

Раздел III. Наземная робототехника

УДК 007.52

**В.С. Лапшов, В.П. Носков, И.В. Рубцов, Н.А. Рудянов, А.И. Гурджи,
А.В. Рябов, В.С. Хрущев**

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ АВТОНОМНЫХ НАЗЕМНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ СПЕЦИАЛЬНОГО ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рассматриваются проблемные вопросы разработки автономных наземных робототехнических комплексов специального назначения. Обоснована актуальность исследований в области формализации знаний операторов и методов «передачи» этих знаний бортовым системам принятия решений. Показаны пути решения по данным бортовых СТЗ задач оценки опорной проходимости грунта, восстановления геометрии окружающего пространства и высокоточной навигации, являющихся центральными при организации автономного функционирования роботов и их групп, находящихся на значительном удалении от центра управления, при выполнении ими специальных и обеспечивающих задач. Приведены результаты работы программно-алгоритмического обеспечения, успешно решающего вышеперечисленные задачи в реальных условиях различных сред. Обосновано, что обеспечение автономности функционирования роботов и их групп при выполнении ими задач по назначению связано с разработкой интеллектуальных систем управления навесным оборудованием специальных роботов, включая все основные фазы их применения. Проанализированы методы решения задач, составляющих основу интеллектуальных систем управления. Показано, что разработка автономных интеллектуальных роботов специального назначения должна сопровождаться и предваряться разработкой модели робота в варианте дистанционного управления, а опыт, приобретаемый оператором при управлении виртуальным роботом в ходе проигрывания различных ситуаций, целесообразно использовать как источник знаний о предметной области применения робота. При этом системы принятия решений интеллектуальной системы управления должны иметь возможность оперативного изменения оценок значимости (важности) критериев при выборе альтернатив и субъективных вероятностей событий. Это даст возможность настройки системы управления робота к конкретным условиям.

Робототехнические комплексы специального назначения; автономное управление; система технического зрения.

**V.S. Lapshov, V.P. Noskov, I.V. Rubzov, N.A. Rudianov, A.I. Gurdzhi,
A.V. Ryabov, V.S. Khrushev**

FUTURE DEVELOPMENTS AUTONOMOUS GROUND RTC SPECIAL

The article deals with the problematic issues of development of autonomous robotic ground-based systems for special use. The urgency in the formalization of knowledge of operators and methods of the "transfer" of these knowledge systems on-board decision-making research. The ways of solutions according to board STZ tasks supporting evaluation of soil permeability, restoring the geometry of the surrounding space, and high-precision navigation, which are central in the organization of autonomous functioning of robots and their groups who are at a considerable distance from the control center, in the performance of special and support tasks. The results of the work of software and algorithmic support, successfully solves the above problem in the real conditions of different environments. It is proved that the implementation of autonomy in the functioning of robots and their groups as they perform assigned tasks associated with the development of intelligent control systems attachments special robots, including all major phases of their application. Analyzed

problem-solving methods that form the basis of intelligent control systems. It is shown that the development of Autonomous intelligent robots for special purposes must be accompanied and preceded by the development of a model of the robot in an embodiment, remote control, and the experience gained by the operator through control of the virtual robot in the drawings of the various situations, it is advisable to use as a source of knowledge about the subject area of the application robot. The decision systems intelligent control systems must be able to quickly change estimates of significance (importance) of criteria for the selection of alternatives and subjective probabilities of events. This will allow customization of the robot control system to the specific conditions.

Robotic systems for special use; stand-alone control; machine vision system.

Введение. В настоящее время практически все разрабатываемые и принятые на снабжение наземные робототехнические комплексы военного назначения (НРТК ВН) используются в режиме дистанционного управления. Опыт применения таких роботов в Ираке и Афганистане показал их невысокую эффективность, особенно в вариантах оснащения боевыми средствами. Реально управлять боевым роботом в одиночку в условиях противоборства невозможно: один оператор неспособен одновременно отвечать за движение робота, разведку обстановки, поиск и выбор цели, обстрел и оценку результатов стрельбы, принятие тактических решений. В случае, когда роботизированный комплекс оснащается вооружением ближнего боя, применение мобильных роботов становится нерациональным – эффективное их применение требует нескольких операторов. Кроме того, дистанционно-управляемые НРТК ВН имеют ряд принципиальных недостатков и ограничений [1–8], обусловленных необходимостью постоянного информационного обмена, а именно: повышенные требования к каналу связи, ограниченный радиус действия, демаскировка объекта и пункта управления, а также возможность применения средств радиоэлектронного и огневого противодействия, вследствие интенсивного радиообмена. Поэтому, несомненно, дальнейшее развитие военной и специальной мобильной робототехники связано с повышением автономности НРТК ВН за счет передачи функций, выполняемых человеком-оператором, бортовым средствам (например, в США принято решение о поэтапном наращивании возможностей дистанционно-управляемых машин с постепенным исключением функций управления и контроля со стороны оператора).

