

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИКИ РАН)

УДК 531.01 004.09 004.04

Номер государственной регистрации 01.20.03 03442

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института космических исследований
Российской академии наук
академик РАН



Л.М. Зелёный
2016 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
Исследования в области динамики сложных механических систем, проектирования орбит
и построения математических моделей планирования космических экспериментов

Тема УПРАВЛЕНИЕ

0028-2014-0006

Научный руководитель

д.т.н. Р.Р. Назиров
« » 2016 г.

Москва

2016

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы
зам. директора, д.т.н.



Назирова Р.Р.

Ответственные исполнители
разделов темы:

в.н.с., д.ф.-м.н.



Ковалёва А.С.

глав. спец.



Боярский М.Н.

глав. спец., к.т.н.



Коноплёв В.

РЕФЕРАТ

Отчет 25с., 13 рисунков, 55 источников.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ
ЭКСПЕРИМЕНТОВ, НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА, АСТЕРОИДНО-КОМЕТНАЯ
ОПАСНОСТЬ, НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОРИЕНТАЦИЕЙ, НАВИГАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, СПУТНИКОВЫЙ
МОНИТОРИНГ, ОРБИТЫ ИСЗ, АРХИВЫ НАУЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ,
НАЗЕМНЫЕ НАУЧНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
1 Раздел 1 Математические модели планирования космических экспериментов	7
2 Раздел 2 Интеллект. Телекоммуникационные технологии	13
3 Раздел 3 Космос.....	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	21

ВВЕДЕНИЕ

Институт космических исследований Российской академии наук проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в соответствии с государственным заданием ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ по следующим научным направлениям.

- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области астрофизики и радиоастрономии (номер направления в Программе 16, 14)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области Физики космической плазмы, энергичных частиц, Солнца и солнечно- земных связей (номер направления в Программе 16, 14)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планет и малых тел Солнечной системы (номер направления в Программе 16, 71)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планеты Земля (номер направления в Программе 79,80)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области механики, систем управления и информатики (номер направления в Программе 21)
- Развитие исследовательской, конструкторской, опытно-экспериментальной базы научного космического приборостроения и методов экспериментальной физики (номер направления в Программе 16)

Эти направления НИР и ОКР соответствуют следующим направлениям фундаментальных исследований, указанным в Программе фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013 - 2020 годы, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 03 декабря 2012 г., № 2237-р

п/п	Направление фундаментальных исследований	Номер направления в «Программе»
1	Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач	16
2	Современные проблемы физики плазмы, включая физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы её применения в технологических процессах	14
3	Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли. Космохимия планет и других тел Солнечной системы. Возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.	71
4	Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии.	80

5	Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества	79
6	Общая механика, навигационные системы, динамика космических тел, транспортных средств и управляемых аппаратов, механика живых систем.	21

Фундаментальные и прикладные научные исследования в области механики, систем управления и информатики проводятся по теме 0028-2014-0006 УПРАВЛЕНИЕ.

Тема 0028-2014-0006 УПРАВЛЕНИЕ является частью государственного задания ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ.

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2016г. по теме УПРАВЛЕНИЕ Исследования в области динамики сложных механических систем, проектирования орбит и построения математических моделей планирования космических экспериментов.

УПРАВЛЕНИЕ

Исследования в области динамики сложных механических систем, проектирования орбит и построения математических моделей планирования космических экспериментов

Гос.рег. № 01.20.03 03442

Научный руководитель д.т.н. Р.Р. Назиров

Раздел .1 Математические модели планирования космических экспериментов

Отв. исп. д.ф.-м.н. А. С. Ковалева

1.1 Разработка методов анализа и управления сложными механическими системами. Исследование возможностей гашения нежелательных колебаний в системах переменной структуры.

Установлены условия возбуждения устойчивых резонансных колебаний в периодических нелинейных цепях. Изучен переход от хаотических колебаний к устойчивому резонансу при действии периодического возбуждения и слабой диссипации в цепи. Показано, что в диссипативной цепи устойчивый резонансный режим возникает только на ограниченном участке, близком к источнику возбуждения, а в удаленной части цепи возникают малые колебания. Длина возбужденного участка, т.е. число осцилляторов, захваченных в резонанс, определяется уровнем диссипации и параметрами системы. Дополнительно установлено, что медленное изменение частоты возбуждения может привести к возникновению устойчивого авторезонанса, характеризующегося монотонно возрастающей средней энергией колебаний. Выявлено влияние диссипации на возбуждение и устойчивость авторезонанса. Полученные результаты открывают возможности создания режимов с желаемой энергией в системах с цепной структурой.

в.н.с., д.ф.-м.н. А. С. Ковалева, agnessa_kovaleva@hotmail.com, отд. 58

1.2 Проблема астероидно-кометной опасности и использования ресурсов околоземных астероидов.

Разработан метод отклонения опасных небесных объектов от траекторий столкновения с Землей, включая использование гравитационных маневров у планет для наведения малых околоземных астероидов на траектории встречи с этими объектами.

Построены алгоритм и соответствующие математические программы, позволяющие проводить выбор астероидов – кандидатов на использование их в качестве снарядов, направляемых на опасные объекты. С помощью указанных программ рассчитываются траектории этих астероидов и разрабатываются сценарии кампаний по предотвращению столкновения с Землей опасных объектов, а также определяются необходимые характеристики систем ракетно-космической техники, позволяющие решать возникающие при этом проблемы в рамках существующих ограничений.

Разработаны методы захвата околоземных астероидов на траектории, удобные для их исследования и использования их ресурсов. В качестве таких траекторий предполагается рассмотреть орбиты, резонансные с орбитой Земли.

*в.н.с., к.т.н. Эйсмонт Н.А., тел. (495)333-10-78, E-mail: neismont@iki.rssi.ru
м.н.с. Ледков А.А., отд. 58*

1.3 Разработки по проекту Чибис М2 в части проектирования системы управления ориентацией и навигационной системы спутника, включая решение задач, возникающих при работе наземного комплекса управления.

Чибис М2: подготовка технического задания на разработку эскизного проекта спутника.

в.н.с., к.т.н. Эйсмонт Н.А., тел. (495)333-10-78, E-mail: neismont@iki.rssi.ru

1.4 Работы по навигационному обеспечению проекта ЭкзоМарс.

Разработан комплекс программ по навигационному обеспечению проекта ЭкзоМарс, который позволяет в автоматическом режиме рассчитывать целеуказания для наземно – измерительных пунктов, калибровать антенны по космическим радиоисточникам.

м.н.с. Ледков А.А. отд. 58

1.5 Работы по навигационному обеспечению перспективных космических проектов.

Разработан алгоритм выбора начальных условий для построения траекторий перелета в окрестность точек Лагранжа системы Земля – Солнце. Разработан комплекс программ по навигационному обеспечению Лунных миссий.

м.н.с. Ледков А.А. отд. 58

1.6 Работы по навигационному обеспечению проектов Венера-Д и Сферы.

«Венера-Д»: подготовка проекта миссии в части его архитектуры, сценария и общего облика, включая анализ версий построения орбит различных составляющих проекта.

Проект «Сферы»: разработка технического задания и выбор необходимых характеристик устройства для его применения в качестве станда на борту МКС, а также в качестве инструмента для решения научно-образовательных задач.

в.н.с., к.т.н. Эйсмонт Н.А., тел. (495)333-10-78, E-mail: neismont@iki.rssi.ru, отд. 58

1.7 Работы по навигационному обеспечению проекта Спектр-Рентген-Гамма.

Спектр-Рентген-Гамма: подготовка научно-технических материалов в части сценария полета, управления движением и выбора оптимальной орбиты космического аппарата, а также режимов работы и загрузки наземных станций приема телеметрической информации и выдачи команд на борт.

в.н.с., к.т.н. Эйсмонт Н.А., тел. (495)333-10-78, E-mail: neismont@iki.rssi.ru, отд. 58

1.8 Разработка методов автономной навигации космических аппаратов.

С использованием разработанного программного обеспечения для оценивания точности определения положения небесных тел по измерениям проведено решение задачи априорного оценивания точности определения положения спутника по бортовым измерениям положений других спутников, находящихся в зоне видимости. Произведен расчет изохронных производных для указанной задачи. Показано, что точность априорного оценивания определяется в первую очередь составом измерений и промежутком времени между сеансом измерений и моментом, в который необходимо оценить положение спутника. Проведенное численное моделирование показывает, что использование измерений межспутниковых расстояний позволяет существенно повысить точность определения положения данного спутника по сравнению с использованием только угловых измерений положения других спутников.

к.ф-м.н. Федяев К.С., отд. 58

1.9 Анализ и обобщение накопленных знаний и опыта в области выбора орбит ИСЗ, исходя из задач космических экспериментов и с учетом особенностей эволюции орбит и времени их баллистического существования, а также технических ограничений.

