

## Форма Тм. Титульная страница заявки в РФФИ

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА Информационно-математические основы аэрокосмического дистанционного зондирования высокого спектрального и пространственного разрешения		НОМЕР ПРОЕКТА 13-01-00185	
ОБЛАСТЬ ЗНАНИЯ 01		КОД КЛАССИФИКАТОРА 01-223, 01-207, 01-215	
ВИД КОНКУРСА А Инициативный			
ФАМИЛИЯ, ИМЯ, ОТЧЕСТВО РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА Козодеров Владимир Васильевич		ТЕЛЕФОН РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА (903)259-51-75	
<b>ПОЛНОЕ НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, В КОТОРОЙ РЕАЛИЗУЕТСЯ НАУЧНЫЙ ПРОЕКТ</b> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский физико-технический институт (государственный университет)"			
<b>ОБЪЕМ ФИНАНСИРОВАНИЯ на 2013</b> <b>г., (руб.)</b>		<b>ГОД НАЧАЛА</b> <b>ПРОЕКТА</b>	<b>ГОД ОКОНЧАНИЯ ПРОЕКТА</b>
1000000,00		2013	2015
<b>ЧИСЛО УЧАСТНИКОВ</b> <b>ПРОЕКТА (включая руководителя)</b>	<b>ЧИСЛО</b> <b>УЧАСТНИКОВ, ИМЕЮЩИХ</b> <b>УЧЕНУЮ СТЕПЕНЬ</b>		<b>ЧИСЛО МОЛОДЫХ (до 35 лет</b> <b>включительно) УЧАСТНИКОВ</b>
10	6		3
<b>"УЧАСТНИКИ ПРОЕКТА СОГЛАСНЫ С УСЛОВИЯМИ КОНКУРСОВ РФФИ, В ТОМ ЧИСЛЕ С</b> <b>ОПУБЛИКОВАНИЕМ (В ПЕЧАТНОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ ФОРМАХ) АННОТАЦИЙ ПРОЕКТА И</b> <b>НАУЧНЫХ ОТЧЕТОВ, А ТАКЖЕ ПЕРЕЧНЯ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ПРОЕКТУ"</b>			
ФАМИЛИЯ, ИМЯ, ОТЧЕСТВО ОСНОВНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ (полностью)		Борзяк Владимир Васильевич	
		Дмитриев Егор Владимирович	
		Егоров Владимир Дмитриевич	
		Зубкова Ксения Ивановна	
		Каркач Арсений Сергеевич	
		Кондранин Тимофей Владимирович	
		Прокофьева Наталья Вячеславовна	
		Сокол Александр Валентинович	
		Щербина Глеб Артурович	
ПОДПИСЬ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА		ДАТА ПОДАЧИ ЗАЯВКИ 07.10.2012	

# ЗАЯВКА ПО ПРОЕКТУ 13-01-00185

## Форма 1м. Данные о проекте

- 1.1.1. Название проекта**  
Информационно-математические основы аэрокосмического дистанционного зондирования высокого спектрального и пространственного разрешения
- 1.1.2. Название проекта на английском языке**  
Information and mathematical basis of airspace high spectral and spatial resolution remote sensing
- 1.2.1. Вид конкурса**  
А Инициативный
- 1.2.2. Область знания**  
01 - МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА И ИНФОРМАТИКА
- 1.3.1. Научная дисциплина – основной код**  
01-223 Математическое моделирование в науках о Земле и проблемах окружающей среды
- 1.3.2. Научная дисциплина – дополнительные коды**  
01-207 Вычислительная математика, 01-215 Параллельные алгоритмы
- 1.4. Ключевые слова**  
аэрокосмическое дистанционное зондирование, обработка изображений, модели распознавания природно-техногенных объектов, математическое моделирование, информационно-математическое обеспечение, гиперспектральный подход, теория переноса излучения
- 1.5. Аннотация**  
В масштабах планеты стоит актуальная фундаментальная научная проблема создания международного глобального мониторинга Земли с целью исследования её эволюции, климата и прогнозирования естественно-природных стихийных бедствий и антропогенно-техногенных катастрофических процессов. Всемирная система наземного и аэрокосмического мониторинга и иерархия моделей – главные инструменты для оперативного наблюдения и прогнозирования изменений в природных процессах и разделения естественных и антропогенных воздействий, а также состояния техногенной среды на основе аэрокосмического дистанционного зондирования.

Это грандиозные задачи, решение которых требует разработки перспективных нанотехнологий для космических проектов, в частности, развитие гиперспектральных систем дистанционного зондирования и нанодиагностики природно-техногенной сферы с высоким пространственным разрешением. Требуется разработка нового математического аппарата и унифицированного информационно-математического обеспечения для создания вычислительной среды с широким спектром приложений. Необходимость создания вычислительной инфраструктуры использования данных дистанционного зондирования выдвигает на передний план разработки, касающиеся повышения информативности и достоверности обрабатываемых данных.

Проект направлен на фундаментальные междисциплинарные исследования в высокотехнологичной области аэрокосмического дистанционного зондирования Земли и объектов природно-техногенной сферы, объединяющие теоретическую и прикладную математику, теорию информатики и информационные технологии, физику взаимодействия излучения с веществом и молекулярную спектроскопию, науки о Земле и биосфере и нанотехнологии. Теоретические фундаментальные результаты и создаваемое информационно-математическое обеспечение апробируются на новейших отечественных разработках аппаратуры и средств для гиперспектральных аэрокосмических наблюдений. Это новое научное, технологическое и техническое направление в развитии современного дистанционного зондирования с широкой сферой приложений в разных областях знаний.

Если же ориентироваться на прорывные технологии по использованию данных аэрокосмического мониторинга, то здесь наиболее перспективны новые системы гиперспектрального зондирования (сотни спектральных каналов) с высоким спектральным разрешением и новые вычислительные среды обработки данных. Методы, алгоритмы и программное обеспечение обработки данных гиперспектрального зондирования основаны на совместном использовании спектральных и текстурных признаков природно-техногенных объектов с обучением используемого классификатора (вычислительной процедуры) по тестовой выборке. Требуется оптимизация числа каналов гиперспектральной аппаратуры для устранения возможной их избыточности при нахождении межканальной корреляции с повышением устойчивости решаемых систем алгебраических уравнений (линейных и нелинейных) при сравнении канальных данных и объема используемой обучающей выборки. Междисциплинарный характер исследований объединяет математический аппарат описания нерегулярных и неупорядоченных структур с

информационными технологиями обработки гиперспектральных аэрокосмических изображений высокого пространственного разрешения.

Организациями-соисполнителями проекта являются Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Московский физико-технический институт (университет) и Институт вычислительной математики РАН. В коллектив исполнителей входят опытные ведущие специалисты по тематике проекта и молодые сотрудники.

Настоящий проект направлен на универсальные разработки междисциплинарного системного и фундаментального характера и в соответствии с Указом Президента РФ от 07.07.2011 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» в сфере приложений отвечает ряду приоритетных направлений и критических технологий (см. Форму 4).

