

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ
И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ
Сибирского отделения Российской академии наук**

**Важнейшие результаты
научных исследований в 2016 г.**

Приоритетное направление I.2 Вычислительная математика

Программа I.2.1. Вычислительные методы в задачах естествознания

1. Оптимальные термодинамически согласованные экономичные дискретные модели для динамических задач линейной теории упругости.

Академик РАН советник РАН Коновалов А. Н.

Для систем уравнений линейной теории упругости построены и обоснованы оптимальные, явно разрешимые дискретные (сеточные) модели. В основе моделей лежат законы сохранения вида $\operatorname{div} F = 0$. Для задач теории упругости построены модели с контролируемым дисбалансом полной механической энергии. Под оптимальностью понимается в том числе такая характеристика дискретной модели, как возможность максимальной степени распараллеливания. Полученные теоретические результаты могут быть использованы при решении конкретных тепловых задач и задач теории упругости, например задачи сейсмостойчивости наземных сооружений при проведении подземных горных работ.

Публикации:

1. Коновалов А. Н., Попов Ю. П. Оптимальные явно разрешимые дискретные модели с контролируемым дисбалансом полной механической энергии для динамических задач линейной теории упругости // 2015. Сиб. матем. журн. 56:5. С. 1092–1099.

2. Коновалов А. Н. Оптимальные, явно разрешимые дискретные модели с контролируемым дисбалансом энергии в линейных задачах математической физики // Тезисы докладов VIII Всероссийской конференции «Актуальные проблемы прикладной математики и механики», посвященная памяти академика А.Ф. Сидорова, и Молодежной школы-конференции, Абрау-Дюрсо, 5-10 сентября 2016 г. Екатеринбург: ИММ УРО РАН, 2016. С. 52.

Конференции:

1. Коновалов А. Н. Термодинамически согласованные экономичные дискретные модели для динамических задач линейной теории упругости. 11-я Международная конференция "Сеточные методы для краевых задач и приложения", Казань, 20–25 октября 2016 г.

2. Коновалов А.Н. Оптимальные, явно разрешимые дискретные модели с контролируемым дисбалансом полной механической энергии для динамических задач линейной теории упругости. 8-я Международная молодежная научная школа-конференция Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач. Новосибирск, Академгородок, 1–7 сентября 2016 года

3. Коновалов А. Н. Оптимальные, явно разрешимые дискретные модели с контролируемым дисбалансом энергии в линейных задачах математической физики. 8-я Всероссийская конференция «Актуальные проблемы прикладной математики и механики», посвященная памяти академика А.Ф. Сидорова, Абрау-Дюрсо, 5–10 сентября 2016.

2. Вычислительные “реалистические” модели случайных полей и исследование прохождения излучения через случайную среду.

Член-корр. РАН советник РАН Михайлов Г. А.; к.ф.-м.н. м.н.с. Амбос А.Ю.

Разработана методика эффективного осреднения радиационной модели для стохастической среды, то есть для построения детерминированного уравнения переноса излучения, в какой-то степени воспроизводящего осреднённые характеристики радиационного поля. В связи с этим построены путём суммирования n независимых реализаций базового “мозаичного” поля Пуассона “реалистические” вычислительные модели изотропных неотрицательных экспоненциально коррелированных случайных плотностей σ_n среды, реализации которых близки к непрерывным, а условное одномерное распределение в непустой части среды является достаточно естественным. Показано, что соответствующая осреднённая вероятность прохождения кванта практически определяется корреляционным радиусом ρ плотности и степенью заполненности среды, а также указанным выше условным распределением.

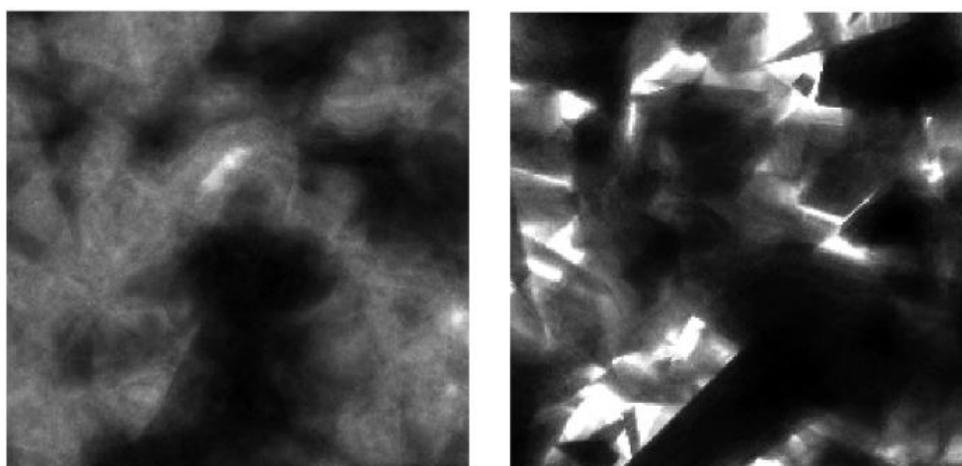


Рис. Визуализация в квадрате 50x50 поля интенсивности излучения, проходящего через слой вещества толщиной $H = 10$ со случайной плотностью σ_{50} : слева — для $\rho = 3.6$, $p_0 = 0.00055$, $E\sigma_n = 1$, $D\sigma_n = 0.16$; справа — для $\rho = 3.6$, $p_0 = 0.301$, $E\sigma_n = 1$, $D\sigma_n = 1$

Публикации:

1. Амбос А.Ю. Вычислительные модели мозаичных однородных изотропных случайных полей и соответствующие задачи переноса излучения // Сиб. журн. вычисл. матем. 2016. Т. 19, № 1. С. 19-32.

2. Амбос А.Ю., Михайлов Г.А. Эффективное осреднение стохастических радиационных моделей на основе статистического моделирования // Журн. вычисл. матем. и матем. физ. 2016. Т. 56, № 5. С. 896-908.

3. Ambos A.Yu., Mikhailov G.A. Solution of radiative transfer theory problems for ‘realistic’ models of random media using the Monte Carlo method // Rus. J. Num. Anal. Math. Model. 2016. Vol. 31, № 3. P. 1-10

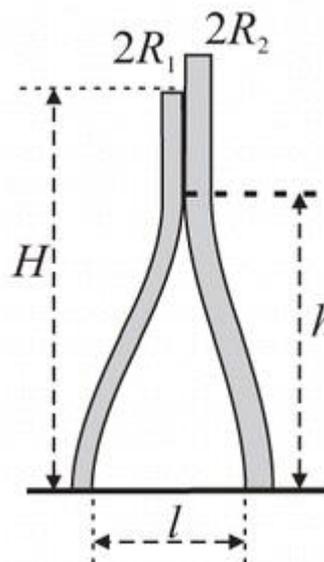
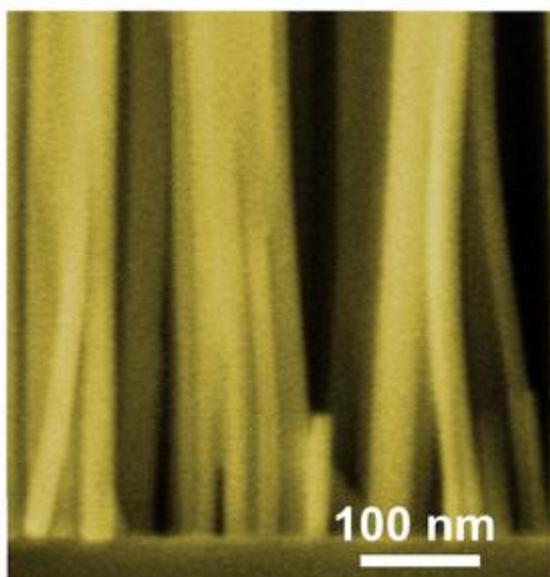
4. Михайлов Г.А., Амбос А.Ю. Новая вычислительная модель изотропного “разорванного” экспоненциально коррелированного случайного поля // ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК, 2016, том 469, № 3, с. 283–286.