Продолжается работа по переосмыслению опыта и знаний, накопленных в процессе подготовки и реализации космических экспериментов, и разработке рекомендаций по выбору орбит для новых проектов. По этой тематике в 2016 году в журнале Космические исследования вышла первая статья, посвященная вопросу о ситуационном анализе орбит, основанном на использовании математических моделей исследуемых областей околоземного космического пространства и орбитальных торов, которые образует орбита во вращающихся системах координат. На стадии подготовки находится вторая статья, которая связана с вопросом о выборе высокоапогейных орбит, исходя из особенностей их долговременной эволюции под влиянием внешних гравитационных возмущений и длительности баллистического существования КА на соответствующих орбитах. Опыт исследования долговременной эволюции высокоапогейной орбиты КА Спектр-Р, стартовавшей в 2011 году, послужил хорошим поводом для того, чтобы

вернуться к вопросу о влиянии прецессии орбиты возмущающего тела (Луны) на характер вековой эволюции высокоапогейной орбиты. Работа по этой теме пока не завершена, но получены важные результаты, которые позволяют внести существенный вклад в решение задач, связанных с основными принципами выбора орбит для новых космических экспериментов с учётом особенностей эволюции орбит под влиянием внешних гравитационных возмущений. Полученные результаты докладывались и обсуждались на семинарах и конференциях.

с.н.с., к.ф.-м.н. В.И. Прохоренко, vprokhorenko@mail.ru

1.10 Баллистическое обеспечение эксперимента “Плазма–Ф” на борту КА СПЕКТР-Р.

Продолжается работа по баллистическому обеспечению эксперимента Плазма–Ф на борту КА СПЕКТР-Р и ежемесячному обновлению прогнозируемой баллистической информации в открытом доступе на сайте ИКИ РАН

http://ftp2.plasma-f.cosmos.ru/orbit/campaign/p_pf_flg/camp1.htm

Для обеспечения навигационной привязки результатов эксперимента Плазма–Ф в 2016 году были выполнены апостериорные расчёты орбиты КА СПЕКТР-Р на интервале времени от начала эксперимента (в августе 2011) до конца 2016 года. Эти расчёты были выполнены, исходя из полного объёма накопленных орбитальных данных, полученных в центре обработки орбитальных измерений в ИПМ им. Келдыша.

с.н.с., к.ф.-м.н. В.И. Прохоренко, vprokhorenko@mail.ru, тел. (495)333-50-45

Определение ориентации научных приборов эксперимента Плазма–Ф в солнечно-эклиптической системе.

В рамках проекта СПЕКТР-Р (эксперимент «Плазма–Ф») продолжалась работа по определению ориентации научных приборов БМСВ и МЭП в солнечно-эклиптической системе GSE. Указанные приборы измеряют потоки частиц в своих координатах. Определение ориентации приборов в пространстве существенно для понимания физических процессов, происходящих в солнечном ветре и в окрестности Земли. Результаты, представленные в виде матриц, выполняющих переход из систем КА и БМСВ в систему GSE, размещаются на сервере plasma-f.cosmos.ru. Совместно с лаб. 821 разработана методика и подготовлена программа для выделения участков стабильного положения и участков вращения объекта Радиоастрон. Подготовлена программа обработки данных прибора БМСВ о направлении солнечного ветра в системе GSE при различных предположениях о его физических характеристиках. Проведена обработка данных для части результатов прибора БМСВ.

*в.н.с., к.т.н. Эйсмонт Н.А., тел. (495) 333-10-78, E-mail: neismont@iki.rssi.ru
ведущий математик Рязанова Е.Е, E-mail: eryazan@gmail.com, оид.58*

1.11 Оценивание точности определения параметров движения естественных и искусственных небесных тел (астероидов, космических аппаратов). Результат: программное обеспечение для расчета изохронных производных в различных моделях движения, численные результаты расчетов точностных характеристик по заданным начальным условиям для реальных объектов.

Разработаны алгоритмы расчета номинальных траекторий КА в окрестности точек либрации, выполнены исследования особенностей движения КА вокруг точки либрации L_2 системы Солнце–Земля. Проведено исследование большого числа орбит в окрестности точки L_2 , проведена их классификация и определены соотношения между характеристиками орбит. Обнаружены долгопериодические резонансные орбиты, допускающие применение в миссиях наряду с гало и квазигало-орбитами, т.к. время попадания в тень Луны на этих орбитах достаточно мало (менее 1% периода орбиты). Проведен расчет множества начальных положений КА, соответствующих таким орбитам (для $T/T_n = 5, \dots, 10$, где T – период орбиты, T_n – период обращения системы).

Аксенов С.А., Бобер С.А., тел. (495) 333-24-33

1.12 Разработка математических моделей формоизменения упругопластических деформаций при комплексном и локальном, силовом и температурном воздействии на сплошную среду.

Разработаны и реализованы компьютерные модели формоизменения материалов при реализации технологических процессов производства изделий авиа-космической промышленности методом сверхпластичной формовки.

Осуществлена серия расчетов напряженно-деформированного состояния элементов космического оборудования. Проведена серия вычислительных экспериментов направленных на исследование особенностей распространения тепла в многослойных печатных платах.

Аксенов С.А., Бобер С.А., тел. (495) 333-24-33

1.13 Продолжение выполнения расчетов, связанных с дискретным представлением непрерывных объектов сложных пространственных форм, методом конечных элементов.

В задаче снижения прочности позвоночника в условиях гиподинамии при невесомости рассматривалась модель трехпозвоночного в сечении конструкции. Считали, что деструктивный процесс локализован в губчатой костной ткани (в спонгиозной части позвонка), кортикальная кость (концевая костная пластинка) и фиброзное кольцо остается таким же, как и в здоровом позвоночнике. Деструктивный процесс в спонгиозной части позвонка моделируем путем уменьшения модуля Юнга с $E=75 \text{ кг/мм}^2$ до $E=0,01 \text{ кг/мм}^2$. Нагрузку считаем всё время вертикальной.

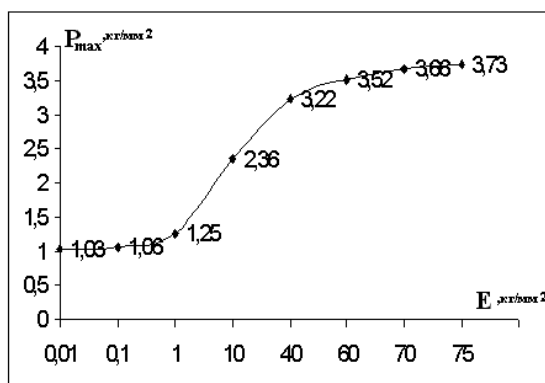


Рис. 1 Зависимость максимально-допустимой распределенной нагрузки от модуля Юнга при вертикальном нагружении.

Как видно из рис.1, позвоночник с ослабленной спонгиозной частью выдерживает намного меньшие вертикальные нагрузки. Наибольшие напряжения возникают в области костной пластинки (кортикальная кость). Участок $E = 75 \text{ кг/мм}^2$ - $E = 40 \text{ кг/мм}^2$ на графике, соответствует здоровому позвонку, в котором происходит незначительная деминерализация костной ткани, такое возможно при пребывании в условиях невесомости или длительной гиподинамии. Участок $E = 40 \text{ кг/мм}^2$ - $E = 1 \text{ кг/мм}^2$ иллюстрирует развитие воспалительного процесса в теле позвонка. Случаи, когда модуль Юнга стремится к нулю так же возможны при полном разрушении костной ткани спонгиозной части позвонка, например, при тяжелой форме туберкулезного спондилита. При дальнейшем развитии воспалительных дегенеративных процессов в позвоночнике возможно так же изменение структуры кортикальной кости и фиброзного кольца, что приведет к катастрофической потере прочности.

Проведена разработка программы на языке APDL для схематичной модели космического аппарата при расчетах его тепловых режимов.

Полякова Т.В. , тел. (495)333-24-33

1.14 Околорунные ОТС. Результаты: параметры ОТС: их положение, скорости КА и т.д. Перелет КА от околоземной орбиты к околорунной; перелет КА от околорунной орбиты к околоземной.

Все работы по теме использования орбитальных тросовых систем для выполнения перелётов полезного груза на трассе Земля – Луна есть результаты математического моделирования.

Моделирование проводится на основе интегрирования уравнений движения орбитальной тросовой системы; уравнения, в частности, включают в себя характеристики гравитационного поля, в котором находится тросовая система. Околоземное пространство, где затраты ракетного топлива очень большие, хорошо изучено. Околоземные ОТС дают возможность при введении полезного груза в транспортную систему в качестве разгонного блока рассмотреть использование авиационно – космической техники, а также облегчить задачу спуска груза на Землю. Из рассмотренных нескольких вариантов околоземных ОТС наиболее удачным остаётся следующий.

Самая близкая к Земле ОТС: орбита полярная, почти круговая; высота над поверхностью Земли 640-650км. Период орбиты – 5800с; скорости центра масс ОТС в перигее – 9050м/с; в апогее – 9000м/с. Длина троса - ~180км. Массы концевых блоков: $m_1=2500$ кг (из них 500кг - груз), $m_2=7200$ кг. Скорости до отстыковки груза: $v_1=9096$ м/с; $v_2=7251$ м/с. Период (1 оборот тросовой системы вокруг центра масс) - 640с;

Высокоапогейная орбита, вытянутая по направлению к намеченной точке стыковки с лунной ОТС, тем не менее, лежит в области преимущественно земного тяготения, где влияние Луны пренебрежимо мало. Высота концевиков над поверхностью Земли 580км и 786км; Апогей - ~45000км. Период орбиты 10 - 11часов. Перигей орбиты находится на 150км по радиусу Земли дальше, чем перигей первой ОТС. Длина троса - ~200км, Массы концевых блоков: $m_3=2500$ кг, $m_4=3500$ кг. Скорости до пристыковки груза: $v_3=9100$ м/с; $v_4=10542$ м/с. Направление вращения концевых блоков на первой и второй орбитах противоположны.

