

УДК 004.82+007.52

О. О. Варламов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Научно-исследовательский институт МИВАР (НИИ МИВАР), г. Москва, Россия

127521, г. Москва, ул. Октябрьская, 72, ООО МИВАР

О СОЗДАНИИ НА ОСНОВЕ МИВАРНЫХ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ «РОБО!РАЗУМ» ГРУПП АВТОНОМНЫХ КОМБАЙНОВ И ТРАКТОРОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

O. O. Varlamov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Technical University named after N. E. Bauman (National Research University)"

(MSTU named after NE Bauman)

105005, Moscow, 2 nd Baumanskaya ul. 5, bld. 1

Research Institute MIVAR (Research Institute MIVAR), Moscow, Russia

127521, Moscow, st. October, 72, LLC MIVAR

ON CREATION ON THE BASIS OF MIVAR DECISION- MAKING SYSTEMS «ROBO!RAZUM» AUTONOMOUS HARVESTERS AND TRACTORS FOR AGRICULTURE

В области робототехники миварные системы принятия решений «РОБО!РАЗУМ» могут использоваться для управления автономными комбайнами и тракторами, которые в процессе перемещения по полю дополнительно могут выполнять самые различные действия, а также работать в режиме группового взаимодействия, в различных погодных условиях и даже с неисправным техническим зрением.

Ключевые слова: мивар, миварные сети, искусственный интеллект, беспилотные автомобили, системы принятия решений, КЭСМИ, робототехнические системы, киберфизические системы, «РОБО!РАЗУМ», автономные комбайны и трактора для сельского хозяйства.

In the field of robotics, «ROBO! MIVAR» decision-making systems can be used to control autonomous combines and tractors that, in the process of moving across the field, can additionally perform a variety of activities, as well as work in group interaction mode, in different weather conditions and even with faulty technical vision.

Keywords: mivar, mivar networks, artificial intelligence, unmanned vehicles, decision-making systems, KESMI, robotic systems, cyber-physical systems, «ROBO!MINUM», autonomous combines and tractors for agriculture.

Введение

Как известно, миварные технологии логического искусственного интеллекта (ИИ) созданы [1], [2] и запатентованы в России [3]. В настоящее время для них исследовано много сфер применения [4]: АСУ [5], системы поддержки принятия решений (СППР) и экспертные системы (ЭС) [6], автономные роботы и робототехнические комплексы (РТК) [7] и беспилотные автомобили [8]. На основе миварных экспертных систем созданы, например, СППР для анализа ДТП [9] и интеллектуальные системы моделирования [10].

Для анализа исследуемой области беспилотных машин – тракторов и комбайнов – для сельского хозяйства необходимо учитывать результаты С.С. Шадрина по созданию систем управления автономных автомобилей, интегрированных в интеллектуальную среду [11]. Для сельского хозяйства важны и другие работы этой группы ученых, в которых раскрываются проблемы стратегического и тактического уровней управления при организации автономного движения наземного транспорта и предлагаются пути их решения [12], а также освещаются методы создания цифровой модели местности и вводится понятие «эталонного трека», представляющего собой высокоточный пространственный маршрут движения, содержащий дополнительные блоки, обеспечивающие оптимальное управление транспортным средством исходя из поставленной транспортной задачи и условий движения [12].

Важно отметить, что автономные роботы могут быть интегрированы в интеллектуальную транспортную среду [13], с учетом высокоточных данных [14] и различных погодных условий [15]. Данные результаты можно применять в наших миварных системах «РОБО!РАЗУМ» при планировании маршрутов автономных РТК, автомобилей, комбайнов и тракторов в сельском хозяйстве.

Напомним, что в настоящее время научные исследования в области миварных технологий проводятся на кафедре ИУ-5 МГТУ им. Н.Э. Баумана в рамках подхода по созданию гибридных интеллектуальных информационных систем (ГИИС) [16] и их описаний [17], включая распознавание образов на фотографиях [18], ситуационный анализ потоков больших данных [19] и др. Для роботов интерес представляют исследования по обнаружению опасностей [20] и препятствий [21]. Важную роль для принятия решений играют процессы представления ситуаций [22] на основе метаграфового подхода [23]. Отметим, что современные роботы способны общаться с человеком на естественном русском языке [24] с использованием метаграфов [25] и миварного подхода по созданию «виртуальных консультантов» [26]. Подчеркнем, что миварный текстовый виртуальный консультант, способный работать на обычном компьютере, успешно используется в банковской сфере [27] и создан он на основе миварной концепции «вещь-свойство-отношение» [28] с применением нового программного обеспечения МИСОТ [29].

В связи с успехами по созданию систем принятия решений для автономных робототехнических комплексов на основе миварных технологий все более актуальной становится новая тематика создания этических систем для РТК [30] и других гуманитарных аспектов в разработке автономных роботов.

Наш опыт общения с Заказчиками из предметной области сельского хозяйства показывает, что беспилотные РТК различного назначения способны значительно повысить эффективность работы в целом за счет: устранения ошибок и воровства «человеческого фактора», точного соблюдения условий выполнения поставленных задач; увеличения времени полезной работы техники и т.д. Анализ современного уровня развития интеллектуальных систем для роботов и их интеллектуальных сред [1-30] однозначно показывает возможность решения многих задач сельского хозяйства автономными роботами и их многоуровневыми комплексами.

Приходим к выводу, что тематика создания автономных комбайнов и тракторов для сельского хозяйства актуальна и может быть решена на основе комплексного применения достигнутых научных результатов в области искусственного интеллекта по созданию миварных экспертных систем, распознаванию образов, пониманию смысла текстов и систем принятия решений для автономных робототехнических комплексов.