5. Амбос А.Ю. Разработка вычислительных моделей мозаичных случайных сред с приложением в теории переноса излучения: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.07, Новосибирский гос. университет, Новосибирск, 2016.

3. Стохастическая модель и алгоритмы моделирования процесса выращивания нановискером методом молекулярно-пучковой эпитаксии.

Д.ф.-м.н. г.н.с. Сабельфельд К. К., к.ф.-м.н. н.с. Каблукова А.Г.

Разработаны стохастическая модель и алгоритмы моделирования процессов выращивания GaN нановискером методом молекулярно-пучковой эпитаксии. Работа проводилась в сотрудничестве с группой немецких физиков из Института твердотельной электроники им. П. Друде (Берлин). Проведен цикл экспериментальных и теоретических исследований процессов зарождения, коалесценции и роста нановискером, формирующихся атомами галлия и азота. Удалось объяснить эффект выравнивания нановискером по высоте в процессе их роста, рассчитаны распределения по диаметрам и высотам в зависимости от многочисленных параметров задачи, таких как плотность нановискером на подложке, характеристики источника атомов галлия и азота, покрытие подложки, коэффициент поверхностной диффузии атомов галлия, константы рекомбинации атомов на поверхности нановискером и от ряда других параметров процесса роста. Большой практический интерес связан с использованием GaN нановискером в оптоэлектронике и элементной базе квантовых компьютеров.



Публикации:

1. Vladimir M. Kaganer, Sergio Fernandez-Garrido, Pinar Dogan, Karl K. Sabelfeld, and Oliver Brandt. Nucleation, growth and bundling of GaN nanowires in molecular beam epitaxy: Disentangling the origin of nanowire coalescence // Nano Letters. 2016. V. 16, N 6. P. 3717-3725.
2. К.К. Sabelfeld, E.G. Kablukova, Stochastic simulation of nanowire growth in plasma-assisted molecular beam epitaxy // Computational Materials Science. 2016. V. 125. P. 284–296.
3. Karl K. Sabelfeld. Splitting and survival probabilities in stochastic random walk methods and applications // Monte Carlo Methods Appl. 2016. 22 (1). P. 55–72.

Конференции:

1. Сабельфельд К.К. Стохастическое моделирование роста нановискером. 11-я Конференция и 10-я школа молодых ученых и специалистов по актуальным проблемам физики, материаловедения, технологии и диагностики кремния, нанометровых структур и приборов на его основе. КРЕМНИЙ 2016, Новосибирск, 12-15 сентября 2016 г.

4. Алгоритмы решения стохастических дифференциальных уравнений и их приложения.

К.ф.-м.н. с.н.с. Аверина Т. А.

Построена двухуровневая модификация устойчивого численного метода решения стохастических дифференциальных уравнений (СДУ) в смысле Стратоновича, которая применена для анализа быстропротекающих процессов в сильнонеравновесных средах [1]. Разработанный статистический алгоритм на основе численных методов решения СДУ и методов моделирования пуассоновских потоков [2] применен для моделирования начальной флуктуационной стадии конденсации с учетом заряда капель. Исследовалось явление получения заданного размера кластера для разных параметров модели [3].

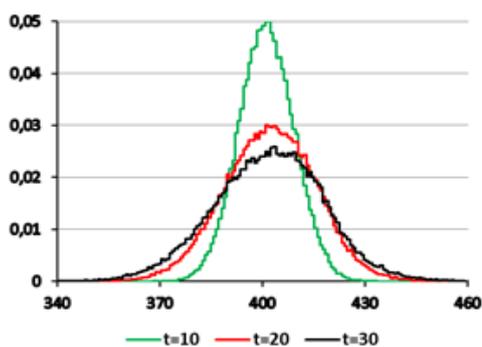


Рис. 1

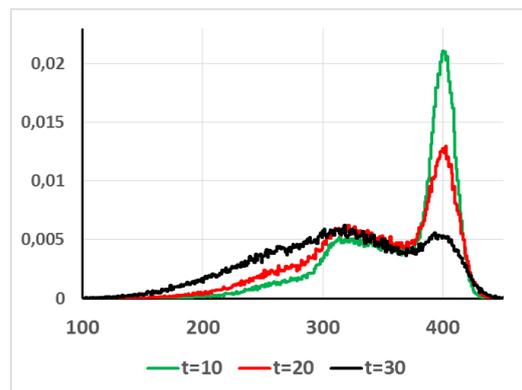


Рис.2

На рисунках приведена плотность распределения кластеров по размерам для разных моментов времени, когда начальный размер кластера больше критического. На рис. 1 не учитывается заряд капли, а на рис. 2 – учитывается. Графики демонстрируют, что учет релейской неустойчивости привел к бимодальному распределению капель конденсата по размерам, что важно знать при зарядовом диспергировании в процессе получения порошков.

Публикации:

1. Аверина Т.А., Г.И. Змиевская, А.Л. Бондарева, С.А. Хилков. Решение уравнений стохастического аналога неравновесной стадии фазового перехода и пористость карбида кремния // ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. Препринт № 21. 2016.

2. Аверина Т.А. Использование модификаций метода максимального сечения для моделирования систем со случайной структурой с распределенными переходами // СибЖВМ 2016. Т. 19. № 4 (68). С. 3-10.

3. Averina T.A., Zmievskaya G.I. Numerical modeling of the initial fluctuation condensation stage with charge drops // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016 (принята к печати).

Конференции:

1. Аверина Т.А., Змиевская Г.И. Флуктуационная неустойчивость фазового перехода. Алгоритмы решения квазилинейных стохастических дифференциальных уравнений и приложения. 21-я Всероссийская конференция «Теоретические основы и конструирование численных алгоритмов для решения задач математической физики», Новороссийск, Абрау-Дюрсо, 5-11 сентября 2016 г. Тезисы. ISBN 978-5-98354-024-8. Москва: ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2016. С. 60-61.

2. Аверина Т.А., Змиевская Г.И. Численное моделирование начальной флуктуационной стадии конденсации с учетом заряда капель. XI международная конференция «Сеточные методы для краевых задач и приложения», 20-25 октября 2016 г, Казань.