Орбиты построены так, что в момент начала отсчета в перигее координаты концевых блоков первой ОТС, находящегося в верхней фазе вращения (по отношению к Земле), совпадают с координатами концевых блоков второй ОТС, находящегося в нижней фазе вращения; скорости также совпадают и по величине, и по направлению (т.к. направление движения концевых блоков противоположны). В этот момент происходит отцепление груза от концевых блоков первой ОТС, и через 0.5с груз с массой 500кг пристыковывается ко второй ОТС. После перестыковки груза орбита первой ОТС становится практически круговой с радиусом 590км; апогей орбиты второй ОТС уменьшается на 5000-7000км.

Через один или несколько периодов груз отпускается со второй ОТС и около 2 суток движется по пространственной кривой к Луне в общем гравитационном поле Земли и Луны. При приближении к Луне ее вклад в общее поле увеличивается и на расстоянии 200км от ее поверхности влияние Луны приблизительно в 100 раз больше, чем Земли.

Изменение параметров ОТС при отстыковке и пристыковке грузов осложняет задачу слежения за элементами транспортной системы, а также задачу выбора траектории движения груза. Решение проблемы стабилизации орбиты ОТС можно достичь путём использования принципа рекуперации. Но такое решение выходит за рамки принятых условий.

Нерешённой проблемой остаётся окололунная ОТС. Её гравитационное поле гораздо сложнее, чем принято при моделировании.

Абсолютное большинство окололунных орбит не является устойчивым, так как низкие орбиты быстро деградируют из-за воздействия лунных масконов, а высокие — из-за гравитационного возмущения Земли и Солнца. В результате любой спутник Луны относительно быстро либо столкнётся с поверхностью Луны при понижении перицентра его орбиты, либо покинет окололунную орбиту.

Рассмотрение возможностей использования для лунной ОТС так называемых «замороженных орбит», открытых в 2001 году после подробного картографирования лунной поверхности, тоже не приводит к положительному результату. В частности, аппарат Lunar Prospector находился на полярной окололунной орбите, близкой к одной из «замороженных» (имеется ввиду орбита с наклоном 86°), и ему для поддержания орбиты высотой в 100 км приходилось проводить коррекцию два раза в месяц.

Тем не менее, использование даже только околоземных ОТС, описанных выше, для перемещения груза к границе сферы действия Луны позволит сэкономить более половины ракетного топлива, необходимого для обычного перелёта.

к.ф.-м.н. Г.В.Веселова

1.15 Исследования нелинейной динамики систем испытывающих бифуркации и разработка методов управления такими системами.

Проведены исследования пространственно-временной динамики летнего (юго-западного) Индийского муссона в 2016 г. Основными задачами исследования являлись анализ тестирования и верификация нового метода долгосрочного прогноза Индийского муссона, разработанного нашей группой в предыдущем году [1], [http://press.cosmos.ru/indiyskiy-musson-dolgosrochnyy-prognoz-stanovitsya-vozmozhnym].

Исследования муссона проводились на основе данных реанализа (ассимиляции наземных и спутниковых данных) NCEP/NCAR и ERA-40 о среднесуточной приповерхностной температуре, давлении и относительной влажности с пространственным разрешением 2.5° за период 1951–2016 гг. Прогноз разрабатывался для географической точки с координатами (20N, 80E) расположенной в районе Восточных Гат, которая была идентифицирована в предыдущем исследовании, как критический элемент муссона (Tipping element of the Indian monsoon).

Наша статья с описанием метода была опубликована в апреле 2016, а прогноз начала муссона в 2016 году по новой методологии был отправлен нами в Департамент метеорологии Индии (Indian Meteorological Department, IMD) 6 мая. Согласно нашему прогнозу, сезон дождей в Восточных Гатах должен был начаться 13 июня с погрешностью ± 4 дня. Прогноз оказался успешным — муссон пришёл в Восточные Гаты 17 июня.

Прогноз на завершение муссона был сделан 27 июля за 70 дней до даты прогноза - выход муссона ожидался 5 октября (с погрешностью 5 дней). Начало выхода муссона из Восточных Гат произошло 10 октября, так что также попало в предсказанный диапазон дат. Принимая во внимание, что метеослужбы дают прогноз только на 5 дней вперед, долгосрочный прогноз оказался весьма успешным. Схема и результаты нашего прогноза 2016 представлена на рисунке ниже.

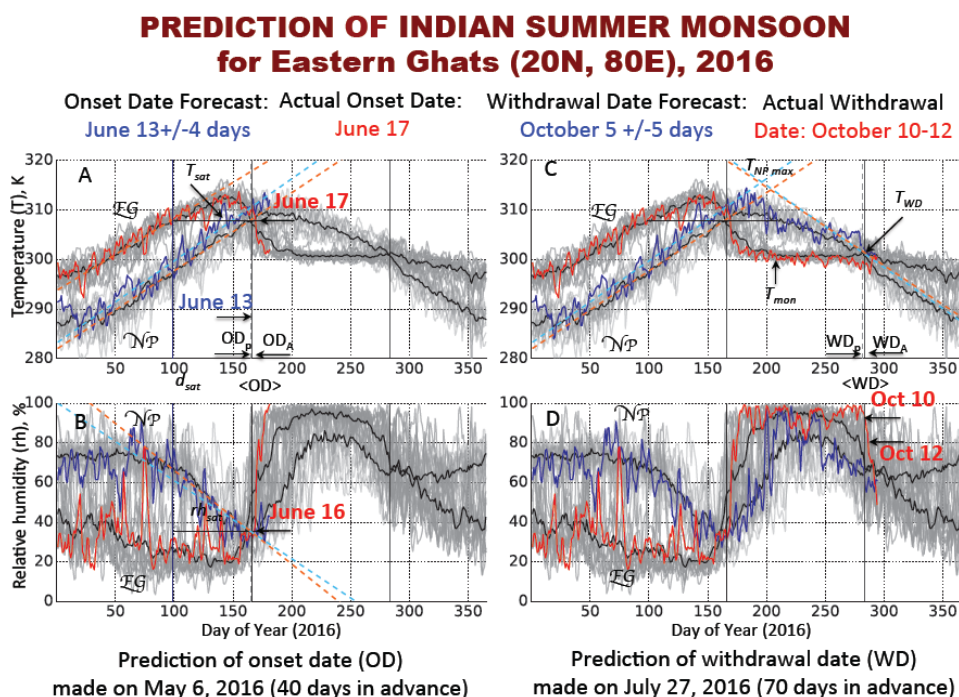


Рис. 1. Слева — прогноз начала (A, C), справа — завершения (B, D) муссона в 2016 году по новой методологии. Вверху — данные по приповерхностной температуре (A, C), внизу — по относительной влажности (B, D), данные реанализа NCEP/NCAR для точки (20N, 80E) в Восточных Гатах (EG) и для точки (32.5N, 72.5E) в Северном Пакистане (NP). Серым цветом показаны все данные за предыдущие 14 лет, черным — их средние значения. Данные за 2016 год показаны красным для EG, голубым — для NP.

День, когда тренды T и rh 2016 года в NP (данные показаны голубым) достигают критических порогов T_{sat} и rh_{sat} , соответствует дате фактического начала муссона — 17 июня (по нашему прогнозу - 13 июня ± 4 дня), завершение муссона (B, D), по прогнозу, предполагалось 5 октября ± 5 дней, фактически сезон муссона для точки (20N, 80E) завершился 10-12 октября. Данные фактического начала и завершения муссона соответствуют показаниям метеостанций в Индии.

Верификация показала, что новый метод открывает возможность прогнозировать начало муссона существенно заранее, за месяц или даже полтора до его начала. А это имеет критическое значение для Индии, где цикл сельскохозяйственных работ очень крепко связан с сезоном дождей: например, вспашка должна начаться за месяц до муссона. Дефицит воды — главная угроза сельскохозяйственному производству. В сезон муссона Индия запасает воду на два будущих года. В 2016 году сильные ливни в конце сезона дождей привели к переполнению и прорыву дамб, что вызвало наводнения. Прогноз завершения муссона более чем за два месяца позволит улучшить регулирование запасами пресной воды.

Предложенный метод не ограничивается приложением к Индийскому муссону, а может быть применен для прогнозов внезапных критических переходов в геофизике, технических системах, биофизике и медицине.

[1] Stolbova, V., E. Surovyatkina, B. Bookhagen, and J. Kurths. Tipping elements of the Indian monsoon: Prediction of onset and withdrawal. *Geophys. Res. Lett.*, 43, 1–9, 2016, doi:10.1002/2016GL068392

д. ф.-м. н. Е. Д. Суровяткина, т. (495)7440436, selena@iki.rssi.ru

Раздел 2 Интеллект. Телекоммуникационные технологии

Отв. исп. Боярский М.Н.