Проблемы разработки автономных роботов военного назначения. Некоторые элементы автономности, такие как запоминание маршрута и возврат в точку потери связи, обход препятствий по данным бортовых систем при супервизорном управлении и ряд других экспериментально проверены на макетных образцах и уже закладываются в возможности разрабатываемых роботов. Однако, для осуществления полноценной автономности необходимо решить ряд проблем. Среди них:

- ◆ отсутствие отечественных сенсоров для систем технического зрения (тепловизоров, 2D- и 3D-сканирующих лазерных дальномеров, в том числе и комплексированных с видеокамерами), обеспечивающих определение геометрии и опорной проходимости грунта;
- ◆ отсутствие высокоточных бортовых средств навигации и восстановления геометрии окружающего пространства, необходимых для функционирования НРТК ВН в условиях экранирования магнитного поля Земли и навигационных полей спутниковых и стационарных систем (индустриально-городская среда, здания, помещения);
- ◆ проблемы разработки тактики применения автономных НРТК ВН, включая организационно-правовые проблемы применения оружия в случаях отсутствия непосредственного управления оператором;
- ◆ проблемы автономного применения целевой нагрузки, включая разработку алгоритмов обнаружения, распознавания типа цели, «узнавания» конкретной цели, наведения оружия или иных средств;

- ◆ проблемы скрытной связи, силовых установок РТК, трансмиссии и движителей, датчиков различной природы и ряд других.

Часть из этих проблем имеют перспективы решения в обозримом будущем техническими и технологическими методами, часть требует организационно-правовой экспертизы и выработки соответствующих решений по правилам применения автономных НРТК ВН. Однако, некоторые проблемы требуют интенсивных исследований и экспериментальной проверки возможности их использования. Прежде всего, это касается осуществления режима автовождения с оценкой опорной проходимости грунта, решения задач восстановления геометрии окружающего пространства и высокоточной навигации при автономном функционировании роботов и их групп, находящихся на значительном удалении от центра управления, при выполнении ими боевых и обеспечивающих задач.

Остановимся на путях решения этих проблем подробнее.

Построение модели внешней среды и навигация. Проблема построения модели внешней среды, на которой возможно проигрывать и оптимизировать различные варианты будущего поведения и движения НРТК ВН и эффективно решать навигационные задачи. Для искусственных сред (помещения, здания и подавляющее большинство промышленно-городских сред) и твердых грунтов построение модели может быть выполнено по геометрическим данным, получаемым от сканирующего лазерного дальномера. Однако естественная среда кроме геометрических имеет и другие характеристики и факторы, влияющие на движение НРТК ВН [9]. Одним из таких факторов является наличие преодолимых препятствий (высокая трава, кустарник, разрушаемые объекты) и наоборот – наличие непреодолимых ровных участков (слабонесущий грунт, тонкий лед, рыхлый и глубокий снег, болото, водные преграды). Таким образом, при формировании модели естественной среды на основе исключительно геометрических оценок ее использование в системе автономного управления может значительно снизить эффективность работы НРТК ВН и его безопасность при движении.

Установлено, что реальных способов использования георадаров для определения опорной проходимости НРТК ВН в настоящее время не существует. Это связано с несовершенством и непригодностью для решения задач автономных НРТК ВН существующих и перспективных георадаров, их высокой стоимостью, массогабаритными ограничениями и низкой вероятностью правильного распознавания опорной поверхности при допустимом уровне ложных решений. Поэтому перспективным является комплексирование различных сенсоров (видеокамер, сканирующих лазерных дальномеров, радиолокаторов, тепловизоров, спектроанализаторов), поставляющих не только геометрические, но и другие физические характеристики и свойства опорной поверхности. Комплексирование сенсоров различной физической природы позволит формировать более полные модели внешней среды и в перспективе решить актуальную задачу дистанционного определения опорной проходимости.

Для получения экспериментальных данных и проверки разработанных алгоритмов и программ совместной обработки данных от сенсоров различной физической природы в НИИ СМ МГТУ им. Н.Э. Баумана создан макет комплексированной СТЗ (рис. 1) закрепленный на подвижном объекте [10].

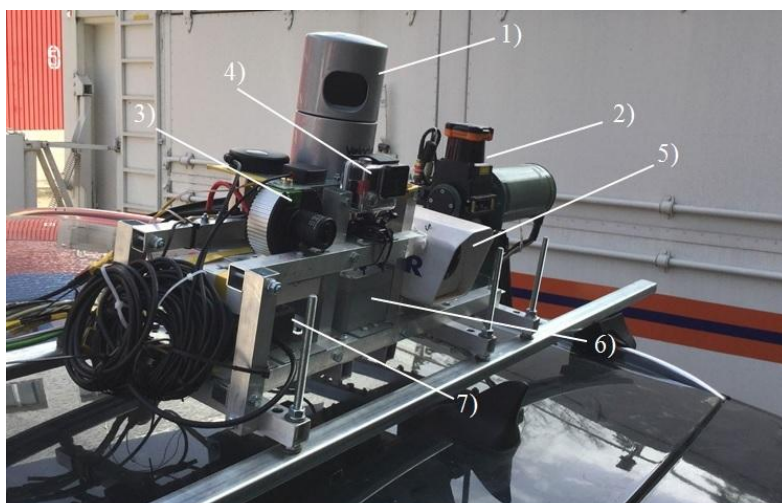


Рис. 1. Макет комплексированной СТЗ

В состав макета входят: 1) сканирующий 3D-лазерный дальномер; 2) сканирующий 2D-лазерный дальномер на опорно-поворотном устройстве; 3) телевизионная камера; 4) телевизионная камера; 5) тепловизионная камера; 6) интегрированная инерциально-спутниковая навигационная система; 7) устройства сопряжения с ЭВМ.

Для возможности комплексного использования данных от вышеперечисленных сенсоров выполнена их взаимная юстировка, заключающая в определении относительных линейных и угловых смещений координат сенсоров, а так же геометрических искажений объективов видеокамер и тепловизора [11]. Данные юстировки позволяют совмещать дальнометрические, видео- и тепловизионные изображения, в результате чего получается геометрия рельефа в виде облака точек, с распределением на нем цветового и температурного полей.

