

Ученому секретарю
Диссертационного совета 24.1.224.01
кандидату физико-математических наук
доценту г. Смирнову И.В.

119333 г. Москва
ул. Вавилова д. 44 корпус 2

ОТЗЫВ

д.т.н. профессора Городецкого В.И.
на диссертационную работу Карпова Валерия Эдуардовича, выполненную на
тему **«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. Диссертационная работа Карпова В.Э. посвящена решению «задачи устойчивого функционирования групп агентов на ограниченной территории» (в формулировке автора) в обобщенной формулировке, которую он также называет «обобщенной задачей территориального гомеостаза». В множестве задач группового управления, решаемых, в частности, на ограниченной территории, условно можно выделять два класса задач. Первая из них – это координация группового поведения (перемещения) множества автономных мобильных объектов (агентов, роботов группы) в заданной области пространства. Задача координации в этом случае (ее называют также задачей группового управления) понимается как поддержка заданных свойств эмерджентного поведения (перемещения) этих объектов как единого целого (с позиций метауровня). В этой задаче, по существу, разработчик задает эмерджентное поведение группы с заданными свойствами в фиксированной области пространства, а управление групповым поведением в этой задаче состоит в том, чтобы воздействуя каким-либо образом на индивидуальное поведение каждого участника группы, обеспечить реализацию эмерджентного поведения с заданными свойствами. Вторая типовая задача группового управления – это та целевая задача, которую должна решать совместно группа в заданном ограниченном пространстве. Например, в случае задачи патрулирования целью является обнаружение посторонних объектов, присутствующих в пространстве патрулирования, и выполнение определенных действий с ним, например, групповое распознавание, выдавливание объекта из охраняемого пространства или его уничтожение. Заметим, что иногда между этими двумя типовыми задачами бывает трудно провести границу. Обе задачи

весьма непростые и очень часто непохожи между собой по методам их возможного решения.

В рецензируемой работе внимание акцентируется на решении первой задачи. Она активно исследуется специалистами многих стран в течение уже более трех десятилетий. Однако, ее известные решения носят, к сожалению, достаточно частный характер, сильно зависят от предметной области и от класса приложений, поскольку каждое из приложений еще выдвигает и свои специфические требования. Это создает большие проблемы при разработке систем с групповым поведением, и потому существует острая необходимость искать решение обсуждаемой задачи на уровне достаточно общей предметно- и проблемно-независимой постановки, на уровне общих принципов и методологии синтеза желаемого эмерджентного поведения. Очевидно, что такие решения позволят построить типовые методологии, методы, алгоритмы, технологии и программные инструменты для разработки программных приложений в области группового управления поведением множества объектов, в частности, в задачах, которые автор рецензируемой работы называет территориальным гомеостазом. А потребность в создании робототехнических приложений этого класса достаточно велика, причем в самых разных предметных областях, от чисто технических, которые обычно называют групповой робототехникой, до социальных и общественно-политических, когда нужно управлять сознанием групп населения и строить/предсказывать модели их группового поведения. Обычно требуется еще, чтобы модели группового поведения и группового управления обладали заданными свойствами, среди которых одним из наиболее важных является устойчивость автономного поведения группы агентов/роботов на длительном интервале времени, что составляет основу доверия пользователя к построенной системе.

Все это определяет круг весьма актуальных задач в области моделей группового поведения и механизмов группового управления, некоторые из которых решаются в работе В.Э. Карпова с акцентом на общность постановок задач и используемых методологических принципов, а также на теоретическую обоснованность предлагаемых решений. Это позволяет оценить тематику рецензируемой диссертационной работы как весьма актуальную, отвечающую современным теоретическим и прикладным проблемам развития искусственного интеллекта (ИИ) и информационных технологий (ИТ).

Краткая характеристика содержания диссертационной работы и ее основных новых научных и прикладных результатов. В основу работы В.Э. Карпова положены принципы, модели и механизмы поддержки социальной организации поведения, которые реализуются в биологических сообществах. К ним относятся архитектуры отдельных сущностей, модели и механизмы реализации индивидуального поведения членов социума, а также механизмы их взаимодействия, которые обеспечивают их скоординированное групповое поведение. Эти компоненты социализации, принятые в биологических сообществах, представленные формальными моделями, рассматриваются автором как множество составляющих, или образующих (автор называет их универсальными), из которых далее строится методология, формальные модели

и конкретные механизмы функционирования социоподобных технических систем. Автор рассматривает этот подход как парадигму построения моделей социального поведения с регуляторными механизмами локального уровня для формирования высокоуровневого (эмерджентного) поведения, обладающего заданными свойствами. По существу, этот подход реализует парадигму самоорганизации социального поведения на основе локальных взаимодействий. Дополнительное требование к управлению состоит в том, чтобы обеспечить устойчивость поведения группы с точки зрения сохранения числа индивидуумов группы, которые придерживаются социального поведения в течение определенного времени.

