

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Карпова Валерия Эдуардовича

«Методы группового управления искусственными агентами на основе биологически инспирированных моделей поведения», представленную на соискание ученой степени

доктора технических наук

по специальности **2.3.1** – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы диссертации

Вопросы группового (многоагентного) управления в последнее время интенсивно изучаются в робототехнике, поскольку большая часть задач, решаемых роботами, предполагает совместное участие нескольких роботов, в том числе, имеющих различную специализацию (гетерогенных групп). Можно согласиться с автором диссертации, что большая часть этих работ имеет частный характер и связана с организацией движения мобильных роботов. Автор претендует на постановку более общей задачи как создание методики организации деятельности таких групп на базе общих принципов поведения агентов, включая роботов, заимствованных из практики социального поведения людей. Безусловно, такая задача актуальна как с методологической точки зрения, так и с позиции инженерной практики проектирования многоагентных робототехнических систем.

Оценка структуры и содержания диссертации

В первой главе диссертации автор формулирует некоторые принципы поведения, свойственные социуму. Эти принципы отличаются от тех принципов многоагентного управления, которые приняты сегодня в робототехнике. Скорее, это принципы поведения, обеспечивающие устойчивое существование группы роботов в динамически меняющейся, и, частично, враждебной среде – то, что автор называет задачей поддержания территориального гомеостаза. Заметим, что, среди них отсутствует принцип активного целенаправленного поведения, свойственного многоагентным робототехническим системам, которые создаются для решения практических задач. К сожалению, автор не рассматривает и задачу взаимодействия роботов с человеком, который определяет задачи группового управления, хотя этот факт постоянно подразумевается. Тем не менее, принятая автором постановка представляет интерес для организации работы изолированных групп роботов, занимающихся, например, патрулированием определенной территории, газопроводов, путей сообщения. В таких случаях контакты группы с человеком возникают только при постановке задач, при организации самой группы, и в экстремальных ситуациях.

В соответствии с темой диссертации автор посвящает вторую главу диссертации описанию индивида (агента) искусственного социума, который не обязательно является роботом. В основе разработанной автором структуры агента лежит эмоциональное поведение, которое, в свою очередь, определяется его потребностями. В последнее время вопросы восприятия роботом эмоционального состояния человека, как и вопросы симуляции эмоционального состояния робота для восприятия человеком рассматривались в ряде работ. В первом случае – для контроля за состоянием человека-оператора, во втором – для контроля за внешней ситуацией. В данной работе «генератором эмоций» являются оценка возможности удовлетворения собственной потребности агента. Действительно, эмоции должны участвовать при принятии решения о том или ином действии. Вместе с тем,

такой подход не лишен ограничений, поскольку помимо потребностей агента существуют решаемые группой задачи. Можно предположить, что потребности агента непосредственно связаны с этими задачами. Однако, этот аспект не получил развития в работе.

Автор совершенно правильно связывает эмоции с поведенческими процедурами. Использование конечно-автоматного подхода позволило автору проводить исследование эмоционального компонента на поведение технического агента. Представляет безусловный интерес концепция трехуровневой системы управления, в которой присутствует уровень поведения, уровень рефлексии и уровень исполнения. Вместе, с тем формализация поведения агентов в форме конечных автоматов ограничивает возможности влияния эмоций на поведение робота-агента.

Представляет интерес предложение дополнить решение о выборе поведенческой программы агентом на базе продукционных правил коэффициентом уверенности, который формируется на основе предыдущего опыта агента. Не менее интересен переход от эмоций к темпераменту агента. Заметим, что если в среде условных агентов это свойства задаёт исследователь, то в гетерогенной группе роботов этот условный темперамент является вполне объективным свойством, обусловленным сенсорной системой и способом управления роботом, что надо учитывать при планировании работы многоагентной робототехнической системы.

