

Конференция ИКИ РАН 16 - 20 ноября 2020 года

**РАСПОЗНАВАНИЕ ТИПОВ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
ПО ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫМ САМОЛЕТНЫМ И МНОГОКАНАЛЬНЫМ
СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ.
ОРИГИНАЛЬНЫЙ ПОДХОД И НЕКОТОРЫЕ СТАНДАРТНЫЕ МЕТОДЫ:
СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОЦЕНКА ИХ ТОЧНОСТИ**

В.Д. Егоров

Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН, Москва

E-mail: egorov@inm.ras.ru

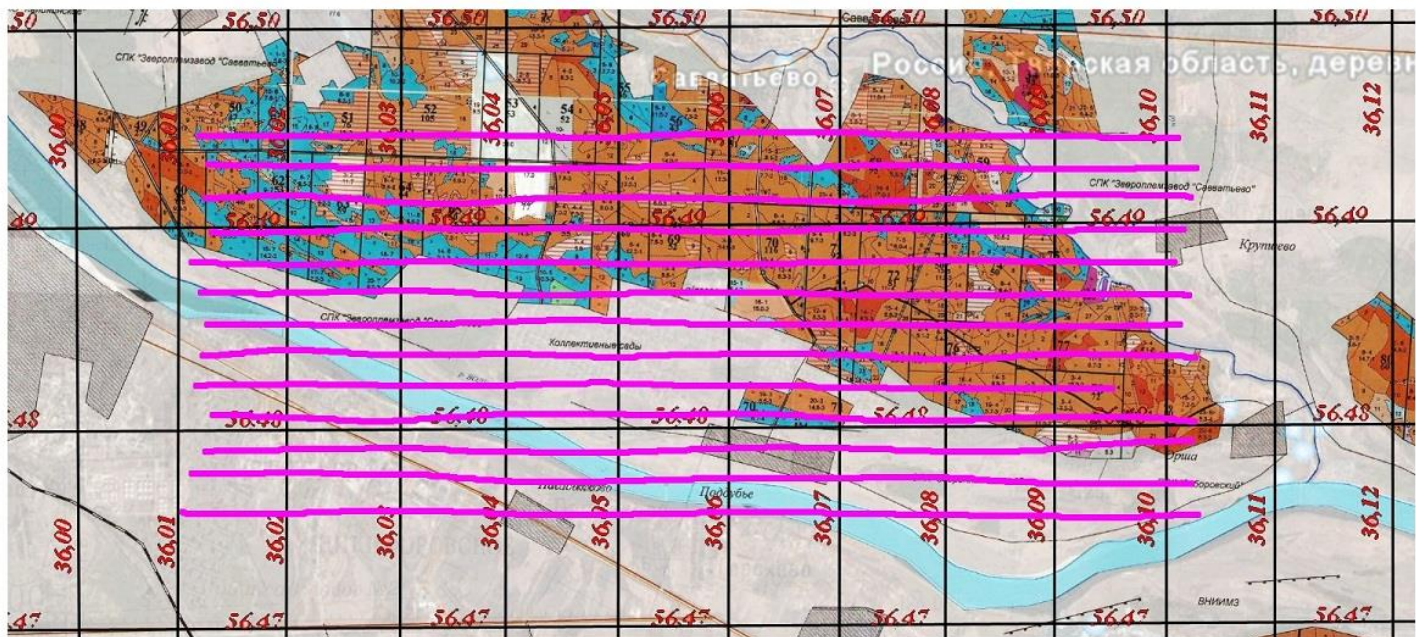


Рис. 1. Изображены треки самолетных измерений в районе Савватьевского лесничества вблизи г. Твери, на которых в июле-августе 2011 г. осуществлены гиперспектральные измерения ГСК 290 каналов: все данные измерений представлены в виде стандартных фрагментов 1800 x 500 пикселей для использования в разработанной ранее автоматизированной системе обработки гиперспектральных данных.

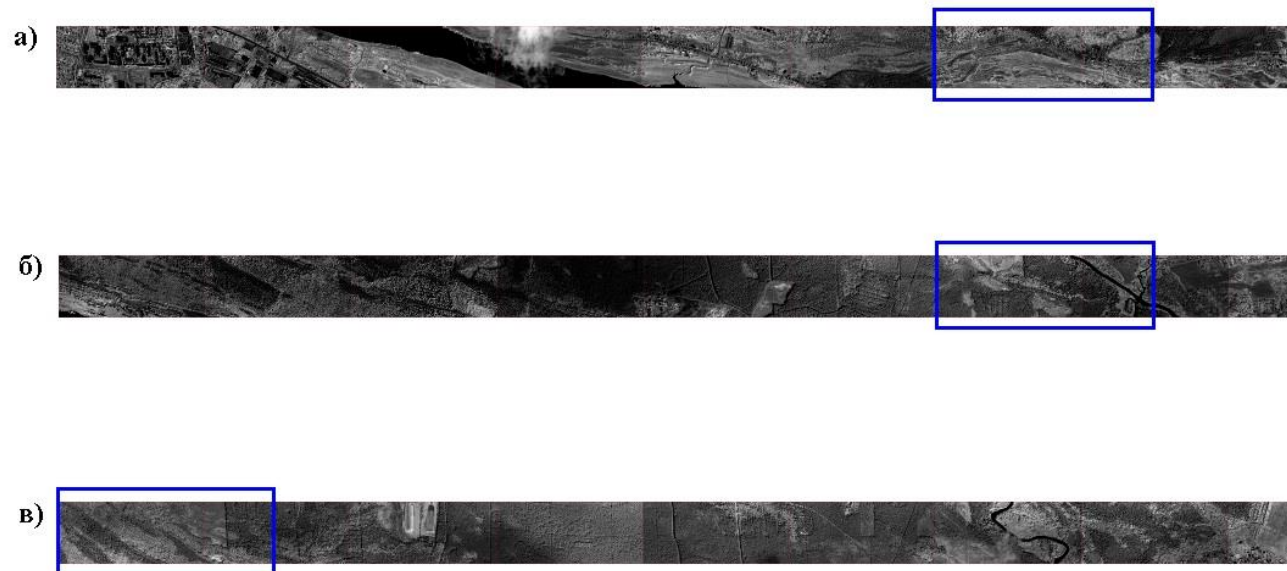


Рис. 2. Фрагменты самолетных треков а) 2011_08_12_11_04_17, б) 2011_08_12_11_46_25, в) 2011_08_12_11_59_25, (каждый размером 1800 x 500 пикселей), на которых осуществлены расчеты распознавания типов лесной растительности по гиперспектральным измерениям ГСК 290 как по разработанной ранее схеме по параметру смещения области перехода (ПС) и интегральной яркости (ИЯ) с осреднением по группам спектров, так и с использованием квадратичного дискриминантного анализа (QDA).



