

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Попкова Сергея Игоревича «**Моделирование поведения вероятностных многоагентных систем с децентрализованной архитектурой**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертация «Моделирование поведения вероятностных многоагентных систем с децентрализованной архитектурой» посвящена **актуальной** проблеме исследования коллективного поведения и организации группового управления, значимость исследований подходов к решению подобных проблем возросла в последние годы в связи с актуальностью задач управления коллективом роботов. **Целью** диссертационной работы С.И. Попкова является разработка математической модели управления поведением многоагентных систем и реализация на её основе комплекса программ для прогнозирования такого поведения и оценки уровня подготовки и обучения операторов специализированных тренажёров.

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулированы цель и задачи исследования, дана общая характеристика работы.

В первой главе проанализировано современное состояние проблемы создания многоагентных систем, рассмотрены современные подходы к построению соответствующих методов и моделей, включая деревья решений, обучение с подкреплением, генетические алгоритмы и марковские процессы, исследованы достоинства и недостатки применяемых подходов, обоснована необходимость разработки новых концепций построения моделей в данной предметной области.

Во второй главе рассматривается моделирование работы многоагентной системы, которая разработана на основе требований, сформулированных в первой главе.

В третьей главе рассматриваются методы оценки макропараметров модели, позволяющих осуществлять прогноз развития событий во время работы моделируемой системы, с целью определения стратегии действий лица, принимающего решение.

Используя рассмотренный подход, можно путём вычислительных экспериментов оценить, сколько агентов необходимо, чтобы поразить цель, а также исследовать зависимость исхода от числа агентов и распределений вероятностей поражения целей и агентов. Однако, учитывая стохастический характер игры, её исход практически остаётся в большей или меньшей степени неопределённым, и однократное моделирование хода игры не может служить основанием для прогноза.

Чтобы обеспечить прогнозирование результатов игры при решении различных практических задач, опираясь на общие характеристики её начальных условий, следует определить удобные для интерпретации и практического контроля макропараметры, вычислить для каждого сочетания таких параметров путём имитационного моделирования достаточно представительный ансамбль реализаций хода игры и определить статистические характеристики различных её исходов.

В четвертой главе описывается программная реализация вероятностной модели поведения прикладной многоагентной системы. Исследованы языки и парадигмы программирования, на основе проведенного анализа выбраны конкретные языки для реализации алгоритма.

Программа позволяет сохранять, загружать и модифицировать данные модели, а также осуществлять её генерацию и следить за ходом изменения моделируемой игровой ситуации с указанным шагом.

Организовано взаимодействие двух процессов, написанных на разных языках, в рамках одного исполняемого файла приложения для гарантии переносимости программной

версии модели и использования всех доступных преимуществ выбранных языков программирования.

В пятой главе рассматривается численный метод оптимизации, применяемый для идентификации параметров марковских процессов.

В основу программно-алгоритмической реализации метода оптимизации положен шаблон проектирования «декоратор». Данный метод может быть применен для улучшения представленного метода оптимизации и может быть расширен для пространства параметров за счет увеличения числа шагов, обеспечивающих поиск вокруг текущей точки.

В частности, при переходе от произвольно выбранной начальной точки в пространстве «сетки» параметров к конечной точке критерий эффективности был увеличен с 10,84 до 13,69 (на 26%).

Представленный математический метод может повысить эффективность работы произвольного алгоритма оптимизации за счёт адаптивного изменения его параметров.

В шестой главе показано практическое применение многоагентной системы на примере разработанного программного комплекса «Тренажер».

Этот комплекс программ включает в себя разработанный и представленный в пятой главе численный метод, набор программ по созданию новых и редактированию уже построенных моделей многоагентных систем с целью моделирования конкретной ситуации, заданной параметрами, а также систему оценки макропараметров и осуществления процедур прогнозирования. Дополнительно включена объединяющая программа, предоставляющая пользовательский интерфейс для совместного использования всех составляющих программного комплекса в роли тренажера, предоставляющего средства для адаптивного обучения и определения текущего уровня подготовки операторов сложных систем.

В заключении диссертации приведены общие выводы, которые позволяют сделать полученные результаты. Они состоят в том, что реализованные модели работают адекватно поставленной задаче.

Попков Сергей Игоревич, представляя теоретические и практические результаты диссертационного исследования, регулярно участвовал в научных конференциях, выставках и конкурсах всероссийского уровня. Его научные результаты неоднократно отмечались различными наградами. В частности, рассматриваемая работа стала победителем финального этапа Всероссийского межотраслевого молодёжного конкурса научно-технических работ и проектов «Молодёжь и будущее авиации и космонавтики» в 2018 году в номинации "Математические методы в аэрокосмической науке и технике" и заняла II место на Всероссийском конкурсе Министерства обороны РФ 2018 года по поиску в интересах Вооруженных Сил Российской Федерации научно-исследовательских работ граждан Российской Федерации.

Теоретические и практические результаты работы были представлены на Всероссийских научных конференциях «Нейрокомпьютеры и их применение» в 2016-2019 годах (неоднократно отмечены дипломами за лучший научный доклад), Всероссийской выставке научно-технического творчества молодежи «НТТМ-2015» (отмечены дипломом «НТТМ-2015»), а также на научных семинарах в Военной академии РВСН имени Петра Великого и Главном научно-исследовательском испытательном центре робототехники Министерства обороны РФ.

За время обучения в аспирантуре были подготовлены более 11 печатных работ, включая 5 статей в рецензируемых журналах, входящих в Перечень ВАК РФ, и 2 статьи, включенные в библиографическую базу данных Scopus.

Автор диссертационной работы успешно и в большом объеме занимался преподавательской деятельностью: с 2015 по 2019 год руководил курсовыми работами и дипломными проектами студентов старших курсов факультета информационных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный психолого-педагогический университет»; читал лек-

ции и проводил семинары по дисциплинам «Программная инженерия», «Веб-программирование» и «Практикум разработки программного обеспечения».

Попкова Сергея Игоревича можно охарактеризовать как сформировавшегося самостоятельного научного работника, способного квалифицированно решать сложные научные и технические задачи. Представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Декан факультета информационных технологий
Московского Государственного
Психолого-Педагогического Университета,
заведующий кафедрой прикладной информатики
и мультимедийных технологий,
Почётный работник науки и техники РФ,
доктор технических наук, профессор



Л.С. Куравский

*Мн верно
Спец. по кадрам
отдела по работе
с перескалом
Григорьев О.В.)*