Целью работы является решение множества задач, которые позволят создать методологические, теоретические и алгоритмические основы для практической реализации парадигмы моделей социального поведения. Для ее достижения автор проводит анализ различных билинспирированных механизмов социального поведения, формирует из них подмножество механизмов, которое можно рассматривать как функционально полное для описания механизмов реализации социоподобного поведения технических систем. Далее он разрабатывает трехуровневую архитектуру индивидуального агента/робота социума на основе эмоционально-потребностного подхода к мотивации его поведения, разрабатывает на концептуальном уровне обобщенные механизмы, управляющие внутренним поведением индивидов и его действиями. На следующем этапе исследований автор разрабатывает обобщенные механизмы группового взаимодействия агентов/роботов, необходимые для реализации их социоподобного поведения и описывает/предлагает механизмы выбора лидера в групп, Полученные теоретические результаты демонстрируются автором на примерах практического использования предложенных моделей и механизмов поддержки социоподобного поведения групп технических устройств в нескольких приложениях. При этом автор использует разработанную им платформу для симуляции группового поведения и проведения различных экспериментов в этом контексте.

В качестве ключевых научных результатов отметим следующие (очень кратко):

1. Выявление основных механизмы, поддерживающих существование социума в биологических системах,

2. Формальная модель индивидуального поведения агента группы, построенное на основе формализованного понятия, которое называет *эмоцией*, которая, в свою очередь, вызвана неудовлетворенной потребностью того или иного рода, что стимулирует поведение индивида, направленное на удовлетворение этой потребности способами, доступными ему. Они определяются квазивероятностной базой знаний, построенной по модели типа MYCIN.

3. Модель поведения автоматов, описывающих индивидуальное поведение агентов в сложных составных средах, представляемых конечной цепью Маркова с использованием формализованного понятия темперамента индивида.

4. Многоуровневая мета-автоматная схема управления социоподобным поведением.

5. Модель группового взаимодействия, реализующая социоподобное поведение агентов группы. Эта модель базируется на использовании понятия *статического роя* как некоторого множества равноправных агентов, способных к взаимодействию (фактически в варианте акторов, которые способны воспринимать сигналы внешней среды и оказывать на нее воздействие).

Очевидно также прикладное значение результатов работы, которое подтверждается разработкой ряда конкретных приложений, в которых реализуется социоподобное поведение роботов.

Эти результаты являются новыми, и их значение определяется не только их индивидуальной важностью и новизной, но и как комплекса результатов с синергетическим эффектом.

Недостатки работы и замечания. Как во всяком исследовании новых сложных проблем, работа имеет недостатки, которые в данном случае, могут рассматриваться и как уточнения и как пожелания в части будущих исследований.

1. Автор пишет «Парадигма МСП определяет своего рода язык описания искусственных социумов» - это не язык, а скорее, библиотека механизмов для реализации стандартного социального поведения. Язык в данном контексте формируется «знаками» лидера, которые инициируют тот или иной механизм – это не сигналы.

2. Описанные механизмы организации взаимодействий автор называет универсальными. В общем случае искусственные социумы могут быть реализованы и другими способами организации взаимодействий, например, через протоколы управления групповым поведением, через протокол общих намерений и другие способы. Описанные базовые механизмы поддержания различных видов социального поведения – это только часть возможных механизмов, которая копирует биоподобные механизмы взаимодействия в социумах. Поэтому об их «универсальности» можно рассуждать только в соответствующих оговорках и ограничениях.

3. Разработанная архитектура и автоматные модели поведения допускают ограниченное групповое управление поведением социума – это только модели самоорганизации, которые позволяют управлять *типом* группового поведения социума, но не рассчитаны на реализацию конкретного группового (эмерджентного) поведения. Другими словами, в работе рассматриваются задачи решаемые *с точностью до типа эмерджентного поведения*. Автор пишет «Здесь под управлением понимается изменение характера поведения сообщества.» (стр. 36 – 37). И далее «С точки зрения решения практических задач это означает, что для охраны территории требуется агрессия к чужакам и сильная когезия; для захвата территории (экспансии) – сильное доминирование, агрессия к чужакам, но слабая когезия; для функционирования в сложных (неблагоприятных) условиях – необходимость кооперации и высокая

эмоциональная отзывчивость и т.д.» Это указывает на уровень конкретности решений, формирование которых допускает работа. Нужен еще один шаг – синтез конкретного управления как компьютерной программы механизма управления (обычно в поведенческих системах – на основе модели с обратной связью). Это замечание, скорее, не о недостатке работы, а о неточной формулировке ее постановки. По существу, в работе идет речь и поиске класса группового управления социоподобным поведением в зависимости от класса приложения, а не о реализации конкретного экземпляра желаемого эмерджентного поведения.

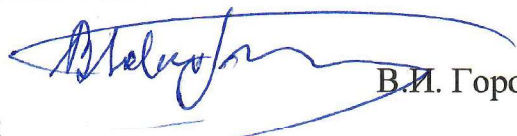
Итоговая оценка результатов работы. Оценивая результаты работы в целом, следует согласиться с мнением автора о том, что эти результаты совместно решают научную проблему формирования базовых принципов и нового подхода к организации группового поведения социоподобных сообществ искусственных агентов, который применим в различных предметных областях и в приложениях разных классов.

В целом, представленная диссертационная работа, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, выполнена на высоком научно-техническом и профессиональном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится новое решение актуальной научной проблемы современного ИИ и ИТ– создание нового систематического подхода к построению систем групповой робототехники, функционирующих в сложных, динамических средах.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов, считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, установленным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор – Карпов Валерий Эдуардович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Ведущий научный сотрудник АО «ЭВРИКА»

д.т.н., профессор



В.И. Городецкий

Подпись доктора технических наук
профессора В.И. Городецкого

УДОСТОВЕРЯЮ

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.206.01 М.В. Сергеев