Рис. 3. Этот же трек с выделенным на нем одним из фрагментов, подвергнутых изучению.
Каждый трек разбивался на 6 фрагментов размера примерно 1800 x 500 пикселей.



Рис. 4. Выделенный фрагмент с предыдущего рисунка крупным планом, представленный в виде синтезированного системой RGB - изображения на трех каналах в видимой части спектра.

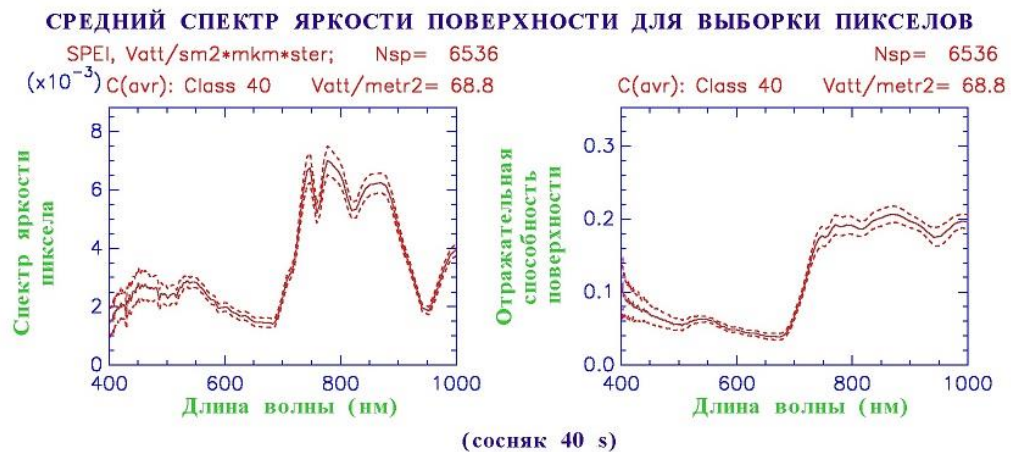


Рис. 5. Изображены автоматически оцифрованные системой по выбранному участку, обведенному контуром, с фрагмента рис. 4 и осредненные по этому участку функции спектральной яркости с представлением дисперсий. Участок соответствует **сосновому типу** лесной поверхности и содержит 6536 спектров.

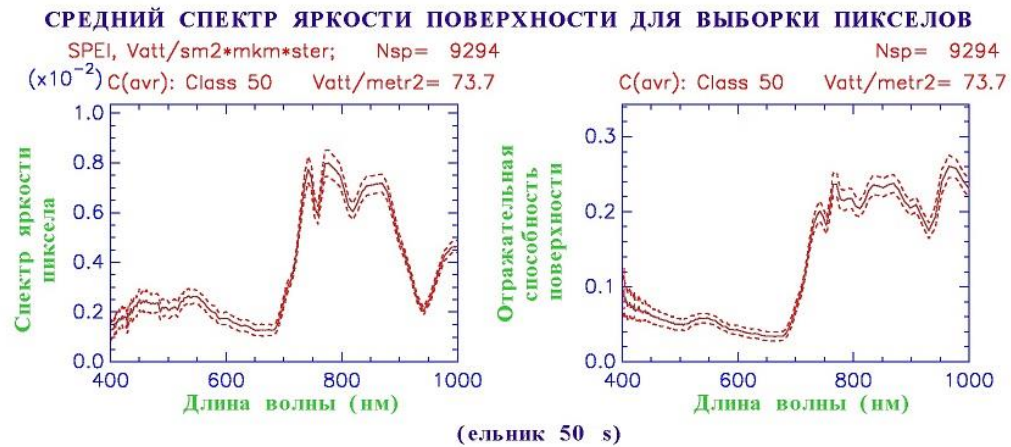


Рис. 6. Изображены автоматически оцифрованные системой по выбранному участку, обведенному контуром, с фрагмента рис. 4 и осредненные по этому участку функции спектральной яркости с представлением дисперсий. Участок соответствует еловому типу лесной поверхности и содержит 9294 спектра.

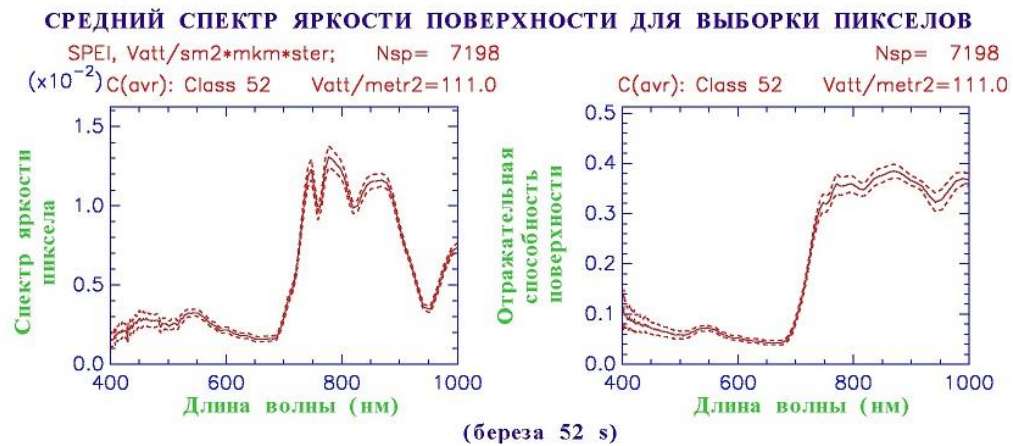


Рис. 7. Изображены автоматически оцифрованные системой по выбранному участку, обведенному контуром, с фрагмента рис. 4 и осредненные по этому участку функции спектральной яркости с представлением дисперсий. Участок соответствует березовому типу лесной поверхности и содержит 7198 спектров.

