б., Чувиков Д.А., Аладин Д.В., Адамова Л.Е. Проект «МЭС диагностики сахарного диабета». Обосновано применение МЭС для диагностики сахарного диабета. Показан порядок создания такой системы: сначала создают базу знаний в виде миварной сети (параметров и правил), затем заносят ее в КЭСМИ, получают параметры человека и выполняют диагностику диабета. Создан прототип миварной базы знаний в виде таблиц параметров и правил из 62 параметров и 27 правил. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации в области диагностики сахарного диабета; разработке новой модели описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений для диагностики сахарного диабета.

9. Лещев А.О., Лясковский М.А., Мельников К.И., Гапанюк Ю.Е. Проект «МЭС для оценки объема большого графа в зависимости от его представления». Обоснована возможность использования МЭС для оценки объема графа в зависимости от его представления. Проанализированы следующие методы представления больших графов: 1) матрица смежности; 2) список ребер; 3) векторное представление. Моделирование в КЭСМИ показало следующие результаты: векторное представление связей и представление связей в виде матрицы смежности зависят практически линейно от числа вершин и не зависят от числа связей, при этом векторное представление растет гораздо медленнее. Список связей выигрывает только при малом количестве связей, он быстро теряет свою эффективность при росте числа связей. Показано, что векторный метод представления связей в больших графах является перспективным для всех графов за исключением очень разреженных. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации в области оценки объема графа в зависимости от его представления; разработке новой модели описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений для задач оценки объема графа в зависимости от его представления. Кроме того, такой подход позволяет применять экспертные системы для решения задач математического моделирования на примере больших и сверхбольших графов.

10. Повираева М.Л. Проект «МЭС для технического обслуживания и ремонта (ТОИР) наземных комплексов управления дальнего космоса». Обоснована целесообразность применения миварных технологий логического искусственного интеллекта для создания экспертных систем в области технического обслуживания и ремонта наземных комплексов управления дальнего космоса. Разработана миварная база знаний, на основе технологии MOGAN создан программный прототип в КЭСМИ Wi!Mi «Миварная система контроля технического состояния объекта» и представлен пример графа решения этой системы. Показано, что разработка миварных систем мониторинга оборудования и ТОИР является хорошо реализуемой, актуальной, важной научной и практически полезной задачей. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации в области технического обслуживания и ремонта наземных комплексов управления дальнего космоса; разработке новой модели описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений в области технического обслуживания и ремонта наземных комплексов управления дальнего космоса.

11. Пьянзин С.А., Белоногов И.Б. Проект «МЭС подбора аналогов строительных материалов». Обоснована возможность создания базы знаний для МЭС подбора аналогов строительных материалов (рекомендательная система). Разработанная модель базы знаний позволяет подобрать аналоги к существующим строительным материалам с учетом пожеланий заказчика. БЗ может быть значительно расширена путем увеличения количества входных и выходных параметров, а также правил выбора подбора аналогов строительных материалов, сделав модель более адекватной. Благодаря мощности КЭСМИ открываются широкие возможности для реализации быстродействующих систем помощи инженерам и строителям. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации в области подбора аналогов строительных материалов; разработке новой модели описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений для подбора аналогов строительных материалов.

12. Савельева М.А. Проект «МЭС обеспечения работы сотрудников криминалистических лабораторий». Обоснована возможность разработки миварных баз знаний и применения МЭС для обеспечения работы сотрудников криминалистических лабораторий. Создана база знаний в виде миварной сети правил для четырех экспертиз: «Определение биологического возраста по структурным изменениям почек», «Определение силы удара при падении человека на плоскость», «Определение массы тела человека по метрическим параметрам» и «Расчет максимальной концентрации алкоголя в крови человека». В едином программном комплексе на вход будут приходиться различные параметры «Дано – Найти», а КЭСМИ «Разуматор» будет строить алгоритм от «Дано» к «Найти» и выполнять требуемые вычисления. Всего для этих четырех экспертиз создано более 100 шт. элементарных логических правил, а заранее написанного алгоритма расчета для всех экспертиз не существует. В дальнейшей перспективе запланировано развитие и обучение МЭС и расширение ее возможностей на большее количество экспертиз. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации в области обеспечения работы сотрудников криминалистических лабораторий; разработке новой модели описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений для обеспечения работы сотрудников криминалистических лабораторий по проведению различных экспертиз.

