

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Ярового Сергея Викторовича

на тему: «Имитационное моделирование распределенных динамических процессов на поверхности земли на основе агентного подхода»
по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии)
на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Актуальность избранной темы.

Актуальность избранной диссертантом темы не вызывает ни малейших сомнений. Она обусловлена необходимостью поддержки принятия решений при управлении природными стихийными процессами, которые часто можно представить как распределенные динамические процессы на поверхности Земли. Для управления борьбой с такими процессами существует потребность оценки эффективности мер, которые были или будут предприняты для борьбы (т.е. управления процессом). С точки зрения теории управления, перечисленные процессы являются объектами с распределенными параметрами и распределенным управлением. Возможные методы управления этими процессами универсальны и часто не зависят от природы процесса. Так, одним из методов управления процессом является прямое воздействие на его фронт с целью снизить скорость распространения или остановить его, другой распространенный метод управления – локализация, т.е. создание непреодолимых ограждающих барьеров на пути движения волны.

Диссертационная работа Ярового Сергея Викторовича посвящена разработке алгоритмов, моделей и программных систем для моделирования динамики распределенных процессов на поверхности Земли, находящихся под внешним управлением.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Автор достаточно корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Яровым С.В. выполнен анализ существующих и предложенных в работе методов, показавший особенности и преимущества разработанных алгоритмов. Диссертантом реализована серия вычислительных экспериментов и приведены примеры решения практических задач.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждена сериями вычислительных экспериментов, а также впечатляющей апробацией на научных конференциях различного уровня и экспертизой опубликованных статей в ведущих научных журналах: по теме исследования опубликовано 18 печатных работ (7 статей в изданиях, рекомендуемых ВАК, 5 - в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus), результаты работы докладывались на всероссийских конференциях, имеются свидетельства о государственной регистрации программ.

Обоснованность результатов, выдвинутых соискателем, основывается на согласованности аналитических и экспериментальных моделей, исследованных в диссертации. Положения теории основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин: математики и теории управления, в работе диссертант грамотно использует математический аппарат.

Список литературы содержит – 183 наименования, многие из которых – иностранные.

Оценка новизны и достоверности

Полученные автором в рамках работы результаты приносят свой вклад в развитие данного научного направления и являются новыми, в том числе:

1. Разработана новая агентная модель распространения динамических процессов на поверхности Земли и их взаимодействия с инфраструктурой и силами противодействия.

2. Для описания динамики распределенных процессов на поверхности Земли, предложен новый алгоритм, основанный на численном решении уравнения Гамильтона-Якоби методом подвижных сеток. Алгоритм реализован на основе агентного подхода.

3. Предложен новый алгоритм построения оптимальных локализационных траекторий на основе разработанной агентной модели распространения и локализации динамических процессов на поверхности Земли.

4. Впервые предложен алгоритм схемы МИВЕР (метод изменяющихся вероятностей) решения задач оптимального размещения агентов, противодействующих распространению процесса, и их группировки (распределения) по локализуемым

процессам на основе разработанной агентной модели распространения и локализации динамических процессов, с применением предложенного алгоритма расчета оптимальных локализационных траекторий.

Структура работы

Первая глава посвящена рассмотрению распределенных динамических процессов на поверхности Земли как объектов моделирования и управления. Приведены примеры природных и антропогенных процессов на поверхности Земли. Рассмотрены свойства таких процессов, которые в данной работе приняты как допущения. Рассмотрена классификация рассматриваемых процессов по природе возникновения и по степени подвижности (от экспансивного развития с образованием новых очагов до затухающего процесса). Дается определение ряда понятий, используемых в данной работе, и приведен метод описания динамики распределенных процессов на языке классической механики. Дается постановка задачи локализационного управления. На основании метода подвижных сеток разработан алгоритм построения фронта процесса распространения.

Вторая глава посвящена разработке модели распространения и локализации природных динамических процессов, основанной на агентном подходе. В начале главы даётся обзор применения мультиагентных систем в социально-экономических приложениях. Затем представлена агентная модель распространения и локализации динамических природных процессов, разработанная в рамках настоящего исследования. Сформулирована область применения данной модели, а также требования, предъявляемые к ней. Приводится текстовое описание основных составляющих модели – среды и действующих в ней агентов. Также представлено формальное описание предлагаемой агентной модели с использованием цветных вложенных сетей Петри.

Третья глава посвящена разработке имитационной агентно-ориентированной системы на основе предложенной агентной модели. Разработка системы проводилась на примере конкретного типа процессов (природных пожаров) с использованием частных моделей для расчета скорости распространения фронта. В начале главы даётся обзор и классификация существующих моделей и систем, использующихся в

пожароуправлении. Затем формируются требования и ограничения разрабатываемой имитационной системы. Приведен список частных моделей, которые используются для решения задачи моделирования природных пожаров. Также описаны инструменты и технические средства, использованные для реализации модели в виде отдельного самостоятельного программного обеспечения, получившего название «Тайга-3». Приведены примеры интерфейса и работы данной системы. В конце главы представлена оценка точности и адекватности реализованной модели в системе «Тайга-3».

В четвертой главе представлены разработанные алгоритмы, позволяющие решать практические задачи, возникающие при управлении стихийными динамическими процессами. Предложен алгоритм для расчета оптимальных локализационных траекторий динамических процессов по критерию минимально затраченного времени. Алгоритм позволяет решать задачи, как по одностороннему, так и двустороннему охвату процесса на основе реальных картографических данных. Затем представлена постановка оптимизационной задачи, а также предложен алгоритм схемы МИВЕР решения задач оптимального размещения агентов, противодействующих распространению стихийных природных динамических процессов (В-агентов), и их группировки (распределения) по локализуемым процессам. Алгоритм базируется на агентной модели, которая позволяет оценить последствия развития стихийного процесса, выполняя роль алгоритмически заданной целевой функции. В конце главы представлен пример решения задачи оптимального размещения В-агентов с помощью предложенного алгоритма схемы МИВЕР и разработанной имитационной агентно-ориентированной системы «Тайга-3» путем проведения вычислительного эксперимента.

Практическая значимость диссертации диссертационной работы обусловлена возможностью использования предложенных моделей и систем для решения прикладных задач. Разработанная агентно-ориентированная имитационная система позволяет решать задачи оптимального размещения агентов, участвующих в локализации динамического процесса, и построения оптимальных локализационных траекторий с учетом ограниченности материальных ресурсов.

В то же время по работе можно сделать следующие **замечания**.

1. На страницах 38-46 диссертации выполнен обзор применения мультиагентных технологий в самых различных областях. Не очень понятно, как применение этих методов в робототехнике, логистике, лечебных учреждениях, педагогике и других социально-экономических областях помогает обоснованию применения их для моделирования природных катастроф. Только в самом конце обзора упомянуты одной строкой процессы распространения вируса, различных эволюционные процессы – вот что действительно надо бы рассмотреть в обзоре для использования этого в дальнейшем исследовании.

2. Возникают сомнения в целесообразности агентного подхода для формирования А-агентов. Вот несколько цитат из научных работ и энциклопедии:

«Агентный подход применяется для моделирования объектов дискретной природы любого уровня абстракции. К нему можно свести практически все подходы имитационного моделирования кроме моделирования динамических систем, которое занимается описанием непрерывных процессов.»
«К имитационному моделированию прибегают, когда невозможно построить аналитическую модель...»

«В настоящее время во многих случаях имитационные модели строятся не вместо аналитических, а параллельно с ними... При построении комбинированных моделей ... для тех из них, где это возможно, используются аналитические модели, а для остальных подпроцессов строятся имитационные модели.»

Отметим, что исходя из этих цитат, (отметим, что агентные модели являются одним из трех типов имитационных моделей) учитывая, что аналитические методы моделирования, например, пожаров хорошо развиты (в том числе, трудами руководителя диссертанта – Г.А. Доррера) возможно, более правильно было бы применить комбинированный метод.

3. Из определения агент-ориентированных моделей в качестве их свойств отмечается обучаемость агентов (или их эволюция). Например, при развитии пожара в его зоне может изменяться ветер, при распространении пятна нефти – течение и т.д. Учет таких изменений в ГИС технологиях называется усвоением данных, у автора, правда, на рис. 2.1 в схеме внутреннего устройства когнитивного агента есть блок «Обучающий компонент», но подробности его функционирования отсутствуют. Игнорирование этого важнейшего элемента работы агентов тем более странно, что все предпосылки для этого есть: на стр.11 автор отмечает в качестве свойств рассматриваемых процессов дистанционный (в первую очередь, космический) мониторинг.

Приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку выполненных С.В. Яровым исследований.

Заключение. Диссертация Ярового Сергея Викторовича является научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены научные результаты, позволяющие квалифицировать их как существенный вклад в решение важнейшей проблемы - борьбы с природными стихийными катастрофами, которые часто представляют собой распределенные динамические процессы на поверхности Земли. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Работа базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчетов. Она написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии)

Официальный оппонент, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматизации и электрометрии Сибирского отделения РАН, д.т.н.

Нежевенко
Евгений Семенович

Подпись д.т.н. Е.С. Нежевенко **з а в е р я ю:**

И.о. учёного секретаря
ИАиЭ СО РАН, к.ф.-м.н.

С.Р. Абдуллина

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук» (ФГБУН Институт автоматизации и электрометрии СО РАН)

630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, д. 1

Тел.: (383) 330-79-69, (383) 339-93-58

Факс: (383) 330-88-78

E-mail: iae@iae.nsk.su, office@iae.nsk.su

«19» сентября 2019 г.