ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Ерофеевой Виктории Александровны «Управление группами наблюдателей на основе мультиагентного подхода», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 – «Дискретная математика и математическая кибернетика»

На сегодняшний день наблюдается отчетливая тенденция к резкому увеличению количества устройств, взаимодействующих между собой посредством сетевого обмена информацией. Эта тенденция естественным образом приводит к возникновению ряда новых задач, связанных с необходимостью в режиме реального времени совершать какие-либо действия или принимать управляющие решения за конечный интервал времени, учитывая при этом большое количество факторов. Задача распределенного взаимодействия в сетях возникает во множестве практических областей; в качестве примера можно привести логистические сети, скоординированное управление группой беспилотных аппаратов, распределенные умные сети электроснабжения (Smart Grid), а также разнообразные приложения т.н. Интернета вещей.

Ввиду широкого спектра областей применения мультиагентные задачи управления в последние десятилетия занимают доминирующее положение в исследованиях по математической робототехнике и теории управления. Группа роботов, кооперирующих свои усилия для достижения общей цели, имеет целый ряд потенциальных преимуществ перед схемой, основанной на единичном роботе или централизованном управлении. Среди преимуществ подобных систем можно выделить возможность применения менее технически оснащенных аппаратов, повышенную экономическую эффективность и устойчивость к отказам, а также адаптируемость к разнообразным задачам.

Вместе с тем, формирование требуемого кооперативного поведения является весьма сложной и многофакторной задачей теории управления. Возникающие при этом вызовы усугубляются, с одной стороны, наличием ряда неопределенностей, типичных для многих современных практических приложений, а с другой стороны, необходимостью решения задачи за счет ограниченных сенсорных, вычислительных и коммуникационных ресурсов.

Во всех перечисленных выше областях так или иначе возникает проблема эффективного распределения задач в мультиагентной сети. Несмотря на достаточно большой объем существующих работ, большинство созданных алгоритмов предназначены для решения ограниченного класса задач. Однако на практике количество как распределяемых заданий, так и устройств, между которыми они должны быть распределены, может быть столь велико, что процесс распределения в режиме реального времени будет значительно затруднен. Более того, практическое применение методов для решения этой проблемы осложняется возможным наличием неопределенностей внешней среды, помех измерений и изменений состояний объектов.

Таким образом, исследованный в диссертации комплекс вопросов, связанных с разработкой алгоритмов управления мультиагентными системами в условиях ограниченных ресурсов и наличия неопределенностей, несомненно актуален и относится к переднему краю современных исследований в теории управления и математической робототехнике.

В частности, в диссертационной работе В.А. Ерофеевой разработаны и должным образом обоснованы:

- метод оптимизации распределения объектов слежения между наблюдателями, основанный на решении системы линейных матричных неравенств;
- метод циклической поисковой стохастической аппроксимации для отслеживания изменений неизвестных изменяющихся параметров системы при оптимизации нестационарного функционала;

- метод управления группами наблюдателей с использованием мультиагентного оценивания состояний движущихся объектов на основе циклического поискового алгоритма стохастической аппроксимации.

Достоверность полученных и изложенных в диссертационной работе результатов обеспечивается их строгими математическими доказательствами и подтверждается результатами компьютерного моделирования.

Все ключевые результаты диссертации являются новыми и полученными Ерофеевой В.А. лично. Среди них особо хотелось бы выделить разработку новых алгоритмов распределения ресурсов в мультиагентной системе и распределенного оценивания неизвестных параметров системы с математически обоснованными свойствами работоспособности. Важно отметить, что при этом ставится акцент на минимальное использование априорной информации и сокращение потребления ограниченных ресурсов системы. В связи с этим, полученные результаты представляются практически значимыми для разработки робототехнических систем и их комплексов.

По работе имеются следующие замечания:

1. Ряд понятий, используемых в диссертации (например, «дрейфующая точка минимума», «уровень достоверности»), строго не определен.
2. В формулировках Теорем 3 и 4 условие $\mu^2 > 2\gamma$ не согласуется с аналитическими выражениями, определяющими числовое значение параметра α.
3. Имело бы смысл пояснить оценку, предоставляемую Леммой 2, в случае когда число эллипсоидов n достаточно велико ($n \sim \frac{1}{p}$).
4. Не вполне понятен содержательный смысл параметра k_t^i, появляющегося на стр. 55 («Обозначим увеличенные в k_t^i раз эллипсоиды…»).
5. Работа содержит неизбежные опечатки (например, «Н. О. Граничин» на стр.7 и стр.24) и стилистические неточности («так называемыми

линейными матричными неравенствами», стр.7; «очень общий метод анализа и синтеза линейных систем», стр.8; «символ знакоопределенности матрицы», стр.30 и др.).

Указанные замечания в основном носят редакционный характер, они не снижают научной значимости и содержательности полученных теоретических и практических результатов и не влияют на общее положительное мнение о диссертации В.А. Ерофеевой.

Все основные результаты, полученные в диссертации, своевременно опубликованы в статьях диссертанта в рецензируемых научных изданиях и апробированы на ряде отечественных и зарубежных авторитетных конференций, в том числе – под эгидой Международной федерации по автоматическому управлению (IFAC). Список литературы достаточно полон, представленный в диссертации ее обзор адекватно отражает состояние дел в исследуемой области, цитирование работ проведено аккуратно.

Работа грамотно и аккуратно оформлена, написана ясным языком. Изложение материала диссертации логично и математически корректно; все ключевые результаты оформлены в виде строгих утверждений. Автореферат правильно и полно отражает основное содержание диссертации.

Диссертация В.А. Ерофеевой является законченным научным исследованием, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. Результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть полезны в научных исследованиях, проводимых в СПбГУ, ИПУ РАН, ИПМаш РАН, МФТИ, МАИ, а также в разнообразных практических приложениях. Полученные результаты представляются значимыми для развития теории управления мультиагентными системами; помимо этого, они могут способствовать решению ряда практических задач, таких как, например, мониторинг экологических границ.

Диссертационная работа написана добросовестно, она содержит достаточное количество новых научных результатов, а все поставленные задачи полностью решены.

Резюмируя, полагаю, что диссертационная работа Виктории Александровны Ерофеевой «Управление группами наблюдателей на основе мультиагентного подхода» соответствует всем критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 «О порядке присуждения учёных степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 – «Дискретная математика и математическая кибернетика».

Официальный оппонент
Главный научный сотрудник,
и.о. заведующего лабораторией №7
Адаптивных и робастных систем им. Я.З. Цыпкина
ФГБУН Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
доктор физико-математических наук,
профессор РАН М.В. Хлебников

14.05.2018

Подпись Хлебникова М.В
ЗАВЕРЯЮ
Вед. инженер
Жукова Н.П.