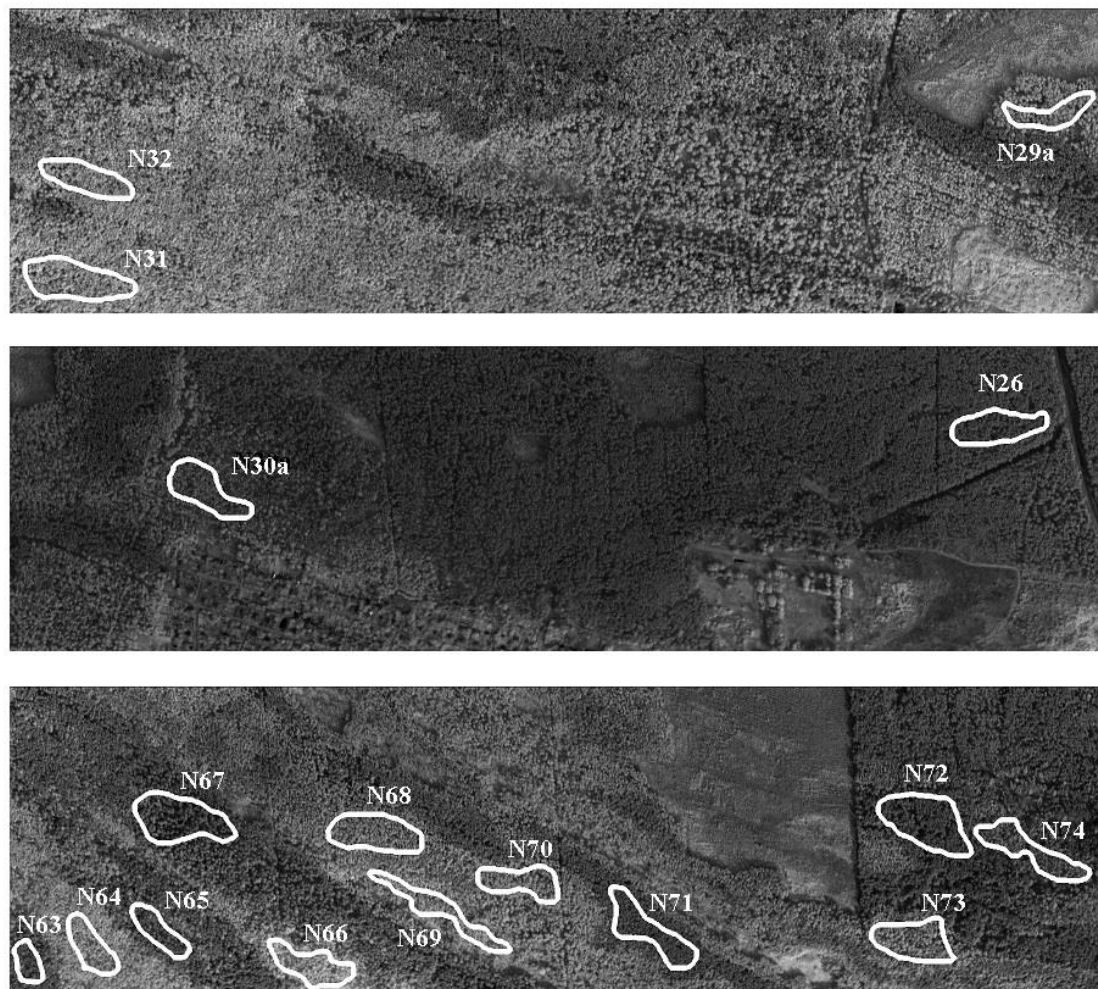


Рис. 8. Приведены три фрагмента самолетных треков с выбранными на них участками, по которым была проведена обработка спектров - всего же было обработано свыше 100 участков с последующим отбором 40 из них для создания базы знаний о спектрах системы распознавания типа лесной поверхности

