

Развитие метода выявления возделываемых пахотных земель по многолетним рядам спутниковых данных MODIS

Плотников Д.Е., Барталёв С.А., Лупян Е.А., Уваров И.А.

Институт космических исследований РАН

Москва 2008



Задачи

- разработка автоматического метода регулярного картографирования пахотных земель на основе алгоритма локально-адаптивной классификации с обучением;
- создание маски пахотных земель на основе этого метода на всю территорию России

Данные

Используются данные с прибора MODIS, спутник TERRA

- оперативность: несколько наблюдений в сутки
- среднее разрешение: 250 метров
 - 1 канал: 620 – 670 nm (красный)
 - 2 канал: 841 – 876 nm (ближний ИК)
- покрытие: ежедневное глобальное, в том числе всей территории России

Данные хранятся в виде многолетних архивов, что позволяет создавать длинные временные серии, основанные на ежедневных данных

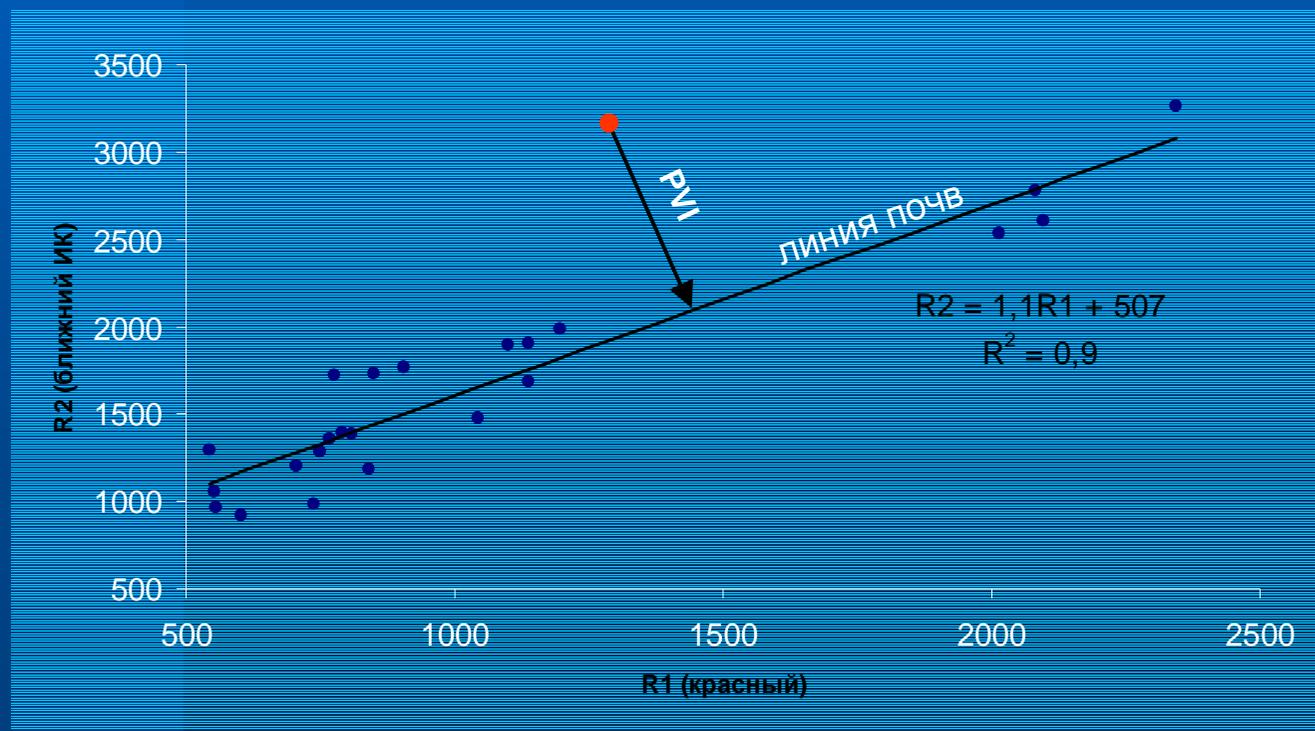
Предобработка

- на этапе предобработки происходит создание многодневных композитных изображений, очищенных от влияния снега и облачности

В работе использовались недельные композитные изображения с разрешением 250 метров (1 и 2 канал)

Индекс

В работе используется перпендикулярный вегетационный индекс PVI, который наилучшим образом подходит для задач мониторинга сельскохозяйственной растительности, т.к. он не зависит от типа почв, а только от накопленной биомассы.