Анализ комплексированного изображения сводится к определению степени достоверности (вероятности) принадлежности точек к какому-либо типу поверхности сначала по отдельным признакам, затем в комплексе с учетом их значимости. Такой подход с высокой вероятностью гарантирует корректное итоговое распознавание даже и при неоднозначности распознавания по отдельным признакам (рис. 2). Необходимо отметить, что результаты распознавания могут быть индуцированы (распространены) и участки, смежные с областью пересечения зон обзора сенсоров. Например, как это видно из рис. 2 – на участки, попавшие в зону обзора дальнометрического сенсора и не попавшие в зону обзора телевизионного или тепловизионного сенсоров, но смежные с ней и имеющие тот же геометрический признак.

Использование комплексированной СТЗ позволяет также решать задачи распознавания и в тех случаях, когда внешние условия не гарантируют штатную работу какого-либо сенсора или когда в поле зрения попадают объекты, не регистрируемые каким-либо сенсором. Например, водные поверхности не регистрируются 3D-лазерным сенсором, однако горизонтальность границ зон неизвестности, выявляемая по данным дальнометрического изображения, в сочетании с цветовыми и температурными признаками позволяет достоверно распознать водные поверхности (рис. 2, г,д).

Проведенные натурные экспериментальные исследования позволяют сделать заключение, что использование комплексированных “тепло-видео-дальнометрических” изображений существенно расширяет спектр решаемых по данным СТЗ задач распо-

знавания-навигации и повышает эффективность (достоверность, быстродействие, точность) их решения, что создает предпосылки для создания бортовых систем дистанционного определения опорных характеристик грунта.

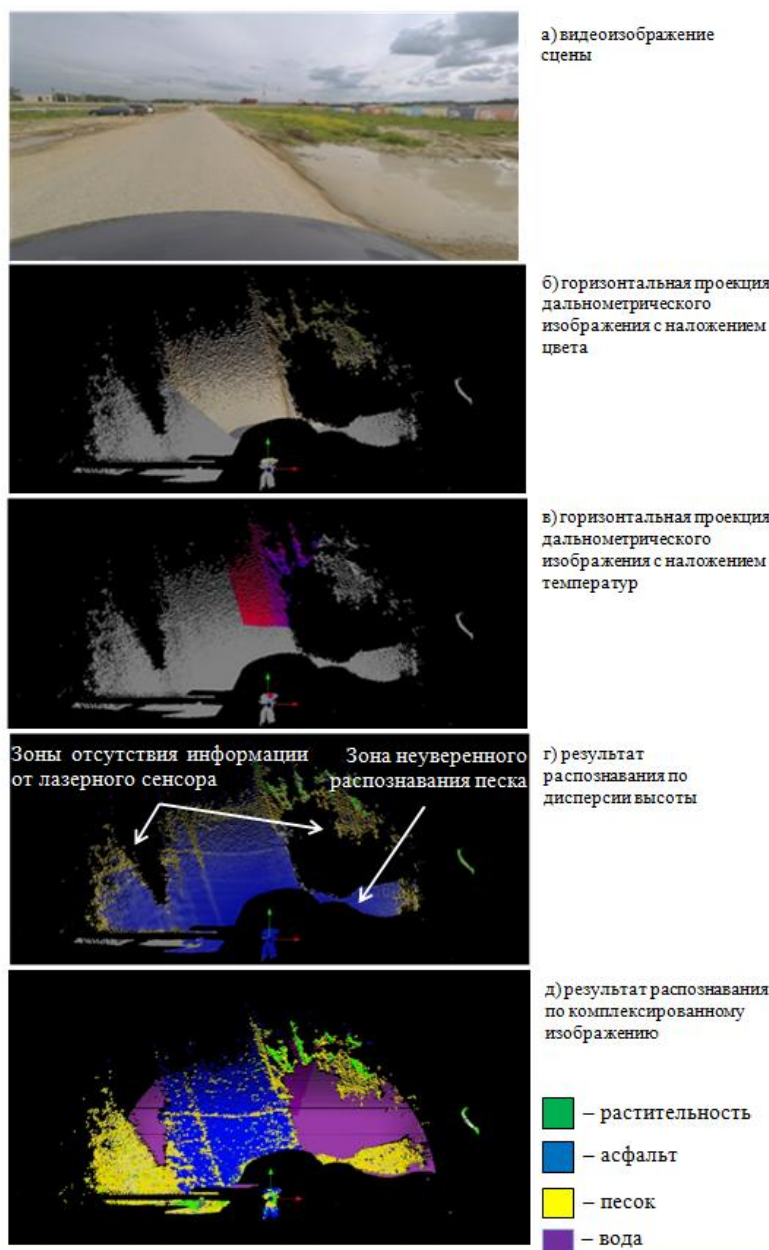
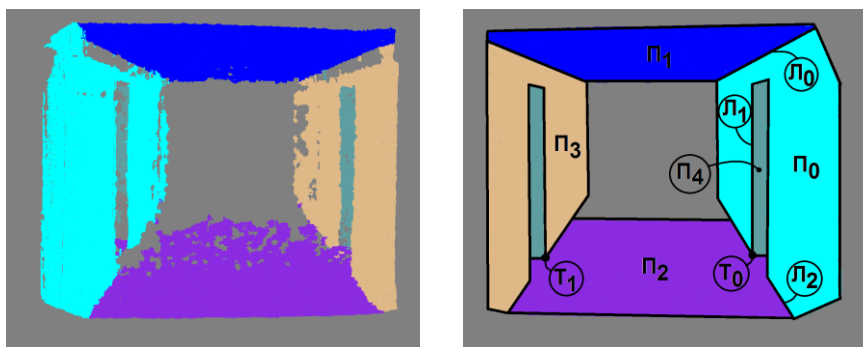


