

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию 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)

В диссертационной работе исследуются распределенные ресурсные системы, определяемые на графах или решетках, которые допускают широкое многообразие структурных связей. Элементы системы обладают однородным материальным или информационным ресурсом, который распределяется по направлениям структурных связей в соответствии с заданными целевыми критериями. Распределённые системы, для которых отношения местоположения и связи между элементами играют существенную роль, широко применяются в энергетике, в транспортных перевозках, при планировании и прогнозировании финансовых операций, а также при организации работы больших информационных систем. Для таких систем характерно распределение функций или ресурсов между множеством элементов (узлов) и отсутствие единого управляющего центра. По этой причине выход из строя отдельных узлов (или отклонение в режиме работы) не приводит к остановке всей системы и, во многих случаях, влечет перестройку системы в новое устойчивое состояние

Модели, описывающие поведение таких систем, часто являются гибридными (в широком смысле этого слова), а также могут одновременно содержать непрерывные и дискретные оптимизационные задачи. Для динамических систем важным является сочетание принципов эффективности и надежности в работе системы. Как правило, надежность системы обусловлена наличием обратной связи, что позволяет удерживать систему в некотором устойчивом состоянии. В экономических и социальных сферах, как правило,

процессы развиваются успешно, если учитываются разносторонние интересы и распределение произведенных благ проводится в соответствии с некоторым критерием «справедливости». Решения должны удовлетворять критериям эффективности и учитывать воздействие окружающей среды или межэлементные взаимодействия ближайших «соседей». В случае, когда определено пространство состояний системы, то решение может приниматься на основе принципов равновесия и устойчивости.

Отметим, что в работе рассмотрено множество моделей указанного вида, в том числе таких, которые обладают динамическими свойствами изменения состояний в течение дискретного времени. Распределенные ресурсные системы допускают широкое многообразие структурных связей и гибкую систему параметрических оценочных функций, что позволяет адаптировать их к различным техническим, экономическим и социальным системам. Каждая реализация может быть исследована на предмет существования предельных и равновесных состояний, представляющих практическую важность. Предложенная в работе методика позволяет изучать различные саморазвивающиеся системы, последовательность состояния в которых изменяется без внешнего вмешательства.

Особо следует отметить исследование, проведенное в диссертации, моделей круговых покрытий, которые непосредственно связаны с проблемами повышения эффективности мониторинга пространственных областей. Это напрямую связано с вопросами экономии затрат, поиском оптимальных структур расположения сети датчиков и временных режимов их работы. Задача о покрытии заданной области кругами соответствует задаче мониторинга этой области с помощью сенсорной сети. При этом эффективность покрытия и

мониторинга определяется отношением суммарной площади кругов к площади области.

Актуальность темы исследования связана с возможными приложениями рассматриваемых моделей в технологических областях, социальных сферах и информационных технологиях.

В работе получены следующие основные результаты:

1. Разработаны принципы моделирования распределенных ресурсных систем на графах и создан математический аппарат для описания таких систем.
2. Доказан ряд теорем об условиях существования и единственности равновесных состояний; определен аналитический вид предельных и равновесных состояний для различных классов *динамических ресурсных систем*.
3. Разработаны итерационные вычислительные алгоритмы поиска равновесных состояний в распределенных ресурсных системах, позволяющие делать расчеты и проводить численные эксперименты при различных условиях *развития* системы.
4. Приведены содержательные примеры из разных областей деятельности, отражающие возможности предлагаемой равновесной методики для принятия рациональных решений (конкурентные взаимодействия, обслуживание коммуникационных сетей, модели системы страхования).
5. Определены оптимальные модели мониторинга плоских областей сенсорными сетями, допускающие сенсоры двух и трех радиусов действия. Получены обобщенные модели треугольной (серия А) и квадратной (серия В) структур.

6. Разработан приближенный способ расчета оптимального количества сенсорных датчиков для мониторинга ограниченных областей на основе Моделей А-2 и В-2 с учетом стоимостных и затратных характеристик.
7. Для различных классов покрытий полосы найдены наиболее эффективные модели внутреннего и внешнего мониторинга.
8. Разработана универсальная классификация регулярных покрытий, позволяющая группировать модели по уровню сложности.
9. Определен аналитический вид точной нижней оценки плотности d_2 покрытия кругами двух различных видов, уточняющий известный результат Фежеса Тота (G.Fejes Toth, 1995).
10. Создан Комплекс программ для определения равновесных состояния в распределенных ресурсных системах.

Диссертация состоит из введения, шести глав, библиографического списка и трех приложений. Введение дает достаточно полное представление о содержании диссертации.

В первой главе рассматриваются способы задания системных объектов и методы системного анализа. Предложены графические представления распределенных ресурсных систем и даны основные определения. Наиболее важным является определение распределенной ресурсной системы и способ задания ее состояний. Показано, что предложенная методика позволяет решать задачи конфликтного характера, реализуя интересы и стратегии любого количества независимых участников системы.