13. Семенов А.А., Попков В.Е., Григорьев Е.А., Майорский А.А., Адамова Л.Е. Проект «МЭС в сфере автоматизированной покупки рекламы на аукционе по протоколу OpenRTB на основании поиска пересечения двух динамических дискретных множеств за 150 мкс». Проведен анализ рынка автоматизированной покупки рекламы Programmatic Buying. Показана возможность применения МЭС для покупки рекламы на аукционе по протоколу OpenRTB. Построена миварная модель знаний в КЭСМИ и создан программный комплекс для принятия решения менее, чем за 150 мкс об участии в рекламном аукционе на основании поиска пересечения двух динамических дискретных множеств на примере OpenRTB. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации в сфере автоматизированной покупки рекламы на аукционе по протоколу OpenRTB; разработке новой модели описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений в сфере автоматизированной покупки рекламы на аукционе по протоколу OpenRTB. Впервые показана возможность применения МЭС для задач сравнения динамических многомерных векторов в реальном времени, что открывает совершенно новую область для миварных технологий, например, при решении задач распознавания образов и понимания смысла изображений с учетом контекстов заранее созданной «Картины мира» требуемой предметной области.



14. Сурикова О.В., Самохвалов А.Э. Проект «МЭС для оценки сложности текстов». Целью любого текста является донесение информации до читателя, и эта цель будет достигнута более эффективно, если текст будет написан в доступной для читателя форме. Поэтому определение сложности текстов является важной и нужной процедурой. Для оценки простоты текста для понимания читателя авторами проекта разработана модель миварной базы знаний. В результате работы создана МЭС оценки сложности текстов, в которой были реализованы следующие способы оценки сложности текстов: автоматический индекс удобочитаемости (ARI), индекс Колман-Лиану, индекс удобочитаемости Флеша, формула Дэйла-Чалл, тест SMOG. Разработанная МЭС может быть использована для разных областей деятельности: от составления автоматизированных учебных пособий до области SEO при создании web-сайтов. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации для оценки сложности текстов; разработке новых моделей описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений для определения сложности текстов.

15. Сурин С.А., Силантьева Е.Ю. Проект «МЭС поиска книг». Обоснована возможность создания базы знаний для МЭС поиска книг, которая может быть использована в качестве рекомендательной системы. Разработанная база знаний позволяет подобрать книги с учетом различных пожеланий читателя или покупателя. В перспективе эта эволюционная модель знаний может быть существенно расширена путем увеличения количества правил выбора, входных и выходных параметров. Благодаря мощности КЭСМИ возможна реализация в реальном времени рекомендательных систем для читателей и покупателей книг. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации для поиска книг; разработке новых моделей описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений для решения задач в области поиска книг.

16. Угрянский Д.В., Федосеев Д.А., Чертилин А.А., Чувииков Д. А., Яковлева Г.Л. Проект «МЭС для скоринга в автостраховании». Обосновано применение МЭС для скоринга в автостраховании на примере ОСАГО. Спроектирована и создана в среде КЭСМИ Wi!Mi «Разуматор» автоматизированная скоринговая система в сфере автострахования. Созданы примеры определения классов, отношений, правил и ограничений в миварной базе знаний. Скоринговая система реализована в КЭСМИ, и показан пример расчета стоимости полиса. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации для скоринга в автостраховании; разработке новых моделей описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений для реализации скоринга в автостраховании.

17. Щеглов Д.С., Яковлева Г.Л. Проект «МЭС подбора аналогов компьютерных компонентов и запасных частей». Обоснована возможность создания БЗ для МЭС подбора аналогов компьютерных компонентов и запасных частей. Разработанная концепция позволит подбирать качественные аналоги к компьютерным запасным частям с учетом различных пожеланий пользователей. БЗ может быть расширена путем увеличения количества входных и выходных параметров, а также правил подбора аналогов компьютерных компонентов и запасных частей. Открываются новые возможности для реализации быстродействующих рекомендательных систем помощи инженерам, системным администраторам и пользователям при покупке компьютерных компонентов и запасных частей. Научная новизна данного проекта заключается в формализации задач принятия

решений и обработки информации для подбора аналогов компьютерных компонентов и запасных частей.