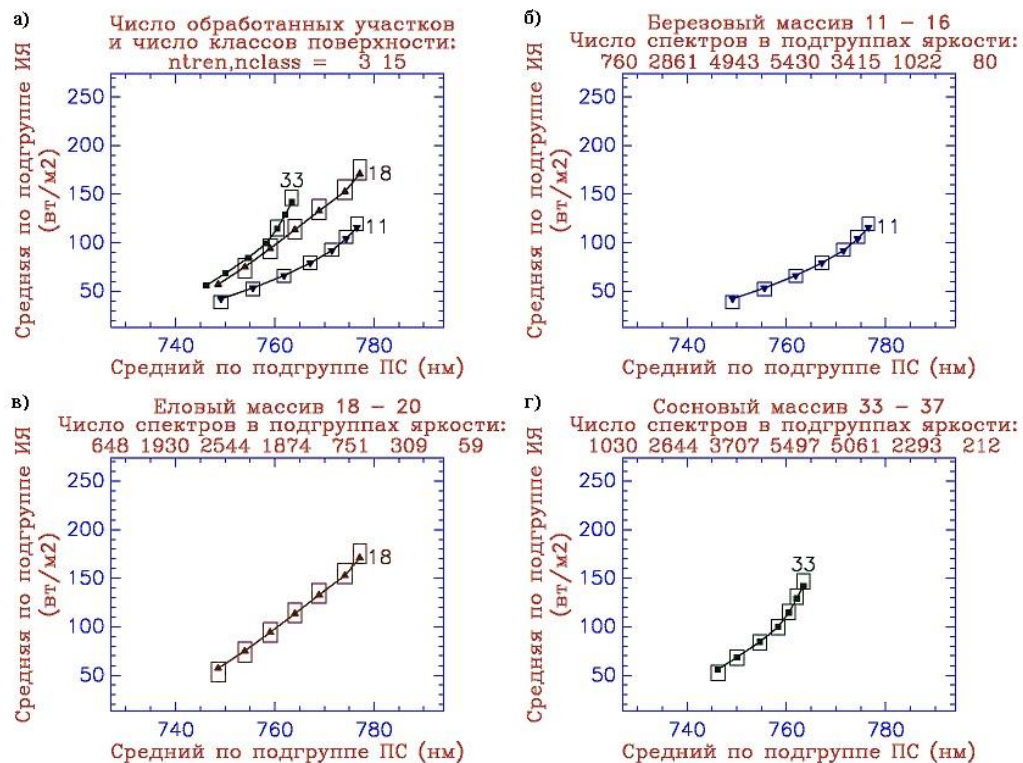


Рис. 9. а) Наложение диаграмм "интегральная яркость (ИЯ) - параметр смещения (ПС) области перехода" с расчетом числа классов поверхности; б), в), г) налагаемые диаграммы с представлением доверительных интервалов по расчетам средних характеристик ИЯ и ПС по подгруппам спектров со следующих участков гиперспектральных измерений:
 б) объединение данных о спектрах с шести участков №30, №29, №30а, №29а, №31, №32 трек 114625 (березняк),
 в) объединение данных о спектрах с трех участков №50 трек 110417, №27, №28 трек 114625 (ельник),
 г) объединение данных о спектрах с пяти участков №40, №42, №44, №46, №48 трек 110417 (сосняк).

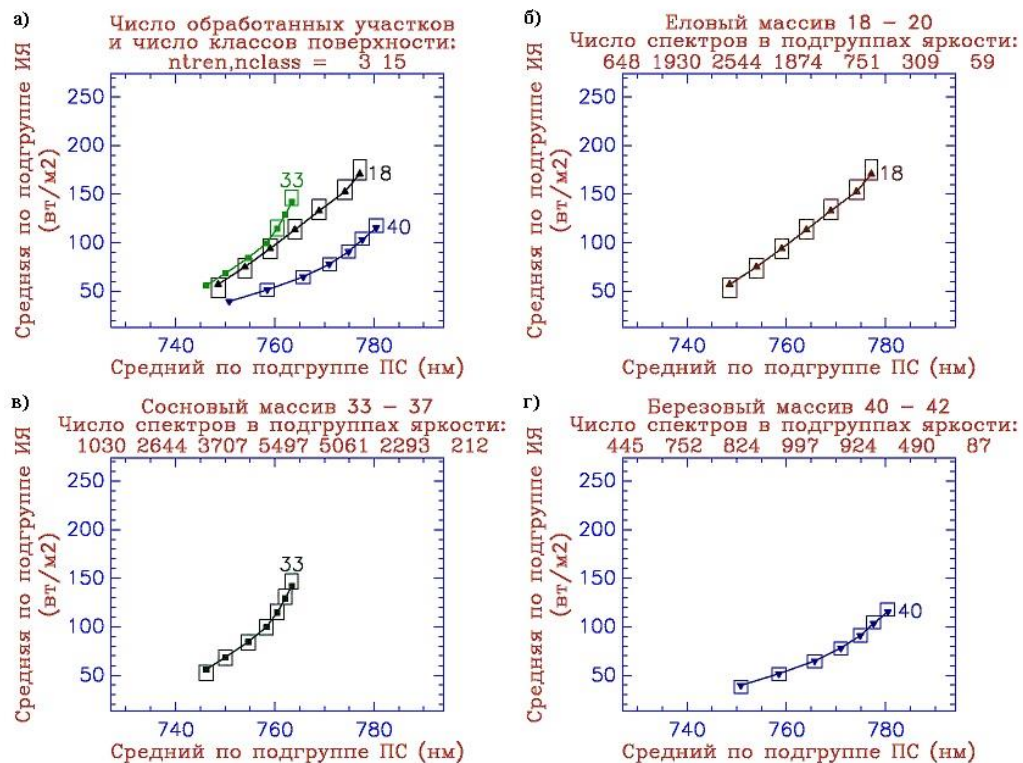


Рис.10. а) Наложение диаграмм "интегральная яркость (ИЯ) - параметр смещения (ПС) области перехода" с расчетом числа классов поверхности; б), в), г) налагаемые диаграммы с представлением доверительных интервалов по расчетам средних характеристик ИЯ и ПС по подгруппам спектров со следующих участков гиперспектральных измерений:
 б) объединение данных о спектрах с трех участков №50 трек 110417, №27, №28 трек 114625 (ельник),
 в) объединение данных о спектрах с пяти участков №40, №42, №44, №46, №48 трек 110417 (сосняк).
 г) объединение данных о спектрах с трех участков №81, №82, №83 трек 115925 (березняк),

трек 110417 (fr5) (290 каналов , данные августа 2011 г.)

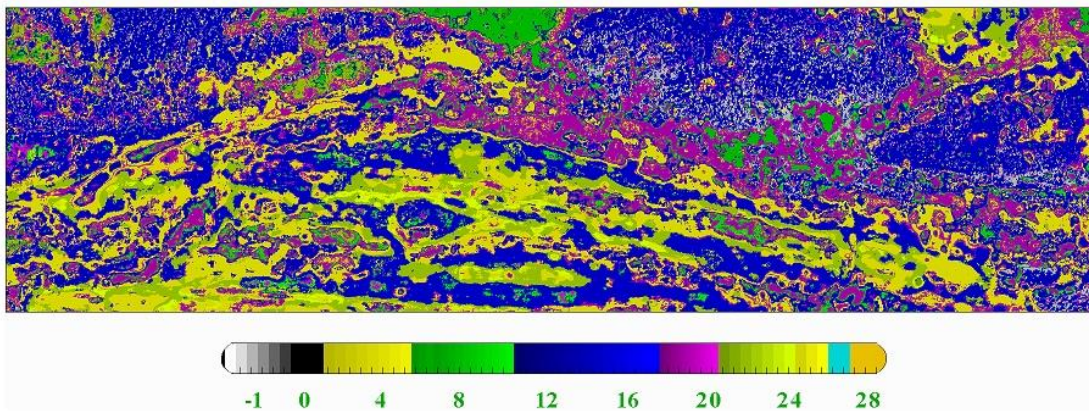


Рис.11. а) Пример результатов распознавания типов лесной растительности по предложенной схеме попиксельного и текстурного распознавания типов подстилающей поверхности: обозначены тонами синего цвета - березовый тип поверхности, тонами зеленого цвета - сосновый тип поверхности, тонами фиолетового цвета - еловый тип поверхности, интенсивность окраски связана с возрастным составом лесных пород.