Обоснование возможности создания миварных систем принятия решений для групп автономных тракторов и комбайнов

Прежде всего необходимо напомнить, что весной 2016 года миварная экспертная система (МЭС), лежащая в основе программного комплекса «РОБО!РАЗУМ», впервые в мире управляла группой автономных роботов, что можно увидеть на наших видеоканалах «Мивар» <https://www.youtube.com/channel/UC2V2UWUrgo1-o3-TvjWZex-wi> «MIVAR CLUB» https://www.youtube.com/channel/UCAEyLCfJRQZ3ZV-KUUv1_cKQ.

На этих видеоканалах размещено много разных видеозаписей, например: <https://www.youtube.com/watch?v=p2pY7YXCM9A>, где МЭС управляет детскими игрушками-роботами, а также видео с перемещениями маленьких «тракторов» по разным полям и с разными задачами https://www.youtube.com/watch?v=o_0K_fdCaBk. Затем, в январе 2017 года, совместно с научным коллективом С.С. Шадрина [8], [11-15], были проведены натурные испытания возможности управления миварной экспертной системой настоящим автомобилем путем встраивания «РОБО!РАЗУМА» в контур управления автомобиля и создания специальных баз знаний по управлению беспилотным автомобилем на реальных зимних дорогах в Москве.

В настоящее время данный проект «беспилотного автомобиля» продолжает развиваться «по частям»: в нашем коллективе создана научная группа под руководством Д.В. Аладина, которая продолжает создание миварных баз знаний по Правилам дорожного движения (ПДД) для автомобилей. Отдельно исследуются возможности реальных автомобилей и ведутся работы по созданию систем технического зрения. Важно отметить, что система «РОБО!РАЗУМ» обучается под разные предметные области, может дополняться разными драйверами и способна работать совместно с изделиями других компаний по каналам взаимодействия и обмена информацией.

На рис. 1 показан пример реального применения логического искусственного интеллекта в системе управления автономным транспортом [8].

На рис. 2 приведена схема реализации миварной системы принятия решений (СПР) «РОБО!РАЗУМ» в автономном автомобиле, которая была протестирована в реальных дорожных условиях и доказала работоспособность. Напомним, что в основе «РОБО!РАЗУМа» лежит модуль логического вывода с линейной вычислительной сложностью «РАЗУМАТОР», обрабатывающий 5 млн правил/с. На рис. 3 показан пример интеграции СПР «РОБО!РАЗУМ», когда, как было указано выше, осуществлялось одновременное управление в реальном времени с одного ноутбука тремя автономными роботами при выполнении различных задач и даже с двумя видами динамических препятствий [https://www.youtube.com/watch?v=o_0K_fdCaBk]. При этом дополнительные правила по работе с разными видами препятствий были за несколько часов добавлены в базу знаний и в систему технического зрения. Также быстро могут быть добавлены правила для решения различного рода задач и организации взаимодействия между роботами.

ЛОГИЧЕСКИЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РТК И АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТА

Уровни управления автомобилем (РТК):

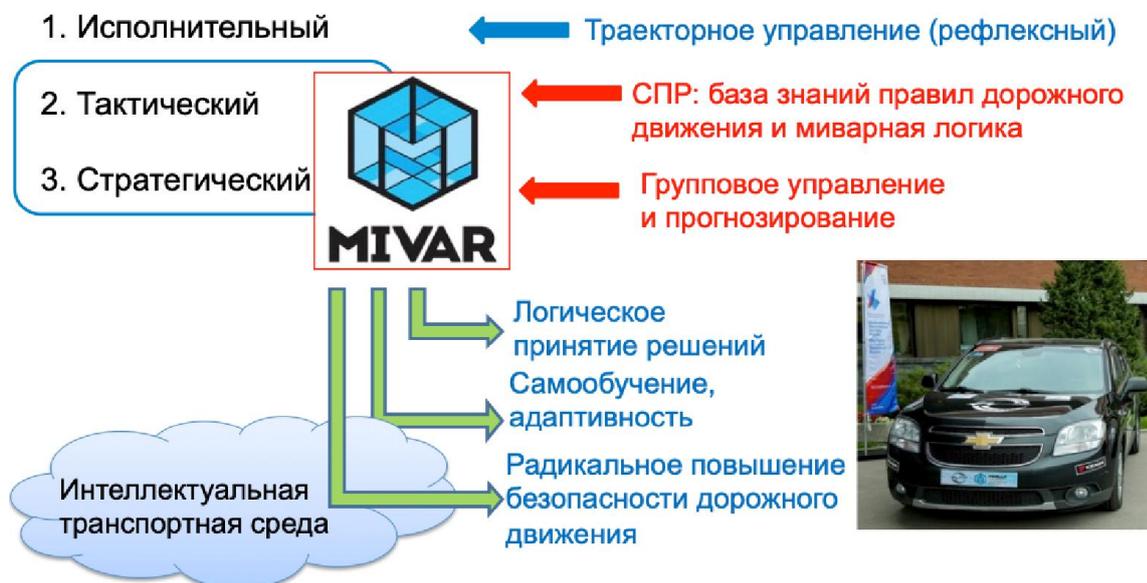


Рисунок 1 – Миварные технологии для управления роботами и транспортом

РЕАЛИЗАЦИЯ РОБО!РАЗУМА НА ПРИМЕРЕ АВТОНОМНОГО АВТОМОБИЛЯ



Рисунок 2 – Реализация миварной СПР «РОБО!РАЗУМ» в автономном автомобиле

ПРИМЕР ИНТЕГРАЦИИ ПЛАТФОРМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ РОБО!РАЗУМ



Рисунок 3 – Пример интеграции миварной СПР «РОБО!РАЗУМ» с роботами.

Основываясь на нашем опыте, можно утверждать, что миварные СПР позволят создать автономные комбайны и трактора для сельского хозяйства.