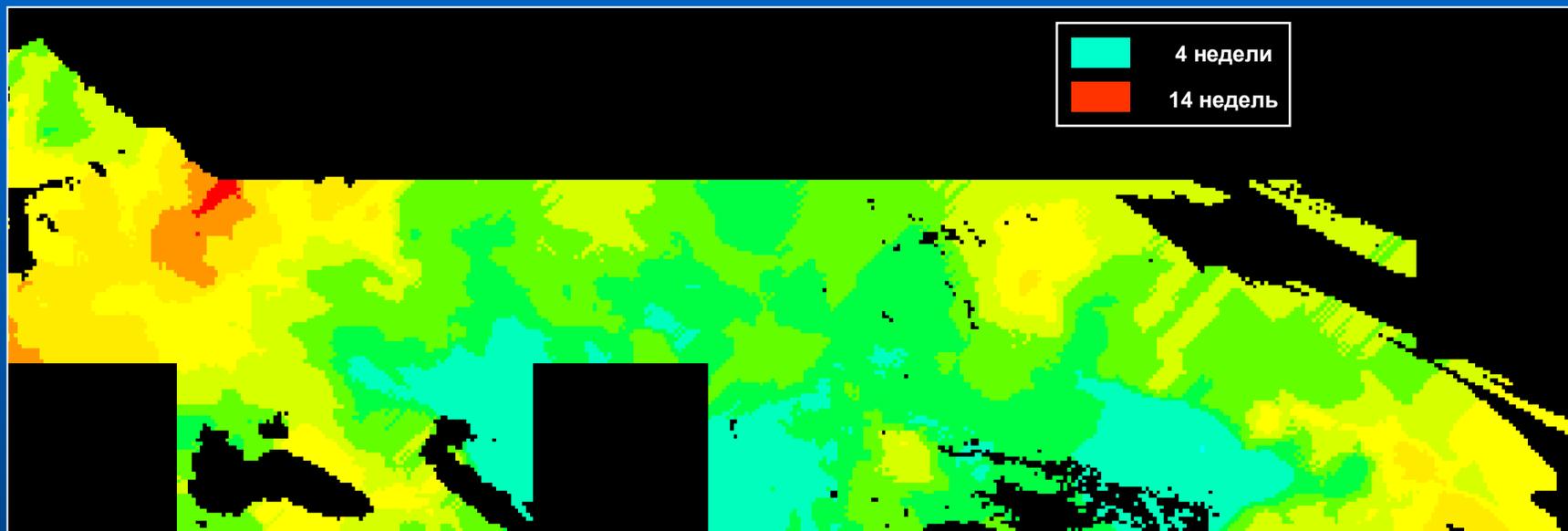
Классификация с обучением



- классификатор основан на локально-адаптивном подходе, что позволяет проводить классификацию в многомерном пространстве признаков на основе статистики, собранной с фиксированным шагом (25 км) и сохраненной в сигнатурах;

- классификатор может работать и в случае неполного задания одного из признаков (т.е. если признак имеется только на часть анализируемой территории)