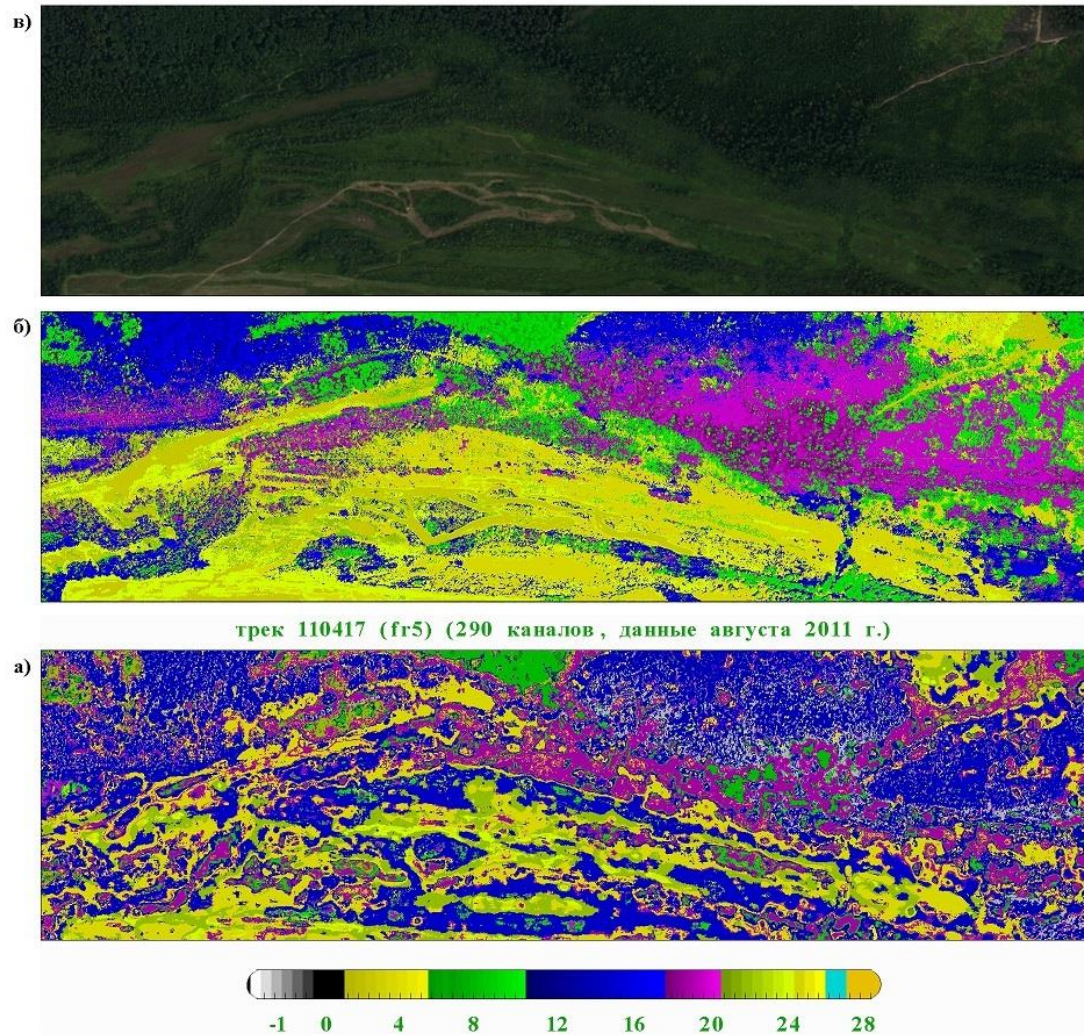


Рис.12. а) Результат распознавания типов лесной растительности для фрагмента №5 самолетного трека 110417 по разработанной комбинированной схеме (по ИЯ и ПС), б) результат классификации типов поверхности по гиперспектральным данным с использованием квадратичного дискриминантного анализа (QDA), в) RGB - изображение фрагмента, сгенерированное системой.

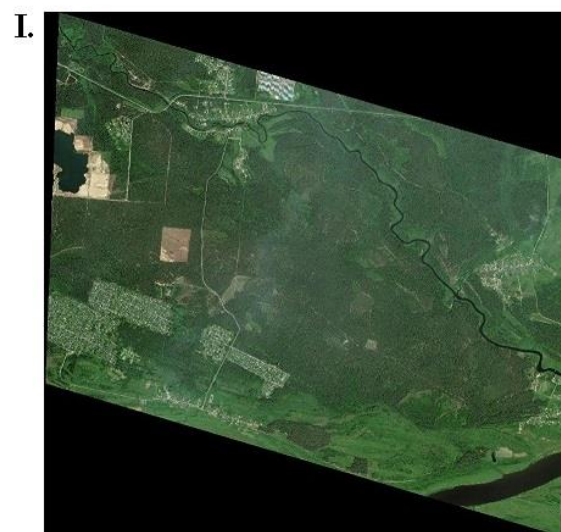
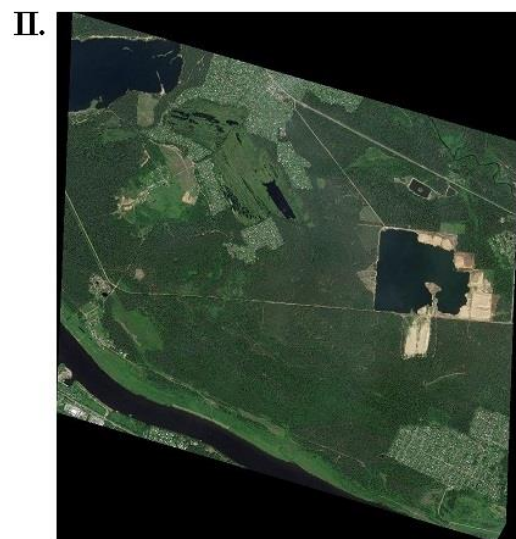


Рис. 13. Представлены две полученные сцены (8-ми каналные изображения) спутника WorldView2 в районе Савватьевского лесничества вблизи г. Твери: сцена I (3409 x 3368 пикселей) и сцена II (2743 x 3142 пиксела).