- 1.6. Количество основных исполнителей**  
10
- 1.7. Сроки выполнения**  
2013 - 2015
- 1.8. Запрашиваемый объем финансирования на 2013 год**  
1000000

Подпись руководителя проекта \_\_\_\_\_

## Форма 2. Данные о руководителе и основных исполнителях

- 2.1.1.1. **Фамилия**  
Борзяк
- 2.1.1.2. **Имя (полностью)**  
Владимир
- 2.1.1.3. **Отчество (полностью)**  
Васильевич
- 2.1.2.1. **Фамилия (на английском языке)**  
Borzyak
- 2.1.2.2. **Имя (на английском языке, полностью)**  
Vladimir
- 2.1.2.3. **Отчество (на английском языке, полностью)**
- 2.2.1. **Дата рождения ( арабскими цифрами – число.месяц.год)**  
17.03.1976
- 2.2.2. **Пол (указать цифрой: 1 – мужской; 2 – женский)**  
1
- 2.3.1. **Ученая степень (сокращенное название)**  
без ученой степени
- 2.3.2. **Год присуждения ученой степени**
- 2.4.1. **Ученое звание (сокращенное название)**  
без ученого звания
- 2.4.2. **Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. **Полное название организации – основного места работы**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова"
- 2.5.2. **Сокращенный название организации - основного места работы**  
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, МГУ имени М.В.Ломоносова, Московский университет или МГУ
- 2.6. **Должность по основному месту работы (сокращенное название)**  
лаб.
- 2.7.1. **Область научных интересов (ключевые слова, не более 15, строчными буквами, через запяты)**
- 2.7.2. **Область научных интересов (коды по классификатору 2013 года)**  
01-223
- 2.8. **Общее число публикаций (исключая тезисы докладов)**
- 2.9. **Телефон для связи**  
8-903-123-59-98
- 2.10. **Электронный адрес**  
v17\_03@mail.ru
- 2.11. **Участие в проекте (буква Р – руководитель; буква И – исполнитель)**  
И
- 2.12. **Образование**

Участник проекта сообщает свои персональные данные Фонду и согласен на использование этих данных для информационного и финансового сопровождения своего проекта.

Подпись участника проекта \_\_\_\_\_

## Форма 2. Данные о руководителе и основных исполнителях

- 2.1.1.1. **Фамилия**  
Дмитриев
- 2.1.1.2. **Имя (полностью)**  
Егор
- 2.1.1.3. **Отчество (полностью)**  
Владимирович
- 2.1.2.1. **Фамилия (на английском языке)**  
Dmitriev
- 2.1.2.2. **Имя (на английском языке, полностью)**  
Egor
- 2.1.2.3. **Отчество (на английском языке, полностью)**  
Vladimirovich
- 2.2.1. **Дата рождения ( арабскими цифрами – число.месяц.год)**  
09.06.1974
- 2.2.2. **Пол (указать цифрой: 1 – мужской; 2 – женский)**  
1
- 2.3.1. **Ученая степень (сокращенное название)**  
кандидат физико-математических наук
- 2.3.2. **Год присуждения ученой степени**  
2001
- 2.4.1. **Ученое звание (сокращенное название)**  
без ученого звания
- 2.4.2. **Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. **Полное название организации – основного места работы**  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики Российской академии наук
- 2.5.2. **Сокращенное название организации - основного места работы**  
ИВМ РАН
- 2.6. **Должность по основному месту работы (сокращенное название)**  
снс
- 2.7.1. **Область научных интересов (ключевые слова, не более 15, строчными буквами, через запяты)**  
аэрокосмический мониторинг, распознавание образов, гиперспектральные изображения
- 2.7.2. **Область научных интересов (коды по классификатору 2013 года)**  
07-394
- 2.8. **Общее число публикаций (исключая тезисы докладов)**  
92
- 2.9. **Телефон для связи**  
+7-495-9848120 (3772)
- 2.10. **Электронный адрес**  
yegor@mail.ru
- 2.11. **Участие в проекте (буква Р – руководитель; буква И – исполнитель)**  
И
- 2.12. **Образование**

Участник проекта сообщает свои персональные данные Фонду и согласен на использование этих данных для информационного и финансового сопровождения своего проекта.

Подпись участника проекта \_\_\_\_\_

## Форма 2. Данные о руководителе и основных исполнителях

- 2.1.1.1. **Фамилия**  
Егоров
- 2.1.1.2. **Имя (полностью)**  
Владимир
- 2.1.1.3. **Отчество (полностью)**  
Дмитриевич
- 2.1.2.1. **Фамилия (на английском языке)**  
Egorov
- 2.1.2.2. **Имя (на английском языке, полностью)**  
Vladimir
- 2.1.2.3. **Отчество (на английском языке, полностью)**  
Dmitrievich
- 2.2.1. **Дата рождения ( арабскими цифрами – число.месяц.год)**  
21.02.1957
- 2.2.2. **Пол (указать цифрой: 1 – мужской; 2 – женский)**  
1
- 2.3.1. **Ученая степень (сокращенное название)**  
кандидат физико-математических наук
- 2.3.2. **Год присуждения ученой степени**  
1989
- 2.4.1. **Ученое звание (сокращенное название)**  
без ученого звания
- 2.4.2. **Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. **Полное название организации – основного места работы**  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики Российской академии наук
- 2.5.2. **Сокращенное название организации - основного места работы**  
ИВМ РАН
- 2.6. **Должность по основному месту работы (сокращенное название)**  
снс
- 2.7.1. **Область научных интересов (ключевые слова, не более 15, строчными буквами, через запяты)**  
обработка гиперспектральных изображений, распознавание объектов, характерные признаки растительности
- 2.7.2. **Область научных интересов (коды по классификатору 2013 года)**  
01-223, 01-214, 05-614, 07-384, 07-396
- 2.8. **Общее число публикаций (исключая тезисы докладов)**  
45
- 2.9. **Телефон для связи**  
8-499-473-50-55 (д.)  
8-495-984-81-20 (39-14 доб.) (сл.)
- 2.10. **Электронный адрес**  
egorov@inm.ras.ru
- 2.11. **Участие в проекте (буква Р – руководитель; буква И – исполнитель)**  
И
- 2.12. **Образование**

Участник проекта сообщает свои персональные данные Фонду и согласен на использование этих данных для информационного и финансового сопровождения своего проекта.

Подпись участника проекта \_\_\_\_\_

## Форма 2. Данные о руководителе и основных исполнителях

- 2.1.1.1. **Фамилия**  
Зубкова
- 2.1.1.2. **Имя (полностью)**  
Ксения
- 2.1.1.3. **Отчество (полностью)**  
Ивановна
- 2.1.2.1. **Фамилия (на английском языке)**  
Zybkoва
- 2.1.2.2. **Имя (на английском языке, полностью)**  
Ksenya
- 2.1.2.3. **Отчество (на английском языке, полностью)**
- 2.2.1. **Дата рождения ( арабскими цифрами – число.месяц.год)**  
09.08.1991
- 2.2.2. **Пол (указать цифрой: 1 – мужской; 2 – женский)**  
2
- 2.3.1. **Ученая степень (сокращенное название)**  
без ученой степени
- 2.3.2. **Год присуждения ученой степени**
- 2.4.1. **Ученое звание (сокращенное название)**  
без ученого звания
- 2.4.2. **Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. **Полное название организации – основного места работы**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский физико-технический институт (государственный университет)"
- 2.5.2. **Сокращенное название организации - основного места работы**  
МФТИ
- 2.6. **Должность по основному месту работы (сокращенное название)**  
техн.
- 2.7.1. **Область научных интересов (ключевые слова, не более 15, строчными буквами, через запяты)**
- 2.7.2. **Область научных интересов (коды по классификатору 2013 года)**  
05-412
- 2.8. **Общее число публикаций (исключая тезисы докладов)**
- 2.9. **Телефон для связи**  
89067547235
- 2.10. **Электронный адрес**  
Zybkovaksy@gmail.com
- 2.11. **Участие в проекте (буква Р – руководитель; буква И – исполнитель)**  
И
- 2.12. **Образование**

Участник проекта сообщает свои персональные данные Фонду и согласен на использование этих данных для информационного и финансового сопровождения своего проекта.

