

## УТВЕРЖДАЮ

директор Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Конструк-  
торско-технологического института вычис-  
лительной техники Сибирского отделения  
Российской академии наук



Д.ф.-м.н.

С.К. Голушко

2013 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Конструкторско-технологического института вычислительной техники Сибирского отделения Российской академии наук

Диссертация “Методы поиска эффективных решений в распределенных системах” выполнена в лаборатории анализа и оптимизации технических систем.

В период подготовки диссертации соискатель Астраков Сергей Николаевич работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Конструкторско-технологическом институте вычислительной техники Сибирского отделения Российской академии наук, в лаборатории анализа и оптимизации технических систем в должности старшего научного сотрудника.

В 1986 г. С.Н. Астраков защитил диссертацию по теме «Об отображении псевдо-евклидовых пространств» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в Институте математики им. С. Л. Соболева СО РАН по специальности 01.01.04 – «Геометрия и топология»: решение диссертационного совета ИМ им. С.Л.Соболева СО РАН от 12 февраля 1986 г. (протокол № 1), диплом кандидата наук ФМ № 026433 выдан в Москве 4 июня 1986 г.

Научный консультант – д.ф.-м.н. Голушко Сергей Кузьмич, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Конструкторско-технологический институт вычислительной техники Сибирского отделения Российской академии наук, директор.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

### **Актуальность и соответствие специальности**

Диссертация направлена на решение фундаментальной проблемы по разработке методов решения оптимизационных задач в распределенных ресурсных системах. Особенность работы заключается в том, что она ориентирована на: 1) исследование методов поиска равновесных и оптимальных решений в специальных распределенных системах, допускающих сложные сетевые перераспределения однородного материального или информационного ресурса, 2) построение оптимальных круговых покры-

тий областей, используемых при моделировании беспроводных сенсорных сетей мониторинга и связи, 3) доказательство ряда фундаментальных утверждений и обоснование вычислительных алгоритмов, позволяющих совершенствовать управленческие решения с целью повышения эффективности функционирования объектов исследования.

В последнее десятилетие и ранее опубликовано огромное количество работ по исследованию распределенных систем, особенно тех, которые связаны с беспроводными сенсорными сетями. Однако в этих исследованиях практически не изучались равновесные методы нахождения устойчивых состояний в динамических ресурсных системах; для задач круговых покрытий (мониторинг областей) не была создана строгая классификация регулярных моделей, отражающих их структуру и сложность. Кроме того, не были рассмотрены достаточно естественные задачи мониторинга протяженных объектов и проблемы внешнего мониторинга ограниченных областей.

В связи с этим диссертационная работа Астракова С.Н., посвященная исследованию указанных выше проблем представляется своевременной и *актуальной*. Содержание работы *соответствует* специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике, экологии и экономике).

### **Новизна и практическая значимость**

В работе получены следующие *основные результаты*:

1) Разработаны принципы моделирования распределенных ресурсных систем на графах и создан математический аппарат для описания таких систем. Предложенная методика позволяет решать прикладные задачи конфликтного характера, реализуя интересы и стратегии любого количества независимых участников (элементов) системы.

2) Впервые доказан ряд теорем об условиях существования и единственности равновесных состояний; определен аналитический вид предельных и равновесных решений для различных классов *динамических ресурсных систем*, созданы итерационные вычислительные алгоритмы, позволяющих делать расчеты и проводить численные эксперименты при различных условиях *развития* системы.

3) Определены оптимальные модели регулярных покрытий плоских областей, допускающих круги двух и трех различных радиусов. Исследованы однослойные и многослойные регулярные модели покрытий протяженных объектов. Введено новое понятие внешнего покрытия (мониторинга) области и построены соответствующие эффективные модели.

4) Впервые построена универсальная классификация регулярных покрытий пространственных областей, позволяющая группировать модели по структурным особенностям и по уровню сложности. Классификация позволяет определять оптимальные модели покрытий для каждого класса фиксированной сложности.

5) Получен ряд фундаментальных результатов, касающихся геометрических свойств покрытий. В частности, определен аналитический вид точной нижней оценки плотности покрытия кругами двух различных видов, уточняющей результат Тота (G. Fojes Toth, 1995).