Рис. 2. Изображения сцены и результаты распознавания

Центральными и наиболее сложными задачами при создании автономных систем управления являются тесно связанные между собой задачи навигации (определение текущих линейных и угловых координат объекта управления) и реконструкции (построения объемной модели) окружающего пространства. Решение полной

навигационной задачи с требуемой точностью с помощью традиционных навигационных средств, особенно на сильнопересеченной местности и в условиях индустриально-городской среды, где в основном и проводятся спецоперации с использованием роботизированных средств [12], не возможно из-за экранирования навигационных полей (например – GPS) и искажения магнитного поля Земли. А также – из-за недостаточной точности бортовых инерциальных и одометрических систем. В этих условиях перспективными являются методы экстремальной навигации, основанные на обработке последовательности дальнометрических изображений, получаемых сканирующим лазерным дальномером в процессе движения [13], тем более, что для реконструкции окружающего пространства используются эти же данные [14]. При использовании непосредственно исходных облаков точек, формируемых 3D-лазерным сенсором, возникают проблемы их хранения и обработки в реальном времени. Поэтому актуальной становится задача сжатия исходной информации. Одним из возможных и перспективных путей сжатия исходных дальнометрических изображений искусственных сред (различных помещений, заводских и городских территорий) является их представление в виде совокупности геометрических примитивов: плоскостей, граней, линий, отрезков, ребер, вершин, углов [15]. По сравнению с исходным изображением такие линейные геометрические объекты характеризуются значительно меньшей размерностью и зашумленностью, а также возможностью нахождения различных отношений между ними и перехода к семантическому описанию окружающего пространства. Например, вместо координат множества точек, попавших на одну плоскость достаточно запомнить уравнение этой плоскости, ее семантическое описание (“стена Si”, “потолок”, “пол”, “аппарель Aj”, “ступенька Sk”, “тротуар”, “дорога”, ...) и уравнения линий-границ, что значительно снижает объем хранимой информации, необходимой для описания внешней среды. Такой подход позволяет более эффективно решать задачи класса SLAM (навигация мобильных роботов и формирование объемной карты окружающего пространства), что подтверждается следующими экспериментальными данными. На рис. 3,а,б) соответственно приведены выделенные подмножества точек, принадлежащие отдельным плоскостям, и сами плоскости (П) с реперными отрезками (Л) и точками (Т). Совокупность выделенных линейных объектов уже представляет собой реконструкцию (объемную модель) внешней среды (см. рис. 3,б).



а) выделенные подмножества точек

б) выделенные линейные объекты

Рис. 3. Результат работы созданного программного обеспечения

Рассмотрим одну из выделенных плоскостей П2 (плоскость пола), представленную в подвижной системе координат, связанной с сенсором (роботом), в нормальном виде: $-0.018x+0.053y-0.998z-1.45=0$. Если известны (например, из предыдущих

тории) семантические признаки выделенных объектов (П1 – потолок; П2 – пол; П0, П3, П4 – вертикальные стены), то плоскость пола П2 позволяет сразу определить координату $Z = 1.45$ сенсора (робота) по свободному члену и углу крена и дифферента по направляющим косинусам. Плоскость стены П0 при известных уже крене и дифференте – курс относительно этой стены (а при известной ориентации стены – истинный курс), система уравнений плоскостей П0, П2 и П4 – определить координаты точки Т0 в системе координат сенсора (а при известных уже углах крена, дифферента и курса и известных координатах точки Т0 в неподвижной системе координат – все линейные координаты сенсора в неподвижной системе координат).

Приведенный пример обработки дальнометрического изображения реальной внешней среды наглядно демонстрирует переход от исходного облака точек, требующего для хранения больших объемов памяти, к компактному семантическому описанию, содержащему в явном виде информацию о геометрии внешней среды и координатах сенсора (объекта управления). Необходимо так же отметить и то, что семантическое описание («понимание») внешней среды позволяет не только более успешно решать задачи автономного движения, но и дает возможность реализации «поведенческого» уровня управления.

Приведенные результаты экспериментальных исследований по решению задач определения опорных характеристик грунта, восстановления геометрии внешней среды и решения навигационных задач по данным бортовых СТЗ создают реальные предпосылки практической реализации систем автономного движения НРТК ВН в ближайшее время.

Адаптивные системы принятия решений. Обеспечение автономности функционирования роботов и их групп, находящихся на значительном удалении от центра управления, при выполнении ими задач по назначению связано прежде всего с разработкой интеллектуальных систем управления вооружением боевых роботов, включая все основные фазы боевой работы: поиск и обнаружение целей, оценка их важности (опасности), выбор цели для обстрела, выбор оружия и методов стрельбы, наведение оружия, стрельба, оценка результатов стрельбы и перенос огня.