Во второй главе исследована динамика состояний ресурсных систем, изменяющихся в течение дискретного времени. Динамика системы определяется последовательностью состояний, которые являются результатом выбора каждым элементом своих предпочтений. Способ реализации предпочтений при помощи

системы оценочных функций является новым, хотя и использует стандартную схему Курно (новое условно равновесное решение принимается на основании распределения предыдущего шага). Следует отметить, что в главе рассмотрены различные классы оценочных функций, которые отражают характер взаимодействий между элементами. К основным результатам следует отнести доказательства ряда теорем об условиях существования и единственности равновесных состояний. Созданы итерационные вычислительные алгоритмы для определения предельных решений. Найден явный аналитический вид равновесных решений в зависимости от исходных данных системы.

В третьей главе исследованы ресурсные системы со структурой групповые взаимодействия. Рассмотрены четыре модели, в которых каждый элемент имеет возможность оставлять часть ресурса на своем индивидуальном поле, а оставшуюся часть «передавать» на одно общее поле. Кроме того, рассмотрена модель с двумя общими полями взаимодействия. Для всех случаев найдены условия существования равновесных состояний и условия сходимости произвольного состояния систем к единственному равновесному решению. Проведены оценки скорости сходимости итерационных алгоритмов. Отметим высокую степень сложности моделей, заданных даже на простейших гиперграфах. Доказанные результаты показывают, что условия устойчивости всех элементов сложной системы являются достаточно жесткими, так как могут испытывать одновременное ресурсное влияние со стороны многих других элементов. По нашему мнению, с помощью предложенных методов можно моделировать отдельные механизмы в экономических процессах для того, чтобы избежать возможных кризисных явлений.

В четвертой главе рассмотрены математические модели распределений одного заданного материального ресурса между участниками системы, которые

наделены некоторыми «заслугами» или рейтингом. При помощи оценочного равновесного метода представлены различные способы «справедливого» распределения ресурса. Во второй части главы 4 рассмотрены распределительные модели страховых операций, в которых планируется заданная функциональная «стратегия» компании, учитывающая взаимные интересы страховщиков и компании. Аналогичные принципы и распределительные алгоритмы вполне допустимы при разработке тарифных планов, требующих аргументированного обоснования.

Пятая глава посвящена разработке оптимальных моделей круговых покрытий плоскости. Задача о покрытии заданной области кругами соответствует задаче мониторинга этой области с помощью сенсорных сетей. Каждому сенсору сети сопоставляется круг в пространстве, в котором сенсор способен выполнять контрольные действия по приему или передаче сигнала. При этом эффективность покрытия определяется отношением суммарной площади кругов к площади области. Важнейшим результатом данной главы является оригинальная классификация регулярных покрытий плоскости. Корректность и однозначность системы обозначений классификации основана на выборе минимального фрагмента регулярного покрытия. По обозначению конкретного класса покрытия можно определить его сложность и восстановить геометрическую структуру. Отметим также, что в данной главе исследованы новые классы регулярных покрытий кругами двух и трех различных размеров.

В шестой главе рассматриваются модели регулярных покрытий полосы постоянной ширины кругами, число различных размеров которых заранее определено. При исследовании данной проблемы приходится дополнительно учитывать граничные эффекты. Для моделей покрытий полосы кругами одного радиуса были построены многослойные покрытия с любым количеством слоев.

Следующая группа задач связана с покрытиями полосы кругами двух и трех разных размеров. Построены многопараметрические функционалы плотности для различных классов покрытий и определены их глобальные экстремумы. Найдены наилучшие структуры и оптимальные соотношения для размеров разных кругов. В общем случае, многие модели круговых покрытий полосы могут быть использованы при мониторинге протяженных объектов: дорог, государственных границ и других коммуникационных сооружений.

Отмечая высокую научную и практическую ценность диссертационной работы, обращаю внимание на некоторые замечания:

1. Текст диссертации перегружен сокращениями, которые иногда затрудняют понимание изложенного.
2. Ряд терминов используется без какого-либо пояснения.
3. Список литературы оформлен с погрешностями и есть публикации, на которые нет ссылок.
4. Автор преувеличивает возможности практического применения результатов в части проектирования беспроводных сенсорных сетей, поскольку здесь на первое место выходят свойства сенсоров, а не оптимальность расположения, но полученные результаты могли быть использованы, например, при проектировании оптоволоконных сенсорных сетей.

Однако сделанные замечания не сказываются на оценке работы в целом.

По теме диссертации автором опубликованы монография и 34 печатные работы, в том числе 13 статей в журналах, рекомендованных ВАК для опубликования основных результатов докторских диссертаций. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Считаю, что представленная диссертационная работа АСТРАКОВА Сергея Николаевича "Методы поиска эффективных решений в распределенных системах" является законченным научно-квалификационным исследованием. Работа отвечает всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденное Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к диссертациям на соискание 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 присвоения ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент
член-корреспондент РАН,
профессор, д.ф.-м.н.,
г.н.с. ИВТ СО РАН
11.04.2014

Подпись Федотова А.М. заверяю
зам. директора ИВТ СО РАН



А.М. Федотов

А.В.Юрченко