2.1 Информационная поддержка научно-организационной деятельности ИКИ в сети Интернет.

Обеспечивалось функционирование и развитие аппаратной, программной и информационной частей серверов телематических служб института, включая почтовый сервер, Web-сервер, серверов службы доменных имен (DNS), FTP-сервер. Проводилась разработка и оперативное обновление информации на веб-сайте института, включая подготовку и эксплуатацию следующих новых сайтов:

1. Седьмой московский международный симпозиум по исследованиям Солнечной системы (7MS3).
2. Двенадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе".
3. Научная сессия "Космическая наука: вчера, сегодня, завтра".
4. XIII Конференция молодых ученых "Фундаментальные и прикладные космические исследования".

Разработаны и введены в эксплуатацию вебсайты для обеспечения организационной деятельности Института:

1. Сайт системы учета трудозатрат сотрудников по проектам, выполняемым ИКИ.
2. Сайт комиссии ИКИ РАН по проведению конкурсов на замещение должностей научных работников.

Для обеспечения безопасности работы с этими сайтами на соответствующих серверах установлено программное обеспечение, позволяющее получать и автоматически продлевать сертификаты веб-серверов от организации LetsEncrypt. На сайте комиссии ИКИ РАН по проведению конкурсов также внедрена двухфакторная аутентификация пользователя с помощью SMS, позволяющая удостовериться личность голосующего члена комиссии.

Выполнен перенос основного почтового сервера ИКИ с физического сервера на виртуальную машину с одновременным обновлением системного и прикладного обеспечения. С учетом этого все основные телематические службы Института переведены на виртуальные машины, что позволяет повысить эффективность использования вычислительных ресурсов, а также облегчает возможный дальнейший перевод этих служб в вычислительные облака.

Продолжалось развитие и опытная эксплуатация сервера коллективной работы (Groupware) на базе программного обеспечения Kolab. Сервер обеспечивает возможность доступа к корпоративной электронной почте, включая веб-интерфейс и доступ с мобильных устройств, а также персональный и совместный доступ к файлам, заметкам, календарям и заданиям. Для

повышения производительности сервера исследованы варианты размещения индексных файлов и создания кэшей LVM-томов на SSD-носителях.

М.И.Шевченко ms@space.ru, М.Н. Боярский mb@rssi.ru, отд.58

2.2 Поддержание и развитие архива научных космических данных на базе распределено-реплицируемой сетевой файловой системы GlusterFS.

Произвоилась эксплуатация и обновление программно-аппаратного узла файлового архива с общим объемом резервированного хранения 12 Терабайт. На узле размещен архив научных космических данных общим объемом более 4 ТБ. Выполнялось регулярное пополнение архива новыми данными проекта «Плазма-Ф».

На экспериментальном узле GlusterFS проведены работы по переводу режима реплицирования с тройного на двойное с использованием арбитражного узла для исключения ситуаций типа Split-brain, что позволяет при удовлетворительной надежности сохранности и доступности данных увеличить доступный объем хранения в 1.5 раза.

М.И.Шевченко ms@space.ru, М.Н. Боярский mb@rssi.ru, отд.58

2.3 Экспериментальный консолидированный высокопроизводительный вычислительный сегмент в центре обработки данных ИКИ РАН.

В течение 2016 года проходила штатная эксплуатация мульти-проектного программно-аппаратного комплекса SCARP для хранения и обработки научных данных. В рамках проводимых работ была выполнена доработка подсистемы защиты пользовательских данных на основе моментальных «снимков» ZFS. Эксплуатация комплекса в течение 2016 года позволила проверить работоспособность подсистемы защиты в рабочем режиме. В частности, удалось успешно восстановить данные проектов после программных ошибок, вызванных сбоем в электропитании комплекса. В 2016 году комплекс SCARP был подключен к сетевой магистрали ИКИ РАН по оптоволоконному каналу производительностью 10Гбит/с. Накопленная статистика по отказу дисков за два года работы комплекса SCARP позволила подтвердить возможность достижения заявленного целевого показателя по аппаратной надежности хранения данных: 99% на протяжении 10 лет для хранилища размером 1Петабайт.

С использованием задела, полученного при создании комплекса SCARP, был организован удаленный узел для хранения и обработки данных спутниковой телеметрии общей полезной емкостью 450ТБ, размещенный на арендуемых площадях в г. Франкфурт, Германия. В настоящее время оба комплекса объединены общей частной виртуальной сетью с общим пользовательским реестром и политикой единого входа (single sign on).

к.т.н. Коноплев В.В. E-mail V.Konoplev@rssi.ru

2.4 Наземные научные комплексы (ННК). Разработка концептуальных, технологических и методологических подходов повышения научной отдачи научных космических экспериментов за счет организации эффективной наземной информационной поддержки, а также их экспериментальная отработка.

В течение 2016 года была завершена подготовка Наземного научного комплекса (ННК) проекта ЭкзоМарс для миссии 2016 года (ННК-ЭМ-2016). Отличительной особенностью данного комплекса информационных систем является необходимость поддержки всего цикла работ по информационному обеспечению научных экспериментов проекта при условии совместных операций в рамках единого наземного научного сегмента. Успешная реализация ННК-ЭМ-2016 обеспечена использованием новых подходов на фоне использования современных международных стандартов и адаптации существующих технологических и методических решений для задач создания и эксплуатации систем информационного обеспечения научных космических экспериментов. В течение следующего года планируется отработка созданных систем в ходе летных испытаний проекта ЭкзоМарс.

Назаров В.В. vnazarov@romance.iki.rssi.ru

2.5 Массивы взаимодействующих квантовых точек в качестве элементной базы квантовых нейронных сетей для квантовых систем искусственного интеллекта.

В области квантовых систем искусственного интеллекта, перспективных для бортового применения, проводились следующие исследования: 1) Численное моделирование взаимодействия кубитов в квантовой нейронной сети на основе массива квантовых точек с диполь-дипольным взаимодействием при температурах 50-300К; 2) Численное моделирование запутанности в паре диполь-дипольно взаимодействующих квантовых точек при температурах 50-300К и триплетном начальном состоянии пары; 3) Теоретические исследования, связанные с управлением квантовой нейронной сетью на основе массива квантовых точек. 4) Разработка теоретической модели для численного моделирования сети из трех квантовых точек при конечной температуре. В результате данных исследований, была численно продемонстрирована возможность сохранения когерентного поведения в сетях из квантовых точек при температурах порядка 100К, что на три порядка выше чем у существующих квантовых нейронных сетей на основе SQUID. В следующем году планируется продолжить данные исследования, в частности, начать моделирование сетей из трех кубитов при конечных температурах.

Алтайский М.В. altaisky@mx.iki.rssi.ru

2.6 Исследование возможностей применения космических данных для улучшения оценок риска для здоровья населения от загрязнения атмосферы. Разработка методики использования космических данных при оценке и управлении риском. Продолжение практических работ по оценке и управлению риском для здоровья населения в связи с загрязнением атмосферы от действующих и строящихся предприятий, а также от транспортных потоков в городах.

Показана возможность применения многолетних космических наблюдений Земли с ИСЗ Landsat для уточнения моделей рассеяния индустриальных загрязнений воздуха в задаче оценки риска для здоровья населения от загрязнения атмосферы. Данные используются для классификации категорий землепользования, а на этой основе уточняются характеристики местности, влияющие на рассеяние загрязнений: неровность поверхности, параметр Боуэна и альbedo. В результате оценки острого риска от загрязнения воздуха уточняются на десятки процентов по сравнению с получаемыми при использовании имеющихся в свободном доступе глобальных карт землепользования.

Продолжены исследования возможностей применения других свободно доступных космических данных для улучшения оценок риска для здоровья населения от загрязнения атмосферы. Проведено 6 работ по расчету риска для здоровья населения в связи с загрязнением атмосферы от действующих и строящихся предприятий.

с.н.с., к.т.н. В.В.Егоров victor_egorov@mail.ru

Балтер Б.М., Балтер Д.Б., Егоров В.В., Стальная М.В., Чекалина Т.И.

2.7 Продолжение разработки теоретических и алгоритмических основ применения теории оптимального управления к информационному циклу управления состоянием экологических объектов с использованием аэрокосмических данных, включая оптимизацию средств наблюдений. Тестирование такого цикла на компьютерных имитационных моделях с использованием реальных данных.

Продолжена разработка концепции связанных экологических и технологических информационных циклов на основе ноосферной идеологии и методов теории оптимального управления. В рамках этой концепции предложена единая схема для описания геосферных, биосферных и ноосферных циклических процессов, сочетающая гомеостатические и эволюционные процессы. Рассмотрено приложение этого подхода к одному из возникающих в настоящее время ноосферных процессов – циклу управления загрязнением окружающей среды и риском для здоровья населения.