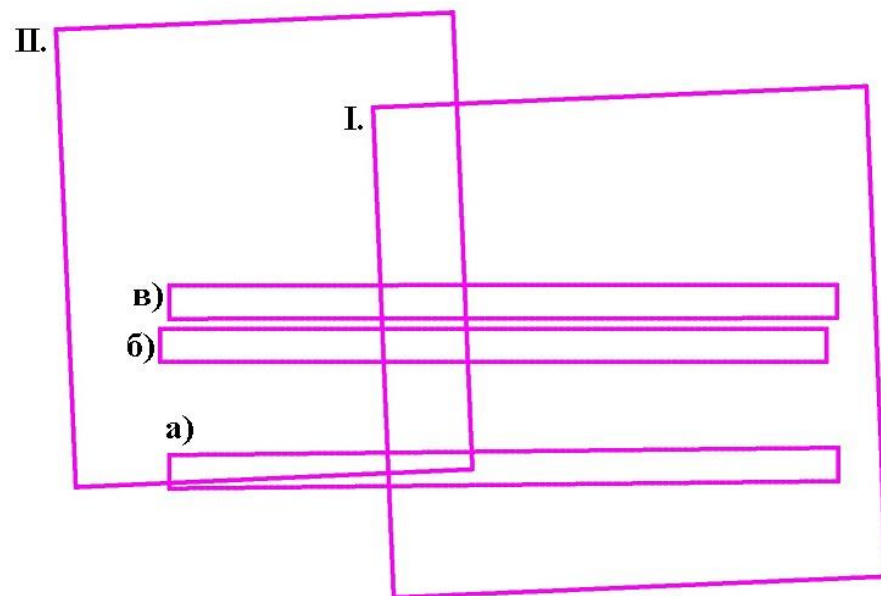


Рис. 14. Схематически представлено расположение в пространстве двух спутниковых изображений: сцены I и сцены II и трех самолетных треков а) Tr110817, б) Tr114625, в) Tr115925.

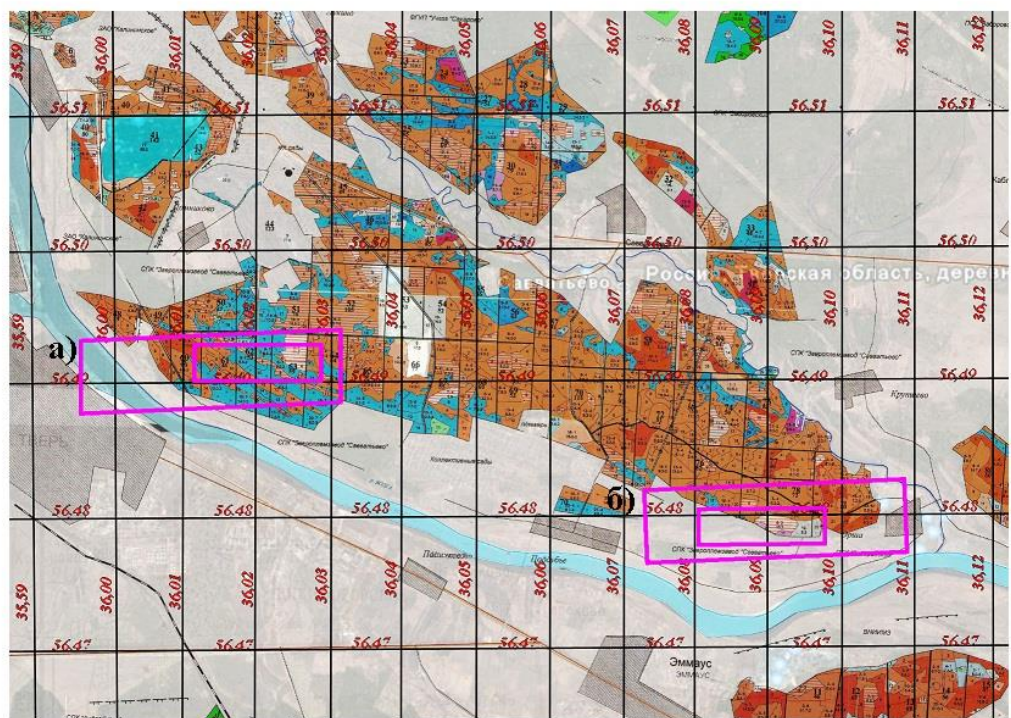


Рис. 15. Выбранные фрагменты спутниковых изображений размера 1800 x 500 пикселей, покрывающие ранее введенные фрагменты самолетных треков: а) трек 114625 фрагмент 1, б) трек 110417 фрагмент 5.



Рис. 16. Отображение выбранных ранее эталонных участков типов поверхности самолетной съемки на спутниковую систему координат: в) оцифрованный ранее участок фрагмента самолетного трека, б) автоматический перенос контура участка через GPS геопривязку на спутниковую систему координат, а) автоматическая оцифровка спутниковых спектров в пределах контура.

