

ОТЗЫВ

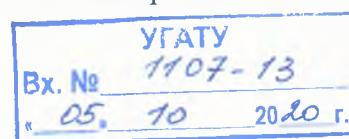
официального оппонента
на диссертационную работу
ЮДИНЦЕВА Богдана Сергеевича

«Нейросетевая система планирования траекторий для группы мобильных роботов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информационные и технические системы)

1. Актуальность темы исследования

В настоящее время технологически передовые государства стоят на пороге нового – шестого - технологического уклада, который характеризуется развитием и широким использованием наукоемких технологий, значительным повышением автоматизации производства. Так, в США доля производительных сил, которые можно отнести к новому укладу, только за последние 3 года выросла более, чем в 10 раз и превышает 5% производственного парка. При этом основным средством решения проблем автоматизации сложных, территориально распределенных технологических процессов считается более активное использование специализированных роботов и робототехнических систем: автономных мобильных роботов (АМР) или коллективов роботов, способных самостоятельно перемещаться в сложном рабочем пространстве с подвижными и неизвестными заранее препятствиями и предназначенных для выполнения различных операций в автономном режиме, т.е. без участия человека. Создание подобных систем сопровождается решением целого ряда проблем и представляет собой наукоемкий процесс, требующий интеграции современных аппаратно-программных средств и технологий разработки. Одной из базовых проблем построения коллектива роботов является синтез быстрых и эффективных траекторий для гетерогенных групп мобильных роботов (МР), относящийся к классу сложных комбинаторных проблем, осложненных требованиями по повышению автономности роботов, ограничениями на их массогабаритные, динамические и базовые функциональные характеристики. Поэтому актуальными являются вопросы планирования оптимальных траекторий движения, стабилизации движения АМР, оптимального маневрирования в различных фазах движения, решение которых в большей мере зависит от возможностей бортовых сенсорных систем и способов обработки информации о состоянии внешней среды с целью формирования более достоверной и точной модели окружающей обстановки.

Вышесказанное позволяет утверждать, что работа Юдинцева Б.С., посвященная повышению эффективности работы системы планирования траекторий, построенной на базе нейронной сети (НС) Хопфилда, а также разработке нейросетевой системы



планирования траекторий для группы МР, действующей в двумерном рабочем пространстве с препятствиями, выполнена на актуальную тему. Актуальность и востребованность результатов диссертационного исследования подтверждается его поддержкой Российским фондом фундаментальных исследований (часть работы выполнена в рамках гранта РФФИ № 16-29-04165-офи_м).

2. Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа Юдинцева Б.С. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 117 наименований и 4 приложений. Объем основной части диссертации составляет 159 страниц, включая 92 рисунка и 12 таблиц.

Во введении автором обосновывается актуальность решаемой научной задачи; формулируются цель и задачи исследования; перечисляются подходы и методы решения задач; приводятся результаты, выносимые на защиту; отмечаются их научная новизна и практическая значимость.

В первой главе проведены анализ современного состояния проблемы группового управления в робототехнике и сравнительный анализ различных алгоритмов поиска траекторий, показаны особенности их применения, а также достоинства и недостатки анализируемых методов при их использовании для реализации группового управления МР. На основе данного анализа обоснована необходимость применения интеллектуальных алгоритмов планирования. Предложен подход к решению задачи планирования траекторий для группы МР на основе рекуррентной НС Хопфилда.

Вторая глава диссертации посвящена структурному анализу системы планирования траекторий на базе НС Хопфилда для одного МР: структура нейронов, топология нейронной сети, взаимодействие нейронной сети и блока обработки данных с сенсорной и исполнительной системой МР. На основе результатов анализа предлагаются подходы к реализации системы планирования для группы МР, обосновывается выбор базовой схемы. Также во второй главе проведен анализ методик реализации технологий параллельных вычислений при синтезе программного обеспечения системы планирования.

В третьей главе приводится описание математической модели рассматриваемой системы планирования и проводится ее проверка на устойчивость, исследуется нейродинамика НС Хопфилда. На основании полученных результатов предлагаются различные модификации рассматриваемой модели НС, позволяющие применить предложенное решение для построения неконфликтных траекторий для группы МР в динамически меняющейся среде.