с.н.с., к.т.н. В.В.Егоров victor_egorov@mail.ru

Балтер Б.М., Балтер Д.Б., Егоров В.В., Стальная М.В., Чекалина Т.И., отд.58

2.8 Исследование и разработка двухэнергетического рентгеновского делительного метода для диагностики заболеваний молочной железы. (Работа проводится)

совместно с Национальным центром онкологии репродуктивных органов МНИОИ им. П.А.Герцена - филиалом ГБУ "НМИРЦ" Минздрава России).

Наличие микрокальцинатов в молочной железе в 35% случаев является индикатором онкологического заболевания. Обнаружение даже единичного микрокальцината в молочной железе может свидетельствовать о начале процесса кальцинирования. Однако обнаружить единичный микрокальцинат с помощью традиционной скрининговой маммографии весьма сложно, особенно, если его размеры менее 100-150 мкн.

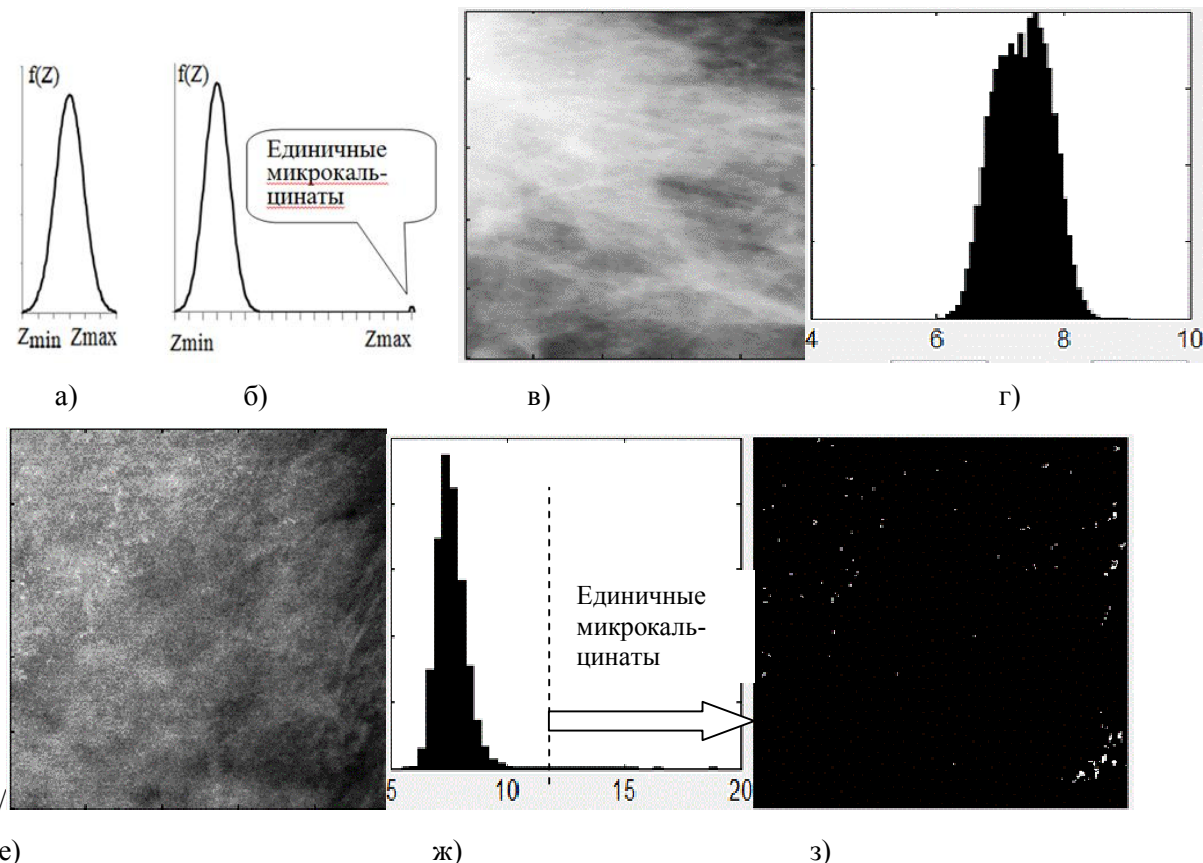


Рис. 1. Влияние наличия микрокальцинатов на распределение эффективного атомного номера Z в молочной железе

а) – гипотетическое распределение Z в здоровой ткани, б) – то же в ткани с единичными микрокальцинатами, в) - фрагмент маммограммы молочной железы без микрокальцинатов, г) - распределение реконструированных атомных номеров, е) - фрагмент маммограммы молочной железы с микрокальцинатами, ж) - распределение вычисленного атомного номера, з) - координаты пикселей, соответствующих микрокальцинатам.

Существенное отличие эффективного атомного номера микрокальцинатов от атомного номера ткани молочной железы лежит в основе их идентификации.

Принципиальная новизна предложенного метода заключается в том, что диагностика проводится не с помощью визуального анализа маммограмм, а по распределению эффективного атомного номера, реконструированного по распределению числа зарегистрированных фотонов при двухэнергетическом облучении молочной железы. Факт наличия хотя бы одного микрокальцината (не видимого на традиционных маммограммах) устанавливается аналитически по характеру распределения эффективного атомного номера (рис. 1).

При этом реконструированные значения атомных номеров в молочной железе с микрокальцинатами достигают значительных неадекватных значений (18-20 и более), что обусловлено невозможностью идеального совмещения маммограмм, полученных на низкой и высокой энергиях облучения. Но этот факт только повышает чувствительность метода к наличию в молочной железе микрокальцинатов.

Как показали исследования 102-х фрагментов молочных желез без микрокальцинатов и 49-ти фрагментов молочных желез с микрокальцинатами распределения реконструированных максимальных значений атомных номеров для них не перекрываются.

Как видно, эти распределения не перекрываются. В этой связи можно считать, что ошибка 1-го рода (ложное заключение о наличии микрокальцината) практически равна нулю. Вместе с тем ошибка 2-го рода (пропуск микрокальцината) связана с размером гранулы и ее оценка требует дальнейших исследований.

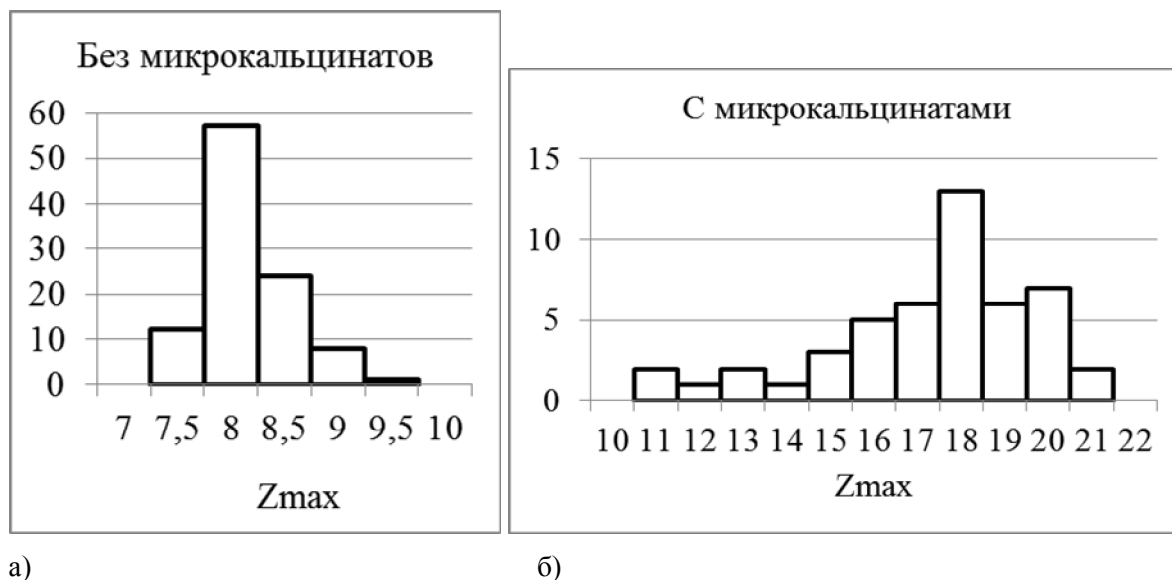


Рис.4. Гистограммы максимальных реконструированных атомных номеров для 102-х фрагментов молочных желез без микрокальцинатов (а) и 49-ти фрагментов молочных желез с микрокальцинатами.

Преимущество идентификации микрокальцинатов по распределению эффективного атомного номера заключается в том, что факт их наличия (или отсутствия) устанавливается автоматически путем математической обработки без привлечения врача-маммолога.

д.т.н. В.А. Горшков, vagorshkov@mail.ru, омд.58

2.9 Развитие математического обеспечения для первичной и вторичной обработки прибора BMSW, входящего в состав эксперимента «Плазма-Ф». Проведение систематической обработки и архивации данных.