Проект по созданию СПР для автономных комбайнов и тракторов

Исходя из информации различных Заказчиков и анализа предметных областей применения тракторов, важно определить границы и задачи для СПР. Трактора и РТК на их основе часто используются для решения задач ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и природных катастроф, которые предъявляют повышенные требования к разнообразию ситуаций и однозначной автономности РТК при отсутствии каналов связи с операторами. С точки зрения миварных технологий и скорости принятия решений 5 млн правил/с такое расширение требований не критично. По нашим оценкам, количество продукционных правил для беспилотных автомобилей в ПДД не будет превышать десяти тысяч штук. Таким образом, возможности СПР «РОБО!РАЗУМ» гарантированно позволят решать самые сложные задачи для автомобилей и их расширение для комбайнов и тракторов в самых различных условиях, включая и ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций.

Получаем, что особенности предметной области «трактора» состоят:

1. В перемещении тракторов – робототехнических комплексов (РТК) по сложной территории, где динамически изменяются как возможные пути перемещения – «дороги», так и препятствия на них, а также и рельеф местности.

2. РТК являются сложными многоуровневыми устройствами, когда часть такого РТК или отдельный мини-РТК может автономно выполнять некоторые задачи, например, либо беспилотный летающий аппарат может подниматься с РТК и

осматривать территорию сверху для создания карты и поиска возможных дорог на ней, либо специальные датчики определяют состав почвы и «РОБО!РАЗУМ» выдает указания в комбайне по подготовке динамического состава удобрений одновременно с управлением перемещениями РТК и т.п.

3. Системы технического зрения могут быть внешними по отношению к РТК, который в некоторых случаях может выполнять перемещения по "полю" в условиях плохой видимости или в режиме неисправности своего собственного технического зрения и получать информацию для СПР от внешних систем или других РТК, используя заранее загруженную в СПР «карту» (которая оперативно обновляется по данным внешних систем технического зрения) и данные с внутренних инерционных датчиков о своих перемещениях по такой «виртуальной карте» (этот пример показан на приведенном выше видео – малые роботы вообще не имеют зрения и успешно перемещаются по информации с видеокамеры «БПЛА»).

Кроме того, «комбайны и трактора» могут работать вместе и помогать друг другу решать комплексные задачи, т.е. это групповое управление РТК. Например, два трактора могут вместе перемещаться по пересеченной местности и если первый трактор условно попадает в «болото» и начинает тонуть, то второй трактор может вытащить первый и они вместе продолжат выполнение задания. Такие возможности СПР порождают и новые требования к РТК – «тракторам», которые должны быть способны взаимодействовать друг с другом как физически, так и информационно.

Отметим, что при отсутствии радиоканалов обмена информацией, перспективные РТК могут обмениваться информацией по другим физическим каналам, например, оптическому каналу, когда один РТК специальными устройствами показывает сигналы (наподобие сигналов морских семафоров в «эру до изобретения радио»: флажки и прожектора). РТК могут сблизиться и по специальному «кабелю» подключаться к друг другу и обмениваться информацией. При этом, если один РТК ломается, то другой может подъехать к нему, выполнить подключение по кабелю и провести его диагностику, а возможно и отремонтировать. Возможны и другие варианты.

Работа РТК с различными препятствиями

Таким образом, получаем, что в целом для СПР «РОБО!РАЗУМ» можно ставить задачи на уровне полноценных «марсоходов», когда возможно только автономное управление группировкой РТК. Отметим, что в общем случае возможно пополнение баз знаний в СПР на основе нового опыта РТК, наподобие того, как обучаются животные и даже люди. Такую систему самообучения «на опыте» для РТК можно создавать в качестве отдельного модуля или подсистемы, т.к. в общем случае миварные технологии позволяют роботам вырабатывать новые правила и логические зависимости. А затем такие новые правила могут быть по специальной процедуре добавлены в общую базу знаний и распределены для всех роботов группировки.

В качестве примера можно рассмотреть варианты работы РТК с различными препятствиями. Как было указано выше, уже решена задача разделения типов препятствий на два вида: проходимые и непроходимые. Например, для трактора кусты и высокая трава являются проходимыми препятствиями, а деревья, столбы и дома ему в обычной ситуации надо объезжать. Подчеркнем, что далее мы будем обсуждать специальные трактора, которые могут двигать или поднимать некоторые

объекты в условиях ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС). Это частный случай обычных тракторов, которые специально оборудованы и выполняют задачи по очистке местности или доставки грузов через зону ЧС.

Введем третий тип препятствия, который будем называть «сдвигаемое препятствие». Сразу отметим, что в некоторых случаях варианты «сдвига препятствия» могут быть различными, например, сдвинуть препятствие с дороги «вперед», подцепить препятствие и наоборот притянуть его «назад», сдвинуть препятствие в сторону. А в отдельных случаях, например, для шахт и завалов в городах, могут использоваться трактора с ковшами, отдельные экскаваторы или другая специальная техника – «погрузчики». В таких случаях появится вид препятствий, которые можно «скрыть». Или будут препятствия, которые можно поднять, например, автокраном и перенести в другое место. Как видим, возможно достаточно большое и даже «открытое» множество видов различных препятствий, но все они могут быть учтены в базе знаний миварной СПР, а затем и в работе РТК и их многоуровневых и разнородных группировок.

Миварная СПР позволяет «специальным тракторам» подъехать к препятствию и попробовать сдвинуть его в сторону с дороги. Далее возможны различные варианты, которые достаточно сильно зависят от возможностей системы технического зрения. Но даже в самом худшем случае будем исходить из того, что изначально «до ЧС» была собрана информация о территории и создана электронная карта со множеством «слоев» по самым разным профилям информации. Такая карта закладывается в память СПР РТК и на ее основе определяются те места, где наш РТК может проехать. Возможны варианты непосредственного указания «дорог», а возможно создания некоего «шахматного поля», где будут указаны проходимые клетки и препятствия на них. Кстати, эта идея и была реализована в 2016 году для управления мини-тракторами и детскими игрушками-роботами, показанными на указанных выше видео. Понятно, что вопросы создания такой карты требуют отдельного анализа, но сейчас они выходят за рамки данной работы.

