

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Киселёва Глеба Андреевича
«Разработка методов, моделей и экспериментальных средств исследования
коалиционного поведения когнитивных агентов», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации
(информационно-вычислительное обеспечение)».

Актуальность темы исследований

В настоящее время среди приоритетных направлений, определенных Указом Президента РФ (от 10.10. 2019г., №490) в Национальной стратегии развития искусственного интеллекта (ИИ) до 2030г., важное место отводится таким технологиям ИИ, как интеллектуальное планирование и многоагентное управление целенаправленным поведением, в частности, робототехнических устройств и комплексов.

Интеграция этих актуальных направлений ИИ в полной мере отражена в теоретических и технологических результатах, полученных в диссертации Киселева Г.А. Анализ цели, поставленных задач, предмета и объекта исследований показывает, что автор сфокусировал основное внимание, с одной стороны, на дальнейшем развитии агентно-ориентированного подхода в ИИ в части расширения типологии новых архитектур интеллектуальных (когнитивных) агентов и создании организационных структур из агентов для совместного решения некоторого класса практических задач, а с другой - исследовал и развивал методы интеллектуального планирования, т.е. автоматической генерации планов поведения для исполнения конкретным агентом или агентами.

Следует отметить, что способность синтезировать комплексный план поведения является одной из важных задач при построении системы управления автономного интеллектуального агента, действующего в

виртуальной или реальной среде, в частности, в условиях робототехнического полигона. Поскольку решаемые современными когнитивными архитектурами сложные комплексные задачи требуют наличия групп или коалиций агентов, деятельность которых взаимосвязана, то тема диссертации Киселева Г.А., посвящённой методам планирования поведения когнитивных агентов при коалиционном решении подобных задач, является, несомненно, актуальной.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, приложения и списка литературы. Общий объем диссертационной работы составляет 117 страниц, включая 20 рисунков и 6 таблиц. Во введении автором обоснована актуальность темы, определён предмет исследования, сформулированы цель и задачи исследования, приведена краткая характеристика научной новизны и практической значимости полученных результатов.

В первой главе рассмотрена постановка проблемы планирования и проанализированы предпосылки использования знакового способа представления знаний когнитивного агента. Предложено описание собственных возможностей агента и возможностей других агентов коалиции, основанное на работах А. Н. Леонтьева, А. Фодора, Д.Н. Узнадзе, А. Г. Асмолова, Э. А. Вачнадзе, В. О. Корепанова, Д. А. Новикова. Особое внимание уделено представлению пространственных знаний на основе логики Д.А. Поспелова. Представлен детальный обзор современных когнитивных архитектур и обоснованы преимущества используемой в данной работе архитектуры, а также приведены современные способы распределения задач в коллективах агентов.

Во второй главе описана формальная модель компонентов знаков и рассмотрены основные алгоритмы синтеза плана поведения (алгоритм создания и обновления знаковой сети агентов, описание классического, иерархического, многоагентного и пространственного способов построения плана, алгоритм сохранения прецедента планирования, уточнения

пространственных координат агентов, динамического распределения ролей и аукциона планов) и проанализированы основные отличия предложенных в данной работе алгоритмов.

Третья глава посвящена описанию программных реализаций алгоритмов в библиотеке *map-core* и двух основных дополнениях – библиотеках *map-multi* и *map-spatial*. Рассмотрена реализация алгоритма обучения с подкреплением для синтеза базовых действий робототехнического агента на основе шагов планировщика в условиях сред «Мир блоков» и «Манипулятор», а также реализация механизма интерпретации последовательности действий планировщика в представление, доступное механизмам обучения с подкреплением. Описание выполнено с использованием языка UML, с помощью которого созданы диаграммы классов задачи и детально задокументирован процесс составления плана поведения.

В четвертой главе описана робототехническая реализация архитектуры STRL, разработанной в ФИЦ «Информатика и управление» РАН. Показаны основные функциональные возможности модулей планирования, распознавания и коммуникаций агентов. Архитектура реализована на основе робототехнической системы ROS, где каждый из программных компонентов выделен в отдельный ROS-пакет, коммуникация между которыми осуществляется с помощью стандартных методов связи. Разработан сервер, позволяющий интерпретировать синтезированные действия в последовательность элементарных команд на сервоприводы платформы МП-РМ и манипулятора. Приведены результаты экспериментов и предложен способ компенсации ошибки перемещения агента. Все пакеты выложены в общий доступ и подробно описан механизм запуска каждого из модулей, что позволяет заявлять об интерпретируемости полученных результатов.

В заключении приводятся следующие основные результаты, полученные в диссертации:

- разработан иерархический алгоритм планирования поведения когнитивного агента на базе семиотического представления знаний;
- разработан алгоритм планирования поведения когнитивного агента, учитывающий пространственную составляющую знаний;
- исследованы протоколы коммуникаций агентов в многоагентных системах и разработан психологически правдоподобный многоагентный алгоритм планирования поведения;
- разработан экспериментальный прототип программно-аппаратного комплекса системы управления робототехнической платформой на основе реализации алгоритмов, предложенных в работе.

Научная новизна

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- впервые разработана и адаптирована для робототехнических устройств психологически правдоподобная модель рефлексивного представления знаний когнитивного агента;
- впервые осуществлена интеграция псевдофизической логики представления окружающего пространства в алгоритм планирования поведения когнитивного агента;
- разработаны основные принципы иерархического представления фокуса внимания агента;
- разработана модель динамического назначения ролей на основе рефлексивного представления знаний в коалиции когнитивных агентов;
- предложена и апробирована экспериментальная программная реализация системы управления робототехнической платформой на базе знакового способа представления знаний.