1. Продолжалась работы по разработке новых и модификации существующих программ для первичной обработки данных эксперимента BMSW, входящего в состав эксперимента "Плазма-Ф", полученных с помощью штатной телеметрической системы и через ВПК.
2. Регулярно проводилась систематическая обработка полетных испытаний прибора BMSW, включая работы в Группе управления. Выполнена обработка данных для 560 сеансов связи.
3. Регулярно проводилась сверка бортового времени прибора BMSW и московского декретного времени. По полученным результатам проводилась привязки измерений к всемирному времени (UT).
4. Осуществлялся поиск больших возмущений в солнечном ветре, регистрируемых прибором BMSW.
5. Регулярно проводились работы по определению уровней фототоков для детекторов прибора BMSW.
6. Результаты первичной обработки заносились в систему архивации и распределения данных приборов эксперимента "Плазма-Ф" на КА СПЕКТР-Р.
7. Разработано математическое обеспечение и определена сверка бортового времени прибора МЕР и московского декретного времени для 2011 года.
8. Определение интервалов времени (UT), а также величин энергетических интервалов (E_i), где возможно изучение спектров гелия для 2011 – 2014 годов.

2.10 Разработка и исследование многокадровых методов сверхразрешения с использованием субпиксельной интерполяции и динамического шумоподавления с целью синтеза изображений высокого разрешения по серии изображений низкого разрешения для использования в системах дистанционного зондирования Земли, распознавания образов и анализа видеоданных.

Как известно, эффективная методика подавления артефактов сжатия в задачах многокадрового сверхразрешения определяет качество синтезируемого изображения высокого разрешения и является существенной частью решений, использующих серии изображений низкого разрешения, подвергавшихся искажающему сжатию с использованием JPEG/MPEG. Разработанная в ИКИ РАН модифицированная схема фильтрации на основе SWDCT обеспечивает устранение как блоковых артефактов, так и артефактов, связанных с эффектом Гиббса. Однако, использование SWDCT приводит к некоторому размытию границ контрастных объектов, поэтому было принято решение в дополнение к SWDCT использовать нейросетевой подход на основе Deep Convolutional Neural Networks, реализация которого позволила не только повысить качество профильтрованных изображений (в метрике PSNR на серии Old JPEG Test Set при сжатии с параметром качества 30 выигрыш по сравнению с методом SWDCT составил в среднем 0.54 dB), но и обеспечить большую резкость границ контрастных объектов.

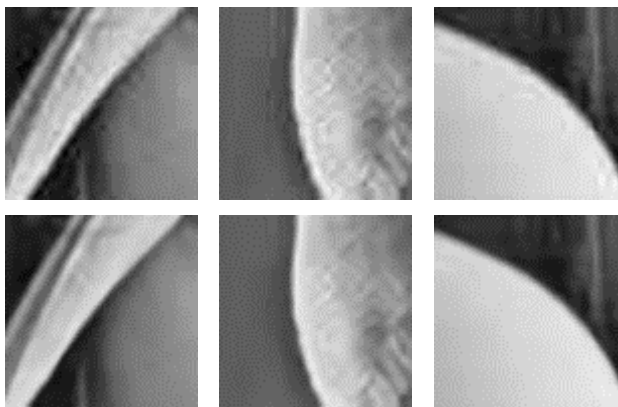


Рисунок 1

На рис. 1 приведены увеличенные фрагменты изображения, восстановленного после сжатия с параметром качества 30, до фильтрации (верхний ряд) и после применения разработанного фильтра (нижний ряд). Результаты разработки планируется представить на конференции "Техническое зрение в системах управления-2017" (Москва, ИКИ РАН, март 2017 г., <http://tvcs2017.technicalvision.ru/>).

гл. спец., к.т.н., И. М. Книжный, E-mail: kim@mx.iki.rssi.ru, отд. 71.

2.11 Обработка слабоконтрастных изображений в интересах задач навигации.

В связи с крайне низкой устойчивостью систем спутниковой навигации к искусственным помехам, линия горизонта используется для оценки ориентации местной вертикали, что в сочетании со звездными датчиками, либо с результатами наблюдения Солнца или Луны позволяет определить координаты точки наблюдения, в том числе мобильных объектов.

Анализ результатов съемки линии горизонта 2013-2014 годов показал значительные отличия реальной динамики положения линии горизонта от положения, полученного в результате расчета процессов распространения света в атмосфере. Получены расчетные оценки влияния температурной инверсии над Черным морем на видимое положение линии горизонта, которые могут объяснить расхождение расчета и эксперимента. Подготовлена к публикации статья.

Проанализированы результаты калибровки камеры, использованной для съемки. Выявлена существенная зависимость параметров статистики двумерного шумового поля (изображения, получаемого от камеры) от величины времени экспозиции. Это свидетельствует о необходимости проведения калибровок камеры непосредственно в процессе съемки даже для видимого диапазона

при обработке предельно слабоконтрастных изображений. По результатам анализа подготовлен доклад на XIV Всероссийской Открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса», 14–18 ноября 2016 года.

Для накопления достаточного объема статистики изображений линии горизонта на обсерватории КраО в п.Симеиз (44.4 с.ш., 34.0 в.д.) на высоте 370 м установлена камера для съемки линии горизонта в дневное время. Камера работает непрерывно под управлением ОС Linux и подключена к Интернету. В настоящее время периодичность съемки составляет 10 минут. Кадры передаются на один из Яндекс-дисков. Поток получаемой информации составляет, примерно, 3 ГБ в сутки. Планируется создать программное обеспечение для архивирования результатов съемки и обработки этого потока информации. На рис. представлены два изображения, полученные с этой камеры.



Рис. Изображения линии горизонта в утренние и вечерние часы.

*С.н.с., к.т.н. Гришин В. А., E-mail: vgrishin@iki.rssi.ru, оид. 71
Зав. сектором, Маслов И. А, E-mail: imaslov@iki.rssi.ru, оид.64*

Раздел 3 КОСМОС

Отв. исп. к.т.н. Коноплёв В.В.

3.1. Модернизация и развитие научной космической сети «КОСМОС»

В 2016 году была выполнена виртуализация ядра сети «КОСМОС» с использованием технологии VRF. Таким образом, на базе общей физической инфраструктуры было реализовано несколько функциональных сетей включающих публичных сегмент Интернет сети «КОСМОС», магистраль корпоративной сети ЦОД ИКИ РАН, а также независимую выделенную сеть управления оборудованием. Проведена дальнейшая модернизация сетевой магистрали Института с вводом в эксплуатацию дополнительных оптоволоконных линий стандарта 10G между этажами главного здания. Введена в эксплуатацию дополнительная удаленная площадка сети «КОСМОС» в ЦОД NewTelco, Франкфурт, Германия. В результате сетевой реорганизации улучшена связность с европейскими научными партнерами. В частности, производительность сетевого обмена данными с Европейским астрономическим центром ЕКА выросла с 30Мбит/с до 200Мбит/с, что является существенным фактором для успешной реализации совместной научной программы в международном проекте ЭкзоМарс. В течение 2016 года была произведена реорганизация центра мониторинга сети «КОСМОС». В частности, была введена в эксплуатацию новая платформа сетевого мониторинга WhatsUP Gold 2015, формализована модель эскалации событий. Кроме того организованы прямые включения центра мониторинга сетевого операционного центра в сопровождаемые им публичные и специализированные сети («КОСМОС», ЦОД ИКИ РАН, РКПНИ). Это улучшило процедуру локализации проблем, а также повысило точность контроля метрик в соглашениях об уровне обслуживания (SLA) с примыкающими поставщиками сетевых услуг.

А.Б. Александров, abba@space.ru

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2016г. по теме УПРАВЛЕНИЕ: Исследования в области динамики сложных механических систем, проектирования орбит и построения математических моделей планирования космических экспериментов.

Наиболее важные результаты:

1. Международной группой исследователей, в которую входит *в.н.с. д.ф.-м.н. Е.Д. Суровяткина*, была разработана новая методология, с помощью которой можно прогнозировать начало и завершение сезона муссонных дождей в центральной Индии, причем значительно раньше, чем это было возможно для муссонов вообще. Статья с результатами работы была опубликована в апрельском номере журнала *Geophysical Research Letters* и вызвала большой интерес у ученых, прессы и правительства Индии и других стран Южной и Юго-Восточной Азии и Персидского залива. Первый прогноз начала муссона, данный учеными за 40 дней, оказался успешным, и сейчас исследователи получили подтверждение о том, что фактическое завершения муссона, предсказанное за 70 дней, также попало в диапазон предсказанных дат.
2. В ходе разработки методов анализа и управления сложными механическими системами *в.н.с. д.ф.-м.н. Ковалевой А.С.* установлены условия возбуждения устойчивых резонансных колебаний в периодических нелинейных цепях. Изучен переход от хаотических колебаний к устойчивому резонансу при действии периодического возбуждения и слабой диссипации в цепи. Полученные результаты открывают возможности создания режимов с желаемой энергией в системах с цепной структурой.
3. При участии *д.т.н. В.А. Горшкова* исследован и разработан двухэнергетический рентгеновский делительно-разностный метод для диагностики заболеваний молочной железы. Принципиальная новизна предложенного метода заключается в том, что диагностика проводится не с помощью визуального анализа маммограмм, а по распределению эффективного атомного номера, реконструированного по распределению числа зарегистрированных фотонов при двухэнергетическом облучении молочной железы. Факт наличия хотя бы одного микрокальцината (не видимого на традиционных маммограммах) устанавливается аналитически по характеру распределения эффективного атомного номера. Преимущество предложенного метода идентификации микрокальцинатов заключается в том, что факт их наличия (или отсутствия) устанавливается автоматически путем математической обработки без привлечения врача-маммолога.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Публикации по теме УПРАВЛЕНИЕ