18. Шукин А.С., Силантьева Е.Ю. Проект «МЭС подбора аналогов автомобильных запчастей». Обоснована возможность создания БЗ для МЭС подбора аналогов автомобильных запчастей (рекомендательная система). Разработанная база знаний позволяет подобрать качественные аналоги к автомобильным запасным частям с учетом различных предпочтений автолюбителей и автомехаников. Как и ранее разработанная модель знаний, может быть значительно расширена путем увеличения количества входных и выходных параметров, а также правил подбора качественных аналогов автомобильных запасных частей, сделав модель более упругой и отзывчивой. Благодаря высокой вычислительной мощности миварных КЭСМИ «Разуматор» открываются широкие возможности для реализации быстродействующих рекомендательных систем помощи инженерам и автомеханикам. Научная новизна данного проекта заключается в: формализации задач принятия решений и обработки информации для подбора аналогов автомобильных запчастей; разработке новых моделей описания, нового специального математического и алгоритмического обеспечения системы принятия решений и разработке новой программной проблемно-ориентированной системы принятия решений – миварной экспертной системы для подбора аналогов автомобильных запчастей.

#### 4. НАУЧНАЯ НОВИЗНА И РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЭС ДЛЯ СОЗДАНИЯ «БОЛЬШИХ ЗНАНИЙ»

В данной работе проанализированы примеры создания 18 новых миварных экспертных систем и обоснованы научная новизна и практическая полезность проведенных исследований в 2020 году. Научная новизна состоит в следующем:

- 1) формализация задач принятия решений и обработки информации для 18 новых предметных областей в виде двудольных ориентированных миварных сетей;
- 2) разработка 18 новых математических моделей описания предметных областей;
- 3) разработка нового специального математического и алгоритмического обеспечения систем принятия решений в виде формализованной модели предметной области в формате миварных сетей «Переменная, Правило» «P, R»;
- 4) разработка новых методов и алгоритмов решения задач принятия решений и обработки информации путем применения МЭС в контуре управления с циклическим и календарным планированием процессов;
- 5) разработка новых программных проблемно-ориентированных систем принятия решений.

Важно отметить качественные расширения области применения экспертных систем за счет возможности принятия решений на «Больших Знаниях» в реальном времени:

1. Разработан новый метод решения задач принятия решений и обработки информации путем применения миварных экспертных систем в контуре управления с циклическим и календарным планированием процессов.
2. Разработан новый метод решения задач принятия решений и обработки информации путем применения миварных экспертных систем для создания и разметки обучающих выборок (дата-сетах) для нейросетевых подходов, что позволяет объединять логику и статистику.
3. Разработан новый метод применения экспертных систем для решения задач математического моделирования на примере больших и сверхбольших графов.
4. Показана возможность создания экспертных систем в области технического обслуживания и ремонта.
5. Впервые показана возможность применения МЭС для задач сравнения динамических многомерных векторов в реальном времени, что открывает совершенно новую об-

ласть для миварных технологий, например, при решении задач распознавания образов и понимания смысла изображений с учетом контекстов заранее созданной «картины мира» требуемой предметной области.

## 5. ВЫВОДЫ

В обзоре проанализированы 18 примеров научных проектов создания миварных баз знаний и экспертных систем, которые расширяют проблемные области применения миварных технологий, добавляя рекомендательные системы реального времени, системы технического обслуживания и ремонта, а также сравнения многомерных векторов. Научная новизна данного обзора проектов по применению технологии MOGAN в 2020 году заключается в следующем: формализация 18 новых предметных областей в виде двудольных ориентированных миварных сетей; разработка 18 новых математических моделей описания предметных областей; разработка специального математического обеспечения в виде формализованной модели предметной области в формате миварных сетей «Переменная, Правило» «P, R»; разработка новых методов и алгоритмов решения задач принятия решений и обработки информации путем применения МЭС в контуре управления с циклическим и календарным планированием процессов; разработка новых проблемно-ориентированных систем принятия решений.

Таким образом, новый мощный, универсальный и быстрый инструмент «многомерная открытая гносеологическая активная сеть» MOGAN позволяет в сжатые сроки оперативно и достаточно просто создавать миварные экспертные системы, конструировать алгоритмы действий и работать с логическими рассуждениями формата «Если, То».

