

Подходы к созданию интеллектуальной системы управления мобильным роботом

П.С. Романов¹, И.П. Романова²

¹*Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета, Коломна*

²*Национальный исследовательский московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)*

Аннотация. В статье проанализировано применение методов искусственного интеллекта для управления роботами. Представлена концепция многоуровневой интеллектуальной системы управления мобильным роботом, в рамках которой предложено строить интеллектуальную систему управления из трех уровней, исходя из модели мышления и классификации задач по уровню информации. В контуре предлагаемой системы циркулируют восходящий и нисходящий потоки, осуществляется управление системой на своем уровне, а часть информации обобщается и передается на более высокий уровень оценки обстановки, после чего в результате детализации постепенно от стратегии поведения до команд на исполнительные органы робота осуществляется движение вниз при выборе вариантов решения на перемещения или другие какие-либо действия мобильного робота. Приведены функционально-структурная схема данной системы, а также принципы построения и аппаратная реализация этой системы на базе многоуровневой вычислительной системы мобильного робота.

Ключевые слова: искусственный интеллект, новая информационная технология, мобильный робот, интеллектуальный робот, интеллектуальная система управления, концепция, многоуровневая вычислительная система.

Введение

Сегодня основным ограничением для эффективного решения задачи замены человека робототехническими системами является недостаточный «интеллект» этих систем. Важно его преодолеть для вновь создаваемой высокотехнологичной техники, в первую очередь эксплуатирующийся в экстремальных условиях. Поэтому следующим этапом в развитии робототехники является создание интеллектуальных роботов (ИР), обладающих способностью самообучаться и самоорганизовываться, адаптироваться к изменяющейся окружающей обстановке [1,2].

Интеллектуальные роботы – это роботы с интеллектуальным управлением, когда методы и модели искусственного интеллекта (ИИ) используются для выполнения функций управления движениями, а также для

выполнения определенных технологических операций. Главным и обязательным его компонентом является наличие развитой памяти – основы осмысленных действий робота и уровня его разумности. Блок памяти двусторонне связан с другими системами, перерабатывающими информацию, и включает базу знаний о внешней среде в виде ее модели и базу данных об этой среде, самом роботе и об операциях, которые он может выполнять [1,2].

Кроме того, сейчас широко используются мобильные роботы. Это, как правило, ИР с автономной системой навигации и передвижения в заранее неопределенной среде и с интерактивным управлением от оператора через интеллектуальный интерфейс [1,3,4].

В ИР технологии ИИ используют не только для управления ими (в системах управления), но и для выполнения других функций, включая обработку сенсорной информации, формирование моделей внешней среды, оценку ситуаций и принятие решений, диалог с оператором. При проектировании мобильных ИР важными этапами являются: построение функционально-структурной схемы, определение состава и аппаратурная реализация интеллектуальных систем управления (ИСУ) роботами. В разных источниках приводятся обобщенные структуры системы интеллектуального управления, в которых применены те или иные технологии ИИ [1-3], а также схемные решения устройств, решающих частные задачи с использованием методов ИИ (распознавания, движения и т.п. в составе роботов) [5].

В данной работе на основе концепции многоуровневой интеллектуальной системы управления технической системой (объектом) предлагаются: концепция многоуровневой ИСУ мобильным роботом, функционально-структурная схема данной системы, принципы построения и аппаратурная реализация ИСУ на базе многоуровневой вычислительной системы (МВС) мобильного робота.

Концепция многоуровневой интеллектуальной системы управления мобильным роботом

В целом ИИ используется в роботах для повышения качества выполнения следующих задач: обработка сенсорной информации; оценка внешней среды и принятие решений по адекватному поведению; планирование поведения; управление движениями по реализации этих планов; создание интеллектуальных интерфейсов для взаимодействия с человеком-оператором и другими роботами и совместно действующим оборудованием. При этом движение робота осуществляется путем управления приводами исполнительных систем, обеспечивающих требуемое перемещение [1,2].

Для управления мобильным роботом в целом, так и для управления его подсистемами, в частности приводами, можно использовать разные информационные технологии принятия решения, получившие название новых информационных технологий (НИТ), которые включают: технологии ИИ; распределенную обработку данных; новые методы общения оператора с роботом; электронные цифровые карты местности, используемые для навигации робота совместно со спутниковой навигацией [4].