5. Оценка устойчивости состояния мерзлоты на шельфе Восточной Арктики при экстремальном сценарии потепления.

К.ф.-м.н. с.н.с. Малахова В. В., д.ф.-м.н. в.н.с Голубева Е.Н.

На основе использования численных моделей океана, морского льда и теплопереноса в донных отложениях промоделирован процесс формирования подводной мерзлоты Восточного сектора Арктики и исследована ее динамика при современном состоянии климата, определяемом в настоящем исследовании данными реанализа атмосферы. Оценивается возможность дестабилизации субаквальной мерзлоты при предполагаемом потеплении климата, обусловленным повышенным выбросом парниковых газов, при наиболее экстремальном сценарии потепления в полярных регионах до конца 21 века (атмосферный сценарий RCP8.5). Численное моделирование восстанавливает картину пространственно-временной изменчивости состояния мерзлоты, что позволяет выделить области шельфа, наиболее чувствительные к возможным климатическим изменениям. Понижение границы мёрзлых пород при заданном сценарном потеплении в зависимости от области шельфа может составить 1–11 м только в результате теплового воздействия, и дополнительно 5–10 м за счёт учёта засоления порового пространства донных отложений (рис. 1). Расчётная мощность зоны стабильности газогидратов метана на шельфе составила около 770–870 м. Из результатов модельных расчетов следует, что до конца 21 века газогидратный слой остаётся изолированным от поверхности морского дна слоем мёрзлого грунта. При полученных скоростях деградации мерзлоты метаногидраты останутся изолированными ещё несколько тысяч лет после 2100 г.

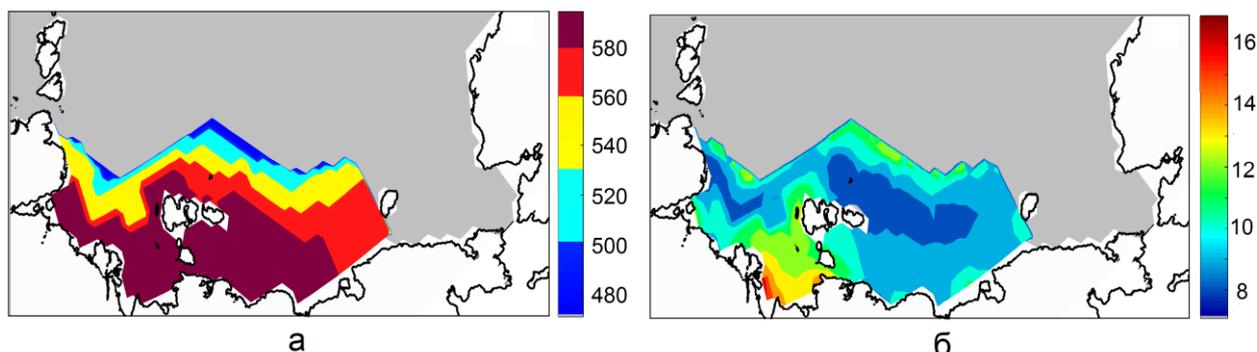


Рис. 1. Моделируемое состояние подводной мерзлоты на шельфе восточной Арктики: (а) – положение нижней границы мерзлых пород в донных отложениях (м), (б) – глубина протаивания мерзлых пород от морского дна, полученная для 2100 года (м)

Публикации:

1. Малахова В.В., Голубева Е.Н. Оценка устойчивости состояния мерзлоты на шельфе Восточной Арктики при экстремальном сценарии потепления в XXI в. // Лёд и снег. 2016. Т. 56, №1. С. 61-72. doi:10.15356/2076-6734-2016-1-61-72.
2. Елисеев А.В., Малахова В.В., Аржанов М.М., Голубева Е.Н., Денисов С.Н., Мохов И. И. Изменение границ многолетнемёрзлого слоя и зоны стабильности гидратов метана на арктическом шельфе Евразии в 1950-2100 гг. // ДАН. 2015. Т. 465, № 5. С. 1-6.
3. Malakhova V.V., Eliseev A.V. How sensitive are modeled contemporary subsea permafrost thaw and thickness of the methane clathrates stability zone in Eurasian Arctic to assumptions on Pleistocene glacial cycles? // Clim. Past Discuss. 2016. doi:10.5194/cp-2016-66.

Конференции

1. Malakhova V.V. On the thermal influence of thermokarst lakes on the subsea permafrost evolution // Proceedings of SPIE. 20th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 2016.
2. Малахова В.В. Моделирование субмаринных таликов на шельфе моря Лаптевых // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. Т. 4. № 1. С. 120-124.

6. Вариационные методы направленного мониторинга на основе совместного использования моделей и методов разделения масштабов исследуемых процессов.

Д.ф.-м.н. зав. лабораторией Пененко В.В.; к.ф.-м.н. с.н.с. Пененко А.В.; к.ф.-м.н. в.н.с. Цветова Е.А.

Представлен новый подход к исследованию природных процессов с использованием методов теории чувствительности математических моделей к вариациям различных факторов в сочетании с методами ортогональной декомпозиции многомерных функциональных полей, участвующих в технологии моделирования. Основная цель стратегии направленного мониторинга состоит в идентификации регионов в пространственно-временной области исследуемых процессов, в которых желательно получать дополнительную информацию из наблюдений и усваивать её в моделях с целью улучшения прогноза изменения состояний системы. Для выделения таких регионов применимы методы разделения масштабов, на их основе – количественные методы выделения главных факторов.

Публикации:

1. В.В. Пененко Применение методов разделения масштабов для направленного мониторинга и исследования климатоэкологических процессов // ИнтерЭкспо «ГЕО-Сибирь-2016». XII. Сб. материалов в 2 т. Т. 1. Новосибирск: СГУГиТ, 2016. ISBN 978-5-87693-90908 (т. 1.). С. 91-95.

2. А.В. Пененко, В.В. Пененко, Е.А. Цветова Последовательные алгоритмы усвоения данных в моделях мониторинга качества атмосферы на базе вариационного принципа со слабыми ограничениями // СибЖВМ. 2016. Т. 19, № 4. С. 401-418.

3. V.V. Penenko, A.V. Penenko and E.A. Tsvetova Variational modeling technology with data assimilation for environmental prediction and risk assessment // Proceedings of the 2nd Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Conference and the 6th PEEX Meeting, Editors: H. K. Lappalainen, Markku Kulmala et al. 2016. P. 371-376.

Конференции

1. V. Penenko, E. Tsvetova, A. Penenko. Variational approach to direct and inverse problems of atmospheric pollution studies. Конгресс Европейского геофизического союза (EGU-2016), Вена.

2. В.В.Пененко Организация стратегий направленного мониторинга на основе совместного использования моделей и методов разделения масштабов исследуемых процессов. 12-й Международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы», Томск, 2016.

7. Новая высокоточная потоковая схема расщепления для решения 3D задачи тепломассопереноса.

Д.ф.-м.н. зав. лабораторией Лаевский Ю.М.; к.ф.-м.н. м.н.с. Воронин К.В.