Итак, у группы РТК есть общая карта и они выполняют задачу по перемещению определенного груза через зону ЧС, где произошли изменения в рельефе и образовались различные препятствия, которых не было на карте. Если есть возможность, то группа РТК своими силами, объединяя системы технического зрения всех РТК, проводит актуализацию информации для обновления карты местности. Такой анализ может показать наличие свободных дорог или обнаружить различные препятствия, например, трех видов: 1) непроходимые, 2) проходимые, 3) сдвигаемые (в общем виде – это третий вид препятствий, которые РТК своими силами могут разными способами убрать с дороги, поэтому можно их называть и «убираемые» препятствия). По полученной информации создается миварный двудольный граф возможных перемещений, где явно выделяются «вершины», в которых могут находиться РТК, и «ребра», по которым РТК могут перемещаться из одной вершины в другую. Такой граф соответствует полученной карте от системы технического зрения и может постоянно актуализироваться при получении новой информации в реальном времени. Поиск маршрута на таком графе выполняется РАЗУМАТОРОм со скоростью 5 млн правил/с, т.е. миварный логический вывод применяется для поиска кратчайшего пути в графе перемещений РТК.

Далее группировка РТК в миварной СПР находит маршрут движения, определяет препятствия и по обученным правилам из своей базы знаний выполняет действия по перемещению грузов, если маршрут свободен. Если есть второй (про-

ходимые) и третий (сдвигаемые) виды препятствий, то составляется план по преодолению этих препятствий и происходит перемещение РТК и грузов. В любой момент времени со скоростью более 1 млн правил/с сформированный план может быть изменен путем учета новых препятствий или возможностей РТК, но здесь многое зависит от возможностей системы технического зрения.

Рассмотрим возможности по движению РТК в условиях, когда система технического зрения вышла из строя или не может функционировать из-за погодных условий. Итак, изначально в каждом РТК есть карта местности. Будем исходить из того, что в РТК есть система инерционных датчиков, которые по общедоступной информации, позволяют достаточно точно определять все перемещения РТК и его положение в пространстве (наклоны, повороты и т.п.). Самый простой вариант состоит в том, что без всякого зрения на основе ранее загруженной карты строится маршрут и выполняется перемещение по нему на основе информации инерционных датчиков. Такой вариант применяется для беспилотных автомобилей для движения по заданной траектории [12], [14], [15]. В случае если методом «научного тыка (толкания)» едущий первым РТК упирается в препятствие на свободной дороге, то запускается процедура поиска объезда. Например, сначала могут выполняться действия по определению возможности проезда через это препятствие или сдвига его с дороги. Например, автомобиль может уступить свое первое место трактору, который попытается сдвинуть препятствие в сторону, с учетом загруженной ранее карты, и освободить дорогу для всех остальных РТК. В зависимости от состава РТК возможны различные варианты по смещению или преодолению такого препятствия. Если препятствие не удастся убрать, то переходят к другому этапу. Но в зависимости от ситуации, можно одновременно выполнять поиск различных путей преодоления препятствий и поиска маршрута проезда для группировки РТК. Отдельным этапом является поиск альтернативного маршрута, например, по существующей карте определяются другие возможные пути проезда по данной местности. Если такие пути есть, то на них могут быть отправлены различные РТК. Здесь можно одновременно проверять все или часть маршрутов с использованием связи между РТК или даже без радиосвязи, когда РТК возвращаются в исходную точку и сообщают о наличии проезда или его невозможности. Самое важное, что возможности миварных технологий позволяют все это выполнить на существующей технике и уже в настоящее время. Научные исследования проведены, поэтому можно переходить на этап обучения миварных СПР (это будет НИР) и к опытно-конструкторским работам и натурным экспериментам.

Выводы

Искусственный интеллект уже создан и миварные системы принятия решения «РОБО!РАЗУМ» могут управлять автономными комбайнами и тракторами, представляющими собой сложные и многоуровневые робототехнические комплексы, даже с внешними системами технического зрения и внутренней картой возможных перемещений в условиях динамических препятствий, а также с выполнением сложных действий в пути.

Список литературы

1. Варламов О. О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство [Текст] / Варламов О. О. – М. : Радио и связь, 2002. – 288 с.