Сегодня при описании моделей систем управления роботами указываются в основном только технологии ИИ. В [3,6-8] предлагается для создания систем управления использовать методы экспертных систем, ассоциативной памяти, нечеткой логики, нейронных сетей, в [1,2] наиболее перспективными представляются гибриды двух технологий ИИ - экспертных систем и нейронных сетей, в [9] для управления роботом используется алгоритм обучения с подкреплением Q-learning, в [10] – его модификация. В [4] предложено решать задачи управления с помощью различных НИТ в зависимости от степени интеллектуальности задачи на разных уровнях ИСУ роботами. Так как на исполнительном уровне современных систем

управления роботами в основном применяются электроприводы, поэтому для повышения эффективности управления ими все чаще используется нечеткое управление [11].

Планирование поведения мобильных ИР состоит из этапов: выбор стратегии выполнения задания; формирование последовательности необходимых действий; оперативная коррекция поведения с учетом изменений среды. Поэтому предлагаемая ИСУ мобильным роботом учитывает последовательные этапы своего поведения: наблюдение (восприятие), оценивание, принятие решений, управление роботом, прогнозирование дальнейшего поведения, самообучение, которые предполагают различные уровни реализации: от простейших сенсомоторных реакций системы до качественных оценок на основе «здравого смысла».

При построении ИСУ мобильным роботом необходимо взять за основу ИСУ динамическими объектами, представленную в [12] (см. рис.1). При этом деление ИСУ на уровни проведено на базе предложенных в [4] модели мышления и классификации задач по уровню информации. При управлении динамическими объектами (к которым относятся и мобильные ИР) окончательное принятие решения остается за лицами, принимающими решения (ЛПР), например операторами, управляющим этими объектами с помощью вычислительных комплексов, использующих для принятия решений и управления, в том числе и методы ИИ. При этом управление ими осуществляется автоматически на всех уровнях. Оператор участвует в корректировке действий робота при его обучении и при возникновении нестандартных ситуаций в период работы ИР.

В контуре предлагаемой ИСУ роботом циркулируют восходящий и нисходящий потоки, осуществляется управление системой на своем уровне, а часть информации обобщается и передается на более высокий уровень оценки обстановки, после чего в результате детализации постепенно от

стратегии поведения до команд на исполнительные органы робота осуществляется движение вниз при выборе вариантов решения на перемещения или другие какие-либо действия мобильного робота.