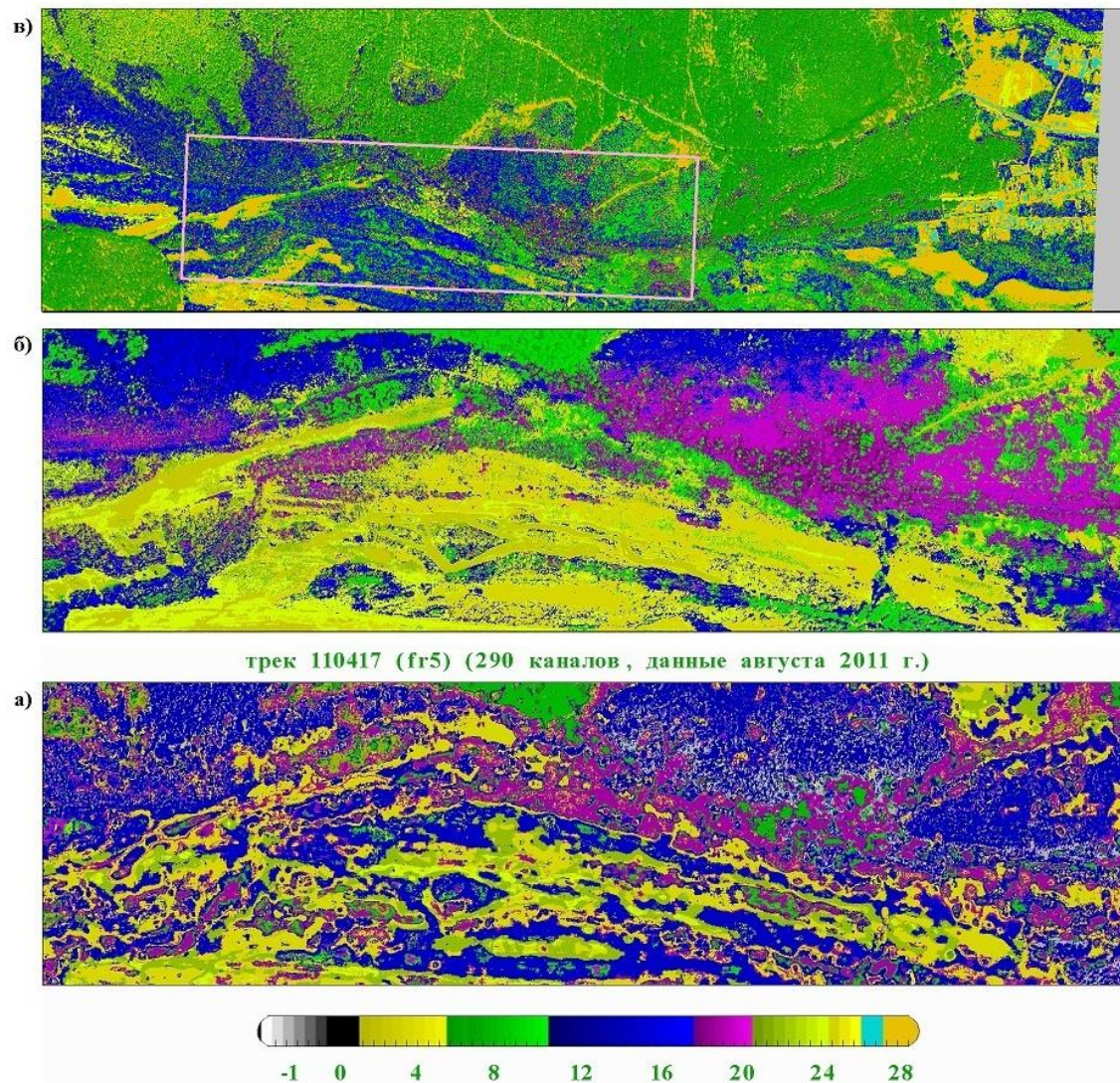


Рис. 17. а) Ранее полученный результат распознавания типов растительной поверхности по смещениям области перехода спектров (Tr110417 Fr5), б) результат расчета по статистической модели QDA по самолетным гиперспектральным данным, в) результат расчета распознавания типов поверхности по статистической модели QDA по спутниковым данным World View 2.

О ТОЧНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ - КЛАССИФИКАЦИИ ТИПОВ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ
ПО ДАННЫМ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРИМЕНЯЕМЫМИ МЕТОДАМИ

1) VW1 23 classes from tr110417fr5

qdaResubErrSpe = 2.2882e-005

K-fold cross validation partition

N: 43702

NumTestSets: 10

TrainSize: 39332 39331 39331 39332 39332 39332 39332 39332 39332 39332

TestSize: 4370 4371 4371 4370 4370 4370 4370 4370 4370 4370

ldaCVerErr = 0.2176

qdaCVerErr = 0.1695

2) WABW1 28 classes from tr110417fr5

qdaResubErrSpe = 1.8403e-005

K-fold cross validation partition

N: 54340

NumTestSets: 10

TrainSize: 48906 48906 48906 48906 48906 48906 48906 48906 48906 48906

TestSize: 5434 5434 5434 5434 5434 5434 5434 5434 5434 5434

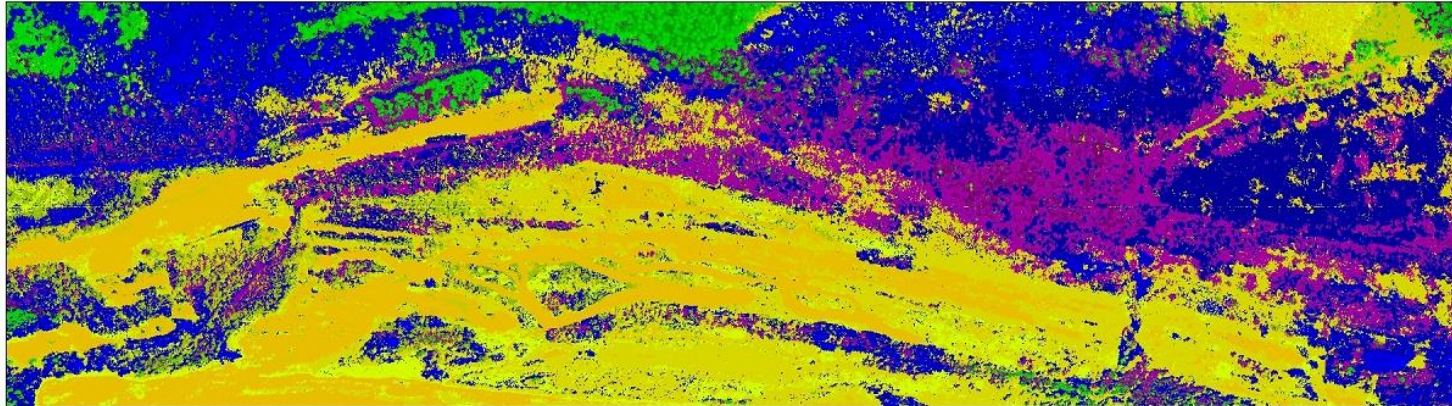
ldaCVerErr = 0.1893

qdaCVerErr = 0.1395

Таблица I. Представлены оценки точности классификации тестом кросс валидации для двух используемых в работе баз данных обучения 1) и 2) для одного и того же тестируемого фрагмента Tr110417fr5: показана возможность улучшения точности распознавания - классификации типов поверхности в зависимости от используемой базы данных обучения.