Теоретическая значимость работы

На основе оригинального подхода, совмещающего знаковый способ представления знаний когнитивного агента с алгоритмами планирования поведения и алгоритмами обучения с подкреплением в рамках единой структуры, автором диссертации был значительно расширен функционал стратегического уровня когнитивной архитектуры STRL, что позволяет создать прецедент интерпретации психологически правдоподобных знаний агента в команды на сервоприводы робототехнической платформы. Разработанный механизм помогает интерпретировать понятные человеку описания требуемой деятельности в целенаправленное поведение роботизированного агента, что является неоспоримой теоретической значимостью представленной диссертации.

Практическая значимость полученных результатов

В диссертации предложен новый способ многоагентного планирования поведения в двумерной среде, который может быть применен для увеличения степени автономности интеллектуального агента, так как иерархическое представление окружающей среды позволяет снизить комбинаторную сложность задачи, с помощью ограничения списка действий, доступных агенту на каждом шаге планирования. Особое внимание также заслуживает механизм распределения ролей агентов, основанный на критериях снижения нагрузки на коммуникационную сеть. Все полученные результаты реализованы в виде совокупности программных библиотек, адаптированных для робототехнического агента на основе платформы МПРМ. И, в целом, обладают большими практическими перспективами для расширения функциональными возможностями современных когнитивных архитектур при должной адаптации.

Достоверность результатов работы

Основные положения, выносимые на защиту, являются в достаточной степени достоверными и обоснованными. Разработанные методы и алгоритмы детально описаны, а достоверность выводов подтверждается численными и концептуальными сравнениями предложенных алгоритмов с известными и ранее опубликованными. Основные положения и результаты диссертационной работы прошли апробацию в печати на профильных международных конференциях. Автору принадлежит 10 печатных работ по теме исследования (2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ).

Общая оценка работы

Совокупность результатов, полученных в диссертации Киселева Г.А., позволяет их рассматривать как важный этап в решении общей научной задачи по реализации интеллектуального поведения когнитивных агентов при коалиционном решении комплексных задач.

Разработан оригинальный подход распределения ролей, основанный на выборе агентов для кооперирования за счет учета имеющихся знаний об успешном выполнении агентами-кооператорами схожих задач, а итоговый план выбирается путем аукциона планов, который проводит агент-координатор. Используется модель неразглашения личных возможностей агентов, за счёт использования общей для коалиции семантической сети значений, описывающей знаковое представление культурно-исторической среды, причём каждый из агентов коалиции имеет информацию о списке возможных абстрактных действий других агентов без детализированного представления о непосредственном порядке выполнения каждого из них.

Разработано оригинальное семиотическое представление двумерной окружающей среды, позволяющее адаптировать алгоритм планирования поведения для деятельности агентов в условиях робототехнического полигона, за счет использования и расширения и расширена логика Д.А. Поспелова для описания локального и глобального представления

окружающей агента среды, а также применения современных подходов к обучению с подкреплением для уточнения шагов планировщика.

Рассмотренные алгоритмы значительно дополнили функционал когнитивной архитектуры STRL и увеличили спектр решаемых задач.

Таким образом, достоинством диссертации является использование междисциплинарных знаний для усовершенствования методов планирования поведения и расширения функциональных возможностей когнитивных агентов.

Замечания по работе

1 . Глава 1 излишне перегружена описанием когнитивных архитектур, а также биологических и психологических предпосылок исследования. Вводится в употребление множество специфичных терминов таких, как «фокус внимания» (стр. 9, 15, 16,...), «рефлексивное представление» (стр. 11, 19...) и т.д.. Часто используются различные аббревиатуры и сокращения без полной их расшифровки, например «ЗКМ» (стр.9 и др.)

2 . В главе 2 приводится детальное описание каждого из рассмотренных алгоритмов, однако недостаточно полно описан процесс формирования оценки сложности алгоритмов (например, оценка сложности алгоритма 2 на стр. 45-46 характеризуется как линейная, но дальнейшие описания эвристического поиска действий и поиска базовых действий при уточнении прецедентного действия значительно усложняют алгоритм).

3 . В главе 3 отсутствует описание применяемой A* эвристики, причем из текста не становится ясным факт разработки автором её самостоятельно, либо применения сторонней версии.

4 . В главе 4 рассмотрена робототехническая реализация алгоритмов, разработанных в диссертации и предоставлен способ компенсирования ошибки перемещения робототехнического агента, однако отсутствуют данные о применении описанного ранее метода на основе алгоритма обучения с подкреплением.

Перечисленные недостатки, тем не менее, не снижают общую положительную оценку диссертационной работы Г. А. Киселёва.

Заключение

Оценивая результаты соискателя в целом, следует признать, что представленная диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно, и соответствует пунктам 4 и 9 «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации», «Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических объектов» паспорта специальности 05.13.01. – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)».

Диссертация обладает внутренним единством, хорошо сбалансирована по главам, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствующие о личном вкладе автора в науку. Основные результаты достаточно полно представлены в опубликованных работах, автореферат соответствует содержанию диссертации.

Полученные автором теоретические и практические результаты имеют большое значение для создания иерархических систем управления автономными робототехническими платформами.

Диссертация полностью удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Киселев Г.А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01. - Системный анализ, управление и обработка информации.

Официальный оппонент:

Профессор Института интеллектуальных кибернетических систем
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (НИЯУ
МИФИ)

доктор технических наук, профессор  Рыбина Галина Валентиновна

«24» 02 2021 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный
исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ)

115409, Москва, Каширское ш., 31, +7 (903) 290-00-60, GVRybina@mephi.ru

Подпись Рыбиной Г.В. заверяю.

Подпись удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ

