

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

АСТРАКОВА Сергея Николаевича

**"Методы поиска эффективных решений в распределенных системах",
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических
наук по специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка
информации (в технике, экологии и экономике)**

Актуальность избранной темы

В диссертационной работе С.Н. Астракова исследуются распределенные системы, определяемые на графах или некоторых регулярных решетках и обладающие однородным материальным или информационным ресурсом. При помощи рассматриваемых систем могут быть сформулированы практические и теоретические оптимизационные задачи, требующие принятия обоснованных решений, которые должны удовлетворять критериям эффективности и учитывать воздействие окружающей среды или межэлементные взаимодействия ближайших «соседей». В случае, когда определено пространство состояний системы, решение может приниматься на основе принципов равновесия и устойчивости. В работе рассмотрен целый ряд новых моделей указанного вида, в том числе таких, которые обладают динамическими свойствами изменения состояний в течение дискретного времени.

Актуальность исследований связана с развитием современных коммуникационных технологий. Наиболее важными приложениями могут быть энергетика, обработка и передача данных и системы связи, как традиционные проводные, так и современные беспроводные. Особенностью предлагаемой в работе методики является то, что решения принимаются на основе равновесных принципов, для чего при помощи систем оценочных функций для всех элементов «формируются» предпочтения по распределяемому ресурсу. Для широкого класса моделей диссертанту удалось построить схемы итерационных перераспределений ресурса и сформулировать условия сходимости. Это особенно актуально в случаях, когда требуется определить устойчивое и предсказуемое развитие определенного системного процесса.

Анализ и оценка результатов диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, трех приложений и списка литературы. Общий объем работы составляет 244 страницы.

Первая глава посвящена рассмотрению применяемых в диссертации способов задания системных объектов. За основу взят аппарат теории графов, который непосредственно используется для определения структуры простейших моделей. Для моделей более сложных объектов использованы обобщенные графические представления: мультиграфы, псевдографы и гиперграфы. Для достижения большей наглядности результатов предложено графическое изображение гиперграфов в виде так называемого P -представления: на двух разных уровнях изображаются вершины и поля взаимодействий, а между ними отражаются линии, определяющие присутствие соответствующего элемента на заданном поле. Дано определение ресурсной системы и введены все используемые обозначения. Таким образом, в первой главе введены основные понятия и отмечены системные свойства распределенной ресурсной системы, которые используются в последующих главах.

Во **второй главе** исследованы состояния динамических ресурсных систем, моделируемых взвешенным графом, в котором присутствует не менее двух вершин. Динамика системы определяется последовательностью состояний, которые меняются после оценки элементами своего текущего ресурсного распределения на основе заданных предпочтений. Представлено несколько типов оценочных функций, с помощью которых строятся модели ресурсных систем со своими специфическими стратегиями поведения. Результаты второй главы сформулированы в виде двенадцати теорем 2.1-2.12, доказанных на основе сформулированных тринадцати лемм. В этой главе диссертанту удалось определить условия существования равновесных состояний и аналитический вид равновесных решений в некоторых конкретных распределительных системах.

В **третьей главе** исследованы ресурсные системы, структура которых задается гиперграфом, с помощью которых возможно моделировать не только парные, но и групповые взаимодействия. Рассмотрена базовая модель и ее последовательные обобщения, расширяющие область применения и открывающие

возможности новых приложений. Об условиях существования равновесных состояний в данных системах доказаны теоремы 3.1, 3.2, и 3.3, в дополнение к этому в теоремах 3.4, 3.5, 3.6 и 3.7 доказаны результаты об условиях сходимости произвольного состояния исследуемых систем к единственному равновесному решению. Теорема 3.8 представляет результат, касающийся систем, имеющих два общих поля взаимодействия. В завершение главы проведены аналитические расчеты по оценке скорости сходимости для предложенных итерационных преобразований. Отметим, что условия сходимости, определяемые через спектральную норму матрицы ресурсных преобразований, для рассматриваемых систем являются необходимыми и достаточными.

В четвертой главе рассмотрен ряд математических моделей так называемого «справедливого распределения» материальных ресурсов, основанного на естественных принципах равновесия («теории рациирования»). Понятие «справедливости» распределения, используемое диссертантом, зависит от функциональных критериев, которые могут быть реализованы по разному при исследовании различных прикладных проблем. В разделе 4.1 представлены способы задания «справедливых распределений», как известных, так и новых, при помощи функциональных оценочных критериев. В разделе 4.2 приведены пять моделей распределительных моделей страховых операций, удовлетворяющих простым критериям сбалансированности и взаимной выгоды. Глава 4 демонстрирует возможности приложения полученных в работе результатов для поиска обоснованных способов финансовых и/или тарифных распределений в отдельных секторах экономики.

Пятая глава посвящена разработке оптимальных моделей круговых (сенсорных) покрытий плоскости. В разделе 5.1 проведен обзор известных результатов, а в разделе 5.2 исследованы новые регулярные покрытия кругами двух различных размеров, обобщающие модели покрытий треугольной и квадратной структуры. Основные результаты главы сформулированы в теоремах 5.1, 5.1* и 5.2. Введена классификация регулярных покрытий и на ее основе построены эффективные покрытия кругами трех радиусов («модель А-3» и «модель В-3»). В разделе 5.3 предложены способы оценки затрат на построение сенсорной сети для организации системы контроля ограниченной области. Результаты

сформулированы в теоремах 5.3, 5.4 и 5.5. Основным результатом главы 5, на наш взгляд, является построенная классификация регулярных покрытий и определение оптимальных моделей в классах заданной сложности.

В **шестой главе** рассматриваются модели покрытий плоской полосы одинаковой ширины, с помощью которых возможно проектировать системы контроля протяженных объектов (дорог, государственных границ, трубопроводов и т.д.). В разделе 6.1 исследованы регулярные покрытия полосы кругами одного размера, как однослойные, так и многослойные, в разделе 6.2 – покрытия кругами двух и трех разных размеров. Для каждой модели описана структура покрытия и найдены оптимальные варианты решения с учетом граничных эффектов. В разделе 6.3 решается задача нахождения наименее плотного покрытия полосы так называемым «внешним образом». Это означает, что по некоторым причинам «недоступности», сенсорные устройства не могут быть расположены внутри области, но при этом должны контролировать всю эту область. Показано, что в большинстве случаев поиск оптимальных вариантов «внешнего покрытия» полосы сводится к моделям круговых покрытий плоскости. Это позволяет использовать введенную в главе 5 классификацию и полученные ранее результаты. Представлены расчеты оптимальных параметров покрытий для ряда моделей и проведено обсуждение основных особенностей моделей круговых покрытий.

В **заключении** приведены основные результаты, выносимые на защиту. По сравнению с авторефератом, они сформулированы в более подробной и развернутой форме. Отмечено наличие зарегистрированной вычислительной программы ЭВМ для расчетов равновесных распределений (Свидетельство о государственной регистрации в Федеральной службе по интеллектуальной собственности № 2013611966 от 11.02.2013).

Научная новизна полученных результатов

Рассмотрены новые распределенные ресурсные системы, в которых элементы могут обмениваться частями ресурса по каналам взаимодействия. Характер взаимодействий между элементами может определяться разнообразными классами оценочных функций, задающих предпочтения при перераспределении ресурсов. Предложенные в диссертации модели допускают сложную структуру

межэлементных связей и любое конечное число участников, что позволяет применять их в различных приложениях. Рассмотренные модели на обычных графах являются существенным обобщением ранее известных случаев. Впервые рассмотрены и исследованы модели, задаваемые с помощью гиперграфа и позволяющие описывать не только парные, но и групповые взаимодействия.

Построены модели покрытий плоских областей, имеющие наилучшую эффективность в соответствующих классах моделей. Исследованы модели контроля протяженных объектов с критериями эффективного гарантированного покрытия, которые ранее не рассматривались. Впервые сформулирована постановка задачи о «внешнем покрытии» ограниченных областей и предложены оптимальные регулярные модели покрытий кругами одного, двух и трех различных размеров. Создана универсальная классификация регулярных круговых покрытий, позволяющая однозначно классифицировать известные модели покрытий и по структуре, и по сложности, а также находить не рассмотренные ранее варианты моделей.

Замечания

1. Обзор ранее известных результатов в автореферате по теме исследований представляется недостаточно подробным. В частности, в библиографическом списке было бы целесообразно расширить список работ, опубликованных в современных электронных источниках.

2. Нужна нумерация таблиц в диссертации, даже если их всего три.

3. Пропущена формулировка названия подраздела 5.2.5 в содержании диссертации.

4. В главе 6 нарушена нумерация рисунков: после рис. 6.6 по тексту появляется рис. 6.8. Видимо, какие-то два рисунка были объединены в один.

5. Для моделей покрытий, рассмотренных в главах 5 и 6, желательно было бы подчеркнуть их свойства «ресурсности». В данном случае ресурсом элемента-сенсора является мощностью сенсорного устройства, которое и определяет радиус действия сенсора, в чем и проявляется принципиальное сходство моделей покрытий с распределительными моделями из глав 1-3.

Приведенные выше замечания и имеющиеся в тексте опечатки не являются существенными и не влияют на общую положительную оценку полученных результатов. Все результаты обоснованы, представлены подробно и строго. Автореферат адекватно отражает содержание работы.

Заключение

Считаю, что представленная диссертационная работа **АСТРАКОВА Сергея Николаевича "Методы поиска эффективных решений в распределенных системах"** является законченным квалификационным исследованием. Работа отвечает всем критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней от 24.09.2013 г. № 842, утвержденным постановлением Правительства РФ, соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.01 - системный анализ, управление и обработка информации (в технике, экологии и экономике), а ее автор АСТРАКОВ С.Н. заслуживает присуждения искомой ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент

д.т.н., главный научный сотрудник

ФГБУН Институт динамики систем и

теории управления Сибирского отделения

Российской академии наук

А.Ю. Горнов

2014 г.



ВЕРНО
ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ ПО КАДРАМ
Л.А.ТИМОШИНА
07 АПР 2014