Основным содержанием **третьей главы** является введение факторов социального поведения, включая общение, подражательное поведение и манипулирование поведением, социальное обучение, агрессию. Автор предлагает процедуру выбора лидера группы на основе сравнения весов агентов. В робототехнике предлагались различные подходы к решению этой задачи. В частности, в МГТУ им. Н.Э.Баумана разработан подход, основанный на выборе лидера (мобильного робота) методом «аукциона» в зависимости от его наиболее благоприятного положения для решения задачи (Зенкевич С.Л.). При этом определение лидера меняется в процессе работы, что придаёт определенную гибкость процедуре. Однако, в этом случае должна быть определена конкретная цель, в то время как в работе этот аспект не рассматривается. Определение цели необходимо также и при распределении ролей в группе роботов.

Очень важный аспект, исследованный автором – общение агентов между собой. Этот аспект также рассматривался в различных своих аспектах. Так, предлагался специальный язык для общения роботов (Павловский В.Е.). Можно согласиться с автором в том, что связь между стимулом и реакцией не сводится к рефлексивной системе «стимул – реакция» и словесный сигнал может вызвать такую же реакцию, как и возбуждение соответствующего сенсора. В робототехнике проблема выбора реакций из множества решений также рассматривалась (Жданов А.А.). Сравнение автором предложенных в этой части настоящей работы результатов с полученными ранее в робототехнике, позволило бы более объективно судить об их теоретической значимости.

Безусловный практический интерес для робототехники имеет исследованный автором вопрос о подражательном поведении при наблюдении за действиями других членов группы. Такое поведение, несмотря на его ограниченные возможности, действительно, может служить развитию новых «навыков» у членов группы, в том случае, если они обладают достаточно развитой сенсорной системой и могут «судить» о правильности тех или иных действий своих соседей.

Более детально вопросы управления социумом рассмотрены в **четвертой главе диссертации**. Здесь автор формализует понятие территориального гомеостаза, которое соответствует сохранению устойчивого функционирования группы агентов на некоторой территории с обеспечением собственной безопасности в условиях внешних угроз. При этом

в полной мере применяются механизмы социального поведения, рассмотренные в предыдущих главах. Этот подход представляет методологический интерес, однако его реализация требует дальнейшего развития. Так цель анимата состоит в удовлетворении его потребностей, в то время как цель робототехнической системы обычно связана с внешним миром, будь то задача патрулирования, поиска, или исследования территории. Заметим, что постановка задачи здесь сильно упрощена. Объекты сцены задаются определенным кодом. При появлении «чужого» анимата оценивается уровень его агрессивности. Несмотря на упрощения, модель территориального гомеостаза представляет интерес. Однако, по мнению рецензента, эти вопросы, как и рассмотрение агрессии как элемента социального поведения, в большей мере относятся к вопросам моделирования «искусственной жизни» (Редько В.Г.), чем к робототехнике.

В этой главе, наконец, раскрывается смысл заглавия работы «Методы группового управления искусственными агентами ...». Речь идёт об изменении базовых принципов поведения агента, приводящих и к изменению принципов поведения социума. К ним относятся так называемые «нравственные императивы» агента, включая эмпатию, агрессивность, эмоциональное состояние, доминирование. Как и в предыдущих разделах работы здесь не принимается во внимание цель функционирования системы, заданная извне человеком. Это создаст определенные трудности при попытке использования такого способа для управления реальной многоагентной робототехнической системой.

Пятая глава диссертации как раз и направлена на то, чтобы показать возможность применения предложенной методологии в робототехнике. Разработанная автором система моделирования социального поведения роботов KVORUM представляет значительный научный и практический интерес. Она позволяет управлять как виртуальными агентами, так и реальными техническими устройствами, содержит кинематические и геометрические модели роботов и сенсорных устройств. Работа системы исследована как путем компьютерного моделирования, так и при управлении реальной группой из шести мобильных роботов. Представляет интерес распределение функций роботов в гетерогенной системе, наличие роботов-разведчиков, видимо, обладающих более развитой сенсорной системой и роботов-фуражиров, выполняющих транспортные операции. Результаты моделирования подтверждают работоспособность заложенных в теоретической части диссертации принципов управления группой агентов на основе социальных принципов. Основное ограничение, как и выше, состоит в том, что в основу системы управления многоагентной системой положена эмоционально-потребностная схема. Несмотря на принятые ограничения рассмотренной здесь задачи, она представляет безусловный интерес для робототехники как один из универсальных принципов по которому может быть построено управление многоагентной робототехнической системой.