2. Варламов О. О. Системный анализ и синтез моделей данных и методы обработки информации в самоорганизующихся комплексах оперативной диагностики [Текст] : дисс. ... на соискание ученой степени доктора технических наук. – Москва, 2003. – 307 с.
3. Патент на изобретение RUS 2607995 11.02.2015. Автоматизированное построение маршрута логического вывода в миварной базе знаний [Текст] / О. О. Варламов, А. М. Хадиев, М. О. Чибирова, Г. С. Сергушин, П. Д. Антонов ; опубликовано 11.01.2017, бюл. № 2. – 43 с.
4. Варламов О. О. Миварный подход как основа качественного перехода на новый уровень в области искусственного интеллекта [Текст] / О. О. Варламов // Радиопромышленность. – 2017. – № 4. – С. 13–25.
5. Automated process control system of mobile crushing and screening plant [Текст] / A. Ostroukh, N. Surkova, O. Varlamov, V. Chernenky, A. Baldin // Journal of Applied Engineering Science. – 2018. – № 16(3). – P. 343-348. doi:10.5937/jaes16-15586
6. Varlamov O. O. Wi!Mi Expert System Shell as the Novel Tool for Building Knowledge-Based Systems with Linear Computational Complexity [Текст] / O. O. Varlamov // International Review of Automatic Control. – 2018. – № 11(6). – P. 314-325.
7. Варламов О. О. Системы обработки информации и взаимодействие групп мобильных роботов на основе миварного информационного пространства [Текст] / О. О. Варламов // Искусственный интеллект. – 2004. – № 4. – С. 695–700.
8. Shadrin S. S. Experimental Autonomous Road Vehicle with Logical Artificial Intelligence [Текст] / S. S. Shadrin, O. O. Varlamov, A. M. Ivanov // Journal of Advanced Transportation. – Vol. 2017. – Article ID 2492765, 10 p.. – 2017.
9. Чувилов Д. А. Об экспертной системе «Анализ ДТП», основанной на концепции миварного подхода [Текст] / Д. А. Чувилов // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк, 2017. – № 2 (5). – С. 78–88.
10. Чувилов Д. А. Применение экспертного моделирования в получении новых знаний человеком [Текст] / Д. А. Чувилов // Радиопромышленность. – 2017. – № 2. – С. 72–80.
11. Шадрин С. С. Методология создания систем управления движением автономных колесных транспортных средств, интегрированных в интеллектуальную транспортную среду [Текст] : автореферат дис. ... доктора технических наук / Моск. гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана. – Москва, 2017.
12. Шадрин С. С. Геоинформационное обеспечение автономного движения наземного транспорта [Текст] / С. С. Шадрин // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2018. – № 3 (122). – С. 172–177.
13. Шадрин С. С. Радикальное повышение безопасности дорожного движения интегрированием автономных колесных транспортных средств в интеллектуальную транспортную среду [Текст] / С. С. Шадрин, А. М. Иванов, К. Е. Карпунин // Вестник машиностроения. – 2018. – № 1. – С. 85–88.
14. Шадрин С. С. Энергоэффективное управление автономными колесными транспортными средствами на основе анализа высокоточных данных геоинформационной среды [Текст] / С. С. Шадрин // Технологии и компоненты интеллектуальных транспортных систем 2018. С. 100-112.
15. Шадрин С. С. Высокоскоростное автономное движение колесных транспортных средств в сложных погодных условиях [Текст] / С. С. Шадрин // Прогресс транспортных средств и систем - 2018 Материалы международной научно-практической конференции ; под ред. И. А. Каляева, Ф. Л. Черноусько, В. М. Приходько. – 2018. – С. 189–190.
16. Черненький В. М. Структура гибридной интеллектуальной информационной системы на основе метаграфов [Текст] / В. М. Черненький, В. И. Терехов, Ю. Е. Гапанюк // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2016. – № 9. – С. 3–13.
17. Метаграфовый подход для описания гибридных интеллектуальных информационных систем [Текст] / В. М. Черненький, Ю. Е. Гапанюк, Г. И. Ревунков, В. И. Терехов, Ю. Т. Каганов // Прикладная информатика. – 2017. – Т. 12, № 3(69). – С.57–79.
18. Подход к созданию гибридной интеллектуальной системы определения местоположения объектов по их фотографиям [Текст] / А. В. Пролетарский, Д. В. Березкин, В. И. Терехов, П. А. Секирин, И. Е. Сергеев, В. Ю. Сидоров // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2019. – Т. 21, № 1. – С. 30–39.
19. Методы ситуационного анализа и графической визуализации потоков больших данных [Текст] / А. В. Пролетарский, Д. В. Березкин, Ю. Е. Гапанюк, И. А. Козлов, А. Ю. Попов, Р. С. Самарев, В. И. Терехов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия: Приборостроение. – 2018. – № 2 (119). – С. 98–103.

20. Ильин В. С. Решение задачи обнаружения опасностей на уровне ног с применением импульсной искусственной нейронной сети [Текст] / В. С. Ильин, М. А. Могильников, В. И. Терехов // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям "IS&IT'17" Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет». – 2017. – С. 289–295.
21. Жуков Р.В. Построение рецепторного слоя импульсной искусственной нейронной сети при решении задачи обнаружения опасностей для людей с ограниченными возможностями здоровья по зрению [Текст] / Р. В. Жуков, В. С. Ильин, В. И. Терехов // XIX международная научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2017»: сб. научных трудов : В 2-х ч. – 2017. – С. 71–82.
22. Представление ситуаций на основе метаграфового подхода [Текст] / Ю. Е. Гапанюк, С. В. Буклин, Н. А. Слимов, Н. Д. Тодосиев // Естественные и технические науки. – 2018. – № 4 (118). – С. 290–292.
23. Гапанюк Ю. Е. Подход к разработке метаграфового исчисления [Текст] / Ю. Е. Гапанюк // Динамика сложных систем – XXI век. – 2018. – Т. 12. № 3. – С. 40–46.
24. Гибридная интеллектуальная русскоязычная диалоговая информационная система на основе метаграфового подхода [Текст] / Ю. Е. Гапанюк, А. В. Леонтьев, И. И. Латкин, С. В. Чернобровкин, М. А. Белянова, О. Н. Морозенков // Динамика сложных систем – XXI век. – 2018. – Т. 12, № 1. – С. 77–86.
25. Самохвалов Э. Н. Использование метаграфов для описания семантики и прагматики информационных систем [Текст] / Э. Н. Самохвалов, Г. И. Ревунков, Ю. Е. Гапанюк // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. – 2015. – № 1 (100). – С. 83–99.
26. Адамова Л. Е. Практические результаты создания миварной системы понимания естественного русского письменного языка "виртуальный консультант" [Текст] / Л. Е. Адамова, О. О. Варламов // Интеллектуальные технологии и проблемы математического моделирования. Материалы Всероссийской научной конференции. Донской государственный технический университет. – 2018. – С. 17–18.
27. Реализация миварного виртуального текстового консультанта для внутреннего консалтинга в банковской сфере [Текст] / Л. Е. Адамова, О. О. Варламов, В. Г. Осипов, Д. А. Чувилов // Модели мышления и интеграция информационно-управляющих систем (ММИУС-2018). Материалы второй Международной научной конференции. – 2018. – С. 95–100.
28. Адамова Л. Е. О концептуально-прикладном решении проблемы "понимание смысла текста" на основе миварных технологий и концепции вещь-свойство-отношение [Текст] / Л. Е. Адамова, О. О. Варламов // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям "IS&IT'17". – ЮФУ, 2017. – С. 214–221.
29. Адамова Л. Е. МИСОТ – основа для создания виртуальных консультантов [Текст] / Л. Е. Адамова, Д. А. Протопопова // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям "IS&IT'16". – ЮФУ, 2016. – С. 326–329.
30. Варламов О. О. О необходимости и возможности разработки подсистемы «ЭТИКА» для автономных интеллектуальных роботов [Текст] / О. О. Варламов, Л. Е. Адамова, В. Г. Осипов // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям "IS&IT'18" – ФГАОУ ВО "Южный федеральный университет", 2018. – Т. 1. – С. 351-357.
31. Варламов О. О. Миварные технологии как некоторые направления искусственного интеллекта [Текст] / О. О. Варламов // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк : ГУ ИПИИ. – 2015. – № 0(1). – С. 23-37.
32. Варламов О. О. Автоматизация умственной деятельности людей через логический искусственный интеллект как фундаментальный механизм развития или гибели человечества [Текст] / О. О. Варламов // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк : ГУ ИПИИ. – 2017. – № 3(6). – С. 23-31.