Существует целый ряд методов решения задач, составляющих основу интеллектуальных систем управления, основанных на приобретении и формализации знаний. Выбор метода решения конкретных задач зависит от многих факторов [16]:

Во-первых, должно быть достигнуто соответствие метода принятия решений характеристикам задачи: определенность (относительно каждой альтернативы известно, что она неизменно приводит к некоторому конкретному исходу – все функциональные зависимости детерминированы); неопределенность в смысле случайности (каждая альтернатива приводит к одному из множеств возможных исходов, но каждый исход имеет известную или приписываемую вероятность появления); неопределенность в виде нечеткости (вероятности исходов неизвестны, тем не менее известны все альтернативы и множество возможных исходов, а также возможно задать предпочтение на этом множестве); тип множества альтернатив (дискретное или непрерывное); количество критериев; тип постановки задачи и др.

Во-вторых, существенное влияние на выбор метода оказывают характеристики экспертов: их возможности, квалификация, способности, связанные с использованием субъективных критериев, временных ограничений, возможностью давать качественные и количественные оценки.

В-третьих, на выбор метода оказывает влияние представление экспертов о последствиях принятия решения и возможность последующего обоснования использования метода, степень «доверия» ему, предшествующий опыт использования метода.

В зависимости от перечисленных факторов, могут применяться различные методы объединения информации: байесовская логика, нечеткая логика, коэффициенты уверенности и др.

Метод Байеса позволяет суммировать свидетельства, поступающие из различных источников, но использование его связано предположением независимости (в статистическом смысле) различных источников информации и требованием определения полной группы событий. Тем не менее этот метод удобен для учета «субъективной вероятности» того или иного события, существующей у человека в зависимости от конкретных обстоятельств и может быть использован для адаптации баз знаний и данных при постановке перед роботом конкретной задачи. Это особенно важно, учитывая высокую степень ответственности за решение на применение оружия при отсутствии контроля со стороны человека.

В ряде случаев, особенно когда свидетельства в пользу гипотезы поступают не одновременно, удобно пользоваться известной схемой Шортлиффа [17] для вычисления степени доверия и недоверия гипотезе при поступлении независимых свидетельств.

Опыт разработки систем поддержки принятия решений высокоавтоматизированных комплексов [18], показал, что основными методами многокритериальной оценки и выбора альтернатив на основе нечетких множеств являются следующие.

Метод выбора альтернатив на основе свертки критериальных оценок. Данный метод позволяет производить выбор альтернатив в случае, если заданы критерии (признаки) сравнения альтернатив и оценки альтернатив по каждому из критериев.

Пусть имеется множество из m альтернатив $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$. Тогда для критерия C может быть рассмотрено нечеткое множество:

$$C = \{M_c(a_1)/a_1, M_c(a_2)/a_2, \dots, M_c(a_m)/a_m\},$$

где $M_c(a_j)$ – оценка альтернативы a_j по критерию C , характеризующая степень соответствия альтернативы понятию, определяемому критерием C .

Если имеется n критериев: C_1, C_2, \dots, C_n , то лучшей считается альтернатива, удовлетворяющая и критерию C_1 и C_2 и ... C_n . Тогда правило для выбора наилучшей альтернативы может быть записано в виде пересечения соответствующих нечетких множеств:

$$D = C_1 \cap C_2 \cap \dots \cap C_n.$$

Операции пересечения нечетких множеств соответствует операция \min , выполняемая над их функциями принадлежности:

$$M_D(a_j) = \min M_{c_i}(a_j), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.$$

В качестве лучшей выбирается альтернатива a^* , имеющая наибольшее значение функции принадлежности

$$M_D(a^*) = \max M_D(a_j), \quad j = \overline{1, m}.$$

В случае если критерии C_i имеют различную важность и им приписаны некоторые веса значимости α , то правило выбора принимает вид:

$$D = C_1^{\alpha_1} \cap C_2^{\alpha_2} \cap \dots \cap C_n^{\alpha_n}.$$

Возведение в степень функций принадлежности нечетких множеств смещает оценку альтернативы в сторону более значимого признака и, наоборот, влияние малозначимого признака на оценку альтернативы уменьшается.

Метод ранжирования альтернатив при условии независимости критериев по предпочтению. Последнее требование позволяет использовать для оценки альтернативы аддитивную свертку, представляющую собой сумму оценок альтернатив по каждому из критериев.

Пусть необходимо упорядочить m альтернатив, оцениваемых по n критериям: a_1, a_2, \dots, a_m . Соответствующую оценку обозначим R_{ij} , $i = \overline{1, m}$. относительная важность каждого критерия задается коэффициентом W_j , $j = \overline{1, n}$. В этом случае взвешенная оценка i -ой альтернативы вычисляется по формуле:

$$R_i = \sum_{j=1}^n W_j R_{ij} / \sum_{j=1}^n W_j$$

или, если оценки нормированы

$$R_i = \sum_{j=1}^n W_j R_{ij}.$$

В случае, когда оценки альтернатив по критериям и коэффициенты относительной важности задаются функциями принадлежности, операция сложения и умножения должна быть применена к нечетким числам. В этом случае результатом обобщенной операции над функциями принадлежности $M(r_{ij})$ и $M_w(w)$ будет нечеткое число Z , определяемое функцией принадлежности вида:

$$M_z = \sup \min \{M_R(r), M_W(w)\}, z = r \times w.$$

Метод выбора альтернатив на основе нечеткого описания состояния системы и исходов. С пояснениями к этому методу из-за ограниченности места можно обратиться к [19]. Он применяется для случаев: четких полезностей альтернатив и нечетких состояний системы; нечетких полезностей альтернатив и четких состояний системы; нечетких полезностей и нечетких состояний.