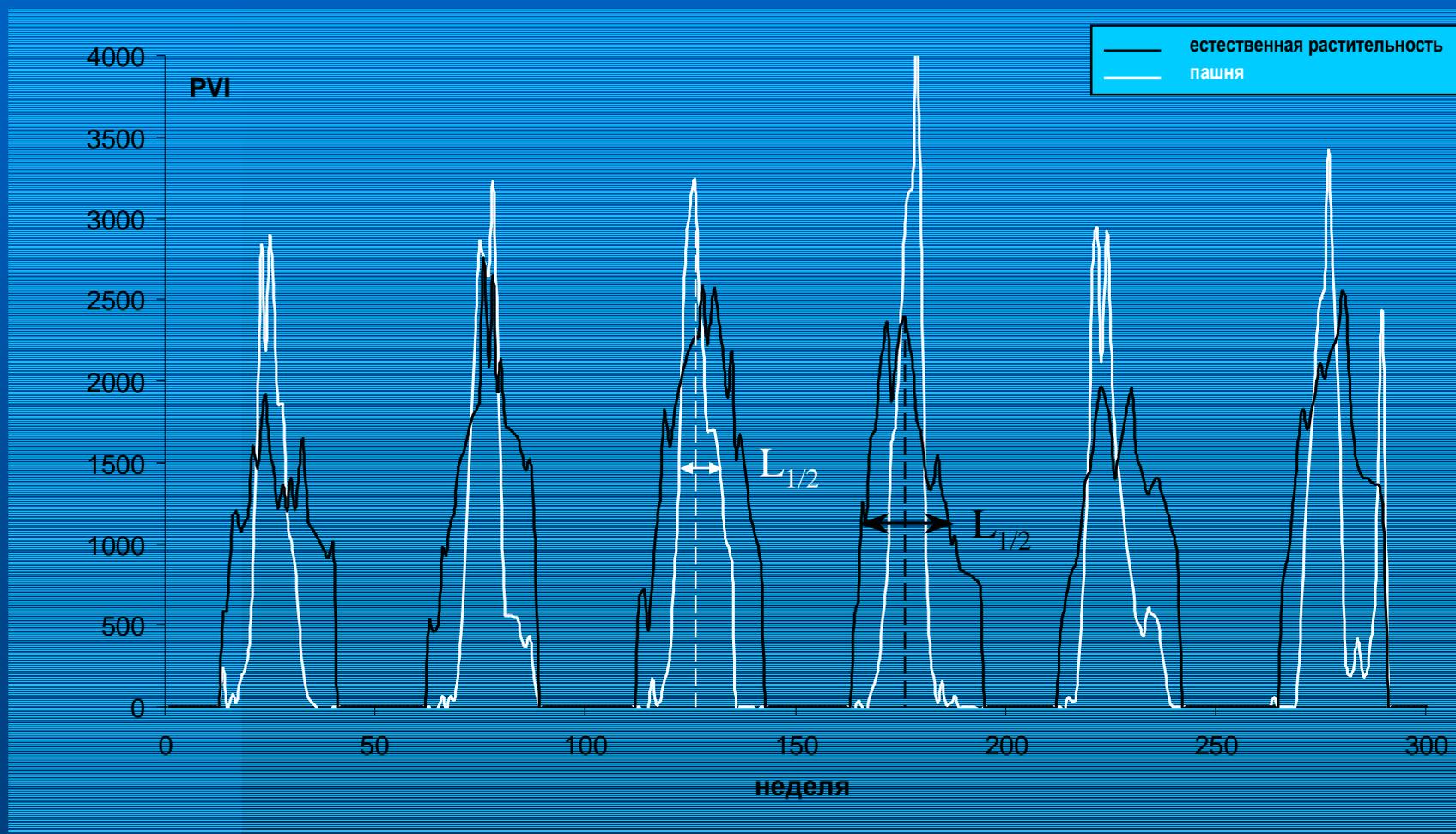
Классификация с обучением



Актуальность использования адаптивных методов - пример визуализации сигнатуры (среднего значения длины вегетационного периода) и её неоднородность на анализируемой территории.