References

1. Varlamov O.O. *Evolyutsionnyye bazy dannykh i znaniy dlya adaptivnogo sinteza intellektual'nykh sistem. Mivarnoye informatsionnoye prostranstvo* [Evolutionary databases and knowledge for adaptive synthesis of intelligent systems. Mivar information space], М., Radio i svyaz', 2002, 288 p.
2. Varlamov O.O. *Sistemnyy analiz i sintez modeley dannykh i metody obrabotki informatsii v samoorganizuyushchikhsya kompleksakh operativnoy diagnostiki* [System analysis and synthesis of data models and information processing methods in self-organizing operative diagnostic complexes]. *Dissertatsiya na soiskaniye uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk* [Thesis for the degree of doctor of technical sciences], Moskva, 2003, 307 s.

3. Varlamov O.O., Khadiyev A.M., Chibirova M.O., Sergushin G.S., Antonov P.D. Avtomatizirovannoye postroyeniye marshruta logicheskogo vyvoda v mivarnoy baze znaniy [Automated construction of the logical inference route in the mivar knowledge base] *Patent na izobreteniyе* [Patent for invention] RUS 2607995 11.02.2015., opublikovano 11.01.2017, byul. No. 2, 43 s.
4. Varlamov O. O. Mivarnyy podkhod kak osnova kachestvennogo perekhoda na novyy uroven' v oblasti iskusstvennogo intellekta [Mivarny 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.
5. Ostroukh, A., Surkova, N., Varlamov, O., Chernenky, V., Baldin, A. Automated process control system of mobile crushing and screening plant. *Journal of Applied Engineering Science*, 2018, No. 16(3), pp.343-348. doi:10.5937/jaes16-15586
6. 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, No. 11(6), pp. 314-325.
7. Varlamov O.O. Sistemy obrabotki informatsii i vzaimodeystviye grupp mobil'nykh robotov na osnove mivarnogo informatsionnogo prostranstva [Information processing systems and the interaction of groups of mobile robots based on mivar information space]. *Iskusstvennyy intellect* [Artificial Intelligence.], 2004, No. 4, pp. 695–700.
8. 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, 10 p., 2017.
9. Chuvikov D.A. Ob ekspertnoy sisteme «Analiz DTP», osnovannoy na kontseptsii mivarnogo podkhoda [On the expert system "Analysis of accidents", based on the concept of mivar approach]. *Problemy iskusstvennogo intellekta* [Problems of artificial intelligence], 2017, No. 2 (5), pp. 78–88.
10. Chuvikov D.A. Primeneniye ekspertnogo modelirovaniya v poluchenii novykh znaniy chelovekom [Application of expert modeling in obtaining new knowledge by man]. *Radiopromyshlennost'* [Radio industry], 2017, No. 2, pp. 72-80.
11. Shadrin S.S. Metodologiya sozdaniya system upravleniya dvizheniyem avtonomnykh kolesnykh transportnykh sredstv, integrirovannykh v intellektual'nyuyu transportnyuyu sredu [Methodology of creating a control system for the movement of autonomous wheeled vehicles integrated into the intelligent transport environment] *avtoreferat dis. ... doktora tekhnicheskikh nauk* [abstract of thesis. ... Doctors of Technical Sciences] / Mosk. gos. tekhn. un-t im. N.E. Bauman, Moskva, 2017.
12. Shadrin S.S. Geoinformatsionnoye obespecheniye avtonomnogo dvizheniya nazemnogo transporta [Geoinformational support of autonomous ground transportation]. *Trudy NGTU im. R.Ye. Alekseyeva* [Proceedings of NSTU. R.E. Alekseeva], 2018, No. 3 (122), pp. 172-177.
13. Shadrin S.S., Ivanov A.M., Karpukhin K.Ye. Radikal'noye povysheniye bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya integrirovaniyem avtonomnykh kolesnykh transportnykh sredstv v intellektual'nyuyu transportnyuyu sredu [Radical increase in road safety by integrating autonomous wheeled vehicles into an intelligent transport environment] *Vestnik mashinostroyeniya* [Vestnik Mashin], 2018, No. 1, pp. 85-88.
14. Shadrin S.S. Energoeffektivnoye upravleniye avtonomnymi kolesnymi transportnymi sredstvami na osnove analiza vysokotochnykh dannykh geoinformatsionnoy sredy [Energy efficient management of autonomous wheeled vehicles based on the analysis of highly accurate data of the geoinformation environment]. *Tekhnologii i komponenty intellektual'nykh transportnykh sistem* [Technologies and components of intelligent transport systems], 2018, pp. 100-112.
15. Shadrin S.S. Vysokoskorostnoye avtonomnoye dvizheniye kolesnykh transportnykh sredstv v slozhnykh pogodnykh usloviyakh [High-speed autonomous movement of wheeled vehicles in difficult weather conditions] *Progress transportnykh sredstv i sistem – 2018 Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The progress of vehicles and systems - 2018 Materials of the international scientific-practical conference]. Pod redaktsiyey I.A. Kalyayeva, F.L. Chernous'ko, V.M. Prikhod'ko. 2018, pp. 189-190.
16. Chernen'kiy V.M., Terekhov V.I., Gapanyuk YU.Ye. Struktura gibridnoy intellektual'noy informatsionnoy sistemy na osnove metagrafov [The structure of a hybrid intellectual information system based on metagraphs]. *Neyrokomp'yutery: razrabotka, primeneniye* [Neurocomputers: development, application], 2016, No. 9, pp. 3-13.
17. Chernen'kiy V.M., Gapanyuk YU.Ye., Revunkov G.I., Terekhov V.I., Kaganov YU.T. Metagrafovyy podkhod dlya opisaniya gibridnykh intellektual'nykh informatsionnykh system [Metagraph approach for the description of hybrid intelligent information systems] *Prikladnaya informatika* [Applied Informatics] 2017, T.12, No. 3(69), pp. 57-79.