Построена и исследована потоковая схема предиктор-корректор в трехмерном случае. Методической основой для построения новой потоковой схемы стал разработанный ранее общий подход, использующий абсолютно устойчивые скалярные схемы-прообразы. Для предложенной ранее потоковой схемы расщепления по схеме-прообразу Дугласа – Ганна приведены примеры ее чувствительности к уменьшению гладкости решения, в том числе даны примеры, демонстрирующие фактическое отсутствие сходимости. В то же время новая потоковая схема, основанная на схеме-прообразе предиктор-корректор, на тех же примерах сходится со вторым порядком. Двумерный вариант этой схемы совпадает со схемой, предложенной Т. Арбогастом с коллегами в 2007 году на основе алгоритма Удзавы. В этом смысле предложенная потоковая схема является обобщением схемы на основе алгоритма Удзавы на трехмерный случай.

Публикации:

1. K.V. Voronin, Yu.M. Laevsky. A new approach to constructing vector splitting schemes in mixed finite element method for parabolic problems // Journal of Numerical Mathematics. Published online in Just accepted (February 2016), DOI: 10.1515/jnma-2015-0076.
2. К.В. Воронин, Ю.М. Лаевский. Потоковая схема предиктор-корректор для решения 3D задачи теплопереноса // RJNAMM (на рецензировании).

Конференции:

1. K.V. Voronin, Yu.M. Laevsky. A new approach to constructing splitting schemes in mixed FEM for heat transfer problem // European Conference on Numerical Mathematics and Advanced Applications (ENUMATH-2015), Ankara (Turkish), September 14-18, 2015.
2. K.V. Voronin, Yu.M. Laevsky. A new approach to constructing splitting schemes in mixed FEM for heat transfer problem // IV Chinese–Russian Workshop on Numerical Methods and Mathematical Modeling, Tianjin (China), October 24-28, 2015.

8. Технологии распараллеливания решения трехмерных краевых задач на квазиструктурированных сетках в гибридной вычислительной среде CPU+GPU.

Д.ф.-м.н. зав. лабораторией Свешников В.М.; магистрант 2-го курса Климонов И.А., к.ф.-м.н. с.н.с. Корнеев В.Д.

Исследована эффективность применения графических ускорителей при распараллеливании решения трехмерных краевых задач на квазиструктурированных сетках. Распараллеливание осуществляется методом декомпозиции расчетной области на подобласти, сопрягаемые без наложения, основанном на прямой конечно-разностной аппроксимации уравнения Пуанкаре – Стеклова на интерфейсе. Возникающий при этом итерационный процесс по подобластям распараллеливается на CPU. Для выполнения процедуры решения подзадач в подобластях, отнимающей наибольшую часть времени решения всей задачи, применяется метод Писмана – Речфорда, который обладает быстрой сходимостью. Его распараллеливание осуществляется на GPU в системе CUDA. Показано, что применение графических ускорителей значительно (более чем в 60 раз) сокращает время решения задачи по сравнению с расчетами только на CPU.

Публикации:

1. Корнеев В.Д., Свешников В.М. Параллельные алгоритмы и технологии декомпозиции расчетной области для решения трехмерных краевых задач на квазиструктурированных сетках // СибЖВМ. Т.19, № 2. 2016. С. 183 – 193.

2. Климонов И.А., Корнеев В.Д., Свешников В.М. Технологии распараллеливания решения трехмерных краевых задач на квазиструктурированных сетках в гибридной вычислительной среде CPU+GPU // Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии. Т. 17. 2016. С. 65–71.

3. Климонов И.А., Корнеев В.Д., Свешников В.М. Исследование эффективности применения графических ускорителей при распараллеливании решения трехмерных краевых задач на квазиструктурированных сетках // Труды Международной научной конференции «Параллельные вычислительные технологии» (ПаВТ'2016. 2016. С. 181–190.

4. Климонов И.А. Распараллеливание решения трехмерных краевых задач на квазиструктурированных сетках с использованием графических ускорителей // Материалы 54-й Международной научной студенческой конференции (МНСК). 2016. С. 119.

Конференции:

1. Климонов И.А., Корнеев В.Д., Свешников В.М. Исследование эффективности применения графических ускорителей при распараллеливании решения трехмерных краевых задач на квазиструктурированных сетках // Международная научная конференция Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2016) труды международной научной конференции. Архангельск. 28.03. – 01.04.2016.

2. Климонов И.А. Распараллеливание решения трехмерных краевых задач на квазиструктурированных сетках с использованием графических ускорителей // 54-ая международная научная студенческая конференция (МНСК–2016), Новосибирск, 16–20 апреля 2016 г.

3. Климонов И.А. Применение графических ускорителей при распараллеливании решения трёхмерных краевых задач на квазиструктурированных сетках // Конференция молодых учёных ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск, 11–13 апреля 2016 г.

Патенты:

1. Свешников В.М., Корнеев В.Д. Свидетельство о государственной регистрации программ «Программа для распараллеливания решения трехмерных краевых задач на квазиструктурированных сетках». № 2016615399 от 30 марта 2016 г.

2. Свешников В.М., Климонов И.В. Свидетельство о государственной регистрации программ «Программа для решения трехмерных краевых задач методом Писмана – Рэчфорда с использованием графических ускорителей». № 2016615398 от 30 марта 2016 г

9. Визуализация явления интерференции при расчете фотореалистических изображений пространственных сцен.

Д.т.н. и.о. зав. лаб. Дебелов В.А., к.ф.-м.н. с.н.с. Васильева Л.Ф.

Разработаны: математическая модель взаимодействия когерентных лучей света в среде с изотропными прозрачными объектами и алгоритм решения задачи визуализации явления интерференции при расчете фотореалистических изображений пространственных сцен. Результат расширяет возможности систем виртуальной реальности при моделировании природных оптических явлений. Расчетный алгоритм базируется на трассировке лучей света, характеризующихся состоянием поляризации, фазой и индикатором когерентности. В отличие от других исследовательских работ в области реалистической визуализации данный алгоритм более точно учитывает взаимодействие луча с поверхностью объекта: угол Брюстера, разложение Френеля в плоскости падения луча на луч с параллельной и луч с перпендикулярной поляризациями.