Всего научных публикаций в 2016г. - **55**

Из них статьи в зарубежных изданиях - **11**

Статьи в отечественных научных рецензируемых журналах - **9**

Монография (главы) - **1**

Статьи в сборниках материалов конференций - **9**

Доклады, тезисы, циркуляры - **20**

Патенты - **1**

Статьи в научно – популярных изданиях - **1**

Прочие - **3**

Публикации, подготовленные в соавторстве с зарубежными учёными - **5**

Статьи в зарубежных изданиях

1. A. Kovaleva. Response enhancement in an oscillator chain. *Communications in Nonlinear Science & Numerical Simulation*, 2016, vol. 30, 373–386. **IF 2.88.**
2. A. Kovaleva. Energy localization in weakly dissipative resonant chains. *Physical Review E*, 2016, Vol.94 (2), 022208(1-9).
3. L. Manevitch, A. Kovaleva. Autoresonant dynamics of weakly coupled oscillators. *Nonlinear Dynamics*, 2016, vol. 84(2), 683-695.
4. A. Kovaleva, L. Manevitch. Autoresonance versus localization in weakly coupled oscillators. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 2016, Vol. 320, 1–8.
5. L. Manevitch, A. Kovaleva, G. Sigalov. Non-stationary energy localization vs conventional stationary localization in weakly coupled nonlinear oscillators. *Regular & Chaotic Dynamics*, 2016, vol. 21 (2), 147-159.
6. M. V. Altaisky, N. N. Zolnikova, N. E. Kaputkina, V. A. Krylov, Yu. E. Lozovik, N. S. Dattani. Towards a feasible implementation of quantum neural networks using quantum dots. *Appl. Phys. Lett.* Vol. 108, No 11 (2016) 103108 <http://dx.doi.org/10.1063/1.4943622>
7. M. V. Altaisky, N. N. Zolnikova, N. E. Kaputkina, V. A. Krylov, Yu. E. Lozovik, N. S. Dattani. Decoherence and Entanglement Simulation in a Model of Quantum Neural Network Based on Quantum Dots. *Eur. Phys. J. Conf.* Vol. 108, pp.02006, 2016. <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/201610802006>
8. N.E. Kaputkina, Yu.E. Lozovik, M.V. Altaisky. Spontaneous Coherence Effects in Quantum Dots and Quantum Wells Placed in Microcavities. *Eur. Phys.J.Conf.*Vol.108, pp.02031, 2016. <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/201610802031>
9. B.M. Balter, M.V. Faminskaya. Irregularly emitting air pollution sources: acute health risk assessment using AERMOD and the Monte Carlo approach to emission rate, DOI 10.1007/s11869-016-0428-x.
10. Vladimir Grishin. Combat autonomous artificial intelligence and the future of civilisation // *Advances in engineering research*. Vol. 13. Editor: Victoria M. Petrova. Published by Nova Science Publishers, Inc. New York. 2016. P. 69-80. https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=58761&osCsid=edafb255d7b97d5e5140040acf5a5024
11. Stolbova, V., E. Surovyatkina, B. Bookhagen, and J. Kurths. Tipping elements of the Indian monsoon: Prediction of onset and withdrawal. *Geophys. Res. Lett.*, 43, 1–9, 2016, doi:10.1002/2016GL068392

Статьи в отечественных научных рецензируемых журналах

1. А. Н. Виноградов, В. В. Егоров, А. П. Калинин, А. И. Родионов, И. Д. Родионов. Линейка авиационных гиперспектрометров ультрафиолетового, видимого и ближнего

- инфракрасного диапазонов // Оптическое приборостроение. 2016. №4. том 83. С. 54-62
ISSN 0030-4042/1023-5086. A. N. Vinogradov, V. V. Egorov, A. P. Kalinin, A. I. Rodionov, and
I. D. Rodionov A line of aviation hyperspectrometers in the UV, visible, and near-IR ranges
//Journal of Optical Technology Vol. 83, Issue 4, pp. 237-243 (2016)
DOI: [10.1364/JOT.83.000237](https://doi.org/10.1364/JOT.83.000237)
2. Егоров В. В., Калинин А. П., Коровин Н. А., Родионов А. И., Родионова И. П. СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ УФ-С-МОНОФОТОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ // Датчики и системы. 2016. №3. С. 40-45
 3. Прохоренко В.И. О выборе высокоапогейных орбит ИСЗ на основе качественных методов теории возмущений и ситуационного анализа. Часть I. Ситуационные исследования, основанные на орбитальных торах // Космич. Исслед. 2016. Т. 53. № 2. С. 143-163.
 4. В. А. Горшков, Н. И. Рожкова, С. П. Прокопенко "Аналитическая идентификация единичных микрокальцинатов на основе распределения атомного номера", "Медицинская техника". Статья принята к рассмотрению (регистрационный номер: 899.09.16.).
 5. Полякова Т.В., Гаврюшин С.С., Арутюнов С.Д. Моделирование планирования установки временных имплантатов под опору прототипов мостовидных зубных протезов на период остеоинтеграции двухэтапных дентальных имплантатов // «Инженерный журнал: наука и инновации» – М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 16 с. (принята к печати).
 6. Полякова Т.В., Гаврюшин С.С. Разработка модели сегмента позвоночника в задаче оценки влияния плотности кости на его прочность в условиях гиподинамии при космическом полете // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Естественные науки» – М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 14 с. (принята к печати).
 7. Кробка Н.И., Аксенов С.А., Бобер С.А., Ефремова Е.В., Логашина И.В., Тукмаков А.В., Федоренко Ю.В., Чумаченко Е.Н., Распределенные интегрированные навигационные системы для задач планетарной защиты от астероидов, Гироскопия и навигация. 2016. Т. 24. № 1 (92). С. 155-172.
 8. Аксенов С.А., Бобер С.А. Расчет и исследование ограниченных орбит вокруг точки либрации I2 системы солнце-земля, Космические исследования. Принята к печати, 2017, №4.
 9. Krobka, N.I., Aksenov, S.A., Bober, S.A., Efremova, E.V., Logashina, I.V., Tukmakov, A.V., Fedorenko, Y.V., Chumachenko, E.N., Distributed integrated navigation systems for planetary defense against asteroids (2016) Gyroscopy and Navigation, 7 (3), pp. 296-310. (DOI: 10.1134/S2075108716030093)

Главы в монографии

Б.М.Балтер, М.В.Фаминская. Ноосфера языком оптимального управления. В сб. «Система менеджмента качества рекуррентного профессионального образования специалистов социологического профиля». М.: Издательство РГСУ, 2016. – 250 с.

Статьи в сборниках материалов конференций

1. A. Kovaleva. Asymptotic analysis of autoresonant oscillator chains. *Procedia IUTAM 2016*, vol.19, 169-177. Elsevier, 2016. Proceedings of the *IUTAM Symposium on Analytical Methods in Nonlinear Dynamics*. July 6 –July 9, 2015, Frankfurt, Germany. TU Darmstadt, Germany. 2015. <http://www.iutam.tu-darmstadt.de>
2. Прохоренко В.И. Об исследованиях вековой составляющей эволюции орбит ИСЗ под влиянием внешних гравитационных возмущений // Сборник статей «М.Л. Лидов – яркое имя в космической науке». Издательство ИПМ им. М.В. Келдыша. 2016, стр. 67-98.
3. Б.М.Балтер, Д.Б.Балтер, В.В.Егоров, М.В.Стальная, М.В.Фаминская. Возможности космических данных для оценки риска здоровью населения от индустриального загрязнения воздуха. Тезисы доклада на 14 Всероссийской открытой ежегодной конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", Москва, 2016, стр. 74. http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/files/conf_2016/dzz-program-2016-final.pdf

4. Виноградов А.Н., Егоров В.В., Калинин А.П., Родионов А.И., Родионов И.Д., Родионова И.П. Оценка возможностей авиационной гиперспектральной съемки для мониторинга состояния водных объектов (на примере акватории Невской губы). 14 ВСЕРОССИЙСКАЯ ОТКРЫТАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА" 14-18 ноября 2016, стр. 16.
http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/files/conf_2016/dzz-program-2016-final.pdf
5. Виноградов А.Н., Егоров В.В., Калинин А.П., Родионов А.И., Родионов И.Д., Родионова И.П. Инфракрасный гиперспектрометр ближнего ИК-диапазона 14 ВСЕРОССИЙСКАЯ ОТКРЫТАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА" 14-18 ноября 2016, стр. 140.
http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/files/conf_2016/dzz-program-2016-final.pdf
6. Коноплев В.В., Боярский М.Н., Назиров Р.Р. SCARP: масштабируемая и отказоустойчивая платформа легкой виртуализации для интенсивной работы с большими данными и облачных приложений // Вычислительные технологии в естественных науках: Методы суперкомпьютерного моделирования. Сборник трудов. Часть 3. ИКИ РАН 2015.
7. Elena Surovyatkina, Veronika Stolbova, and Jurgen Kurths. Downscaling criticality in tipping elements in the Earth system: the Indian summer monsoon case. European Geosciences Union General Assembly (EGU2016), Vienna, Austria, 17–22 April 2016. Geophysical Research Abstracts, Vol. 18, EGU2016-10539, 2016.
<http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/EGU2016-10539.pdf>
8. Veronika Stolbova, Elena Surovyatkina, Bodo Bookhagen, and Juergen Kurths. Mechanism of spatio-temporal transition to monsoon and prospects for prediction. European Geosciences Union General Assembly (EGU2016), Vienna, Austria, 17–22 April 2016. Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-15623, 2016.
<http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/EGU2016-15623.pdf>
9. Полякова Т.В., Гаврюшин С.С., Арутюнов С.Д. Математическое моделирование позиционирования временных имплантатов в челюсти // Труды XVIII научно-технической конференции «Медико-технические технологии на страже здоровья» (МЕДТЕХ-2016) – М: НИИ радиоэлектроники и лазерной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. - с. 149-151.