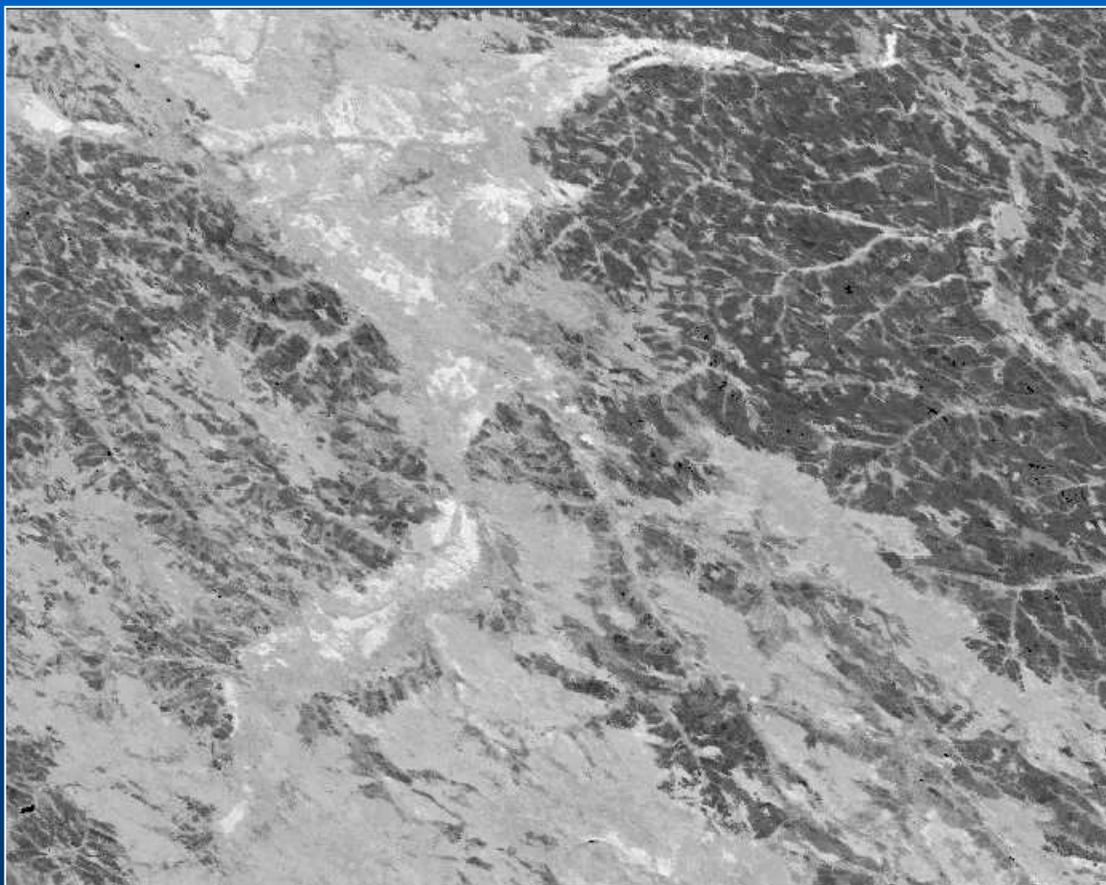
Признаки

Минимальная длина «вегетационного периода» $L_{1/2}$:



Интервал: 1 января — 31 декабря (2002-2006)

Признаки ($L_{1/2}$)



Плюсы:

- позволяет детектировать все поля, вовлеченные в хозяйственную деятельность человека, независимо от типа севооборота
- мало зависим от влияния снега и облачности

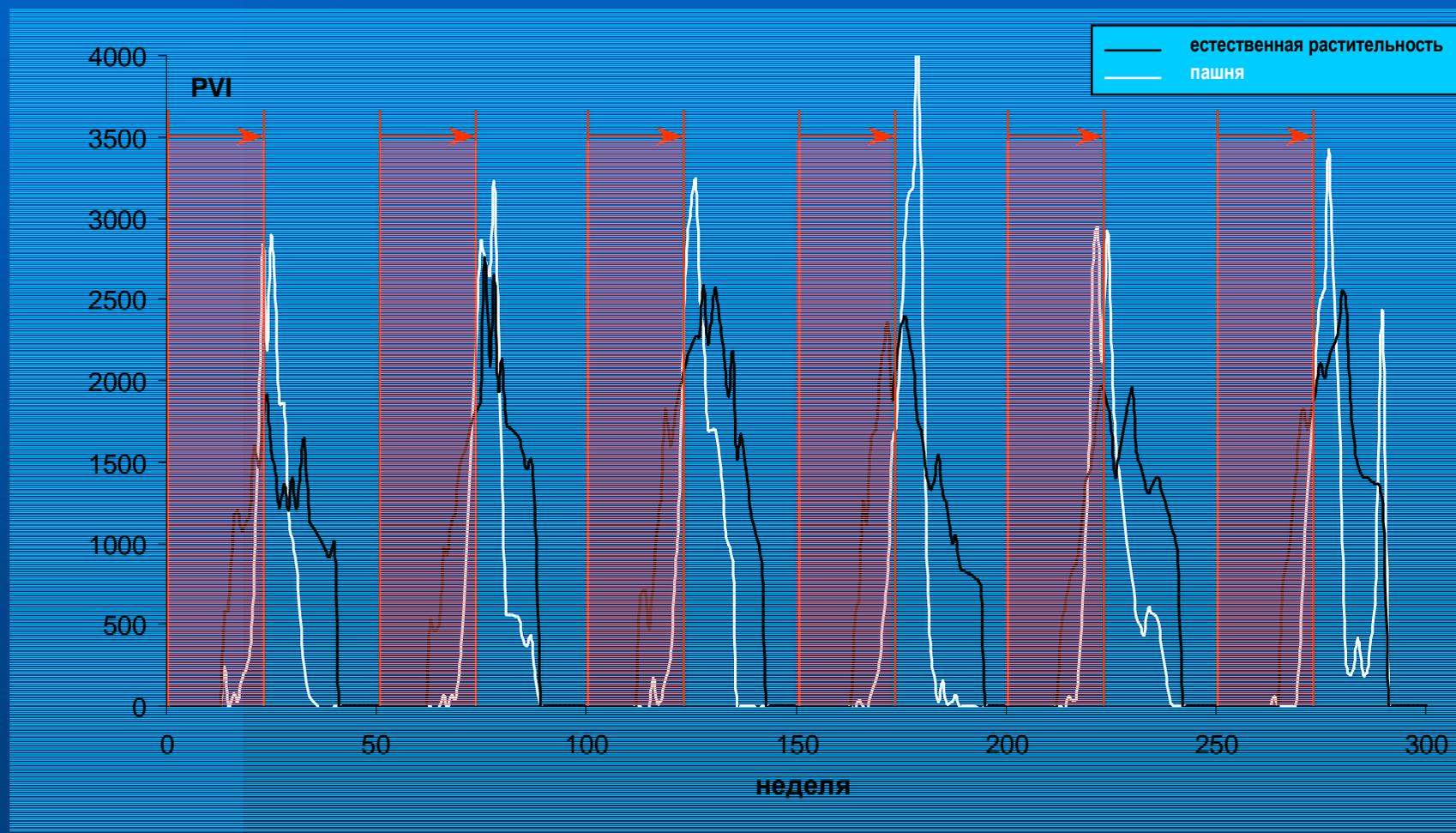
Минусы:

- небольшое число уровней квантования, меняется в узком диапазоне значений
- как следствие, неразличимость объектов в условиях схожего по длительности сезона вегетации (северные области)
- принимает значения, близкие к классу пашни на таких объектах как гари, вырубки, засушливая травянистая растительность, а также на пикселях, находящихся под влиянием воды

Признаки

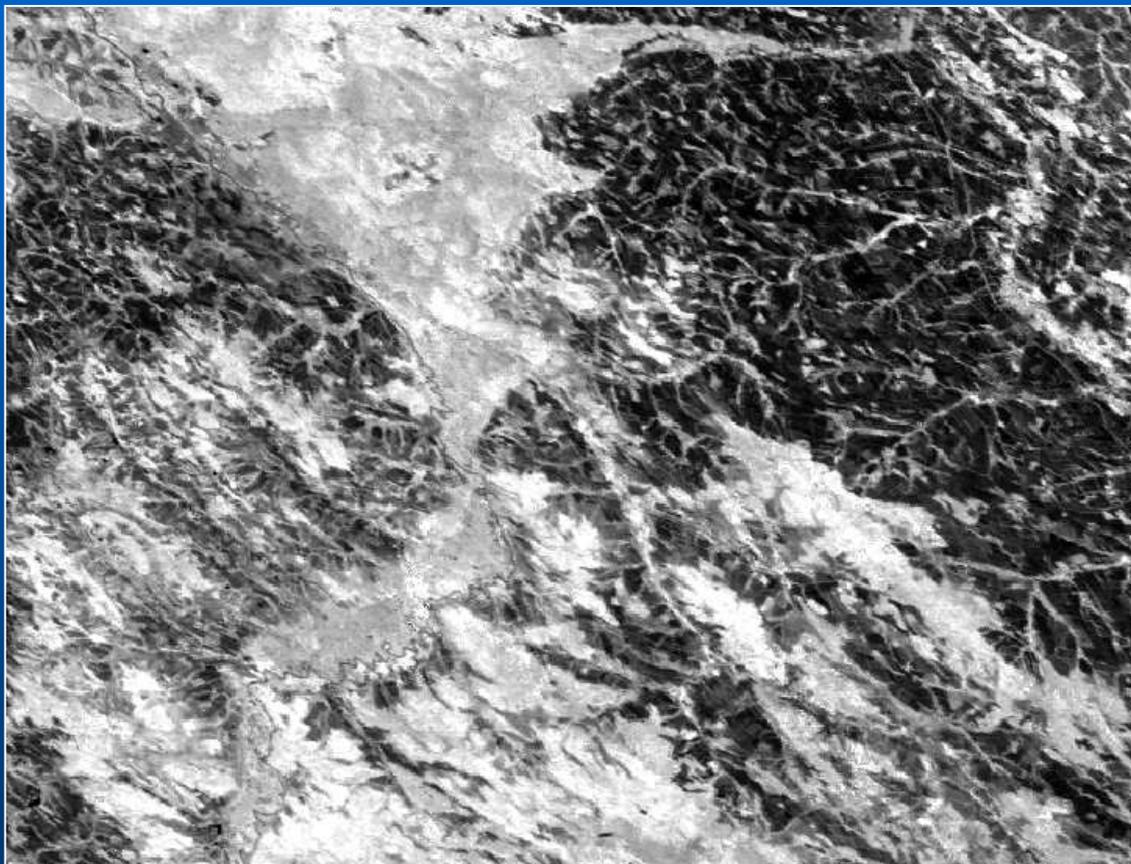
Многолетний минимум интеграла вегетационного индекса в весеннем окне (MSI)

$$MSI = \min_{j=1..N} \sum_{i \in spw} PVI_{i,j}$$



Интервал: 1 января — 15 июня (2002-2008)