Новую технологию искусственного интеллекта MOGAN целесообразно использовать для решения задач принятия решений и обработки информации путем логического моделирования и создания различных прикладных систем искусственного интеллекта нового поколения.

## 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.
2. Varlamov 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 // arxiv.org: arXiv preprint arXiv:1111.1321, <https://arxiv.org/abs/1111.1321>, 23 p., 2011.
3. Чибирова М.О. Структурное развитие миварного подхода: классы и отношения // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 44–54.
4. Чибирова М.О. Необходимость добавления ограничений и прецедентов для развития миварного информационного пространства // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 66–78.
5. Хадиев А.М. Разработка и практическая реализация миварной машины логического вывода // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 79–89.
6. Сергушин Г.С. Компьютерно-реализованная система для автоматизированного построения маршрута логического вывода в миварной базе знаний // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 90–99.
7. Чибирова М.О. Сравнительный анализ миварного подхода с подходами, основывающимися на онтологиях и когнитивных картах // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 55–66.

8. *Варламов О.О., Хадиев А.М., Чибирова М.О., Сергушин Г.С., Антонов П.Д.* Автоматизированное построение маршрута логического вывода в миварной базе знаний // Патент на изобретение RUS 2607995 11.02.2015., опубликовано 11.01.2017, бюл. № 2. 43 с.
9. *Varlamov O.O.* Wi!Mi Expert System Shell as the Novel Tool for Building Knowledge-Based Systems with Linear Computational Complexity // *International Review of Automatic Control*. 2018. 11(6). 314–325.
10. *Варламов О.О.* Роль и место миваров в компьютерных науках, системах искусственного интеллекта и информатике // *Радиопромышленность*. 2015. № 3. С. 10–27.
11. *Сергушин Г.С., Варламов О.О., Чибирова М.О., Елисеев Д.В., Муравьева Е.А.* Исследование возможностей информационного моделирования сложных систем управления технологическими процессами на основе миварных технологий // *Автоматизация и управление в технических системах*. 2013. № 2 (4). С. 51–66.
12. *Shadrin S.S., Varlamov O.O., Ivanov A.M.* Experimental Autonomous Road Vehicle with Logical Artificial Intelligence // *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2017, Article ID 2492765. 2017. 10 p.
13. *Сергушин Г.С.* Разработка миварных АСУ ТП для различных применений в автомобильно-дорожной сфере // *Радиопромышленность*. 2015. № 3. С. 100–111.
14. *Чувиков Д.А., Теплов Е.В., Сараев Д.В. и др.* Методика автоматизации системы диспетчерского контроля на основе экспертной системы городского пассажирского транспорта // *Радиопромышленность*. 2016. № 4. С. 85–95.
15. *Варламов О.О., Аладин Д.В.* О создании миварных систем контроля за соблюдением правил дорожного движения на основе «РАЗУМАТОРОВ» и экспертных систем // *Радиопромышленность*. 2018. № 2. С. 25–35.
16. *Чувиков Д.А.* Об экспертной системе «Анализ ДТП», основанной на концепции миварного подхода // *Проблемы искусственного интеллекта*. 2017. № 2(5). С. 78–88.
17. *Варламов О.О.* Миварный подход как основа качественного перехода на новый уровень в области искусственного интеллекта // *Радиопромышленность*. 2017. № 4. С. 13–25.
18. *Адамова Л.Е., Белоусова А.И., Протопопова Д.А., Елисеев Д.В., Петерсон А.О.* Об одном подходе к созданию интеллектуальной вопросно-ответной системы «Миварный виртуальный консультант» // *Радиопромышленность*. 2015. № 3. С. 160–171.
19. *Жданович Е.А., Антонов П.Д., Хадиев А.М., Сергушин Г.С., Чибирова М.О.* Постановка диагноза по симптомам на основе миварного подхода // *Радиопромышленность*. 2015. № 3. С. 122–130.
20. *Антонов П.Д., Чибирова М.О., Жданович Е.А., Сергушин Г.С., Елисеев Д.В.* Практический пример использования миварного подхода для создания экспертной системы в предметной области «Геометрия» // *Радиопромышленность*. 2015. № 3. С. 131–143.
21. *Чувиков Д.А.* Применение экспертного моделирования в получении новых знаний человеком // *Радиопромышленность*. 2017. № 2. С. 72–80.
22. *Варламов О.О.* О метрике автономности и интеллектуальности робототехнических комплексов и киберфизических систем // *Радиопромышленность*. 2018. № 1. С. 74–86.
23. *Жданович Е.А., Панферов А.А., Юфимычев К.А., Хадиев А.М., Елисеев Д.В.* Применение миварной экспертной системы для планирования движения мобильного сервисного робота // *Радиопромышленность*. 2015. № 3. С. 243–254.
24. *Жданович Е.А., Чернышев П.К., Юфимычев К.А., Елисеев Д.В., Чувиков Д.А.* Вычисление произвольных алгоритмов функционирования сервисных роботов на основе миварного подхода // *Радиопромышленность*. 2015. 3. С. 226–242.