Подпись участника проекта \_\_\_\_\_

## Форма 2. Данные о руководителе и основных исполнителях

- 2.1.1.1. **Фамилия**  
Каркач
- 2.1.1.2. **Имя (полностью)**  
Арсений
- 2.1.1.3. **Отчество (полностью)**  
Сергеевич
- 2.1.2.1. **Фамилия (на английском языке)**  
Karkach
- 2.1.2.2. **Имя (на английском языке, полностью)**  
Arseny
- 2.1.2.3. **Отчество (на английском языке, полностью)**  
Sergeevich
- 2.2.1. **Дата рождения ( арабскими цифрами – число.месяц.год)**  
28.01.1975
- 2.2.2. **Пол (указать цифрой: 1 – мужской; 2 – женский)**  
1
- 2.3.1. **Ученая степень (сокращенное название)**  
кандидат физико-математических наук
- 2.3.2. **Год присуждения ученой степени**  
2002
- 2.4.1. **Ученое звание (сокращенное название)**  
без ученого звания
- 2.4.2. **Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. **Полное название организации – основного места работы**  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики Российской академии наук
- 2.5.2. **Сокращенное название организации - основного места работы**  
ИВМ РАН
- 2.6. **Должность по основному месту работы (сокращенное название)**  
снс
- 2.7.1. **Область научных интересов (ключевые слова, не более 15, строчными буквами, через запяты)**
- 2.7.2. **Область научных интересов (коды по классификатору 2013 года)**  
01-206
- 2.8. **Общее число публикаций (исключая тезисы докладов)**
- 2.9. **Телефон для связи**  
+7 (495) 984-8141 добавочный 3990
- 2.10. **Электронный адрес**  
arseny@mail.ru
- 2.11. **Участие в проекте (буква Р – руководитель; буква И – исполнитель)**  
И
- 2.12. **Образование**

Участник проекта сообщает свои персональные данные Фонду и согласен на использование этих данных для информационного и финансового сопровождения своего проекта.

Подпись участника проекта \_\_\_\_\_

## Форма 2. Данные о руководителе и основных исполнителях

- 2.1.1.1. **Фамилия**  
Козодеров
- 2.1.1.2. **Имя (полностью)**  
Владимир
- 2.1.1.3. **Отчество (полностью)**  
Васильевич
- 2.1.2.1. **Фамилия (на английском языке)**  
Kozoderov
- 2.1.2.2. **Имя (на английском языке, полностью)**  
Vladimir
- 2.1.2.3. **Отчество (на английском языке, полностью)**  
Vasilievich
- 2.2.1. **Дата рождения ( арабскими цифрами – число.месяц.год)**  
28.11.1946
- 2.2.2. **Пол (указать цифрой: 1 – мужской; 2 – женский)**  
1
- 2.3.1. **Ученая степень (сокращенное название)**  
доктор физико-математических наук
- 2.3.2. **Год присуждения ученой степени**  
1986
- 2.4.1. **Ученое звание (сокращенное название)**  
Профессор
- 2.4.2. **Год присвоения ученого звания**  
1998
- 2.5.1. **Полное название организации – основного места работы**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова"
- 2.5.2. **Сокращенное название организации - основного места работы**  
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, МГУ имени М.В.Ломоносова, Московский университет или МГУ
- 2.6. **Должность по основному месту работы (сокращенное название)**  
зав.каф.
- 2.7.1. **Область научных интересов (ключевые слова, не более 15, строчными буквами, через запяты)**  
дистанционное зондирование, обработка изображений, распознавание образов
- 2.7.2. **Область научных интересов (коды по классификатору 2013 года)**  
07-394, 01-215, 05-614, 01-223, 07-396
- 2.8. **Общее число публикаций (исключая тезисы докладов)**  
350
- 2.9. **Телефон для связи**  
(903)259-51-75
- 2.10. **Электронный адрес**  
vkozod@mail.ru
- 2.11. **Участие в проекте (буква Р – руководитель; буква И – исполнитель)**  
Р
- 2.12. **Образование**

Участник проекта сообщает свои персональные данные Фонду и согласен на использование этих данных для информационного и финансового сопровождения своего проекта.

Подпись участника проекта \_\_\_\_\_

## Форма 2. Данные о руководителе и основных исполнителях

- 2.1.1.1. **Фамилия**  
Кондранин
- 2.1.1.2. **Имя (полностью)**  
Тимофей
- 2.1.1.3. **Отчество (полностью)**  
Владимирович
- 2.1.2.1. **Фамилия (на английском языке)**  
Kondranin
- 2.1.2.2. **Имя (на английском языке, полностью)**  
Timofei
- 2.1.2.3. **Отчество (на английском языке, полностью)**  
Vladimirovich
- 2.2.1. **Дата рождения ( арабскими цифрами – число.месяц.год)**  
10.09.1943
- 2.2.2. **Пол (указать цифрой: 1 – мужской; 2 – женский)**  
1
- 2.3.1. **Ученая степень (сокращенное название)**  
доктор физико-математических наук
- 2.3.2. **Год присуждения ученой степени**  
1983
- 2.4.1. **Ученое звание (сокращенное название)**  
Профессор
- 2.4.2. **Год присвоения ученого звания**  
1986
- 2.5.1. **Полное название организации – основного места работы**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский физико-технический институт (государственный университет)"
- 2.5.2. **Сокращенное название организации - основного места работы**  
МФТИ
- 2.6. **Должность по основному месту работы (сокращенное название)**  
зав.каф.
- 2.7.1. **Область научных интересов (ключевые слова, не более 15, строчными буквами, через запяты)**  
космические информационные системы, математическое моделирование прямых и обратных задач, радиационные процессы в атмосфере, обработка изображений
- 2.7.2. **Область научных интересов (коды по классификатору 2013 года)**  
01-223, 05-611, 05-614, 05-641, 01-221, 01-222, 07-384, 07-394, 07-396
- 2.8. **Общее число публикаций (исключая тезисы докладов)**  
171
- 2.9. **Телефон для связи**  
(495) 494-04-73
- 2.10. **Электронный адрес**  
tvk494@yandex.ru
- 2.11. **Участие в проекте (буква Р – руководитель; буква И – исполнитель)**  
И
- 2.12. **Образование**

Участник проекта сообщает свои персональные данные Фонду и согласен на использование этих данных для информационного и финансового сопровождения своего проекта.