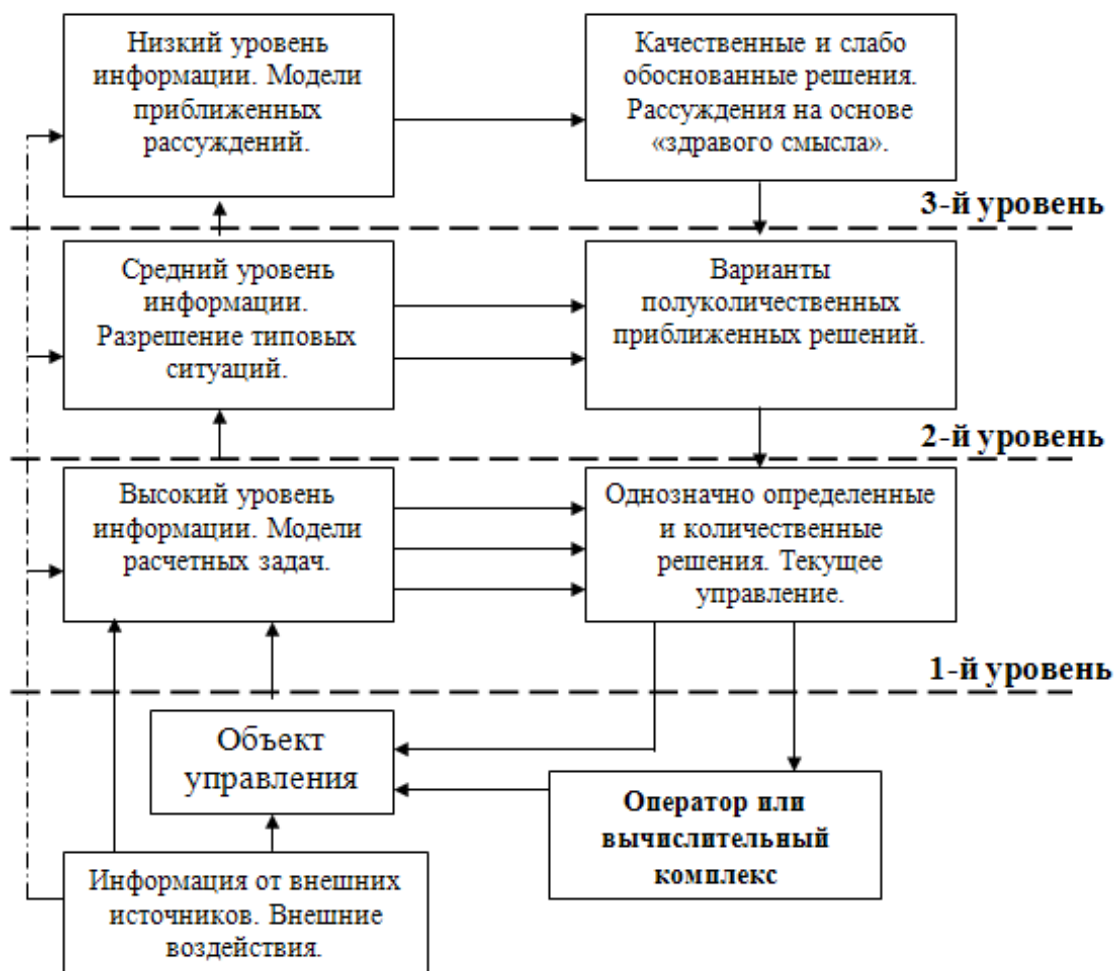


Рис.1. – Схема модели интеллектуальной системы управления объектом

На первом уровне происходит первичная обработка поступающей информации и осуществляется текущее управление в случае поступления данных, которые соответствуют указанным в задании или близки к ним. Управление механизмами и движением, относящимся к первому уровню системы, возлагается на микропроцессорную систему.

На втором («количественном») уровне ИСУ роботом выполняет следующие функции: техническую диагностику робота и его подсистем,

количественную оценку состояния внешней среды и робота, навигации и корректировки движения робота, обхода или преодоления препятствий. На этом уровне она должна обеспечивать максимально точную оперативную оценку информации и на ее основе принимать решение на определенные действия мобильного робота. В ее состав должна входить база знаний (БЗ), содержащая необходимые сведения о цели перемещения, об условиях движения и т.д. Система должна также делать логические выводы об изменении движения робота с последующей передачей управления на первый уровень и может быть технически реализована на основе микропроцессорной системы. Формирование задающих воздействий на втором уровне реализуется по-разному в зависимости от поставленной цели и ситуации, в которой находится мобильный робот.

Третий уровень иерархии ИСУ мобильным роботом – это уровень качественных оценок. Его наличие требуется из-за большого количества подсистем мобильного робота и подсистем ИСУ роботом. Для него характерно многообразие разнородных противоположных факторов, влияющих на принятие решения по управлению роботом. Для управления на этом уровне можно использовать нейросетевые модели, генетические алгоритмы, алгоритмы нечеткого вывода и другие модели (см. [4,6,12,13]).

Надо отметить, что хотя при описании модели многоуровневой ИСУ мобильным роботом, больше обсуждалось оптимальное управление движением робота, но модель призвана решать все задачи, стоящие и возникающие перед ИСУ по управлению мобильным роботом и его подсистемами. Так, одной из важных задач управления мобильным роботом является распознавание и оценка текущей ситуации. При этом решения принимаются в зависимости от уровня определенности, полноты и точности информации о ситуации и ее оценки: на первом уровне принимаются решения по однозначным ситуациям, на втором - по неоднозначным четким

ситуациям, на третьем - по неоднозначным нечетким ситуациям. Выбор величин и направлений командных перемещений мобильного робота должен производиться исходя из условий предотвращения столкновений с объектами (в том числе и подвижными) внешней среды. При этом, чем неопределеннее информация о состоянии мобильного робота и внешней среды, тем выше уровень ИСУ роботом, на котором решается задача по управлению им.