Таким образом, существующие методы автоматизации процессов принятия решений в ходе боевой работы, которые являются основным содержанием систем управления вооружением НРТК ВН, в принципе, позволяют создавать автономные интеллектуальные системы. Основные сложности возникают при приобретении знаний – процессе получения знаний от эксперта или каких-либо других источников и передаче их интеллектуальной системе, эффективность которой целиком и полностью зависит от качества извлеченных знаний и правильности их представления.

Несмотря на многочисленные попытки автоматизировать процессы приобретения знаний, в настоящее время и в обозримом будущем реальна следующая модель приобретения знаний: эксперт с помощью инженера по знаниям решает задачи определения необходимости модификации или расширения знаний и извлечения новых знаний о предметной области. Преобразованием знаний в форму понятную интеллектуальной системе занимается инженер по знаниям [20]. Модификацию знаний производит сама интеллектуальная система, пользуясь встроенными возможностями. Таким образом, роль экспертов как носителей знаний не снижается.

При создании интеллектуальных систем управления вооружением в процессе роботизации существующего вооружения в качестве носителей знаний выступают: члены боевых расчетов комплексов, преподаватели учебных центров и военных училищ, инструкции по эксплуатации, учебники, правила стрельбы, уставы и т.п. В диалоге с инженером по знаниям создание соответствующей базы знаний и автоматических устройств на ее основе является задачей сложной, но реальной.

Иное дело в случае интеллектуальных систем управления вооружением автономных роботов, создаваемых изначально как безэкипажные. Как правило они будут обладать комплексированной системой технического зрения, развитой информационной системой на основе датчиков различной физической природы, отсутствием подсистемы индикации и представления информации. Состав вооружения может существенно отличаться от обитаемых комплексов-прототипов, если таковые вообще будут существовать, а опыта управления, как правило, нет.

Процесс приобретения знаний для построения интеллектуальной системы управления вооружением может столкнуться с существенными сложностями – отсутствием экспертов, обладающих опытом принятия решений для конкретного образца вооружения, инструкций в части их боевого применения и других источников знаний о предметной области. Фактически обучать необходимо не только системы принятия решений, но и собственно учителей – экспертов. Это требует создания развитой модели внешней среды, включая противодействующего противника, описания множества боевых ситуаций и правил использования имеющегося оборудования и вооружения, алгоритмов поведения робота. Находясь в комфортных условиях компьютерного диалога при отсутствии дефицита времени и опасности ошибочных действий, эксперт в игровой форме обучается сам и обучает систему управления. Образуется парадоксальная ситуация – для создания системы управления вооружением автономных интеллектуальных роботов, изначально планируемых в безэкипажном варианте, требуется разработка систем дистанционного управления, если не физических, то по крайней мере их компьютерных моделей.

Таким образом, разработка автономных интеллектуальных роботов военного назначения должна сопровождаться и предваряться разработкой полноценной модели робота в варианте дистанционного управления, а опыт, приобретаемый оператором в ходе управления виртуальным роботом в ходе розыгрышей различных ситуаций будет являться источником знаний о предметной области применения робота. С другой стороны, системы принятия решений интеллектуальной системы управления должны иметь возможность оперативного изменения оценок значимости (важности) критериев при выборе альтернатив и субъективных вероятностей событий, используемых в байесовских схемах как априорная вероятность. Это дает возможность настройки системы управления робота к конкретным условиям, осуществляя тем самым подобие отдачи приказа на боевую работу.

Заключение. В заключение необходимо отметить, что отсутствие единой технической политики в области разработки и принципов применения автономных НРТК ВН вызывает необходимость разработки соответствующей концепции. Участниками разработки концепции помимо военно-научных организаций должны быть организации промышленности – основные разработчики РТК и их элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Буренок В.М.* Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. – Тверь: Изд-во ООО «Купол», 2009. – 624 с.
2. *Дульнев П.А.* Проблемы сбалансированности и перспективы развития системы вооружения Сухопутных войск // Военная мысль. – 2009. – № 6. – С. 6-12.
3. *Шеремет И.А., Шеремет И.Б., Рудянов Н.А.* Роботы в войсках: проблемы освоения, применения и взаимной адаптации // Межотраслевой научно-технический журнал. Оборонный комплекс научно-техническому прогрессу России. – М.: Изд-во ФГУП «ВИМИ», 2014. – С. 66-70.
4. *Лопота А.В., Юревич Е.И.* Этапы и перспективы развития модульного принципа построения робототехники // Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции «Экстремальная робототехника». – СПб.: Изд-во «Политехника – сервис», 2012. – С. 15-18.