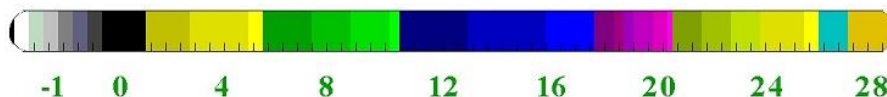
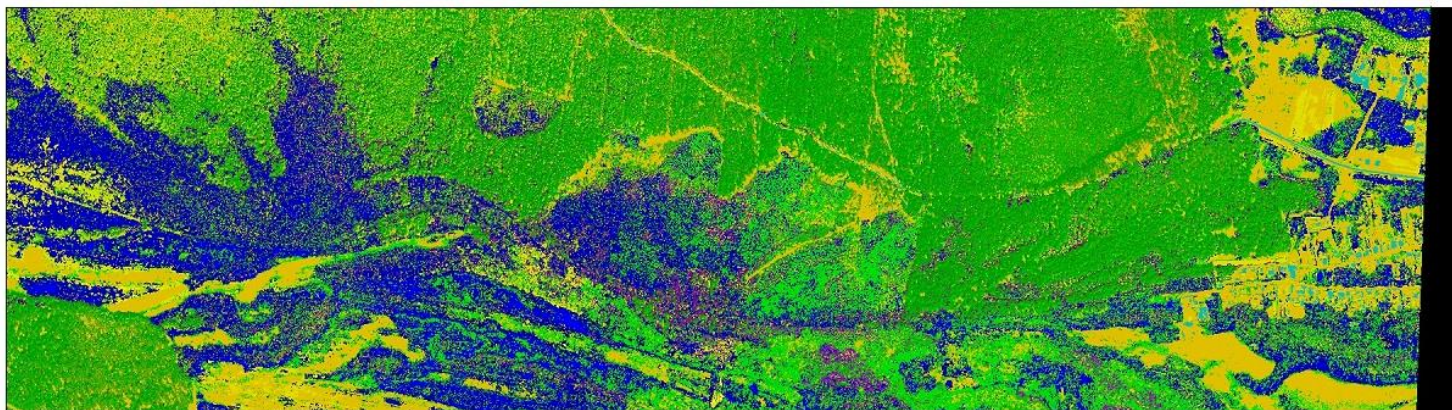
Фрагмент трека	Комбинированная схема (SHI) и метод оценки	Комбинированная схема (SHI) и метод оценки	Квадратичный дискриминантный анализ (QDA) и метод оценки	Квадратичный дискриминантный анализ (QDA) и метод оценки
	Точность прблжения по критерию распознавания	Точность распознавания	Точность классификации (кросс валидация)	Точность разделения данных обучения по классам
Tr110417fr5	9.879E-04	0.2077	0.2376	1.1182E-005
Tr114625fr5	6.494E-04	0.2594	0.2724	8.1603E-006
Tr115925fr1	8.571E-04	0.1631	0.2684	1.4677E-005

Таблица II. Предварительная оценка точности распознавания - классификации разными методами по результатам расчетов по комбинированной модели и квадратичным дискриминантным анализом типов лесной растительности по дистанционным гиперспектральным данным для трех выделенных фрагментов 1800x500 пикселей самолетных треков а), б), в) рис. 2.



Распознавание типов лесной поверхности по 28 классам обучения с применением статистического метода (квадратичный дискриминантный анализ, R2017b) по самолетным гиперспектральным данным в диапазоне 400 - 1000 нм; классы расположены по возрастанию яркости (величины смещения), (0-2)- вода, (3-5)- грунтовая поверхность, (6-20)- лесная растительность разного возрастного состава:(6-10)- сосновая, (11-17)- березовая, (18-20)- еловая; (21-24)- вырубка, (25)- болото, (26)- луговая растительность, (27)- дорожное покрытие твердого типа, (28)- карьер, (-1)- объект не распознан.

Рис.18. Результаты расчета распознавания типов растительного покрова, осуществленные в 2018 году на фрагменте 1800x500 пикселей: 1) по самолетным гиперспектральным данным 2011-2016 гг. Осуществлен метод квадратичного дискриминантного анализа. Причем 287 гиперспектральных каналов самолетной съемки свернуты по диапазону длин волн к 8 каналам спутника WorldView2. Точность проведенного расчета (**cross validation**) составляет **10%**.



Распознавание типов лесной поверхности по 28 классам обучения с применением статистического метода (квадратичный дискриминантный анализ, R2017b) по многоканальным спутниковым данным World View 2 в диапазоне 400 - 1040 нм; классы расположены по возрастанию яркости (величины смещения), (0-2)- вода, (3-5)- грунтовая поверхность, (6-20)- лесная растительность разного возрастного состава:(6-10)- сосновая, (11-17)- березовая, (18-20)- еловая; (21-24)- вырубка, (25)- болото, (26)- луговая растительность, (27)- дорожное покрытие твердого типа, (28)- карьер, (-1)- объект не распознан.

Рис.19. Результаты расчета распознавания типов растительного покрова, осуществленные в 2018 году на фрагменте 1800x500 пикселей: 2) по спутниковым многоканальным данным 2017 г. Осуществлен методом квадратичного дискриминантного анализа. Использованы данные на 8 каналах спутника WorldView2. Точность проведенного расчета (**cross validation**) составляет 22%.

НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ

- а) Результаты расчетов по распознаванию типов лесной растительности по дистанционным спутниковым многоканальным данным WorldView 2 и самолетным гиперспектральным данным по разработанной ранее комбинированной схеме распознавания (SHI) и с использованием методов линейного (LDA) и, особенно, квадратичного (QDA) дискриминантного анализа сопоставимы.**
- б) Использование спутниковых данных World View 2 в большей степени позволяет осуществлять расчеты распознавания типов поверхности по одной базе данных обучения для разных фрагментов с одного изображения (в сравнении с использованием самолетных данных для QDA).**
- в) Использование квадратичного дискриминантного анализа для самолетных данных требует, как правило, создания индивидуальной базы обучения под каждый конкретный изучаемый фрагмент.**
- г) Комбинированная схема (SHI) позволяет осуществлять расчеты распознавания типов поверхности по одной базе данных обучения для разных фрагментов с разных треков. Повышение ее точности достигается, например, переходом от попиксельного распознавания к распознаванию каждого пиксела вместе с соседними (т.е. окошком 3x3, 5x5 пикселей и т.д.)**
- д) Точность распознавания во всех случаях в значительной степени определяется выбором подходящей базы обучения системы распознавания.**

Спасибо

за внимание !