Исследования выполнялись в соответствии с планами научно-исследовательских работ Института по программам фундаментальных научных исследований государственных академий наук по проектам I.4.1.5. «Математическое моделирование и вычислительные технологии в задачах принятия решений по управлению технологиче-

скими процессами предприятий нефтегазового и горнодобывающего комплексов и других сложных объектов» (№ гос. регистрации 01201154503), IV.36.1.5. «Математическое моделирование сложных гибридных систем и их приложений к техническим, информационным и биологическим объектам и структурам» (№ гос. регистрации 01201362076), программе Президиума РАН 15.4 «Математическое моделирование, анализ и оптимизация гибридных систем» и поддерживались грантами РФФИ: совместными российско-индийскими грантами (проект 08-07-91300-ИНД\_а и проект 10-07-92650-ИНД\_а), а также грантом на проведение инициативных исследований (проект 13-07-00139\_а).

#### **Полнота изложения в работах соискателя**

Полученные автором результаты отражены в следующих публикациях:

1. Астраков С.Н. Моделирование устойчивых взаимоотношений на графах // Вестник КузГТУ. - 2005. - № 2. - С. 94-97.
2. Астраков С.Н. Некоторые методы распределения ресурсов в динамических сетевых моделях // Известия вузов. Черная металлургия. - 2006. - № 4. - С. 7-11.
3. Астраков С.Н. Равновесные методы поиска рациональных распределений // Вестник РГТЭУ. - 2009. - № 5. - С. 45-50.
4. Астраков С.Н., Анисова М.А. Математическое моделирование экономических взаимодействий на графах // Вестник РГТЭУ. - 2009. - № 6. - С. 39-43.
5. Zalubovsky V., Astrakov S., Erzin A., Choo H. Energy-efficient Area Coverage by Sensors with Adjustable Ranges // Sensors. - 2009. - № 9. - P. 2446-2460.
6. Астраков С.Н., Ерзин А.И., Залюбовский В.В. Сенсорные сети и покрытие плоскости кругами // Дискретный анализ и исследование операций. - 2009. - № 3. - С. 3-19.
7. Astrakov S., Tahonov I. A Dynamic Model of Group Interactions // International Journal of Biomedical Soft Computing and Human Sciences. - 2011. - vol. - 18. - № 1. - P. 77-84.
8. Astrakov S., Erzin A. Min-Density Stripe Covering and Applications in Sensor Networks // Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, ICCSA, Part III, LNCS. 2011. - № 6784. - P. 152-162.
9. Астраков С.Н., Тахонов И.И. Равновесное распределение ресурсов в модели групповых взаимодействий // Вестник НГУ. Серия: математика, механика, информатика. - 2011. - № 3. - С. 61-76.
10. Астраков С.Н., Ерзин А.И. Построение эффективных моделей покрытия при мониторинге протяженных объектов // Вычислительные технологии. - 2012. - т. 17. - № 1. - С. 26-34.
11. Астраков С.Н., Ерзин А.И., Сенсорные сети и покрытие полосы эллипсами // Вычислительные технологии. - 2013. - т. 18. - № 2. - С. 3-17.
12. Astrakov S., Erzin A. Covering a Plane with Ellipses // Optimization. Journal of Math. Program. and Operation Research. - 2013. - vol. 62. - № 10. - P. 1357-1366 (DOI: 10.1080/02331934.2013.830119).
13. Astrakov S., Erzin A. Efficient Band Monitoring with Sensors Outer Positioning // Optimization. Journal of Math. Programming and Operation Research. - 2013. - vol. 62. - № 10. - P. 1367-1378 (DOI: 10.1080/02331934.2013.840621).

В работах [1-3,7] разработаны принципы моделирования распределенных ресурсных систем на графах и создан математический аппарат для описания таких си-

стем. В [1-4,7,9] впервые доказан ряд теорем об условиях существования и единственности равновесных состояний; определен аналитический вид предельных и равновесных решений для различных классов динамических ресурсных систем.