5. Шеремет И.Б., Рудианов Н.А., Рябов А.В., Хрущев В.С. Проблемы развития роботизированного вооружения СВ // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 3 (140). – С. 45-49.
6. Шеремет И.Б., Рудианов Н.А., Хрущев В.С., Рябов А.В., Комченков В.И. Обоснование семейства боевых и обеспечивающих роботов для боя в городе // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 3 (128). – С. 37-41.
7. Дульнев П.А., Ильин Л.Н. Некоторые подходы к развитию системы вооружения соединений нового облика сухопутных войск // Вестник Академии военных наук. – 2012. – № 1 (38) – С. 126-134.
8. Рябошапка и др. Проблемы развития вооруженных сил и вооружений // Вестник АВН. – 2011. – № 1 (34).
9. Машков К.Ю., Рубцов В.И., Штифанов Н.В. Автоматическая система обеспечения опорной проходимости мобильного робота // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. Вып. Специальная робототехника. – 2012. – С. 95-106.
10. Носков А.В., Рубцов И.В., Вазаев А.В. Об эффективности моделирования внешней среды по данным комплексированной СТЗ // Робототехника и техническая кибернетика. – 2015. – № 2 (7). – С. 51-55.
11. Носков А.В., Рубцов И.В., Романов А.Ю. Формирование объединенной модели внешней среды на основе информации видеокамеры и дальномера // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2007. – № 8. – С. 2-5.
12. Лапинов В.С., Носков В.П., Рубцов И.В., Рудианов Н.А., Рябов А.В., Хрущев В.С. Бой в городе. Боевые и обеспечивающие роботы в условиях урбанизированной территории // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 3 (116). – С. 142-146.
13. Носков В.П., Носков А.В. Навигация мобильных роботов по дальнометрическим изображениям // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2005. – № 12. – С. 16-21.
14. Загоруйко С.Н., Казьмин В.Н., Носков В.П. Навигация БПЛА и 3D-реконструкция внешней среды по данным бортовой СТЗ // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2014. – № 8. – С. 62-68.
15. Казьмин В.Н., Носков В.П. Выделение геометрических и семантических объектов в дальнометрических изображениях для навигации роботов и реконструкции внешней среды // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – № 10 (171). – С. 71-83.
16. Искусственный интеллект. – В 3-х кн. Кн. 2. Модели и методы: Справочник / Под ред. Поспелова Д.А. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
17. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В., и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: радио и связь, 1989. – 304 с.
18. Лисинская Л.И., Хрущев В.С. Оценка возможности автоматизации процессов принятия интеллектуальных решений в системах реального времени // Средства представления знаний в информационных технологиях. – Киев: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР 1992. – С. 9-13.
19. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. – Рига: Знание, 1990. – 184 с.
20. Кокорева Л.В., Перевозчикова О.Л., Ющенко К.Л. Диалоговые системы и представление знаний. – Киев: Наук. Думка, 1992. – 448 с.

REFERENCES

1. Burenok V.M. Razvitie voennykh tekhnologiy XXI veka: problemy, planirovanie, realizatsiya [The development of military technology of the XXI century: problems, planning, realization of configuration of the robot control system to the specific conditions]. Tver: Izd-vo OOO «Kupol», 2009, 624 p.
2. Dul'nev P.A. Problemy sbalansirovannosti i perspektivy razvitiya sistemy vooruzheniya Sukhoputnykh voysk [Problems balance and prospects of development of weapons systems of Ground forces], *Voennaya mysl'* [Military Thought], 2009, No. 6, pp. 6-12.
3. Sheremet I.A., Rudianov N.A. Roboty v voyskakh: problemy osvoiniya, primeneniya i vzaimnoy adaptatsii [Robots in the military: problems of development, implementation and mutual adaptation], *Mezhotraslevoy nauchno-tekhnicheskii zhurnal. Obo-ronnyy kompleks nauchno-tekhnicheskomu progressu Rossii* [Interbranch scientific technical journal "Defense complex to scientific and technical progress of Russia"]. Moscow: Izd-vo FGUP «VIMI», 2014, pp. 66-70.