Подпись участника проекта \_\_\_\_\_

## Форма 2. Данные о руководителе и основных исполнителях

- 2.1.1.1. **Фамилия**  
Прокофьева
- 2.1.1.2. **Имя (полностью)**  
Наталья
- 2.1.1.3. **Отчество (полностью)**  
Вячеславовна
- 2.1.2.1. **Фамилия (на английском языке)**  
Prokofeva
- 2.1.2.2. **Имя (на английском языке, полностью)**  
Nataly
- 2.1.2.3. **Отчество (на английском языке, полностью)**
- 2.2.1. **Дата рождения ( арабскими цифрами – число.месяц.год)**  
15.12.1959
- 2.2.2. **Пол (указать цифрой: 1 – мужской; 2 – женский)**  
2
- 2.3.1. **Ученая степень (сокращенное название)**  
без ученой степени
- 2.3.2. **Год присуждения ученой степени**
- 2.4.1. **Ученое звание (сокращенное название)**  
без ученого звания
- 2.4.2. **Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. **Полное название организации – основного места работы**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский физико-технический институт (государственный университет)"
- 2.5.2. **Сокращенное название организации - основного места работы**  
МФТИ
- 2.6. **Должность по основному месту работы (сокращенное название)**  
др.
- 2.7.1. **Область научных интересов (ключевые слова, не более 15, строчными буквами, через запяты)**
- 2.7.2. **Область научных интересов (коды по классификатору 2013 года)**  
05-422
- 2.8. **Общее число публикаций (исключая тезисы докладов)**
- 2.9. **Телефон для связи**  
(495)4088072
- 2.10. **Электронный адрес**  
ngleb15@mail.ru
- 2.11. **Участие в проекте (буква Р – руководитель; буква И – исполнитель)**  
И
- 2.12. **Образование**

Участник проекта сообщает свои персональные данные Фонду и согласен на использование этих данных для информационного и финансового сопровождения своего проекта.

Подпись участника проекта \_\_\_\_\_

## Форма 2. Данные о руководителе и основных исполнителях

- 2.1.1.1. **Фамилия**  
Сокол
- 2.1.1.2. **Имя (полностью)**  
Александр
- 2.1.1.3. **Отчество (полностью)**  
Валентинович
- 2.1.2.1. **Фамилия (на английском языке)**  
Sokol
- 2.1.2.2. **Имя (на английском языке, полностью)**  
Alexander
- 2.1.2.3. **Отчество (на английском языке, полностью)**  
Valentinovich
- 2.2.1. **Дата рождения ( арабскими цифрами – число.месяц.год)**  
11.06.1981
- 2.2.2. **Пол (указать цифрой: 1 – мужской; 2 – женский)**  
1
- 2.3.1. **Ученая степень (сокращенное название)**  
кандидат технических наук
- 2.3.2. **Год присуждения ученой степени**  
2004
- 2.4.1. **Ученое звание (сокращенное название)**  
без ученого звания
- 2.4.2. **Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. **Полное название организации – основного места работы**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский физико-технический институт (государственный университет)"
- 2.5.2. **Сокращенное название организации - основного места работы**  
МФТИ
- 2.6. **Должность по основному месту работы (сокращенное название)**  
нс
- 2.7.1. **Область научных интересов (ключевые слова, не более 15, строчными буквами, через запяты)**
- 2.7.2. **Область научных интересов (коды по классификатору 2013 года)**  
07-936
- 2.8. **Общее число публикаций (исключая тезисы докладов)**  
2
- 2.9. **Телефон для связи**  
89032154257
- 2.10. **Электронный адрес**  
sokol\_glaz@mail.ru
- 2.11. **Участие в проекте (буква Р – руководитель; буква И – исполнитель)**  
И
- 2.12. **Образование**

Участник проекта сообщает свои персональные данные Фонду и согласен на использование этих данных для информационного и финансового сопровождения своего проекта.

Подпись участника проекта \_\_\_\_\_

## Форма 2. Данные о руководителе и основных исполнителях

- 2.1.1.1. **Фамилия**  
Щербина
- 2.1.1.2. **Имя (полностью)**  
Глеб
- 2.1.1.3. **Отчество (полностью)**  
Артурович
- 2.1.2.1. **Фамилия (на английском языке)**  
Shcherbina
- 2.1.2.2. **Имя (на английском языке, полностью)**  
Gleb
- 2.1.2.3. **Отчество (на английском языке, полностью)**  
Arturovich
- 2.2.1. **Дата рождения ( арабскими цифрами – число.месяц.год)**  
05.02.1990
- 2.2.2. **Пол (указать цифрой: 1 – мужской; 2 – женский)**  
1
- 2.3.1. **Ученая степень (сокращенное название)**  
без ученой степени
- 2.3.2. **Год присуждения ученой степени**
- 2.4.1. **Ученое звание (сокращенное название)**  
без ученого звания
- 2.4.2. **Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. **Полное название организации – основного места работы**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский физико-технический институт (государственный университет)"
- 2.5.2. **Сокращенное название организации - основного места работы**  
МФТИ
- 2.6. **Должность по основному месту работы (сокращенное название)**  
асп.
- 2.7.1. **Область научных интересов (ключевые слова, не более 15, строчными буквами, через запяты)**
- 2.7.2. **Область научных интересов (коды по классификатору 2013 года)**  
08-602
- 2.8. **Общее число публикаций (исключая тезисы докладов)**
- 2.9. **Телефон для связи**  
89267912471
- 2.10. **Электронный адрес**  
gleb-mipt@yandex.ru
- 2.11. **Участие в проекте (буква Р – руководитель; буква И – исполнитель)**  
И
- 2.12. **Образование**

Участник проекта сообщает свои персональные данные Фонду и согласен на использование этих данных для информационного и финансового сопровождения своего проекта.

Подпись участника проекта \_\_\_\_\_

## **ФОРМА 3м. ДАННЫЕ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ, В КОТОРОЙ РЕАЛИЗУЕТСЯ НАУЧНЫЙ ПРОЕКТ**

- 3.1. Сокращенное название:**  
МФТИ
- 3.2.1. Полное название:**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский физико-технический институт (государственный университет)"
- 3.2.2. Полное название на английском языке:**  
Moscow Institute of Physics and Technology (State University)
- 3.3. Ведомственная принадлежность:**
- 3.4.1. Почтовый индекс:**  
141700
- 3.4.2. Почтовый адрес:**  
Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., д.9
- 3.5. Город, населенный пункт:**  
Долгопрудный
- 3.6. Код региона:**  
50 - Московская область
- 3.7. Идентификационный номер налогоплательщика (ИНН):**  
5008006211
- 3.8. № ОГРН (основной государственный регистрационный номер):**  
1027739386135

*Подпись главного бухгалтера:*

Руководитель организации подтверждает, что ознакомлен с условиями конкурса РФФИ и согласен на реализацию научного проекта, в случае его поддержки, через организацию.  
Выполнение проекта будет осуществляться в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации и нормативными документами РФФИ.  
Руководитель Организации подтверждает, что ознакомлен с составом коллектива.

*Подпись руководителя организации:*

*М.П.*

## Форма 4. Содержание инициативного проекта

### 4.1. **Фундаментальная научная проблема, на решение которой направлен проект**

Актуальна фундаментальная научная проблема создания международного глобального мониторинга Земли с целью исследования её эволюции, климата и прогнозирования естественно-природных стихийных бедствий и антропогенно-техногенных катастрофических процессов – это проблема мирового сообщества в масштабах планеты, цивилизационная проблема. Как раз 20 лет назад на «Саммите Земли» в Рио-де-Жанейро 9 мая 1992 года 180 стран подписали «Рамочную конвенцию ООН об изменении климата», в которой признали, что «изменение климата Земли и его неблагоприятные последствия являются предметом общей озабоченности человечества».

Всемирная система наземного и аэрокосмического глобального, регионального и локального мониторинга и иерархия моделей (междисциплинарный подход, вычислительная среда, информационные базы данных, методы и алгоритмы распознавания объектов по спектральным признакам при разном пространственном разрешении изображений) – главные инструменты для оперативного наблюдения и прогнозирования изменений в природных процессах и разделения естественных и антропогенных воздействий, а также состояния объектов природной и техногенной среды на основе аэрокосмического дистанционного зондирования.