25. Варламов О.О., Лазарев В.М., Чувииков Д.А., Пунам Д. О перспективах создания автономных интеллектуальных роботов на основе миварных технологий // Радиопромышленность. 2016. № 4. С. 96–105.

26. Варламов О.О., Аладин Д.В. О применении миварных сетей для интеллектуального планирования поведения роботов в пространстве состояний // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2018. № 6-2 (86). С. 75–82.

27. Варламов О.О., Аладин Д.В. Успешное применение миварных экспертных систем для МIPRA – решения задач планирования действий робототехнических комплексов в реальном времени // Радиопромышленность. 2019. № 3. С.15–25.

## REFERENCES

1. Varlamov O.O. *Evolucionnyye bazy dannyh i znaniy dlya adaptivnogo sinteza intellektual'nyh sistem. Mivarnoe informacionnoe prostranstvo* [Evolutionary databases and knowledge for adaptive synthesis of intelligent systems. Mivar information space]. M.: Radio and communication, 2002. 288 p.

2. Varlamov 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 // arxiv.org: arXiv preprint arXiv: 1111.1321, <https://arxiv.org/abs/1111.1321>. 2011. 23 p.

3. Chibirova M.O. *Strukturnoe razvitie mivarnogo podhoda: klassy i otnosheniya* [Structural development of the mivar approach: classes and relations] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2015. No. 3. Pp. 44–54.

4. Chibirova M.O. *Neobhodimost' dobavleniya ogranichenij i precedentov dlya razvitiya mivarnogo informacionnogo prostranstva* [The need to add restrictions and precedents for the development of mivar information space] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2015. No. 3. Pp. 66–78.

5. Khadiev A.M. *Razrabotka i prakticheskaya realizaciya mivarnoj mashiny logicheskogo vyvoda* [Development and practical implementation of the logical inference mivar machine] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2015. No. 3. Pp. 79–89.

6. Sergushin G.S. *Komp'yuterno-realizovannaya sistema dlya avtomatizirovannogo postroeniya marshruta logicheskogo vyvoda v mivarnoj baze znaniy* [A computer-implemented system for the automated construction of a logical inference route in a mivar knowledge base] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2015. No. 3. Pp. 90–99.

7. Chibirova M.O. *Sravnitel'nyj analiz mivarnogo podhoda s podhodami, osnovyvyayushchimися na ontologiyah i kognitivnyh kartah* [Comparative analysis of the mivar approach with approaches based on ontologies and cognitive maps] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2015. No. 3. Pp. 55–66.

8. Varlamov O.O., Khadiev A.M., Chibirova M.O., Sergushin G.S., Antonov P.D. *Avtomatizirovannoe postroenie marshruta logicheskogo vyvoda v mivarnoj baze znaniy* [Automated construction of the inference route in the mivar knowledge base] // Patent for invention RUS 2607995 02/11/2015, published 01/11/2017, bul. No. 2. 43 p.

9. Varlamov O.O. Wi! Mi Expert System Shell as the Novel Tool for Building Knowledge-Based Systems with Linear Computational Complexity // *International Review of Automatic Control*. 2018.11 (6). 314–325.

10. Varlamov O.O. *Rol' i mesto mivarov v komp'yuternykh naukah, sistemah iskusstvennogo intellekta i informatike* [The role and place of mivars in computer science, artificial intelligence systems and informatics] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2015. No. 3. Pp. 10–27.