Признаки (MSI)



Плюсы:

- высокая четкость, хорошая локальная делимость классов
- меняется в широком диапазоне значений

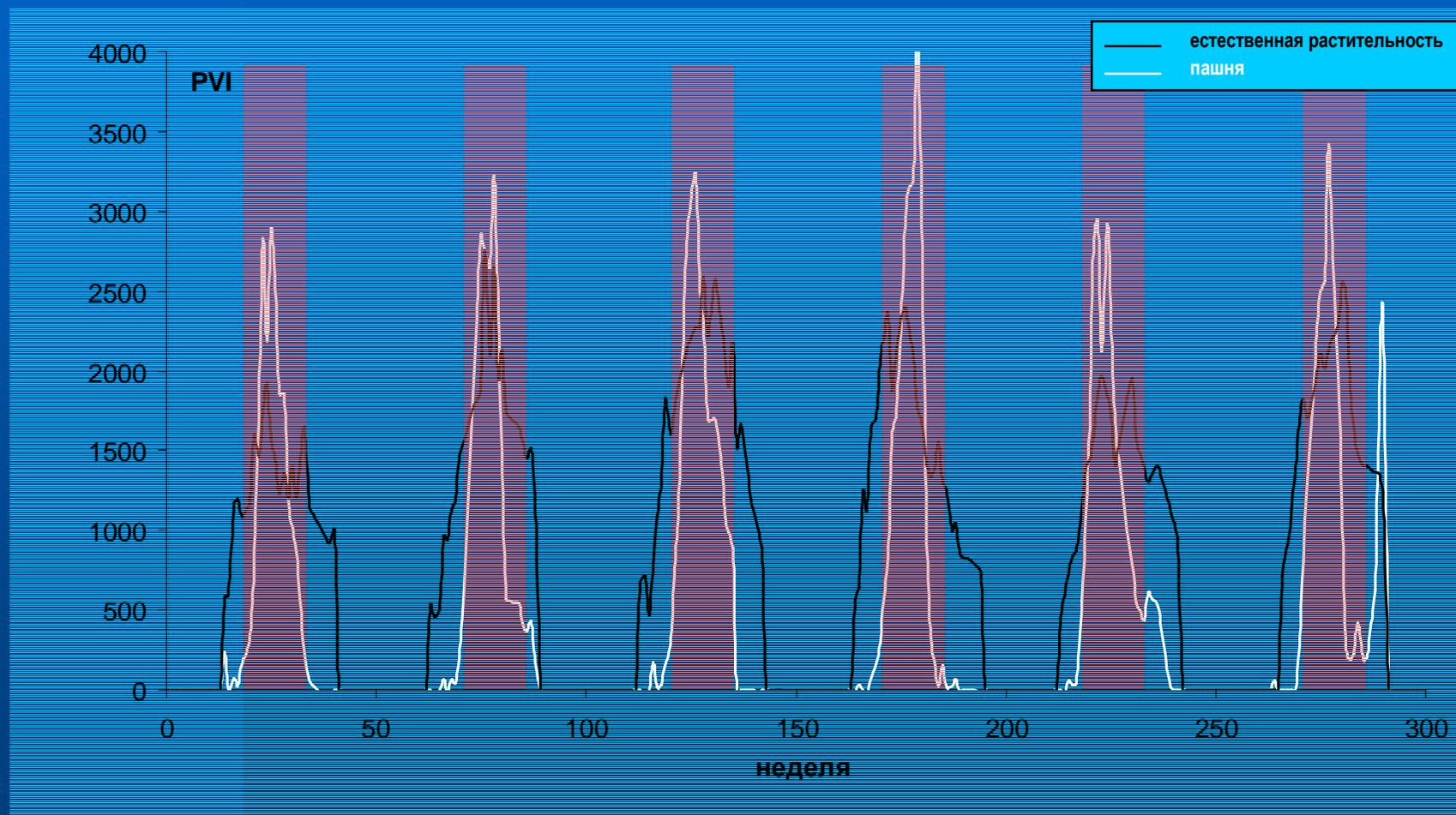
Минусы:

- сильно зависит от влияния снега и облачности
- препятствует детектированию полей, засеваемых многолетними травами
- способствует ошибочному детектированию водных объектов, пикселей, находящихся под влиянием воды, разовых гарей и объектов с permanently низким значением индекса PVI (например, населенные пункты)

Признаки

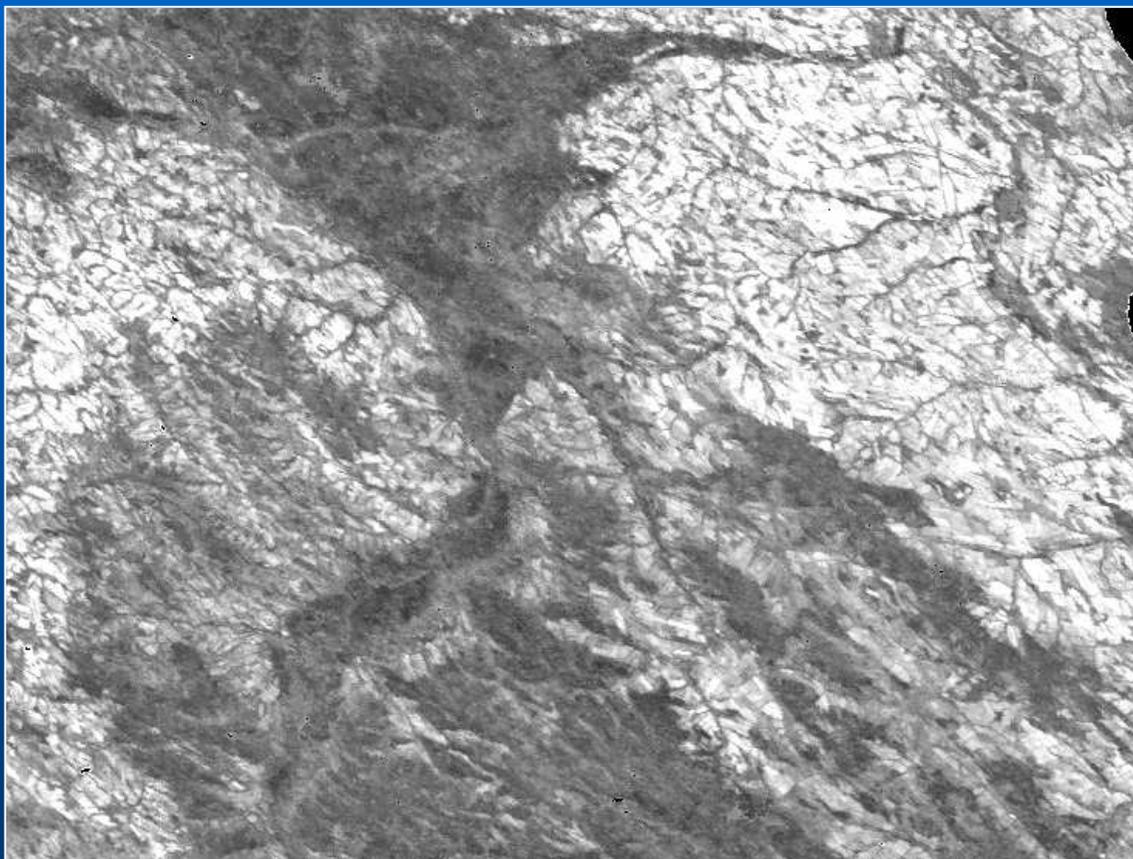
Нормированная сумма многолетних минимумов
вегетационных индексов в летнем окне (NSMI)

$$NSMI = \frac{\sum_{j=1}^N PVI_j^{\min}}{\sum_{j=1}^N \sum_{i \in sw} PVI_i}$$



Интервал: 15 мая — 15 сентября (2002-2006)

Признаки (NSMI)



Плюсы:

- признак меняется в широком диапазоне значений
- возможность выявления полей, засеваемых многолетними травами
- мало зависим от влияния снега и облачности
- способствует разделению разовых гарей и пашни на разные классы
- менее подвержен аппаратным шумам, т.к. не акцентируется на экстремальных значениях индексов

Минусы:

- способствует ошибочному детектированию участков растительности, регулярно повреждаемых пожарами, а также пикселей, находящихся под влиянием воды
- невысокая четкость