Это грандиозные, сложнейшие задачи, решение которых требует разработки перспективных нанотехнологий для космических проектов, в частности, развитие гиперспектральных систем дистанционного зондирования и нанодиагностики природно-техногенной сферы с высоким пространственным разрешением. Требуется разработка нового математического аппарата и унифицированного информационно-математического обеспечения для создания вычислительной среды с широким спектром приложений аэрокосмического дистанционного зондирования.

### 4.2. **Конкретная фундаментальная задача в рамках проблемы, на решение которой направлен проект (если данная задача является дополнением к теме работ, выполняемых авторами по плану своей организации, - указать название и гос. регистрационный номер этой темы)**

Конкретная фундаментальная научная задача – это создание математического аппарата и разработка вычислительной среды для описания нерегулярных и неупорядоченных зондируемых структур, их взаимодействия с оптическим излучением на разных длинах волн (в ультрафиолетовом и видимом коротковолновом диапазоне спектра), рассмотрение вычислительных процедур распознавания объектов на основе обучения (нахождения функциональных связей между определенными признаками объектов и регистрируемыми спектрами) используемого классификатора. Целевая функция данного проекта – повышение точности решения возникающих задач.

В настоящем проекте ограничиваемся исследованиями проблем аэрокосмического дистанционного зондирования для систем народно-хозяйственного и гражданского назначения, в том числе международных, с надирными наблюдениями в условиях прозрачной атмосферы, когда проблемы атмосферной коррекции являются вторичными. Апробация и валидация ожидаемых результатов и разработок осуществляется в контролируемых условиях полигонных самолетных экспериментов. Этот этап исследований объективно необходим для перехода к системам зондирования космического базирования.

1) Разработка информационно-математических основ методов, алгоритмов и программного обеспечения обработки данных аэрокосмического мониторинга, полученных с помощью систем многоспектрального (6-7 каналов в видимой и ближней инфракрасной области) и гиперспектрального (сотни спектральных каналов в указанной области) зондирования с высоким пространственным разрешением.

На данном этапе речь идет об исследованиях и распознавании порядка 20 классов природно-техногенных объектов (растительный мир, сельскохозяйственные угодья, почвы, водные поверхности, транспортные магистрали и дороги, загрязнения окружающей среды отходами антропогенно-техногенной деятельности и т.д.) по их спектральным и текстурным признакам на многоспектральных и гиперспектральных изображениях высокого пространственного разрешения в интересах освоения природных ресурсов, аграрного сельскохозяйственного производства, экологии, природопользования и климата (круговорот веществ в природе, изменения биомассы лесов, последствия лесных и степных пожаров, разрушение и сохранение флоры и биоразнообразия и т.п.).

В традиционных подходах исследуются упорядоченные структуры (например, в нанотехнологиях при рентгеновской дифракции излучения известного источника как метода изучения

соответствующих материалов). Однако углеродные композиты, керамика, другие соединения вместо дифракции выдвигают на передний край разные типы рассеяния излучения на неупорядоченных структурах. Именно такой подход характерен для дистанционного зондирования, когда объекты земной поверхности имеют нерегулярную и неупорядоченную структуру, и при высоком пространственном разрешении формируются изображения освещенных и затененных пикселей, которые относятся к выбранным классам природно-техногенных объектов.

2) Разработка вычислительных процедур распознавания природно-техногенных объектов по их спектральным и текстурным признакам на многоспектральных и гиперспектральных изображениях высокого пространственного разрешения.

Для решения этой фундаментальной задачи необходимо:

- обосновать математический аппарат решения задач классификации природно-техногенных объектов на обрабатываемых изображениях;
- показать эффективность соответствующих вычислительных процедур обработки данных с оптимизацией каналов дистанционного зондирования и установлением соответствия между числом каналов и объемом используемых при обработке выборочных данных;
- сформулировать требования к измерительной аппаратуре нового поколения.

В дополнение к традиционным подходам распознавания объектов по спектральным признакам при высоком пространственном разрешении изображений возникает необходимость учета влияния соседних элементов разрешения (пикселей) для выделения соответствующих классов объектов. Например, даже для сравнительно однородного лесного покрова определенного породного состава отдельные пиксели заданного класса объектов формируются за счет освещенных и затененных элементов кроны и межкрупного пространства. Отношение «сигнал/шум» соответствующих элементов ПЗС-матриц аппаратуры дистанционного зондирования различны для таких пикселей, относящихся к одному и тому же классу объектов. Требуется модельное описание соответствующих эффектов формирования изображений, имея в виду учет предполетной калибровки используемой аппаратуры, моделей описания регистрируемых спектров и особенностей взаимодействия солнечного излучения с исследуемыми средами.

Конкретные решаемые задачи:

- усовершенствование моделей распознавания объектов с обучением по тестовой выборке на основе данных аэрокосмического зондирования и моделей оценки состояния наблюдаемых объектов на основе описания взаимодействия солнечного излучения с соответствующими природными средами;
- реализация моделей в виде оригинального программного обеспечения обработки данных аэрокосмического зондирования с использованием лесотаксационных, геоботанических и других данных наземных обследований на выбранной тестовой территории;
- отработка методов первичной обработки данных аэрокосмического зондирования (географическая привязка, трансформирование, отображение регистрируемых спектральных плотностей энергетической яркости в виде интенсивностей излучения с учетом результатов предполетной лабораторной калибровки используемой аппаратуры) и тематической обработки получаемых изображений;
- создание эффективных вычислительных процедур получения информационной продукции обработки гиперспектральных изображений высокого пространственного разрешения.

4.3.

**Предлагаемые методы и подходы (с оценкой степени новизны; общий план работ на весь срок выполнения проекта)**

Разрабатываемые в рамках данного проекта подходы к распознаванию природно-техногенных объектов расширяют существующую научную базу соответствующих вычислительных процедур. Предлагаемые междисциплинарные фундаментально-научные и технологические решения носят оригинальный характер, увязывая информационные возможности аппаратуры аэрокосмического дистанционного зондирования и разрабатываемое программное обеспечение обработки данных.

Традиционный подход к использованию данных многоспектрального аэрокосмического зондирования (до настоящего времени преобладает в зарубежных системах дистанционного аэрокосмического зондирования) – известная концепция «вегетационных индексов» (различных комбинаций спектральных каналов). При наличии сотен спектральных каналов гиперспектрального зондирования эта концепция становится неприменимой вследствие вычислительной неэффективности простого перебора огромного числа каналов при формировании указанных индексов. На первый план выдвигаются новые подходы к устранению возможной избыточности использования каналов гиперспектрального зондирования в заданной предметной

области решения прикладных задач. При спектральном разрешении в единицы нанометра в области длин волн от 400 нм до 1000 нм данные гиперспектрального зондирования содержат информацию о линиях и полосах поглощения солнечного излучения различными соединениями атмосферы и земной поверхности. Требуется увязать число каналов и их ширину с реальной изменчивостью спектральных образов наблюдаемых объектов для обучения используемого классификатора (вычислительной процедуры) по соответствующей тестовой выборке, объединяя объем выборочных данных при автоматизации распознавания объектов с информативностью спектральных каналов. Предлагается новое решение проблем инвентаризации природных ресурсов, экологии и природопользования в сравнении с традиционно используемыми программными средствами, применимыми лишь для конкретных вычислительных сред и аппаратуры дистанционного зондирования без необходимого обоснования возникающих приложений.