В четвертой главе рассматриваются результаты экспериментальной проверки разработанных алгоритмов планирования траектории. Приводится описание программно-аппаратного комплекса полунатурных экспериментальных стендов, использующих централизованную и мультиагентную модели управления группой МР. Также в данной главе проведен анализ эффективности и вычислительной сложности разработанного алгоритма планирования.

В заключении представлены основные результаты, полученные в работе и выносимые на защиту.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность результатов и выводов, полученных в диссертационной работе, базируются на корректном использовании общеизвестных методов теоретических и экспериментальных исследований в области системного анализа, теории нейронных сетей и компьютерного моделирования, которые апробированы и рекомендованы ведущими специалистами при проведении научных исследований.

Для проверки достоверности математической модели исследуемой нейронной сети в работе используется пакет прикладных программ MATLAB, который обеспечивает выполнение основных условий и требуемую точность при решении задач математического моделирования.

Обоснованность теоретических расчетов, предложений и выводов подтверждается экспериментальными данными, полученными с помощью полунатурного стенда, в разработке программного обеспечения которого принимал соискатель: модули планирования траекторий, синтезированные на языках Python и C#.

Основные положения и результаты, выносимые на защиту, прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях, семинарах и достаточно полно отражены в опубликованных соискателем научных работах, включая 4 работы в журналах, рекомендованных ВАК, и 1 статью в издании, входящем в системы цитирования Scopus. Соискателем также получены 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

4. Достоверность и новизна полученных результатов

Научная новизна полученных в работе результатов определяется оригинальностью методики синтеза системы планирования траекторий для группы мобильных роботов на базе НС Хопфилда, базирующейся на применении технологий мультипоточных и распределенных вычислений. Указанный подход позволил эффективно решить задачу информационного обмена между агентами и проблему построения неконфликтных траекторий для группы МР с учетом различных моделей группового управления, эффективно используя при этом бортовые вычислительные средства. Можно отметить следующие результаты:

– Синтезирована математическая модель модифицированной НС Хопфилда, отличающаяся использованием новой передаточной функции нейронов и новых правил активации, что позволило ускорить процесс формирования нейронной карты, а также снизить риски возникновения локальных максимумов при работе системы в больших рабочих пространствах или при сложной конфигурации препятствий.

– Получены методическое и алгоритмическое обеспечения подсистемы коррекции траектории, обеспечивающие адекватный отклик системы планирования при функционировании в условиях информационной недостаточности и при наличии динамических препятствий в рабочей зоне, а также позволяющие сократить время решения задачи позиционирования.

– Получены методическое и алгоритмическое обеспечения для подсистемы разрешения конфликтных ситуаций между агентами, базирующейся на применении технологий многопоточной обработки данных и использующей систему приоритетов, что обеспечивает эффективное решение задачи взаимного позиционирования роботов при групповых задачах.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов

Теоретическая значимость полученных в диссертационной работе результатов определяется предложенной архитектурой системы планирования на базе модифицированной НС Хопфилда, которая, благодаря новым алгоритмам функционирования нейросети и конструктора пути, позволяет формировать неконфликтные и близкие к кратчайшим траекториям для участников группы, а также обеспечивает оперативное реагирование МР при обнаружении новых препятствий в процессе движения по заданной траектории.

Практическая значимость работы заключается в предложенной методике разработки специализированного программного обеспечения на базе языка Python реализующего предложенный подход к решению задачи планирования траектории для группы МР на базе НС Хопфилда. Методика может быть использована при синтезе и отладке алгоритмов работы бортовых систем планирования траекторий для агентов коллектива МР. Также практической полезностью обладает разработанный программно-аппаратный комплекс полунатурного экспериментального стенда позволяющий автоматизировать натурные/полунатурные эксперименты с различными типами систем планирования, подтверждающие работоспособность и эффективность предлагаемых решений.

Программные модули и алгоритмы, полученные в ходе диссертационного исследования, использовались при выполнении исследовательских работ по гранту РФФИ № 16-29-04165-офи_м. Подтверждением практической ценности результатов работы также служат акт внедрения в учебный процесс, полученный на кафедре АТТ ФГБОУ ВО УГАТУ, и акт об использовании результатов работы при проведении научных исследований, полученный в Институте механики им. Р.Р. Мавлютов УФИЦ РАН.