Функционально-структурная схема ИСУ мобильным роботом

Исходя из концепции многоуровневой системы и функций, которые могут выполняться мобильным роботом, предлагается следующая функционально-структурная схема ИСУ мобильным роботом (рис.2). Интеллектуальная система управления мобильным роботом состоит из четырех основных подсистем (см. рис.2): восприятия, базы знаний, планирования поведения, исполнения действий, включающих различные блоки. Разработка структур указанных подсистем является предметом отдельных исследований. Так, в подсистему исполнения действий могут входить и другие блоки, например, блок по управлению вооружением. В качестве аппаратурной реализации ИСУ мобильным роботом предлагается строить ее на основе многоуровневой вычислительной системы, являющейся распределенной вычислительной системой.

Причем концепция МВС мобильного робота основана на идее многоуровневой ИСУ, в первую очередь ее многоуровневой математической модели, построенной на базе модели ИСУ объектами, предложенной в [4].

Методы и модели ИИ могут использоваться для решения широкого круга задач, возникающих перед ИСУ, особенно, в сложной динамичной обстановке, например, для распознавания ситуаций, для принятия решений при качественных оценках параметров среды. Поэтому в ИСУ могут быть использованы различные НИТ, следовательно, в БЗ системы должны, по возможности находится различные модели принятия решений и управления

роботом и его подсистемами. Выбор конкретной НИТ (например, того или иного метода ИИ) для управления роботом можно проводить с применением методического аппарата выбора предложенного в [13].