11. Sergushin G.S., Varlamov O.O., Chibirova M.O., Eliseev D.V., Muravyova E.A. *Issledovanie vozmozhnostej informacionnogo modelirovaniya slozhnyh sistem upravleniya tekhnologicheskimi processami na osnove mivarnykh tekhnologij* [Investigation of the possibilities of information modeling of complex technological process control systems based on mivar technologies] // *Avtomatizaciya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemah* [Automation and control in technical systems]. 2013. No. 2 (4). Pp. 51–66.
12. Shadrin S.S., Varlamov O.O., Ivanov A.M. Experimental Autonomous Road Vehicle with Logical Artificial Intelligence // *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2017, Article ID 2492765. 2017. 10 p.
13. Sergushin G.S. *Razrabotka mivarnykh ASU TP dlya razlichnykh primenenij v avtomobil'no-dorozhnoj sfere* [Development of mivar APCS for various applications in the automotive and road sector] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2015. No. 3. Pp. 100–111.
14. Chuvikov D.A., Teplov E.V., Saraev D.V. et al. *Metodika avtomatizacii sistemy dispetcherskogo kontrolya na osnove ekspertnoj sistemy gorodskogo passazhirskogo transporta* [Technique of automation of the dispatch control system based on the expert system of urban passenger transport] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2016. No. 4. Pp. 85–95.
15. Varlamov O.O., Aladin D.V. *O sozdanii mivarnykh sistem kontrolya za soblyudeniem pravil dorozhnogo dvizheniya na osnove «RAZUMATOROV» i ekspertnykh sistem* [On the creation of mivar systems for monitoring compliance with traffic rules based on "RAZUMATORS" and expert systems] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2018. No. 2. Pp. 25–35.
16. Chuvikov D.A. *Ob ekspertnoj sisteme «Analiz DTP», osnovannoj na koncepcii mivarnogo podhoda* [About the expert system "Analysis of road accidents" based on the concept of the mivar approach] // *Problemy iskusstvennogo intellekta* [Problems of Artificial Intelligence]. 2017. No. 2 (5). Pp. 78–88.
17. Varlamov O.O. *Mivarnyj podhod kak osnova kachestvennogo perekhoda na novyj uroven' v oblasti iskusstvennogo intellekta* [Mivar approach as the basis for a qualitative transition to a new level in the field of artificial intelligence] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2017. No. 4. Pp. 13–25.
18. Adamova L.E., Belousova A.I., Protopopova D.A., Eliseev D.V., Peterson A.O. *Ob odnom podhode k sozdaniyu intellektual'noj voprosno-otvetnoj sistemy «Mivarnyj virtual'nyj konsul'tant»* [On one approach to the creation of an intelligent question-and-answer system "Mivar virtual consultant"] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2015. No. 3. Pp. 160–171.
19. Zhdanovich E.A., Antonov P.D., Khadiev A.M., Sergushin G.S., Chibirova M.O. *Postanovka diagnoza po simptomam na osnove mivarnogo podhoda* [Diagnosis based on symptoms based on the mivar approach] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2015. No. 3. Pp. 122–130.
20. Antonov P.D., Chibirova M.O., Zhdanovich E.A., Sergushin G.S., Eliseev D.V. *Prakticheskij primer ispol'zovaniya mivarnogo podhoda dlya sozdaniya ekspertnoj sistemy v predmetnoj oblasti «Geometriya»* [A practical example of using the mivar approach to create an expert system in the subject area "Geometry"] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2015. No. 3. Pp. 131–143.
21. Chuvikov D.A. *Primenenie ekspertnogo modelirovaniya v poluchenii novykh znaniy che-lovekom* [The use of expert modeling in the acquisition of new knowledge by a person] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2017. No. 2. Pp. 72–80.
22. Varlamov O.O. *O metrike avtonomnosti i intellektual'nosti robototekhnicheskikh kompleksov i kiberfizicheskikh sistem* [On the metric of autonomy and intelligence of robotic systems and cyber-physical systems] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2018. No. 1. Pp. 74–86.

23. Zhdanovich E.A., Panferov A.A., Yufimychev K.A., Khadiev A.M., Eliseev D.V. *Primenenie mivarnoj ekspertnoj sistemy dlya planirovaniya dvizheniya mobil'nogo servisnogo robota* [Application of the mivar expert system for planning the movement of a mobile service robot] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2015. No. 3. Pp. 243–254.