18. Proletarskiy A.V., Berezkin D.V., Terekhov V.I., Sekirin P.A., Sergeev I.Ye., Sidorov V.YU. Podkhod k sozdaniyu gibridnoy intellektual'noy sistemy opredeleniya mestopolozheniya ob'yektov po ikh fotografiyam [Approach to the creation of a hybrid intelligent system for determining the location of objects from their photographs] *Neyrokomp'yutery: razrabotka, primeneniye* [Neurocomputers: development, application], 2019, T. 21, No. 1, pp. 30-39.
19. Proletarskiy A.V., Berezkin D.V., Gapanyuk YU.Ye., Kozlov I.A., Popov A.YU., Samarev R.S., Terekhov V.I. Metody situatsionnogo analiza i graficheskoy vizualizatsii potokov bol'shikh dannykh [Methods of situational analysis and graphical visualization of big data streams] *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. N.E. Baumana* [Bulletin of Moscow State Technical University. N.E. Bauman], Seriya: Priborostroyeniye, 2018, No. 2 (119), pp. 98-103.
20. Il'in V.S., Mogil'nikov M.A., Terekhov V.I. Resheniye zadachi obnaruzheniya opasnostey na urovne nog s primeneniye impul'snoy iskusstvennoy neyronnoy seti [Solving the problem of detecting hazards at the foot level using a pulsed artificial neural network] *Trudy Kongressa po intellektual'nym sistemam i informatsionnym tekhnologiyam "IS&IT'17" Federal'noye gosudarstvennoye avtonomnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya «Yuzhnyy federal'nyy universitet»* [proceedings of the Congress on Intelligent Systems and Information Technologies "IS & IT'17" Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Southern Federal University"], 2017, pp. 289-295.
21. Zhukov R.V., Il'in V.S., Terekhov V.I. Postroyeniye retseptornogo sloya impul'snoy iskusstvennoy neyronnoy seti pri reshenii zadachi obnaruzheniya opasnostey dlya lyudey s ogranichennymi vozmozhnostyami zdorov'ya po zreniyu [Construction of the receptor layer of a pulsed artificial neural network in solving the problem of detecting hazards for people with impaired health by sight] *XIX mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya "Neyroinformatika-2017"* [XIX international scientific and technical conference "Neuroinformatics-2017"], Sbornik nauchnykh trudov: V 2-kh ch., 2017, pp. 71-82.
22. Gapanyuk YU.Ye., Buklin S.V., Slimov N.A., Todosiyev N.D. Predstavleniye situatsiy na osnove metagrafovogo podkhoda [Presentation of situations based on the metagraphic approach] *Yestestvennyye i tekhnicheskkiye nauki* [Natural and technical sciences], 2018, No. 4 (118), pp. 290-292.
23. Gapanyuk YU.Ye. Podkhod k razrabotke metagrafovogo ischisleniya [Approach to the development of metagraph calculus] *Dinamika slozhnykh sistem - XXI vek* [Dynamics of complex systems - XXI century] 2018, T. 12, No. 3, pp. 40-46.
24. Gapanyuk YU.Ye., Leont'yev A.V., Latkin I.I., Chernobrovkin S.V., Belyanova M.A., Morozenkov O.N. Gibridnaya intellektual'naya russkoyazychnaya dialogovaya informatsionnaya sistema na osnove metagrafovogo podkhoda [Hybrid intellectual Russian-language interactive information system based on the metagraphic approach]. *Dinamika slozhnykh sistem - XXI vek* [Dynamics of the complex systems - XXI century], 2018, T. 12, No. 1, pp. 77-86.
25. Samokhvalov E.N., Revunkov G.I., Gapanyuk YU.Ye. Ispol'zovaniye metagrafov dlya opisaniya semantiki i pragmatiki informatsionnykh sistem [Using metagraphs to describe semantics and pragmatics of information systems]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. N.E. Baumana. Seriya: Priborostroyeniye* [Bulletin of Moscow State Technical University. N.E. Bauman. Series: Instrument making], 2015, No. 1 (100), pp. 83-99.
26. Adamova L.Ye., Varlamov O.O. Prakticheskiye rezul'taty sozdaniya mivarnoy sistemy ponimaniya yestestvennogo russkogo pis'mennogo yazyka "virtual'nyy konsul'tant" [Practical results of creating a mivar system of understanding the natural Russian written language "virtual consultant"]. *Intellektual'nyye tekhnologii i problemy matematicheskogo modelirovaniya. Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. Donskoy gosudarstvennyy tekhnicheskyy universitet* [Intellectual technologies and problems of mathematical modeling. Materials of the All-Russian Scientific Conference. Don State Technical University], 2018, pp. 17-18.
27. Adamova L.Ye., Varlamov O.O., Osipov V.G., Chuvikov D.A. Realizatsiya mivarnogo virtual'nogo tekstovogo konsul'tanta dlya vnutrennego konsaltinga v bankovskoy sfere [Implementation of the mivaric virtual text consultant for internal consulting in the banking sector] *Modeli myshleniya i integratsiya informatsionno-upravlyayushchikh sistem (MMIUS-2018). Materialy vtoroy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Models of thinking and integration of information management systems (MMIUS-2018). Proceedings of the second International Scientific Conference], 2018, pp. 95-100.
28. Adamova L.Ye., Varlamov O.O. O kontseptual'no-prikladnom reshenii problemy "ponimaniye smysla teksta" na osnove mivarnykh tekhnologiy i kontseptsii veshch'-svoystvo-otnosheniye [On the conceptual and applied solution of the problem "understanding the meaning of the text" based on mivarnykh technologies and the concept of thing-property-relation]. *Trudy Kongressa po intellektual'nym sistemam i*