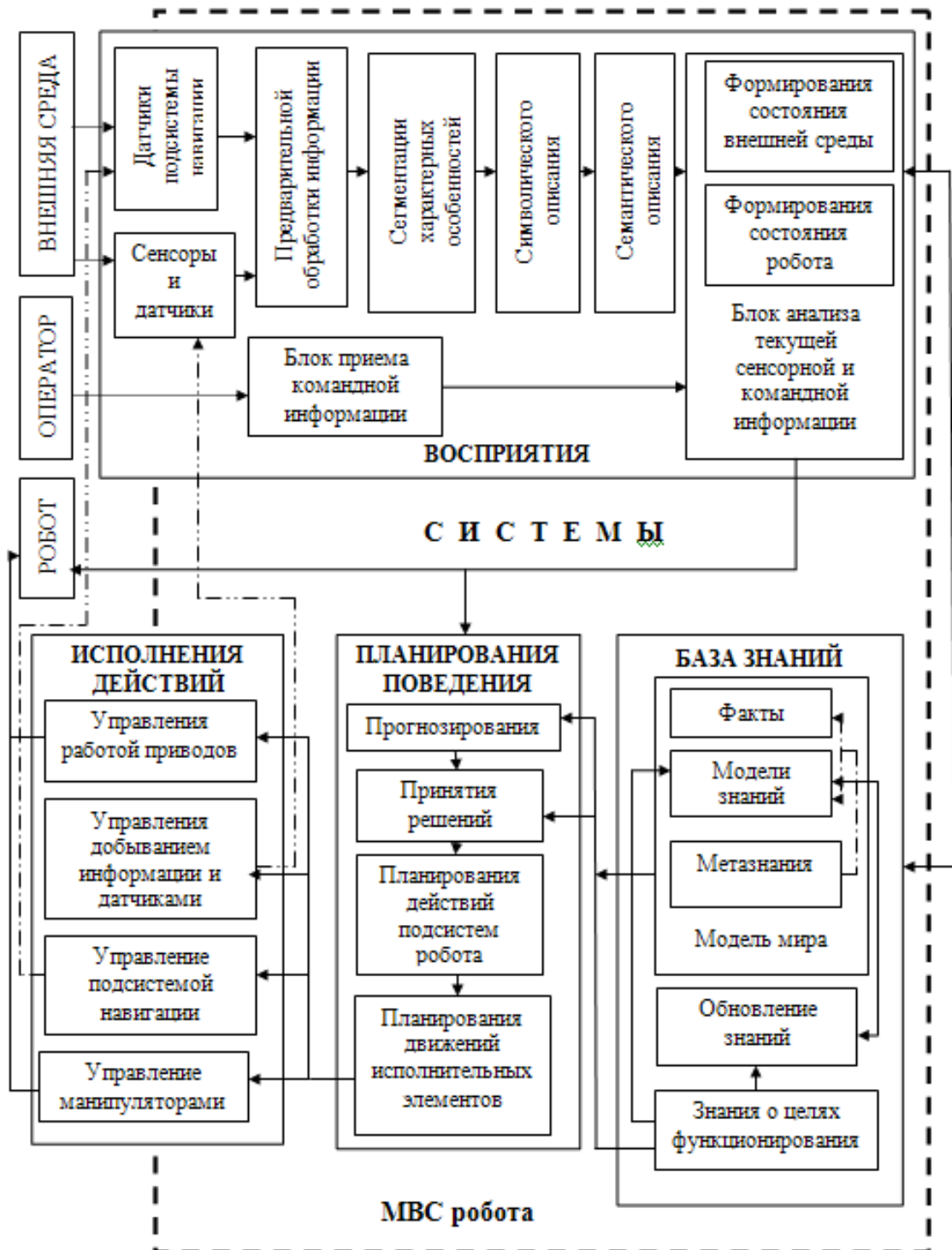


Рис.2. – Функционально-структурная схема ИСУ мобильным роботом

Вычислительные средства, образующие МВС, должны представлять собой иерархическую систему, содержащую, в соответствии с математической моделью ИСУ и функциональными задачами:

первый уровень – вычислительные средства управления датчиками и сенсорами (сенсорный уровень);

второй уровень – вычислительные средства управления системами и подсистемами мобильного робота, решающие отдельные функциональные задачи текущего управления (моторный уровень);

третий уровень – вычислительные средства организации оперативного функционирования мобильного робота;

четвертый уровень – вычислительные средства, участвующие в обучении и самообучении ИСУ мобильным роботом и ведающие обработкой информации о целях функционирования мобильного робота.

Описание функционирования и принципы построения многоуровневой вычислительной системы

Вычислительные средства сенсорного уровня управляют датчиками и сенсорами, работающими в различных диапазонах электромагнитного излучения (радио, видео, инфракрасного), датчиками положения робота в пространстве и предназначенных для добывания информации, как о состоянии внешней среды, так и самого робота. Конструктивно они должны быть выполнены в виде микропроцессоров, встроенных в устройства и блоки добывания информации или, в случае миниатюрных размеров датчиков, совмещенных с сенсорами в одних устройствах.

Вычислительные средства моторного уровня осуществляют текущее управление системами и подсистемами робота. Эти средства встраиваются в конструктивные модули, являющихся основой подсистем и систем робота (например, приводов движения и т.д.).

Вычислительные средства третьего уровня МВС организуют оперативное управление роботом, причем процесс функционирования их описывается математической моделью ИСУ роботом второго и третьего уровней. Фактически же это должен быть процессор, выполняющий роль центрального процессора, способного управлять всей МВС и на основе ее формировать управляющий процесс в ИСУ роботом.

Вычислительные средства четвертого уровня МВС предназначены для управления приемом и обработкой информации о целях функционирования робота, управления процессом самообучения и организации взаимодействия с оператором. Вычислительные средства данного уровня выполняются в виде микропроцессоров, встроенных в соответствующие блоки робота.

Построение МВС мобильного робота должно осуществляться исходя из следующих принципов.

1. Применение развитой аппаратурной поддержки и программного обеспечения, обеспечивающих распараллеливание вычислений.
 2. Распределенность и встроенность вычислительных средств в блоки и подсистемы робота.
 3. Организация асинхронного взаимодействия вычислительных модулей с использованием как центральных, так и распределенных средств организации взаимодействия с обеспечением перестраиваемого управления, использующего методы ИИ. Выбор наилучшей НИТ, в том числе лучшего из методов ИИ, из числа имеющихся в БЗ набора НИТ, для решения конкретной задачи.
 4. Обеспечение удобной и эффективной адаптации системы и, в определенных пределах, динамичной реконфигурации.
 5. Использование возможностей, представляемых перспективной элементной базой.
-

6. Разработка программного обеспечения на основе предложенной в [4] математической модели ИСУ.

Заключение

Предлагаемые подходы к построению ИСУ мобильным роботом могут найти применение при разработке и проектировании мобильных интеллектуальных роботов, создаваемых для работы в условиях быстро меняющейся динамичной и опасной для жизни человека среды, в частности для исследовательских роботов и робототехнических систем военного назначения.