24. Zhdanovich E.A., Chernyshev P.K., Yufimychev K.A., Eliseev D.V., Chuvikov D.A. *Vychislenie proizvol'nyh algoritmov funkcionirovaniya servisnyh robotov na osnove mivarnogo podhoda* [Calculation of arbitrary algorithms for the functioning of service robots based on the mivar approach] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2015.3. Pp. 226–242.

25. Varlamov O.O., Lazarev V.M., Chuvikov D.A., Punam D. *O perspektivah sozdaniya avtonomnyh intellektual'nyh robotov na osnove mivarnykh tekhnologij* [On the prospects of creating autonomous intelligent robots based on mivar technologies] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2016. No. 4. Pp. 96–105.

26. Varlamov O.O., Aladin D.V. *O primenenii mivarnykh setej dlya intellektual'nogo planirovaniya povedeniya robotov v prostranstve sostoyanij* [On the use of mivar networks for intelligent planning of the behavior of robots in the state space] // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. No. 6-2 (86). Pp. 75–82.

27. Varlamov O.O., Aladin D.V. *Uspeshnoe primenenie mivarnykh ekspertnykh sistem dlya MIPRA – resheniya zadach planirovaniya dejstvij robototekhnicheskikh kompleksov v real'nom vremeni* [Successful application of mivar expert systems for MIPRA - solving problems of planning actions of robotic complexes in real time] // *Radiopromyshlennost'* [Radio industry]. 2019. No. 3. Pp. 15–25.

## OVERVIEW OF 18 MIVAR EXPERT SYSTEMS CREATED ON MOGAN BASE

O.O. VARLAMOV<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> BMSTU Moscow State Technical University named after N.E. Bauman  
105005, Moscow, 2nd Baumanskaya street, 5, building 1

E-mail: edu@bmstu.ru

<sup>2</sup> MADI, SI MIVAR, VNIIEF,  
ovarlamov@gmail.com

*Research on mivar technologies of logical artificial intelligence allowed us to create in 2020 a new powerful, versatile and fast tool, which is called: Multidimensional open gnoseological active net (MOGAN). This tool allows to design quickly and easily algorithms and work with logical reasoning in the "If, Then" format, and it can be used to model cause-and-effect relationships in different subject areas and create knowledge bases of applied artificial intelligence systems of a new generation. The analysis of examples of the creation of 18 mivar expert systems in 2020, which confirmed the universal capabilities of mivar networks for logical modeling in KESMI Wi!Mi Navigator for completely different areas was performed. The application areas of mivar expert systems are constantly expanding, which justifies the need to expand the range of scientific research at the level of logic in the field of artificial intelligence.*

**Keywords:** mivar, mivar networks, artificial intelligence, expert system, rule-based systems, MOGAN, MIPRA, DSS, Wi!Mi, «Razumator», mivar scientific school, universal knowledge tools, big knowledge, knowledge nets, knowledge graphs.

*Received by the editors 31.05.2021*

**For citation.** Varlamov O.O. Overview of 18 mivar expert systems created on MOGAN base // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS. 2021. No. 3 (101). Pp. 5-20.

**Сведения об авторе:**

**Варламов Олег Олегович**, д.т.н., доцент:

1. МГТУ им. Н.Э. Баумана (BMSTU), профессор кафедры ИУ-5.  
105005, г. Москва, 2-я Бауманская улица, 5, стр. 1.
2. Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), профессор кафедры «Прикладная математика».  
125319, г. Москва, Ленинградский проспект, 64.
3. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», Институт цифровых технологий, руководитель программы.
4. НИИ «МИВАР», председатель научно-технического совета, президент.  
E-mail: ovar@narod.ru

**Information about the author:**

**Varlamov Oleg Olegovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor:

1. MSTU n.a. N.E. Bauman (BMSTU), Professor of the department IU-5.  
105005, Moscow, 2nd Baumanskaya street, 5, building 1.
2. Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), professor of the Department of Applied Mathematics.  
125319, Moscow, Leningradsky prospect, 64.
3. FSUE "RFNC-VNIIEF", Institute of Digital Technologies, program manager.
4. Research Institute "MIVAR", Chairman of the scientific and technical council, President.  
E-mail: ovar@narod.ru