- informatsionnym tekhnologiyam "IS&IT'17"* [Works of the Congress on intelligent systems and information technology "IS & IT'17"], YUFU, 2017, pp. 214-221.
29. Adamova L.Ye., Protopopova D.A. MISOT – osnova dlya sozdaniya virtual'nykh konsul'tantov [MISOT - the basis for the creation of virtual consultants] *Trudy Kongressa po intellektual'nyim sistemam i informatsionnym tekhnologiyam "IS&IT'16"* [Proceedings of the Congress on Intelligent Systems and Information Technologies "IS & IT'16"] YUFU, 2016, pp. 326-329.
 30. Varlamov O.O., Adamova L.Ye., Osipov V.G. O neobkhodimosti i vozmozhnosti razrabotki podsistemy "ETIKA" dlya avtonomnykh intellektual'nykh robotov [On the necessity and possibility of developing the "ETIKA" subsystem for autonomous intelligent robots] *Trudy kongressa po intellektual'nyim sistemam i informatsionnym tekhnologiyam "IS&IT'18"* [Proceedings of the congress on intelligent systems and information technologies "IS & IT'18"] FGAOU VO "Yuzhnyy federal'nyy universitet". 2018. T. 1, pp. 351-357.
 31. Varlamov O. O. Mivarnyye tekhnologii kak nekotoryye napravleniya iskusstvennogo intellekta [Mivar technologies as some areas of artificial intelligence]. *Problemy iskusstvennogo intellekta* [Problems of Artificial Intelligence], Donetsk, 2015, no. 0(1), pp. 23-37.
 32. Varlamov O. O. Avtomatizatsiya umstvennoy deyatelnosti lyudey cherez logicheskiy iskusstvennyy intellekt kak fundamental'nyy mekhanizm razvitiya ili gibeli chelovechestva [Automation of mental activity of people through logical artificial intelligence as a fundamental mechanism for the development or death of mankind] *Problemy iskusstvennogo intellekta* [Problems of Artificial Intelligence], Donetsk, 2017, no. 3(6), pp. 23-31.

RESUME

O. O. Varlamov

On Creation on the Basis of Mivar decision-Making systems “ROBO!RAZUM” groups of autonomous harvesters and tractors for agriculture Harvesters and Tractors for Agriculture

Currently, scientific researches in the field of mivar technologies are conducted at the Department of IU-5 MSTU named after N.E. Bauman as part of the approach to creating hybrid intelligent information systems and their descriptions, including pattern recognition and situational analysis of big data flows. Robots are interested in researches to detect dangers and obstacles. The processes of representation of situations on the basis of metagraph approach play an important role in decision-making.

At the heart of the scheme of implementation of mivar decision-making system (DMS) “ROBO!RAZUM” is a module of logical inference with linear computational complexity “RAZUMATOR” that handles 5 million rules/sec, when the integration of the simultaneous real-time control with a laptop three autonomous robots while performing different tasks. Additional rules for working with different types of obstacles were added to the knowledge base and the technical vision system in a few hours.

Thus, the possibilities of DMS “ROBO!RAZUM” are guaranteed to solve the most difficult tasks for cars and their expansion for harvesters and tractors in a variety of conditions, also including the elimination of consequences of emergency situations.

Autonomous robots can be integrated into an intelligent transport environment, taking into account high-precision data and different weather conditions. These results can be used in author’s mivar systems “ROBO!RAZUM” when planning routes of RTK, cars, harvesters and tractors in agriculture.

РЕЗЮМЕ

О. О. Варламов

О создании на основе миварных систем принятия решений «РОБО!РАЗУМ» групп автономных комбайнов и тракторов для сельского хозяйства

В настоящее время научные исследования в области миварных технологий проводятся на кафедре ИУ-5 МГТУ им. Н.Э. Баумана в рамках подхода по созданию гибридных интеллектуальных информационных систем и их описаний, включая распознавание образов и ситуационный анализ потоков больших данных. Для роботов интерес представляют исследования по обнаружению опасностей и препятствий. Важную роль для принятия решений играют процессы представления ситуаций на основе метаграфового подхода.

В основе схемы реализации миварной системы принятия решений (СПР) «РОБО!РАЗУМ» лежит модуль логического вывода с линейной вычислительной сложностью «РАЗУМАТОР», обрабатывающий 5 млн правил/с, когда при интеграции возможно одновременное управление в реальном времени с одного ноутбука тремя автономными роботами при выполнении различных задач. Дополнительные правила по работе с разными видами препятствий были за несколько часов добавлены в базу знаний и в систему технического зрения.

Таким образом, возможности СПР «РОБО!РАЗУМ» гарантированно позволят решать самые сложные задачи для автомобилей и их расширение для комбайнов и тракторов в самых различных условиях, включая и ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций.

Автономные роботы могут быть интегрированы в интеллектуальную транспортную среду, с учетом высокоточных данных и различных погодных условий. Данные результаты можно применять в авторских миварных системах «РОБО!РАЗУМ» при планировании маршрутов автономных РТК, автомобилей, комбайнов и тракторов в сельском хозяйстве.

Статья поступила в редакцию 20.02.2019.