В работах [5,6,8,10-12] определены оптимальные модели регулярных покрытий плоских областей и исследованы регулярные модели покрытий протяженных объектов. В [13] введено новое понятие внешнего покрытия области и построена универсальная классификация регулярных покрытий плоских областей.

Научные результаты, в *полном объеме* отражающие содержание диссертации, *опубликованы* в 34 работах. В их числе монография, 22 статьи, среди них 13 в журналах из списка ВАК, и 11 работ в трудах российских и международных конференций.

### Личное участие

Все выносимые на защиту результаты получены соискателем лично. В совместных работах соискателю принадлежит следующее: ключевые идеи новых методов, построение итерационных алгоритмов поиска равновесных состояний в распределенных системах, принципы построения классификации регулярных покрытий, новые постановки задач по внешнему мониторингу ограниченных областей, расчеты оптимальных параметров моделей для классов покрытий, а также основные идеи доказательств теорем и утверждений. Конфликт интересов с соавторами отсутствует.

### Достоверность результатов

Защищаемые результаты *достоверны*, теоретически строго обоснованы, обладают необходимыми элементами *новизны* и имеют как *теоретическое*, так и *прикладное значение*. Все результаты диссертации прошли значительную положительную апробацию на ряде конференций в России и за рубежом. Среди них: Всероссийская конференция «Проблемы оптимизации и экономические приложения» (Омск, 2003, 2006, 2012), Международный семинар «Вычислительные методы и решение оптимизационных задач» (Бишкек, 2004), XIII и XIV Байкальские международные школы-семинары «Методы оптимизации и их приложения» (Иркутск-Байкал, 2005, 2008), Всероссийская научно-практическая конференция «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве» (Новокузнецк, 2005, 2007), Российская конференция «Дискретная оптимизация и исследование операций» (Владивосток, 2007), International Conference «Operations Research and Global Business» (Аугсбург, Германия, 2008), 7-th International Symposium on Modelling and Optimization in Mobile, Ad Hoc and Wireless Networks (Сеул, Корея, 2009), V Азиатская Международная школа-семинар «Проблемы оптимизации сложных систем» (Бишкек, Иссык-Куль, Кыргызстан, 2009), Российская конференция «Дискретная оптимизация и исследование операций» (Новосибирск, 2010), 11-th International Conference on Computational Science and its Applications (Сантадер, Испания, 2011), 25-th Conference of European Chapter on Combinatorial Optimization (Анталья, Турция, 2012), 21-th International Symposium on Mathematical Programming (Берлин, Германия, 2012), Международная конференция «Дискретная оптимизация и исследование операций» (Новосибирск, 2013).

Кроме того, результаты диссертации докладывались и получили положительную оценку на следующих представительных семинарах: «Математические модели принятия решений» и «Дискретные экстремальные задачи» (Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, 2011, 2012, 2013); «Информационные технологии» (Институт вычислительных технологий СО РАН, 2012, 2013), «Моделирование инфо-


коммуникационных систем» (Институт вычислительной математик и математической геофизики СО РАН, 2013), «Дифференциальные уравнения, управление и системный анализ» (Институт динамики систем и теории управления СО РАН, 2013).

Представленная диссертация является *самостоятельной* и *законченной* научно-исследовательской работой, подводящей итог многолетним и плодотворным исследованиям соискателя. Полученные в диссертации результаты можно квалифицировать как *новое крупное научное достижение* в области разработки методов исследования распределенных систем и геометрической теории регулярных круговых покрытий. Совокупность полученных результатов является весомым вкладом в развитие системного анализа, управления и теории дискретных экстремальных задач.

Диссертация «Методы поиска эффективных решений в распределенных системах» Астракова С.Н. *рекомендуется* к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике, экологии и экономике).

Заключение принято на расширенном заседании лаборатории анализа и оптимизации технических систем КТИ ВТ СО РАН.

Присутствовало на заседании 16 человек. Результаты голосования: «за» - 16 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 1 от 16 сентября 2013 года.

  
\_\_\_\_\_  
(подпись лица оформившего заключение)

Шорников Юрий Владимирович, д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории анализа и оптимизации технических систем КТИ ВТ СО РАН