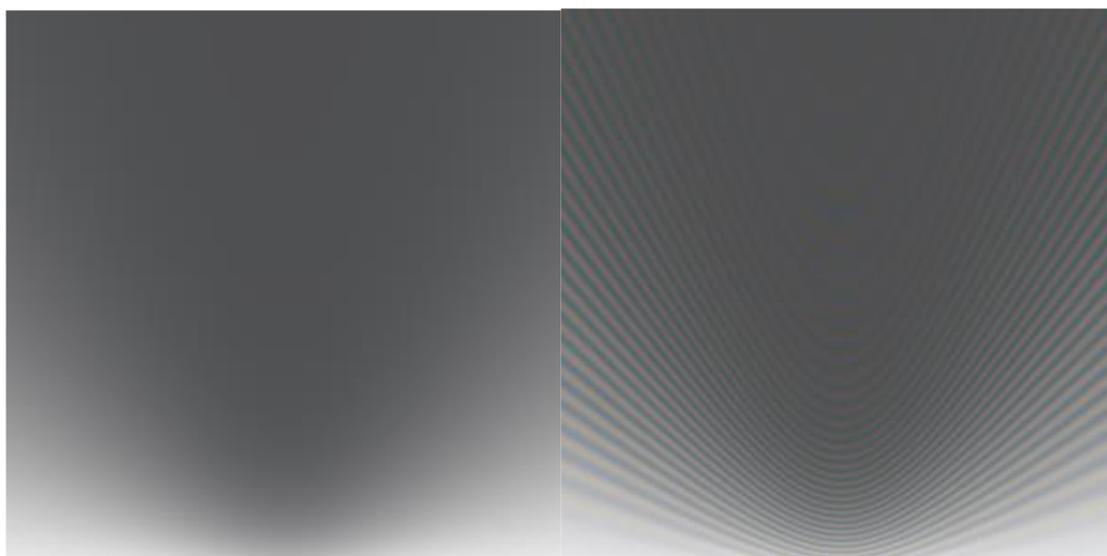


Рис. Эксперимент «Двулучевая интерференция. Деление амплитуды», см. [Борн М., Вольф Э. // Основы Оптики. Москва, "Наука", 1973]. Слева: изображение, рассчитанное существующими программами; справа: изображение, рассчитанное предлагаемым алгоритмом.

Публикации

1. Л.Ф. Васильева, В.А. Дебелов. Эволюция модели луча света для рендеринга // Труды 5-й Международной конференции «Ситуационные центры и информационно-аналитические системы для задач мониторинга и безопасности – SC-IoT-VRTerro2016», Пушкино, ЦарьГрад, 21–24 ноября 2016 г., С. 178–184.

2. В.А. Дебелов. Интерференция света, изотропные прозрачные объекты, трассировка лучей // В сборнике: ГРАФИКОН'2015 Труды Юбилейной 25-й Международной научной конференции, Протвино, Россия, 22-25 сентября 2015 г., С. 168–173.

Конференции

1. Л.Ф. Васильева, В.А. Дебелов. Эволюция модели луча света для рендеринга // 5-я Международная конференция и Школа-семинар для молодых учёных «Ситуационные центры и информационно-аналитические системы для задач мониторинга и безопасности – SC-IoT-VRTerro2016», посвященная 75-летию Парада на Красной Площади 7 ноября 1941 года, Пушкино, ЦарьГрад, 21–24 ноября 2016 г.

Важнейшие результаты ИВМиМГ СО РАН в 2016 г.

2. В.А. Дебелов. Применение рекурсивной трассировки лучей для изображения эффекта интерференции в сценах с изотропными прозрачными объектами // Международная конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики -2015", Новосибирск, 19–23 октября 2015 г.

3. В.А. Дебелов. Интерференция света, изотропные прозрачные объекты, трассировка лучей // Юбилейная 25-я Международная научная конференция, 22-25 сентября 2015 г., Протвино, Россия.

Приоритетное направление I.3 Математическое моделирование

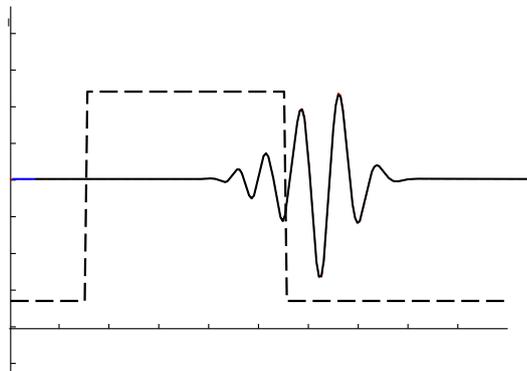
Программа I.3.1. Математическое моделирование и разработка новых численных методов в задачах геофизики, физики океана и атмосферы, и охраны окружающей среды

1. Оптимальные разностные схемы для волнового уравнения

К.ф.-м.н. с.н.с. Мастрюков А.Ф.

Для волнового уравнения получены оптимальные параметры разностных схем, при которых разностные схемы 2-го порядка аппроксимации дают точность решения уравнений, близкую к точности решения по схемам 4-го порядка аппроксимации.

Волновое уравнение решается в спектральной области с использованием разложения Лагерра. В разностную схему вводятся дополнительные параметры α, β, c, d . Значения этих параметров определяется минимизацией погрешности аппроксимации уравнения на точном аналитическом решении.



На рисунке показано распространение импульса через слой в однородном пространстве (слой обозначен пунктирной линией). Расчет, полученный оптимальной схемой второго порядка точности, совпадает с расчетом, полученным обычной схемой четвертого порядка точности и точным решением.

Публикации

1. А.Ф.Мастрюков. Оптимальные разностные схемы для волнового уравнения// Сибирский журнал вычислительной математики. 2016. Т. 19, № 4. С. 385–399.

2. Оценки цунамиопасности морских побережий при учете риска возникновения сильнейших цунами сейсмического происхождения.

Д.ф.-м.н. зав. лаб. Гусяков, В.К.

Рассмотрены проблемы оценки цунамиопасности морских побережий при учете риска возникновения сильнейших цунами сейсмического происхождения. Выделен класс особо опасных трансокеанских событий, характеризующихся предельно высокими заплесками (до 40-50 м) на протяженных участках побережья (до 500-1000 км). Критерием выделения таких событий в каталогах являются наличие высот более 5 м на расстоянии более 5000 км от очага. Основным источником таких трансокеанских цунами являются подводные мега-землетрясения с магнитудой 9.0 и выше, возникающие с повторяемостью от 200-300 до 1000-1200 лет на некоторых участках зон субдукции. Такие события вносят основной вклад в оценки цунамиопасности океанского побережья. Корректный учет возможности и вероятности возникновения таких землетрясений в субдукционных зонах, непосредственно угрожающих данному побережью, является ключевым моментом при получении долгосрочных оценок цунами-риска (цунамирайонировании побережья).

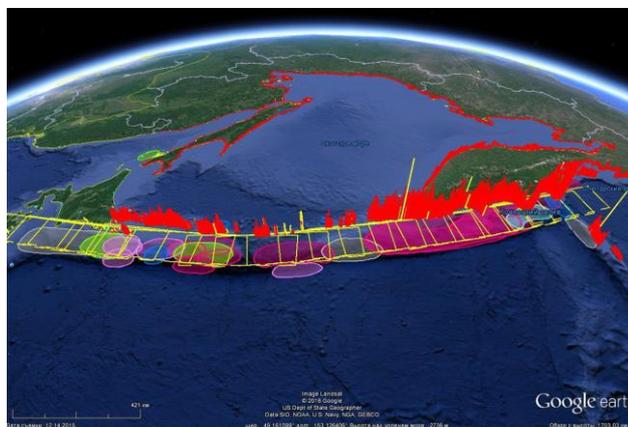


Рис. Карта очагов сильнейших цунамигенных землетрясений Курило-Камчатского региона и расчетные высоты цунами от системы модельных очагов магнитуды $M_w 9.0$, распределенных вдоль Курило-Камчатской сейсмогенной зоны. Расчет генерации и распространения цунами выполнен на основе программных комплексов STATIC (ИВМиМГ) и MGC (ИВТ)

Публикации:

1. Гусяков В.К., Бейзель С.А., Чубаров Л.Б. Оценка цунамиопасности Охотского моря от региональных и удаленных источников // Вулканология и сейсмология. 2015. № 4. С. 59–72.
2. Гусяков В.К. Цунами на Дальневосточном побережье России: историческая перспектива и современная проблематика // Геология и геофизика. 2016. № 9. С. 1601-1615.