Планируется провести сравнительный анализ разных классификаторов (квадратичный дискриминантный анализ, метод опорных векторов и др.) при обработке изображений высокого пространственного разрешения. В существующих приложениях данных дистанционного оптического зондирования игра строится на повышение изобразительных свойств соответствующих снимков при сравнительно небольшом числе спектральных каналов, но при существенном увеличении пространственного разрешения. С помощью готового зарубежного программного обеспечения возможно получение некоторого результата (например, с помощью стандартных методов кластер-анализа можно разделить обрабатываемое изображение на 5 классов, а можно и на 20), но точность, достоверность и эффективность полученных результатов при этом часто бывает не обоснована, имея в виду отсутствие целевой функции соответствующих приложений. Точность решения возникающих задач является такой целевой функцией. Повышение достоверности результатов увязывается с анализом полной матрицы ошибок при сравнении разрабатываемых модельных описаний с имеющимися данными наземных обследований выбранной территории. Эффективность расчетов связана с использованием современных высокопроизводительных систем обработки цифровых данных. Перечисленные недостатки традиционных методов устранены в данном проекте, в котором обоснована практическая ценность планируемых результатов с точки зрения оптимизации спектральных каналов для разных классов природно-техногенных объектов определенной пространственной структуры.

Общий план работ на весь срок выполнения проекта.

1. Рассмотрение основ теории видения в процедурах распознавания природно-техногенных объектов на гиперспектральных изображениях высокого пространственного разрешения в терминах множеств участков (sites), меток (labels), отображения (mapping) множества участков на множестве меток, а также систем соседних пикселей и их замыканий (cliques) для заданного класса объектов.
2. Изучение особенностей разных типов классификаторов при реализации рассматриваемых вычислительных методов: линейный и квадратичный дискриминантный анализ и байесовский формализм принятия решений о принадлежности текущих пикселей к известным априори классам векторного отображения объектов в многомерном признаковом пространстве с размерностью, равной числу каналов гиперспектрального зондирования; метод опорных векторов в задаче квадратичного программирования при нахождении седловой точки выпуклого функционала при проведении линейной или нелинейной границы между множествами точек (пикселей) в многомерном признаковом пространстве.
3. Разработка методов, алгоритмов и расчетных программ распознавания природно-техногенных объектов по данным аэрокосмического зондирования с совместным использованием их спектральных и текстурных признаков.
4. Анализ применимости метода последовательного дополнения каналов при их оптимизации с анализом целевой функции точности распознавания выбранных объектов по спектральным признакам для конкретного классификатора (вычислительной процедуры).
5. Оптимизация числа спектральных каналов гиперспектрального зондирования в заданной предметной области распознавания разных типов природно-техногенных объектов в зависимости от объема обучающей выборки используемого классификатора.
6. Рассмотрение вычислительных аспектов учета контекстуальных особенностей обрабатываемых изображений (оценка влияния соседних пикселей для заданного класса объектов): вычислительные процедуры голосования большинства о принадлежности объекта к конкретному классу в пределах «окна» определенных размеров для центрального пикселя; применение концепции Марковских случайных полей для определения влияния соседних пикселей при получении оценок априорной вероятности соответствующих классов объектов на обрабатываемом изображении и применение теории нечетких (fuzzy) множеств для нахождения границ между

разными объектами.

Головная организация по выполнению проекта – Московский физико-технический институт (государственный университет). Организации-соисполнители – Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова и Институт вычислительной математики РАН.

**4.4. Ожидаемые в конце года научные результаты (развернутое описание с оценкой степени оригинальности; форма изложения должна дать возможность провести экспертизу результатов)**

Будут представлены информационно-математические основы формирования аэрокосмических изображений высокого спектрального и пространственного разрешения. При развитии этих основ будет проведен анализ используемой аксиоматики современных представлений о регулярных участках с непрерывными метками, регулярных участков с дискретными метками, нерегулярных участков с дискретными метками, нерегулярных участков с непрерывными метками.

Соответственно, будут охвачены исследованиями следующие вычислительные процедуры: 1) сглаживание обрабатываемого изображения при его искажениях за счет шума и других эффектов; 2) сегментация отдельных классов объектов на изображении, т.е. сглаживание только внутри выделенных контуров («регионов») объектов; 3) появление смыслового группирования (perceptual grouping) объектов, когда тестовые участки с сегментированными признаками (точки, линии, регионы) нерегулярно распределены и возникает проблема соответствия (matching) этих признаков; 4) рассмотрение тестового участка как заданного соответствия, а метки - как допустимой трансформации (ортогональное, аффинное или другое преобразование).

Оригинальность разрабатываемого подхода связана с единым рассмотрением вычислительных процедур распознавания природно-техногенных объектов по спектральным и текстурным признакам на аэрокосмических изображениях. В существующих подходах эти процедуры разделены: считается, что при достаточно низком пространственном разрешении исходных данных можно ограничиться спектральным распознаванием, а описание текстур (влияния соседних пикселей отдельных классов объектов, разделенных границами) находится в начальной стадии исследований. В частности, текстура наиболее сложного объекта - лесного полога (перемежающиеся освещенные и затененные участки крон, а также межкрупные просветы) характеризуется типичными изменениями регистрируемых значений спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ). При этом СПЭЯ освещенных участков, для которых аппаратура обеспечивает достаточно высокие значения отношения «сигнал/шум», определяются в основном оптическими свойствами кроны, текущими атмосферными условиями и высотой Солнца. При более низких значениях указанного отношения и увеличении шумовой составляющей для затененных участков кроны формирование СПЭЯ происходит за счет многократного рассеяния света внутри кроны и спектральных свойств подстилающей поверхности. Учет влияния контекста (контекст характеризуется воздействием соседних пикселей, например, объект «лесная растительность» относится к одному классу до тех пор, пока не появится граница с другим объектом) приводит к повышению точности классификации объектов в сравнении с распознаванием этих объектов по спектральным признакам. По имеющимся в наличии гиперспектральным самолетным изображениям будут исследованы информационные слои разных типов лесных покровов (лиственные и хвойные породы разного возраста) для понимания условий формирования СПЭЯ и распознавания соответствующих объектов сложной структуры.

Ожидаемые результаты:

- математический аппарат, реализующий современные вычислительные процедуры обработки аэрокосмических изображений высокого спектрального и пространственного разрешения с использованием введенных представлений о тестовых участках, «расцвечивания» разных классов объектов (“coloring” – аналог упомянутой выше процедуры “labeling”), нахождения смыслового содержания разных классов объектов на обрабатываемых изображениях;
- примеры спектрального и текстурного распознавания имеющихся гиперспектральных самолетных изображений с помощью разрабатываемого информационно-математического подхода;
- прототип аппаратно-программного комплекса обработки гиперспектральных изображений на основе соответствующих вычислительных процедур.

**4.5. Современное состояние исследований в данной области науки, сравнение ожидаемых результатов с мировым уровнем**

В настоящее время в сети Интернет не составляет большого труда получить космические снимки разного пространственного разрешения практически для любой территории, цифровые данные этих снимков и даже программные средства (расчетные коды) их обработки. Доступными оказываются некоторые стандартные вычислительные процедуры обработки данных зарубежных космических систем. Если же ориентироваться на прорывные технологии для целей

экологического мониторинга, то здесь наиболее перспективны данные гиперспектрального зондирования, распространение которых в сети имеет значительные ограничения. В открытых публикациях можно найти те же подходы, которые используются при обработке данных с малым числом спектральных каналов. Обычно это стандартные процедуры классификации объектов с обучением и кластер-анализа данных. Другие процедуры: поиск различных комбинаций измерительных каналов и их увязка с содержанием хлорофилла в растительном покрове, индексом листовой поверхности. Жесткая конкуренция разработчиков космических систем сверхвысокого пространственного разрешения (менее 1 м, но с малым числом спектральных каналов) приводит к особой востребованности информационной продукции обработки именно такого разрешения со стороны пользователей. В реальности возможности космических систем гиперспектрального зондирования (Huregion, США; Chris, Европа) до конца не ясны, как и создание вычислительных средств для развития возникающих новых приложений.