4. Lopota A.V., Yurevich E.I. Etapy i perspektivy razvitiya modul'nogo printsipa postroeniya robototekhniki [Stages and prospects of development of a modular principle of construction robotics], *Sbornik dokladov Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Ekstremal'naya robototekhnika»* [The collection of reports of all-Russian scientific-technical conference]. St. Petersburg.: Izd-vo «Politekhnik – servis», 2012, pp. 15-18.
5. Sheremet I.B., Rudianov N.A., Ryabov A.V., Khrushchev V.S. Problemy razvitiya robotizirovannogo vooruzheniya SV [Problems of development of robotic weapons SW], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2013, No. 3 (140), pp. 45-49.
6. Sheremet I.B., Rudianov N.A., Khrushchev V.S., Ryabov A.V., Komchenkov V.I. Obosnovanie semeystva boevykh i obespechivayushchikh robotov dlya boya v gorode [Justification of combat and support a family of robots to fight in the city], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2012, No. 3 (128), pp. 37-41.
7. Dul'nev P.A., Il'in L.N. Nekotorye podkhody k razvitiyu sistemy vooruzheniya soedineniy novogo oblika sukhoputnykh voysk [Approaches to the development of weapons systems connections new shape of land forces], *Vestnik Akademii voennykh nauk* [Bulletin of the Academy of military Sciences], 2012, No. 1 (38), pp. 126-134.
8. Ryaboshapko i dr. Problemy razvitiya vooruzhennykh sil i vooruzheniy [Problems of development of armed forces and armaments], *Vestnik AVN* [The Bulletin of the MSA], 2011, No. 1 (34).
9. Mashkov K.Yu., Rubtsov V.I., Shtifanov N.V. Avtomaticheskaya sistema obespecheniya opornoy prokhodimosti mobil'nogo robota [Automatic software support mobile robot terrain], *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Mashinostroenie. Vyp. Spetsial'naya robototekhnika* [Vestnik MSTU. Bauman. Ser. Mechanical Engineering. Vol. Special robotics], 2012, pp. 95-106.
10. Noskov A.V., Rubtsov I.V., Vazaev A.V. Ob effektivnosti modelirovaniya vneshey sredy po dannym kompleksirovannoy STZ [The effectiveness of the simulation of the environment according to the complexed STZ], *Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika* [Robotics and Technical Cybernetics], 2015, No. 2 (7), pp. 51-55.
11. Noskov A.V., Rubtsov I.V., Romanov A.Yu. Formirovanie ob"edinennoy modeli vneshey sredy na osnove informatsii videokamery i dal'nometra [Formation of the unified model of the environment on the basis of information and a video camera rangefinder], *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie* [Mechatronics, Automation, Control], 2007, No. 8, pp. 2-5.
12. Lapshov V.S., Noskov V.P., Rubtsov I.V., Rudianov N.A., Ryabov A.V., Khrushchev V.S. Boy v gorode. Boevye i obespechivayushchie roboty v usloviyakh urbanizirovannoy territorii [Battle in the town. Battle and supporting robots are in urbanized conditions], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2011, No. 3 (116), pp. 142-146.
13. Noskov V.P., Noskov A.V. Navigatsiya mobil'nykh robotov po dal'nometricheskimi izobrazheniyam [Navigation of mobile robots for dalnometricheskimi images], *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie* [Mechatronics, Automation, Control], 2005, No. 12, pp. 16-21.
14. Zagoruyko S.N., Kaz'min V.N., Noskov V.P. Navigatsiya BPLA i 3D-rekonstruktsiya vneshey sredy po dannym bortovoy STZ [Navigation and 3D-reconstruction of the environment according to the FTZ board], *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie* [Mechatronics, Automation, Control], 2014, No. 8, pp. 62-68.
15. Kaz'min V.N., Noskov V.P. Vydelenie geometricheskikh i semanticheskikh ob"ektov v dal'nometricheskikh izobrazheniyakh dlya navigatsii robotov i rekonstruktsii vneshey sredy [Detecting geometric and semantic objects in range image for robot navigation and environment reconstruction], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2015, No. 10 (171), pp. 71-83.
16. Iskusstvennyy intellekt. [Artificial Intelligence. In 3 books. Book 2. Models and methods: A Handbook, Ed. by Pospelova D.A. Moscow: Radio i svyaz', 1990, 304 p.
17. Borisov A.N., Alekseev A.V., Merkur'eva G.V., i dr. Obrabotka nechetkoy informatsii v sistemakh prinyatiya resheniy [Processing fuzzy information in decision support systems]. Moscow: radio i svyaz', 1989, 304 p.
18. Lisinskaya L.I., Khrushchev V.S. Otsenka vozmozhnosti avtomatizatsii protsessov prinyatiya intellektual'nykh resheniy v sistemakh real'nogo vremeni [Evaluation of the possibility of intelligent automated decision-making processes in real-time system], *Sredstva predstavleniya znaniy v informatsionnykh tekhnologiyakh* [Tools knowledge representation in information technology]. Kiev: In-t kibernetiki im. V.M. Glushkova AN USSR 1992, pp. 9-13.

19. *Borisov A.N., Krumberg O.A., Fedorov I.P.* Prinyatie resheniy na osnove nechetkikh modeley: Primery ispol'zovaniya [Decision-making based on fuzzy models: Examples of use]. Riga: Znanie, 1990, 184 p.
20. *Kokoreva L.V., Perevozchikova O.L., Yushchenko K.L.* Dialogovye sistemy i predstavlenie znaniy [Dialog system and knowledge representation]. Kiev: Nauk. Dumka, 1992, 448 p.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. С.Г. Капустян.

Лапшов Владимир Сергеевич – Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана; e-mail: lapvs@rambler.ru; 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5; тел.: 89262561537; НИИ Специального машиностроения; зав. сектором.

Носков Владимир Петрович – e-mail: noskov_mstu@mail.ru; тел.: +79166766057; НИИ Специального машиностроения; зав. сектором; кафедра специальной робототехники и мехатроники; к.т.н.; доцент.

Рубцов Иван Васильевич – e-mail: noskov_mstu@mail.ru; тел.: 84992636019; НИИ Специального машиностроения; начальник отдела; кафедра специальной робототехники и мехатроники; к.т.н.; доцент.

Гурджи Артур Ильич – ВНК Инженерных Войск; e-mail: rudianov_1980@mail.ru; 119160, Москва, Фрунзенская набережная, 22/2, председатель.

Рудианов Николай Александрович – 3 ЦНИИ МО РФ; e-mail: rudianov_1980@mail.ru; 107564, Москва, Погонный проезд, 10; начальник отдела; к.т.н.

Рябов Анатолий Викторович – с.н.с.

Хрущев Василий Сергеевич – к.т.н.

Lapshov Vladimir Sergeevich – Bauman Moscow State Technical University; e-mail: lapvs@rambler.ru; 5, 2nd Baumanskaya street, Moscow, 105005, Russia; phone: +79262561537; Special robotics and mechatronics department; NIISM sectorhead.

Noskov Vladimir Petrovich – e-mail: noskov_mstu@mail.ru; phone: +79166766057; NIISM sector head; the department of special robotics and mechatronics; cand. of eng. sc.; associate professor.

Rubtsov Ivan Vasil'evich – e-mail: noskov_mstu@mail.ru; phone: +74992636019; the department of special robotics and mechatronics; cand. of eng. sc.; associate professor; chief of department.

Gurdji Artur Il'ich – KSS Engineering Troops; e-mail: rudianov_1980@mail.ru; 22/2, Frunzenskaya embankment, Moscow, 119160, Russia; President.

Rudianov Nikolay Alexandrovich – 3 CNIИ MO RF; e-mail: rudianov_1980@mail.ru; 10, Pogonnyi proezd, Moscow, 107564, Russia; chief of department; cand. of eng. sc.

Ryabov Anatoly Viktorovich – senior researcher.

Hruschov Vasily Sergeevich – cand. of eng. sc.