6. Характеристика автореферата и диссертации

Диссертация имеет чёткую структуру, обладает внутренним единством написана технически грамотным языком, оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11 2011. Объём диссертации достаточен и не превышает допустимого.

Автореферат позволяет оценить структуру диссертации и в кратком виде судить о её содержании. Основные выводы диссертации соответствуют выводам и положениям, выносимым на защиту.

7. Замечания по диссертационной работе

1. В главе I диссертации при проведении обзора существующих решений в области группового управления в мобильной робототехнике (п. 1.1.1) автором очень много внимания уделено достаточно старым и известным примерам РТС (например, Scout), в то время как более современные решения исследованы куда менее подробно.

2. В главе I диссертации в п. 1.2.3 автором проводится сравнительный анализ интеллектуальных алгоритмов построения траектории, при этом в качестве нейросетевого подхода представлен только алгоритм, который используется в диссертационной работе. Данный подход является единственным среди нейросетевых алгоритмов поиска? Почему не представлены аналоги?

3. В п. 1.3.2 главы I приводится общая информация по сети Хопфилда: математическое представление процесса активации и условия сходимости. Уместна ли в главе I данная информация в столь развернутом виде? Возможно, стоило бы перенести данный пункт в главу III, представив основные формулы с ссылкой на источник и совместить данную часть с п. 3.1, где приводится математическая модель используемой НС Хопфилда.

4. В главе III в п. 3.4.5, посвященном оптимизации функции активации НС Хопфилда, автором указано, что при замене функции гиперболического тангенса на линейную с насыщением «...делает процесс активации сети более стабильным. Данный эффект позволяет в отдельных случаях... исключить риски возникновения локальных максимумов», при этом приведен пример данного эффекта только для сети с 900 нейронами. Каковы ограничения новой функции активации? Появятся ли локальные максимумы при активации, например, 10000 нейронов?

5. Неясно, как будет работать алгоритм в условиях больших рабочих пространств, где потребовалось бы создание нескольких связанных карт, например, при решении задачи SLAM?

6. В настоящее время активно развивается сегмент робототехники - БПЛА, при этом в работе только в заключительной части главы IV упоминается о перспективах применения предложенного в работе алгоритма группового управления в трехмерном рабочем пространстве.

Заключение

Диссертация Юдинцева Б.С. на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение задачи повышения эффективности работы системы планирования траекторий для группы мобильных роботов, действующей в двумерном рабочем пространстве с препятствиями, что имеет существенное значение для развития мобильной робототехники.

Диссертация содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, а также имеет практическую ценность, что подтверждается полученными актами о внедрении. Выводы по работе обоснованы и достоверны.

Диссертация подготовлена в виде рукописи, написана автором самостоятельно, хорошо структурирована и в полной мере отражает основные результаты и положения, выдвигаемые для защиты.

Содержание работы соответствует пунктам 2, 5, 12 паспорта специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационные и технические системы)».

Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации. Оформление работы в целом соответствует установленным требованиям.

Замечания, сделанные в отзыве, не снижают общей положительной оценки работы.

На основании изложенного считаю, что диссертация Юдинцева Б.С. на тему «Нейросетевая система планирования траекторий для группы мобильных роботов» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Юдинцев Богдан Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационные и технические системы)».

Официальный оппонент:

д.т.н., профессор

Мещеряков Роман Валерьевич,

Заведующий лабораторией №80, главный научный сотрудник,

Федеральное государственное бюджетное учреждение

науки Институт проблем управления

им. В. А. Трапезникова Российской академии наук



Подпись Мещерякова РВ
ЗАВЕДУЮЩИЙ
ВЕД. ИНЖЕНЕР
МЕЩЕРЯКОВ Б.С.

Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

Адрес места основной работы:

Россия, 117997, Москва

ул. Профсоюзная, д. 65

Телефон: +7 (495) 334-89-10

Адрес эл. почты: meshcheryakov.roman@gmail.com