Исследования коллектива проводятся на мировом уровне, а в части математического аппарата, вычислительной среды и точности распознавания объектов природно-техногенной сферы на основе гиперспектрального подхода опережают современные зарубежные достижения.

Научная новизна предлагаемого подхода состоит в доказательстве уникальных возможностей аэрокосмической гиперспектрометрии и разрабатываемых вычислительных процедур обработки получаемых данных в сравнении с традиционными подходами. Уникальность обусловлена более широким набором спектральных каналов при сохранении высокого пространственного разрешения (например, 1-2 м для отечественной гиперспектральной аппаратуры с самолетных высот 1.5-2 км). Несмотря на возможную избыточность каналов для практических приложений, обосновываются их объединение при сохранении точности решения соответствующих прикладных задач. Ранее были продемонстрированы примеры повышения эффективности использования современных высокопроизводительных вычислительных средств для решения таких задач. Повышение эффективности достигается за счет оптимизации спектральных каналов гиперспектрального зондирования и их увязки с ансамблями обучающих пикселей в разрабатываемых процедурах распознавания объектов.

Настоящий проект направлен на универсальные разработки междисциплинарного системного и фундаментального характера и в соответствии с Указом Президента РФ от 07.07.2011 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» в сфере приложений отвечает следующим ПРИОРИТЕТНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ:

1. Безопасность и противодействие терроризму (модели сценариев развития в природных и космических средах опасных процессов и наблюдение опасных объектов, в том числе последствий локальных ядерных взрывов или мощного лазерного оружия, приводящих к массовым пожарам и загрязнениям окружающей среды).
2. Индустрия наносистем (нанодиагностика природных и техногенных объектов, гиперспектральный подход).
3. Информационно-телекоммуникационные системы (супервычисления, суперкомпьютеры).
5. Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники (аэрокосмические системы космического землеобзора с разными тематическими приложениями).
6. Рациональное природопользование (влияние на экологическую и климатическую систему последствий естественно-природных и техногенных катастроф, а также антропогенного воздействия).
7. Транспортные и космические системы (системы аэрокосмического экологического мониторинга).

И следующим КРИТИЧЕСКИМ ТЕХНОЛОГИЯМ:

1. Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники.
8. Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии.
13. Технологии информационных, управляющих, навигационных систем.
19. Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения.

ПЛАНИРУЕМОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ:

1. Создание новых моделей, методов, алгоритмов, выработка рекомендаций.
2. Создание основ новых перспективных технологий.
3. Создание программных комплексов, обеспечивающих функционирование сложных систем.

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ:

2. Космические технологии, прежде всего связанные с телекоммуникациями, включая ГЛОНАСС и программу развития наземной инфраструктуры.

4.6.

4. Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров  
**Имеющийся у коллектива научный задел по предлагаемому проекту: полученные ранее результаты (с оценкой степени оригинальности), разработанные методы (с оценкой степени новизны)**

Современная промышленность в состоянии создать аппаратуру гиперспектрального зондирования на основе новейших достижений в использовании элементной базы ПЗС-матриц, формирующих изображения при установке аппаратуры на аэро- или космический носитель. Однако имеющееся программное обеспечение обработки данных соответствующей аппаратуры не позволяет обосновать реальную точность решения возникающих прикладных задач вследствие отсутствия необходимой базы вычислительных алгоритмов в увязке с шумовой составляющей конкретной аппаратуры, ее наземной калибровкой и радиометрической коррекцией. Как сказано выше, в традиционных подходах ориентируются на изобразительные свойства снимков, т.е. пространственное распределение регистрируемых яркостей. Данные гиперспектрального аэрокосмического зондирования позволяют использовать тонкую структуру регистрируемых спектров для повышения информационного содержания выходной продукции их обработки. Вместе с тем, большое число спектральных каналов усложняет проблему распознавания природно-техногенных объектов по данным гиперспектрального зондирования, так как данные этих каналов могут быть линейно или нелинейно зависимы. Следствие взаимной зависимости каналов – неустойчивость решаемых систем алгебраических уравнений, относящихся к разным каналам и обучающим пикселям (элементам разрешения), которые характеризуют выбранные классы объектов. Требуется доказательства использования некоррелированных каналов в процессе оптимизации всего набора измерительных данных гиперспектрального зондирования. В рамках данного проекта обосновывается оптимальное число каналов, способствующих решению задачи распознавания указанных объектов с обоснованной точностью. Тем самым устраняется существующий разрыв между глубокими теоретическими исследованиями проблем распознавания объектов в различных предметных областях и упрощенным программным обеспечением, используемым в приложениях данных дистанционного зондирования для решения региональных прикладных задач. Разработанные методы обладают новизной и способствуют повышению эффективности компьютерных технологий обработки данных аэрокосмического мониторинга при оптимизации числа спектральных каналов и применении вычислительных процедур обучения используемых классификаторов по тестовой выборке. При этом в дополнение к традиционным процедурам прохождения изображения с помощью «окна» определенных размеров затрагиваются также такие новации, как использование моделей Марковских случайных полей при нахождении априорных вероятностей встречаемости классов для каждого элемента разрешения обрабатываемого изображения.

4.7.1

**Список основных публикаций коллектива, наиболее близко относящихся к предлагаемому проекту (каждая с новой строки)**

Козодеров В.В. Особенности реализации моделей оценки фитомассы растительности по наблюдениям из космоса. Исследование Земли из космоса, 2006, №2, с.79-88.

Кондранин Т.В., Козодеров В.В., Топчиев А.Г., Головкин В.А., Косолапов В.С. Информационное обеспечение задач оценки состояния природно-техногенной сферы с использованием данных космического и локального мониторинга. Сб. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», 2006, вып.3, том 1. М., изд. ООО «Азбука-2000», с.185-191.

Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Косолапов В.С., Головкин В.А., Дмитриев Е.В. Восстановление объема фитомассы и других параметров состояния почвенно-растительного покрова по результатам обработки многоспектральных спутниковых изображений. Исследование Земли из космоса, 2007, №1, с.57-65.

Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Егоров В.Д., Борзяк В.В. Инновационная технология обработки многоспектральных космических изображений земной поверхности. Исследование Земли из космоса, 2008, №1, с.56-72.

Kozoderov V.V., Dmitriev E.V. Remote sensing of soils and vegetation: regional aspects. International Journal of Remote Sensing, 2008, v.29, No.9, p.2733-2748.

Козодеров В.В., Кондранин Т.В. Методы оценки состояния почвенно-растительного покрова по данным оптических систем дистанционного аэрокосмического зондирования. М., изд. МФТИ, 2008, 222 с.

Кондранин Т.В., Козодеров В.В., Казанцев О.Ю., Бобылев В.И., Борзяк В.В., Дмитриев Е.В., Егоров В.Д., Каменцев В.П., Беляков А.Ю. Технология оценки состояния объектов природно-техногенной сферы по данным аэрокосмического мониторинга. Сб. «Современные проблемы

дистанционного зондирования Земли из космоса». М., изд. ООО «Азбука-2000», 2008, вып.5, т. 2, с.512-522.

Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Казанцев О.Ю., Бобылев В.И., Щербаков М.В., Борзяк В.В., Дмитриев Е.В., Егоров В.Д., Каменцев В.П., Беляков А.Ю., Логинов С.Б. Обработка и интерпретация данных гиперспектральных аэрокосмических измерений для дистанционной диагностики природно-техногенных объектов. Исследование Земли из космоса, 2009, №2, с.36-54.

Кондранин Т.В., Козодеров В.В., Казанцев О.Ю., Бобылев В.И., Борзяк В.В., Дмитриев Е.В., Егоров В.Д., Каменцев В.П., Беляков А.Ю., Логинов С.Б. Повышение информативности данных многоспектрального аэрокосмического дистанционного зондирования при решении прикладных задач количественной оценки состояния природно-техногенных объектов. Сб. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М., изд. ООО «Азбука-2000», 2009, вып.6, т.1, с.206-215.

Козодеров В.В., Дмитриев Е.В. Аэрокосмическое зондирование почвенно-растительного покрова: модели, алгоритмическое и программное обеспечение, наземная валидация. Исследование Земли из космоса, 2010, №1, с.59-76.

Кондранин Т.В., Козодеров В.В., Казанцев О.Ю., Бобылев В.И., Дмитриев Е.В., Егоров В.Д., Каменцев В.П., Борзяк В.В. Проблемы классификации гиперспектральных аэрокосмических изображений. Сб. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М., изд. «ДоМир», 2011, вып.8, т.1, с.90-98.

Козодеров В.В., Дмитриев Е.В., Егоров В.Д., Борзяк В.В. Вычислительные аспекты построения классификаторов разной сложности при обработке гиперспектральных аэрокосмических изображений. Сб. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М., изд. «ДоМир», 2011, вып.8, т.3, с.55-63.

Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Каменцев В.П. Исследование лесных и торфяных пожаров по данным гиперспектрального аэрозондирования. Исследование Земли из космоса, 2011, №5, с.70-79.

Kozoderov V.V., Dmitriev E.V. Remote sensing of soils and vegetation: pattern recognition and forest stand structure assessment. International Journal of Remote Sensing. 2011, 32, p.5699-5717.

Козодеров В.В., Егоров В.Д. Распознавание растительности по данным гиперспектрального аэрозондирования. Исследование Земли из космоса, 2011, № 3, с.40-48.

Козодеров В.В., Дмитриев Е.В., Каменцев В.П., Каркач А.С. Программно-алгоритмическое обеспечение решения задачи распознавания природно-техногенных объектов по гиперспектральным аэрокосмическим изображениям. Сб. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М., изд. «ДоМир», 2012, вып.9, т.3, с.55-64.

#### 4.7.2

##### **Список основных (не более 5) публикаций руководителя проекта в рецензируемых журналах за последние 3 года (независимо от их тематики; каждая с новой строки)**

Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Райкунов Г.Г., Казанцев О.Ю., Белоцерковский А.В., Асташкин А.А., Бобылев В.И., Дмитриев Е.В., Каменцев В.П., Борзяк В.В., Щербаков М.В., Лесуновский А.А. Аэрокосмическая гиперспектрометрия: летные испытания аппаратуры, программно-алгоритмическое обеспечение обработки данных. Исследование Земли из космоса, 2010, №5, с.59-68.

Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Каменцев В.П. Исследование лесных и торфяных пожаров по данным гиперспектрального аэрозондирования. Исследование Земли из космоса, 2011, №5, с.70-79.

Козодеров В.В., Дмитриев Е.В. Дистанционное зондирование лесного покрова: инновационный подход. Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник, 2012, №1, с.19-33.

Козодеров В.В. Применение данных оптического дистанционного зондирования для изучения природно-климатических процессов. Климат и природа, 2012, №2 (3), с.3-16.

Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Казанцев О.Ю., Персев И.В., Щербаков М.В. Обработка данных гиперспектрального аэрокосмического зондирования. Исследование Земли из космоса, 2012, №5, с.3-11.

#### 4.8.

##### **Перечень оборудования и материалов, имеющихся у коллектива для выполнения проекта**

В МФТИ для выполнения проекта имеются объединенные в локальную сеть 3 кластера: 2 - на базе 12 и 16 РС соответственно производительностью 200 и 300 Мегафлоп; кластер с пиковой производительностью 6 Терафлоп. ОС – Linux. Лицензионное специальное программное обеспечение обработки изображений. В ИВМ РАН коллектив имеет доступ на кластер SGI Altix 1300 на базе 4-ядерных процессоров Intel Xeon5355 с пиковой производительностью 1,5 Тфлопс. У всех участников проекта имеются персональные компьютеры, на которых реализуются

предлагаемые алгоритмы и программы обработки многоспектральных и гиперспектральных аэрокосмических изображений.

**4.9.1. Перечень оборудования и материалов, которые необходимо дополнительно приобрести, изготовить или отремонтировать для успешного выполнения проекта; обосновать необходимость его приобретения**

Для успешного выполнения проекта необходимо приобрести:

- 4-х ядерный персональный компьютер с оперативной памятью 4 Гб, RAID-массив жестких дисков суммарной емкостью 4 Тбайт с возможностью объединения в сеть со скоростью передачи 1 Гбит/с и улучшенной системой визуализации результатов обработки;

- ноутбук hp EliteBook 8540w <WH138AW#ACB> i7 620M(2.66)/4096/320/DVD-RW/FX880M/WiFi/BT/cam/Win7Pro/15.6"/2.89 кг;

- 12-элементная батарея сверхвысокой емкости (AT486AA) - для обеспечения бесперебойной работы ноутбука при работе в отсутствие внешних источников питания.

Указанный персональный компьютер необходим для отладки предлагаемого комплекса программ обработки данных гиперспектрального зондирования с использованием спектральных и текстурных признаков распознавания объектов. Отлаженный комплекс алгоритмического и программного обеспечения далее реализуется на указанных кластерах. Ноутбук требуется для сбора и систематизации данных самолетной гиперспектрометрии и наземных экспедиционных обследований выбранной территории, демонстрационных целей показа отдельных элементов разрабатываемого аппаратно-программного комплекса.

**4.9.2. Перечень командировок (в том числе зарубежных), необходимых для выполнения проекта. Обосновать их необходимость и указать приблизительную стоимость.**

Ижевск, Международная конференция «Леса Евразии». Планируется обсуждение приложений данных аэрокосмической гиперспектрометрии для распознавания породного состава лесных экосистем и оценки их биологической продуктивности. Стоимость командировки – 50000 руб.

Новороссийск, Всероссийская конференция «Современные проблемы математического моделирования». Будет представлен коллективный доклад участников данного проекта по созданию математического аппарата, реализующего современные вычислительные процедуры обработки аэрокосмических изображений высокого спектрального и пространственного разрешения. Стоимость командировки – 40000 руб.

Санкт-Петербург, МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ “АТМОСФЕРНАЯ РАДИАЦИЯ и ДИНАМИКА” (МСАРД–2013), 1 – 4 июля 2013 г., С. Петербург-Петродворец. Стоимость командировки – 40000 руб.

**4.10.1. Сроки проведения экспедиции по тематике проекта, если это необходимо (месяц начала, год – месяц окончания, год)**

Незаполнено - Незаполнено

**4.10.2. Запрашиваемая стоимость экспедиции (в руб.)**

**4.10.3. Регион проведения экспедиции**

**4.10.4. Название района проведения экспедиции в составе региона**