Конференции:

1. Гусяков В.К. Цунами в Мировом океане: проблемы параметризации и интерпретации данных наблюдений. Научная конференция «Мировой океан: модели, данные и оперативная океанология», 26-30 сентября 2016 г., МГИ РАН, г. Севастополь, Тезисы докладов, г. Севастополь, ФГБУН МГИ, 2016. С. 46-47.
2. Гусяков В.К. Мега-цунами Мирового океана и проблемы безопасности морских побережий. Научная сессия Секции океанологии, физики атмосферы и географии ОНЗ РАН, г. Севастополь, МГИ РАН, 29 сентября 2016 г.

3. Разработка и исследование лазерно-информационной технологии дальней регистрации инфранизкочастотных акустических колебаний с применением прецизионных сейсмических вибраторов и лазерных измерительных линий.

Д.т.н. г.н.с. Хайретдинов М.С.

Совместно с Институтом лазерной физики СО РАН создан макет и проведены испытания лазерно-информационной системы регистрации низкочастотных акустических колебаний сейсмических вибраторов с использованием лазерной измерительной линии. Разработаны методика проведения экспериментальных работ и программы анализа данных. Проведены оригинальные натурные эксперименты по одновременной регистрации акустических колебаний с помощью акустических датчиков и измерительной лазерной линией от вибратора ЦВ-40 (вибросейсмический полигон «Быстровка»), а также мощных динамиков (лазерный полигон «Кайтанак», республика Горный Алтай).

Оценены параметры процессов акустооптического волнового преобразования, помехоустойчивость алгоритмов и программ лучевого приема акустических колебаний.

Компоненты акустооптической системы



Публикации:

1. Хайретдинов М.С., Поллер Б.В., Бритвин А.В., Седухина Г.Ф. Акустооптическая информационная систем инфранизких частот // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. Т. 5. № 2. С. 64-69.

2. М.С. Хайретдинов, В.В.Ковалевский, Г.М. Воскобойникова, Г.Ф. Седухина. // Оценивание метеозависимых геоэкологических рисков от взрывов с помощью сейсмических вибраторов // Технологии сейсморазведки. 2016. № 3. С. 132–138 <http://ts.sbras.ru> doi: 10.18303/1813-4254-2016-3-132-138 УДК 622.271:351.77.

4. Новые методы нечеткой кластеризации данных дистанционного зондирования Земли расширенными алгоритмами С-средних и Густафсона-Кесселя.

К.т.н. с.н.с. Бучнев А.А.

Предложены новые методы нечеткой кластеризации данных ДЗЗ расширенными алгоритмами С-средних и Густафсона – Кесселя. В алгоритме Густафсона – Кесселя с каждым кластером связана индивидуальная метрика, определяемая нечеткой ковариационной матрицей векторов, входящих в кластер (метрика Махалонобиса). В алгоритме С-средних метрика является евклидовой. Расширения алгоритмов состоят в следующем. 1) Вводятся объемные прототипы кластеров – гипершары для алгоритма С-средних и гиперэллипсоиды для алгоритма Густафсона – Кесселя. Все векторы признаков, попадающие внутрь такого прототипа, полностью принадлежат кластеру. Размеры прототипов динамически меняются на каждой итерации алгоритмов. Объемные прототипы позволяют не делить векторы признаков, близкие к центру кластера, с другими кластерами. 2) Вводится понятие нечеткой меры сходства кластеров. Кластеры, мера сходства которых на какой-либо итерации превышает заданный порог, объединяются. Такой подход позволяет, отправляясь от заведомо большого числа кластеров, объединять кластеры в течение итерационного процесса, получая плотные множества в исходном наборе векторов признаков. Для начальной инициализации матрицы членства используются выходные данные нечеткой кластеризации методом С-средних.

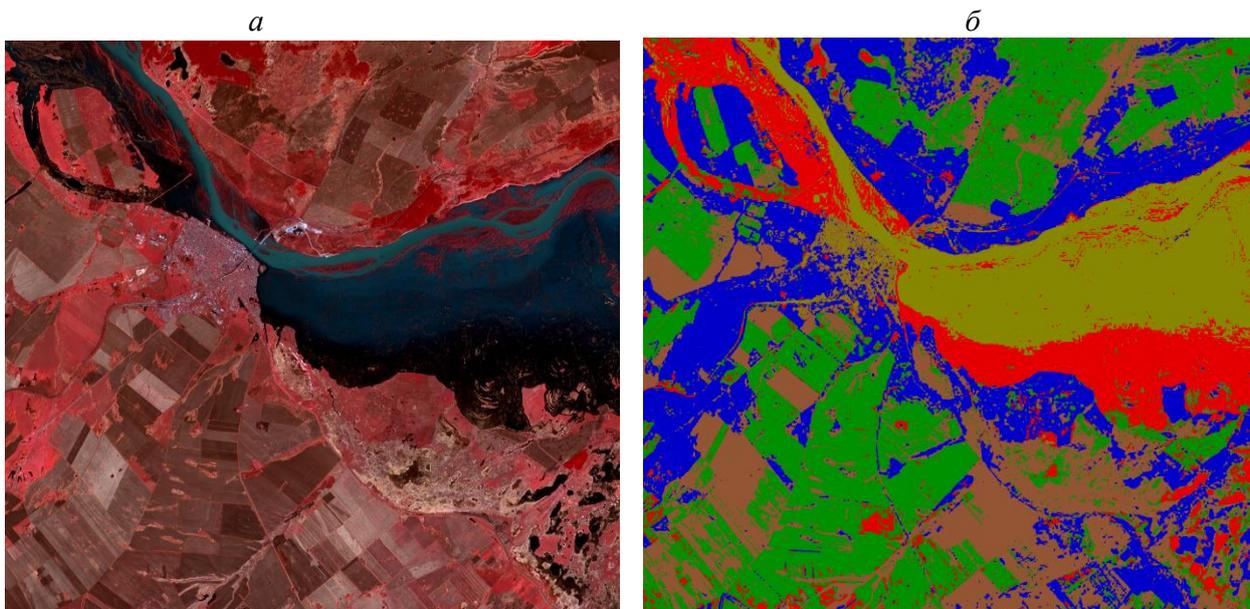


Рис. Паводковая ситуация на реке Обь в районе г. Камень-на-Оби; май 2011 года, изображение ИСЗ SPOT-4 (разрешение 20 м) (а); результат нечёткой классификации расширенным алгоритмом Густафсона – Кесселя, получено 5 кластеров (во входных данных задавалось 8 кластеров) (б)

Публикации:

1. Бучнев А.А., Пяткин В.П. Нечеткие кластеры с объемными прототипами в тематической обработке данных дистанционного зондирования Земли // Материалы 3-й Международной научной конференции "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли", Красноярск, 13-16 сентября 2016 г. С. 7-10.