В заключении обобщаются основные результаты диссертационной работы, обсуждаются проблемы и перспективы развития данного направления исследований.

В приложениях приведены дополнительные материалы по теме исследования, а также акты внедрения полученных результатов исследований.

Научная новизна работы, обоснованность и достоверность положений, результатов и выводов

Научная новизна представленной работы состоит в том, что автором создана новая методология построения распределенных робототехнических систем, основанная на реализации моделей социально-подобного поведения и построении социумов искусственных агентов. В диссертации разработана архитектура системы

управления агентов, способных к поведению, основанному на принципах социального поведения, разработаны алгоритмы и способы управления такими системами

Обоснованность и достоверность основных положений, результатов и выводов подтверждается не только путем моделирования, но и с помощью экспериментов с реальными робототехническими системами.

Научная и практическая значимость

Научная значимость работы заключается в том, что в рамках биологически инспирированных моделей поведения впервые разработаны теоретические основы построения новой формы организации группового управления, основанного на принципах социально-подобного взаимодействия искусственных агентов.

Практическая значимость работы состоит в расширении функциональных возможностей многоагентных робототехнических систем, в том числе, за счет формирования новых принципов организации поведения искусственных агентов, определяющего их устойчивое функционирование в сложных недетерминированных средах.

Результаты диссертации достаточно подробно описаны в изданной монографии, 11 статьях в журналах из списка ВАК РФ и 13 работах в изданиях, индексируемых в WoS и/или Scopus. Работа прошла апробацию более чем на 20 всероссийских и международных научно-технических конференциях и семинарах.

Оформление диссертационной работы удовлетворяет требованиям ВАК РФ, язык и стиль изложения соответствуют стилистике научных квалификационных работ. Автореферат адекватно отражает основные положения и результаты диссертационного исследования.

Замечания по диссертации

1. Автор строит свою методику на основе биологически инспирированных принципов живой природы, в то время как принципы социума являются скорее психологически инспирированными и не всегда допускают упрощенное описание.

2. Среди принципов социального поведения агентов, сформулированных автором отсутствует принцип активного целенаправленного поведения, свойственного многоагентным робототехническим системам.

3. Предложенный в работе принцип территориального гомеостаза как основа управления многоагентной системой, не предусматривает вопросов взаимодействия роботов с человеком, которые являются существенными при групповом управлении роботами

4. Эмоциональное поведение робота-агента, определяемое его потребностями не всегда может быть в основу решения конкретных задач во внешнем мире, поскольку цель его функционирования находится во внешнем мире.

5. Описание поведения агентов в форме конечных автоматов существенно ограничивает возможности исследования и управления многоагентной робототехнической системой

Заключение по диссертационной работе

Отмеченные замечания и недостатки не снижают научную ценность диссертационной работы и ее положительную оценку в целом. Диссертационное исследование выполнено автором самостоятельно и представляет собой законченное научное исследование.

В ходе работы над диссертацией В.Э. Карпов разработал новый подход к групповому управлению искусственными агентами, который можно определить как новое научное направление – использование парадигмы социально-подобного поведения для организации многоагентных технических систем.

Диссертационная работа Карпова Валерия Эдуардовича «Методы группового управления искусственными агентами на основе биологически инспирированных моделей поведения» соответствует паспорту специальности 2.3.1 по формуле и по областям исследования (пп. 3, 4, 5 и 9), а также требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», которые предъявляются к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Карпов Валерий Эдуардович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1 – "Системный анализ, управление и обработка информации, статистика" (технические науки).

Официальный оппонент:

Ющенко Аркадий Семенович



Профессор, д.т.н. по специальности 05.13.01 «Управление в технических системах» и 05.02.20 «Эргономика (по техническим наукам)», профессор кафедры СМ-7 «Робототехнические системы и мехатроника» МГТУ им. Н.Э. Баумана

дата: 20.03. 2023

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

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

Контактный тел.: +7 (499) 263-60-54, +7 (499) 263-6778

E-mail: yusch@bmstu.ru, sm7@sm.bmstu.ru

Телефон организации: 8 (499) 263-6391

Адрес электронной почты организации: bauman@bmstu.ru

<https://bmstu.ru>