Доклады, тезисы, циркуляры

1. Гришин В. А., Маслов И. А. Проблемы регистрации малоконтрастных изображений // Четырнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". М: ИКИ РАН, ноябрь 14 - 18, 2016. С. 35. http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/files/conf_2016/dzz-program-2016-final.pdf
2. Фролов В.А. "Система автоматической посадки спасательного глубоководного аппарата на аварийную подводную лодку". Круглый стол "Ключевые технологии робототехнических комплексов военного назначения. Состояние и перспективы развития", проводимый в рамках научно-деловой программы Международного военно-технического Форума "Армия-2016", 8 сентября 2016 г. <https://portal.rusarmyexpo.ru/business-program/event?id=5366>
Основание для выступления - письмо ФАНО от 11.07.2016 № 007-3.6-06/802 «О предоставлении информации о Форуме «Армия-2016».
3. Прохоренко В.И. Об исследованиях вековой составляющей эволюции орбит ИСЗ под влиянием внешних гравитационных возмущений // XL Академические чтения по космонавтике <http://www.korolevspace.ru/>, секция 5, МГТУ им Баумана, январь 2016.
4. Прохоренко В.И. О применении теории резонанса Лидова-Козаи при решении различных задач, связанных с эволюцией орбит спутников планет под влиянием внешних гравитационных возмущений. // Доклад на заседании координационного совета ГАИШ по небесной механике <http://sai.msu.ru/> запланирован на 22 ноября 2016.
5. А.Н. Виноградов, В.В. Егоров, А.П. Калинин, А.И. Родионов, И.Д. Родионов, И.П. Родионова. Совместное использование сенсоров различных спектральных диапазонов для повышения распознаваемости зондируемых объектов. Препринт ИКИ РАН Пр-2178, 2016. 24 с.

6. А.Н. Виноградов, В.В. Егоров, А.П. Калинин, А.И. Родионов, И.Д. Родионов, И.П. Родионова Исследование возможностей гиперспектральной съемки для мониторинга состояния водных объектов (на примере Невской губы). Препринт ИКИ РАН Пр-2179, 2016. 19 с.
7. М.В.Алтайский. «Вейвлеты в квантовой теории поля»; XV школа-конференция молодых ученых “Проблемы физики твердого тела и высоких давлений”. 16 -26 сентября, г. Сочи / Тезисы, ФИАН, Москва, 2016, стр. 45-46, <http://www.hppi.troitsk.ru/meetings/school/XV-2016/program.htm>
8. M.V.Altaysky, Entanglement in a quantum neural network based on quantum dots. Days on Diffraction 2016. 27 июня – 1 июля, г. Санкт-Петербург, <http://www.pdmi.ras.ru/~dd/download/book16.pdf>, направлено в Photonics and Nanostructures
9. M.V.Altaysky, Towards implementation of quantum neural network using quantum dots, Quantum Machine Learning Workshop 2016, 18 – 22 июля, г. Дурбан (ЮАР) <http://www.quantummachinelearning.org/programme.html>
10. Н.Е.Капуткина, М.В.Алтайский. Перспективы реализации квантовых нейронных сетей на основе квантовых точек; XV школа-конференция молодых ученых “Проблемы физики твердого тела и высоких давлений”. 16 -26 сентября, г. Сочи / Тезисы, ФИАН, Москва, 2016, стр. 45-46, <http://www.hppi.troitsk.ru/meetings/school/XV-2016/program.htm>
11. Elena Surovyatkina. Downscaling criticality in tipping elements in the Earth system: the Indian summer monsoon case. European Geosciences Union General Assembly (EGU2016), Vienna, Austria, 17–22 April 2016. <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/orals/20344>
12. Elena Surovyatkina. Critical fluctuations for identification of tipping elements: the Indian summer monsoon case. Berlin, 25 - 29 July 2016. Perspectives in Nonlinear Dynamics 2016 (PNLD 2016) (<http://pnld2016.physik.hu-berlin.de/>) <http://irtg-workshop-2013.physik.hu-berlin.de/Programme-PNLD-2016.pdf>
13. Elena Surovyatkina. Predicting critical transitions in spatial-temporal systems. Conference on Complex Systems Approach to Self-organization (CSAS 2016), ИТ Madras 1-5 February 2016. http://www.ae.iitm.ac.in/~sujith/CSAS/csas_index.html, Invited Speaker, http://www.ae.iitm.ac.in/~sujith/CSAS/Schedule_CSAS_2016_V1.pdf
14. Elena Surovyatkina. Monsoon Prediction and Climate Change – Over Telangana. Workshop on Monsoon Prediction and Climate Change - Implications For Climate Action Plan of Telangana State, Telangana State Agricultural University June 4, 2016 Rajendranagar: Hyderabad-30: Telangana. <http://www.pjtsau.ac.in/index.php>, Invited Speaker.
15. Ludmila Zasova, Natan Eismont et al. JSDT :Scientific goals and architecture of the mission Venera-D. The Seventh Moscow Solar System Symposium, Moscow, 10-14 October 2016, http://ms2016.cosmos.ru/sites/ms2016.cosmos.ru/files/7m-s3_program.pdf
16. М.С. Гуськова, С.А. Бобер, С.А. Аксенов. Исследование возможности непрямого перелета на ограниченную орбиту вокруг точки либрации L2 системы Земля-Луна. XI Академические чтения по космонавтике: сборник тезисов. Москва: МГТУ им. Баумана, 2015. с. 255-256.
17. Полякова Т.В. (ИКИ РАН), Гаврюшин С.С., д.т.н. (МГТУ им. Баумана), Арутюнов С.Д., д.м.н. (МГМСУ). Разработка модели трехпозвоночного сегмента в задаче оценки влияния плотности кости на прочность позвоночника под воздействием различных факторов во время космического полета <http://www.iki.rssi.ru/seminar/20151223/abstract.php>
18. Полякова Т.В. (ИКИ РАН), Гаврюшин С.С., д.т.н. (МГТУ им. Баумана), Арутюнов С.Д., д.м.н. (МГМСУ). Особенности геометрического и конечно-элементного моделирования в задачах биомеханики при обработке данных с компьютерного томографа <http://www.iki.rssi.ru/seminar/20151217/abstract.php>
19. Б.М.Балтер, Д.Б.Балтер, В.В.Егоров, М.В.Стальная. Концепция цикла мониторинга/управления: динамика геосистем, загрязнение среды, гиперспектральное и радиолокационное зондирование, фильтр/контроллер Калмана. Доклад на семинаре отдела № 58 (Руководитель д.т.н. Назиров Р.Р.) 31 марта 2016 г.
20. Полякова Т.В., Гаврюшин С.С., Арутюнов С.Д. Разработка модели позиционирования временных имплантатов в челюсти // Тезисы XII Всероссийской конференции «БИОМЕХАНИКА-2016» и школы семинара для молодых ученых - Пермь, 2016. - 1 с.

Патенты

Б.И.Балтер, В.В.Егоров, В.А.Котцов. Патент на изобретение № 2586505. Заявка № 2015118140. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 17 мая 2016 г.

Научно-популярные издания

1. Н. Эйсмонт. Планета-гигант на окраине Солнечной системы: математическая модель или реальность? Наука, №6, 1916, стр. 2-7.

Научно-популярная деятельность

1. Доклад на диспуте в рамках программы «Московского философского общества» на тему «Существует ли астероидная опасность для планеты Земля» - по результатам современных исследований. Докладчик: Эйсмонт Н.А. - ведущий научный сотрудник Института космических исследований РАН. Москва, Библио-глобус, 15 февраля 2016.
2. Н. Эйсмонт. 40 интервью и видео-сюжетов для масс-медиа по тематике Института космических исследований длительностью от 3 минут до получаса (каналы: Первый, Россия, Культура, Sputnik и др.)
3. Н. Эйсмонт. Подготовка и чтение лекций по проектированию космических миссий и истории космонавтики в России на Летней школе по космической науке. Октябрь 17-26, 2016, Si Racha, Chon Buri, Thailand (1stAPSCO & ISSI-BJ Space Science School)