Конференции:

2. 3-я Международная научная конференция "Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли", Красноярск, 13-16 сентября 2016 г.

5. Улучшение и применение в биоинспирированных алгоритмах структурной оптимизации методов построения кумулятивных оценок показателей надёжности сетей с ненадёжными каналами.

Д.т.н. зав. лаб. Родионов А.С., к.ф.-м.н. н.с. Мигов Д.А., м.н.с. Нечунаева К.А.

Разработаны методы ускорения кумулятивного уточнения границ различных показателей надёжности сети для скорейшего принятия решения о её достаточной надёжности/ненадёжности по отношению к наперёд заданному порогу. Данный подход был предложен в 2010 году (J.-M. Won, F. Karraу) и в настоящее время является одним из наиболее значимых результатов в области анализа сетевой надёжности. Суть метода состоит в обновлении значений границ надёжности исходной сети в процессе факторизации при получении значений надёжности для очередных окончательных графов. Оценивание может продолжаться вплоть до получения точного значения в момент схождения границ. Ранее были получены ускоренные по сравнению с результатами J.-M. Won, F. Karraу алгоритмы получения кумулятивных границ для вероятности связности случайного графа и собственные алгоритмы получения таких границ для средней вероятности связности пары вершин случайного графа и математического ожидания размера связного подграфа, содержащего выделенную вершину.



Для последних показателей получены ускоренные алгоритмы. Ускорение достигнуто за счёт получения конечных выражений, позволяющих за один шаг рассчитывать частичные суммы вероятностей связности пар вершин, в которых хотя бы одна вершина принадлежит цепи.

На основе линейной аппроксимации границ получены приближённые значения показателей, более точные, чем простое среднее границ. Применение кумулятивных границ и этих приближений позволяет существенно ускорить исполнение биоинспирированных алгоритмов структурной оптимизации, в частности генетического алгоритма и алгоритма клонирования.

Публикации:

1. Denis A. Migov, Kseniya A. Nechunaeva, Sergei N. Nesterov, Alexey S. Rodionov. Cumulative Updating of Network Reliability with Diameter Constraint and Network Topology Optimization // ICCSA 2016, LNCS. Vol. 9786. P. 141–152. (Indexed by WoS, Scopus).
2. Alexey S. Rodionov, Denis A. Migov. New Advantages of Using Chains in Computing Multiple s-t Probabilistic Connectivity. ICCSA 2016, LNCS. Vol. 9785. P. 117-128. (Indexed by WoS, Scopus)
3. Alexey S. Rodionov. Cumulative Estimated Values of Structural Network's Reliability Indices and Their Usage // Proc. of the X International IEEE scientific and technical conference "Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" (Dynamics) Omsk, Russia, 15–17 November, 2016 (Scopus)

6. Математические модели и методы анализа эффективности беспроводных сенсорных сетей.

К.ф.-м.н. с.н.с. Шахов В. В., к.т.н. с.н.с. Соколова О. Д., к.ф.-м.н. н.с. Юргенсон А. Н.

Разработан ряд методов для анализа производительности беспроводных сенсорных сетей и оценки их отказоустойчивости в условиях конкретных разрушающих воздействий. В основе методов лежит аппарат случайных графов. Предложены новые модели для анализа случайного графа, отображающего топологию сети, для оценки его элементов - вероятности существования вершин и ребер, случайных значений (весов), поставленных в соответствие ребрам и вершинам графа. Модели основаны на Марковских процессах с непрерывным временем и учитывают следующие характеристики: параметры рабочего цикла сенсоров, характеристики MAC протоколов и окружающей среды, интенсивность трафика, расход энергии на мониторинг, скорость восстановления заряда батарей сенсоров от внешних источников. Проведен анализ качества указанных оценок.

Публикации:

1. V. Shakhov. Performance Evaluation of MAC Protocols in Energy Harvesting Wireless Sensor Networks // Lecture Notes in Computer Science. Springer. 2016. Vol. 9787. P. 344-352.
2. V. Shakhov. A Graph-based Method for Performance Analysis of Energy Harvesting Wireless Sensor Networks Reliability // Lecture Notes in Electrical Engineering. Springer. 2016. Vol. 391. P. 127-132.
3. V. Shakhov. On a New Type of Attack in Wireless Sensor Networks: Depletion of Battery. Proc. of 11th International Forum on Strategic Technology 2016 (IFOST 2016), IEEE, P. 491-494.
4. V. Shakhov. On Efficiency Improvement of Energy Harvesting Wireless Sensor Networks. Proc. of 39th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP 2016), IEEE, Vienna, Austria, June 2016. P. 56-59.
5. V. Shakhov, A. Yurgenson, and O. Sokolova. Analysis of Fault Tolerance of Wireless Sensor Networks, Proc. of 13th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE-2016), IEEE, 3-6 October 2016, Novosibirsk. Vol. 1 (Part 2). P. 390-393.
6. В.В. Шахов, А.Н. Юргенсон, О.Д. Соколова. Моделирование воздействия атаки Black Hole на беспроводные сети // Программные продукты и системы. (принято в печать)

Конференции:

1. 13th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (AP11th International Forum on Strategic Technology 2016 (IFOST 2016), IEEE, Novosibirsk, Russia, 3-6 October 2016.
2. 11th International Forum on Strategic Technology 2016 (IFOST 2016), IEEE, Novosibirsk, Russia, June 2016.
3. 39th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP 2016), IEEE, Vienna, Austria

7. Разработка алгоритмов дифференциальной эволюции для оптимизационных задач в финансовой математике.

К.т.н. в.н.с. Монахов О.Г., к.т.н. с.н.с. Монахова Э.А.

Разработаны и исследованы новые и модифицированные алгоритмы дифференциальной эволюции (ДЭ) на основе новой стратегии для операции мутации. Преимуществом предложенной стратегии является то, что она использует дополнительный второй вектор для операции мутации, и пространство поиска увеличивается. Результаты экспериментов показывают, что предложенная стратегия имеет преимущество на тестовых примерах по сравнению с другими стратегиями мутации ДЭ. Применение предложенного алгоритма ДЭ на реальных финансовых данных показывает целесообразность и эффективность его использования при оптимизации торговых стратегий. Рассмотрена оптимизация портфеля инвестиций по данным, взятым из Национальной фондовой биржи (Индия) за десять лет по десяти банкам. Поиск оптимального решения происходит с помощью предложенного алгоритма дифференциальной эволюции. Экспериментально показана целесообразность данного подхода к оптимизации портфеля инвестиций и получены оценки его эффективности.