Литература

1. Каляев И.А., Лохин В.М., Макаров И.М. и др. Интеллектуальные роботы / Под общей ред. Е.И. Юревича. М.: Машиностроение, 2007. 360 с.
2. Костров Б.В., Ручкин В.Н., Фулин В.А. Искусственный интеллект и робототехника. М.: Диалог-МИФИ, 2008. 224 с.
3. Макаров И.М., Лохин В.М. Интеллектуальные системы автоматического управления. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. 576 с.
4. Романов П.С. Обоснование путей построения автоматизированных систем управления артиллерийскими формированиями на основе новых информационных технологий. Коломна: КГПИ, 2005. 398 с.
5. Ермишин К.В., Воротников С.А. Мультиагентная сенсорная система сервисного мобильного робота // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». 2012. С.50-59.
6. Janglová D. Neural networks in mobile robot motion // Cut. Edge Robot. 2005. V. 1. № 1. pp. 243–254.
7. Fierro R., Lewis F.L. Control of a nonholonomic mobile robot using neural networks // Neural Netw. IEEE Trans. On. 1998. V. 9. № 4. pp. 589–600.

8. Пучков Е.В. Сравнительный анализ алгоритмов обучения искусственной нейронной сети // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2135/.

9. Touzet C. Q-learning for robots // The Handbook of Brain Theory and Neural Networks: second edition / M. A. Arbib ed., MIT Press, 2003. pp. 934-937.

10. Чачхиани Т.И., Серова М.Г. Мобильный робот в нестационарной среде// Инженерный вестник Дона, 2017. № 4. URL: ivdon.ru/ru/ magazine/archive/n4y2017/4546/.

11. Амосов О.С., Амосова Л.Н., Иванов С.Н. Синтез оптимальных систем управления электромеханическим теплогенерирующим комплексом с использованием нечетких систем // Информатика и системы управления. 2009. №1(19). С. 73–83.

12. Романов П.С. Модель интеллектуальной системы управления интеллектуальными роботами. // IV Международная научно-практическая конференция «Техника и технологии, политика и экономика: проблемы и перспективы». Коломна, 2017. С. 76-83.

13. Кафиев И.Р., Романов П.С., Романова И.П. Методический аппарат выбора информационной технологии для управления сельскохозяйственными роботами //Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (44). С.62-68.

References

1. Kaljaev I.A., Lohin V.M., Makarov I.M. i dr. Intellektual'nye roboty [Intelligent robots]. Pod obshej red. E.I. Jurevicha. M.: Mashinostroenie, 2007. 360 p.

2. Kostrov B.V., Ruchkin V.N., Fulin V.A. Iskusstvennyj intellekt i robototehnika. [Artificial intelligence and robotics]. M.: Dialog-MIFI, 2008. 224 p.

3. Makarov I.M., Lohin V.M. Intellektual'nye sistemy avtomaticheskogo upravlenija [Intelligent systems of automatic control]. M.: FIZMATLIT, 2001. 576p.

4. Romanov P.S. Obosnovanie putej postroenija avtomatizirovannyh sistem upravlenija artillerijskimi formirovanijami na osnove novyh informacionnyh tehnologij [Substantiation of ways of building automated control systems for artillery units on the basis of new information technologies]. Kolomna: KGPI, 2005. 398 p.

5. Ermishin K.V., Vorotnikov S.A. Vestnik MGTU im. N.Je. Baumana. Ser. «Priborostroenie». 2012. pp.50-59.

6. Janglová D. Neural networks in mobile robot motion. Cut. Edge Robot. 2005. V. 1. № 1. pp. 243–254.

7. Fierro R., Lewis F.L. Control of a nonholonomic mobile robot using neural networks. Neural Netw. IEEE Trans. On. 1998. V. 9. № 4. pp. 589–600.

8. Puchkov E.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2135/.

9. Touzet C. Q-learning for robots. The Handbook of Brain Theory and Neural Networks: second edition. M. A. Arbib ed., MIT Press, 2003. pp. 934-937.

10. Chachhiani T.I., Serova M.G. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4546/.

11. Amosov O.S., Amosova L.N., Ivanov S.N. Informatika i sistemy upravlenija. 2009. №1 (19). pp. 73–83.

12. Romanov P.S. Model intelligent control systems intelligent robots. IV Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Tehnika i tehnologii, politika i jekonomika: problemy i perspektivy». Kolomna, 2017. pp. 76-83.

13. Kafiev I.R., Romanov P.S., Romanova I.P. Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 4 (44). pp.62-68.