Разработан подход для оптимизации торговых стратегий (алгоритмов), основанный на анализе финансовых временных рядов, индикаторах финансовых рынков и эволюционных вычислениях. Предложено использование нового алгоритма дифференциальной эволюции для поиска оптимальных параметров торговых стратегий при максимизации их доходности. Экспериментальные результаты на финансовых данных, полученных для российского и индийского фондовых рынков, показали, что этот подход может улучшить в несколько раз доходность торговых стратегий.

Публикации:

1. Монахов О.Г., Монахова Э. А., Пант М. Применение алгоритма дифференциальной эволюции для оптимизации стратегий на основе финансовых временных рядов // Сибирский журнал вычислительной математики. 2016. № 2. С. 193-202.

2. Zaheer, H., Pant, M., Kumar S., Monakhov O. Book chapter “A Novel Mutation Strategy for Differential Evolution” // Problem Solving and Uncertainty Modeling through Optimization and Soft Computing Applications. Ser.: IGI Global, Information Science Pub. 2016. P. 20-31.

3. Zaheer, H., Pant, M., Monakhov O., Monakhova E. Portfolio Analysis of Ten National Banks through Differential Evolution // Proceedings of 5th International Conference on Soft Computing for Problem Solving (SocProS 2015). Springer-Verlag, Berlin-Singapore. 2016. P. 851-861.

4. Zaheer H., Pant M., Monakhov O., Monakhova E. A Simple and Efficient Co-operative Approach for Solving Multi modal Problems // Proceedings of International Conference on Electrical, Electronics and Optimization Techniques, Chennai, Tamilnadu (India), March 3-5, 2016. P. 731-737.

Конференции:

1. Zaheer H., Pant M., Monakhov O., Monakhova E. A Simple and Efficient Co-operative Approach for Solving Multi modal Problems. International Conference on Electrical, Electronics and Optimization Techniques, Chennai, Tamilnadu (India), March 3-5, 2016.

Приоритетное направление I.4. Высокопроизводительные вычисления

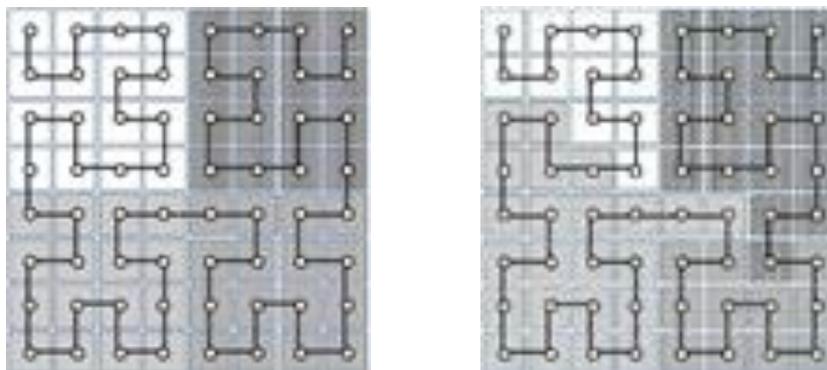
Программа I.4.1. Математическое моделирование с использованием параллельных и распределенных вычислений

1. Системные алгоритмы с локальными связями для параллельной реализации больших численных моделей на пета- и экса-флопсных мультикомпьютерах.

Д.т.н. проф. зав. лаб. Малышкин В.Э.

Разработан технологический распределенный системный алгоритм с локальными взаимодействиями для распределенного динамического распределения ресурсов мультикомпьютера в ходе крупномасштабного численного моделирования на эксафлопсных мультикомпьютерах (алгоритм «веревочка», Rope-of-Beads (RoB)). Выполнена и протестирована реализация алгоритма. Назначение алгоритма в его текущем варианте – использование в системах программирования мультикомпьютеров для решения проблемы статического и динамического распределения распределенной памяти.

Основная идея построения алгоритма - моделировании в нем распределенных во времени и пространстве природных процессов типа диффузии, гравитации и/или растекания жидкости в системе сообщающихся сосудов, в которые вносятся технологические модификации для получения приемлемого по качеству конечного результата. Поэтому используется идея кривой, проходящей через каждую точку пространства, в данном случае – через каждый узел мультикомпьютера, с нанизанными на неё процессами. Миграция процессов соответствует передвижению процессов по веревочке с соответствующим изменением назначения ресурсов процессу (Victor Malyshkin, Vladislav Perepelkin, and Georgy Schukin. Distributed Algorithm of Data Allocation in the Fragmented Programming System LuNA // Springer, LNCS, Vol. 9251, pp. 80-85. DOI: 10.1007/978-3-319-21909-7_8). Алгоритм работает в каждом узле мультикомпьютера, асинхронно, с использованием только своих данных и данных из узлов 1-окрестности текущего узла. Выравнивание нагрузки с неизменным сохранением отношения соседства на множестве процессов происходит параллельно и распределенно. Алгоритм верёвочка превосходит алгоритм на базе Hash-функции многократно, что говорит о хорошем сохранении отношения соседства (входные переменные операций прикладного алгоритма находятся близко от узла, где процессы исполняются) и о равномерной загрузке узлов мультикомпьютера.



Публикации:

1. V.E. Malyshkin. Parallel computing technologies 2016 // Springer, Germany. The Journal of Supercomputing. 2016 (принята к публикации).

2. Victor Malyshkin, Vladislav Perepelkin, Georgy Schukin. Scalable Distributed Data Allocation in LuNA Fragmented Programming System // Springer, Germany. The Journal of Supercomputing. 2016 (принята к публикации).

3. Akhmed-Zaki, D., Lebedev, D., Perepelkin. V. Implementation of a three dimensional Three-Phase Fluid Flow ("Oil-Water-Gas") Numerical Model in LuNA Fragmented Programming System // Journal of Supercomputing, S.I.: Parallel Computing Technologies - 2016. Springer, 2016. P. 1-7.

4. Ткачева А.А. Эффективное исполнение фрагментированных программ с помощью средств прямого управления в системе LuNA на примере задачи редуцирования данных // Проблемы информатики. 2016. № 2(31). С. 21-29.

Конференции:

1. С.Е. Киреев, В.А. Перепёлкин. Исследование производительности реализации метода IADE в системе фрагментированного программирования LuNA // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2016): труды международной научной конференции, Архангельск, 28 марта – 1 апреля 2016 г. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. С. 780.

2. Д.В. Лебедев, В.А. Перепёлкин. Решение трехмерного модельного уравнения теплопроводности в системе фрагментированного программирования LuNA // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2016): труды международной научной конференции, Архангельск, 28 марта – 1 апреля 2016 г. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. С. 784.

3. Ткачева А.А. Эффективное исполнение фрагментированных программ с помощью средств прямого управления в системе LuNA на примере задачи редуцирования данных // Проблемы информатики. 2016. № 2(31). С. 21-29.

4. Перепелкин В.А., Софронов И.В., Ткачёва А.А. Оптимизирующая компиляция фрагментированных программ на базе вычислительных моделей // Материалы 17-й Всероссийской конференции молодых учёных по математическому моделированию и информационным технологиям, Новосибирск, 30 октября – 3 ноября 2016 г. Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2016. С. 99.