Выборка

Для создания выборки использовались признаки, демонстрирующие хорошую локальную разделимость классов, но по различным причинам не используемые при классификации:

- межгодовые корреляции

$$K = \min_{i,j \in 1..N} (\text{Correlation}(PVI(\text{Year}_i), PVI(\text{Year}_j)))$$

- межгодовая изменчивость интегрального значения индекса

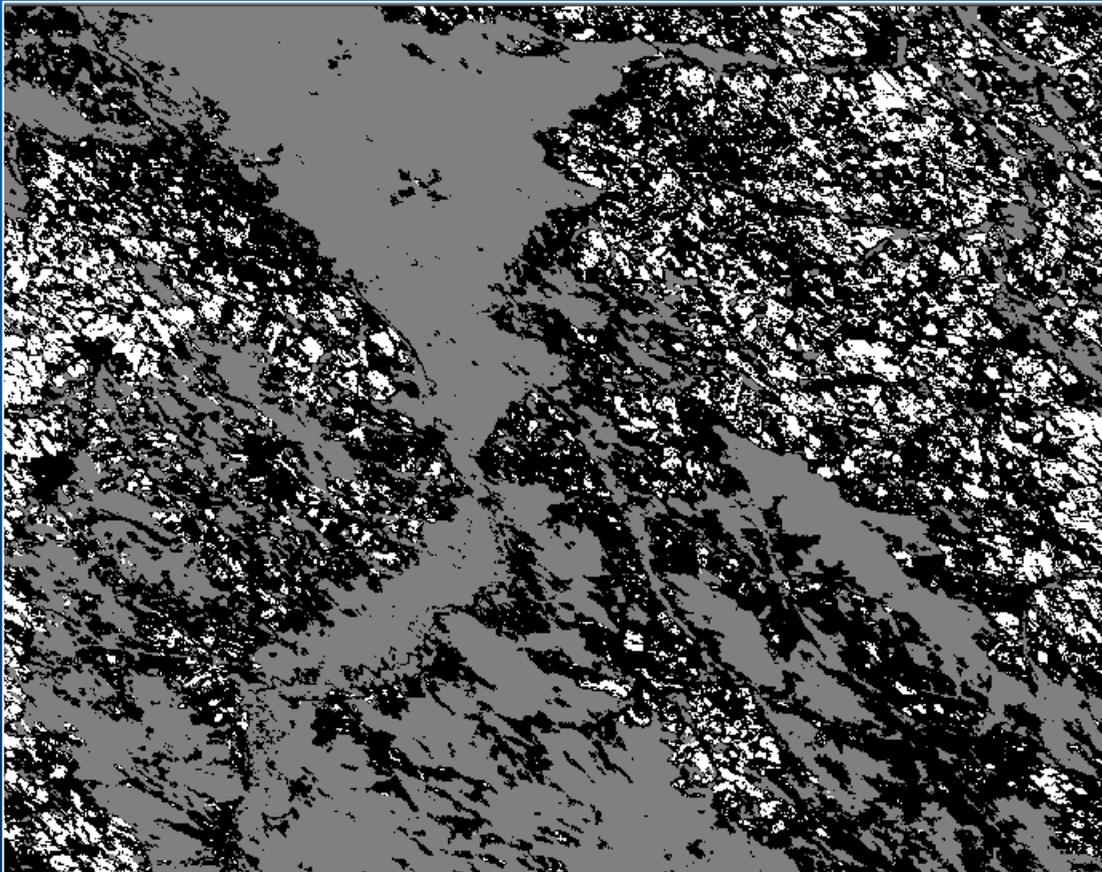
$$D = \text{Stdev}(\sum_{\text{Year}1} PVI_i, \dots, \sum_{\text{Year}N} PVI_i)$$

- признак скорости роста

$$T = \text{Median}_{i=1..N}(PVI_{\text{max}}^{\text{Year}_i} - PVI_{\text{mean}}^{\text{Year}_i})$$

Для каждого признака локально выбирались пороговые значения, которые заведомо отделяли класс пахотных земель от класса остальных объектов.

Выборка



- Класс 1 – заведомо непахотные земли (серые области)
- Класс 2 – заведомо пахотные земли (светлые области)

Получение маски пахотных земель

В нашем случае существует две возможных схемы классификации:

1. Схема классификации в многомерном пространстве нескольких признаков;
2. Схема классификации каждого признака независимо.

$$AL = M(L_{1/2}) \cap (M(MSI) \cup M(NSMI))$$

AL – полученная в результате маска пахотных земель;

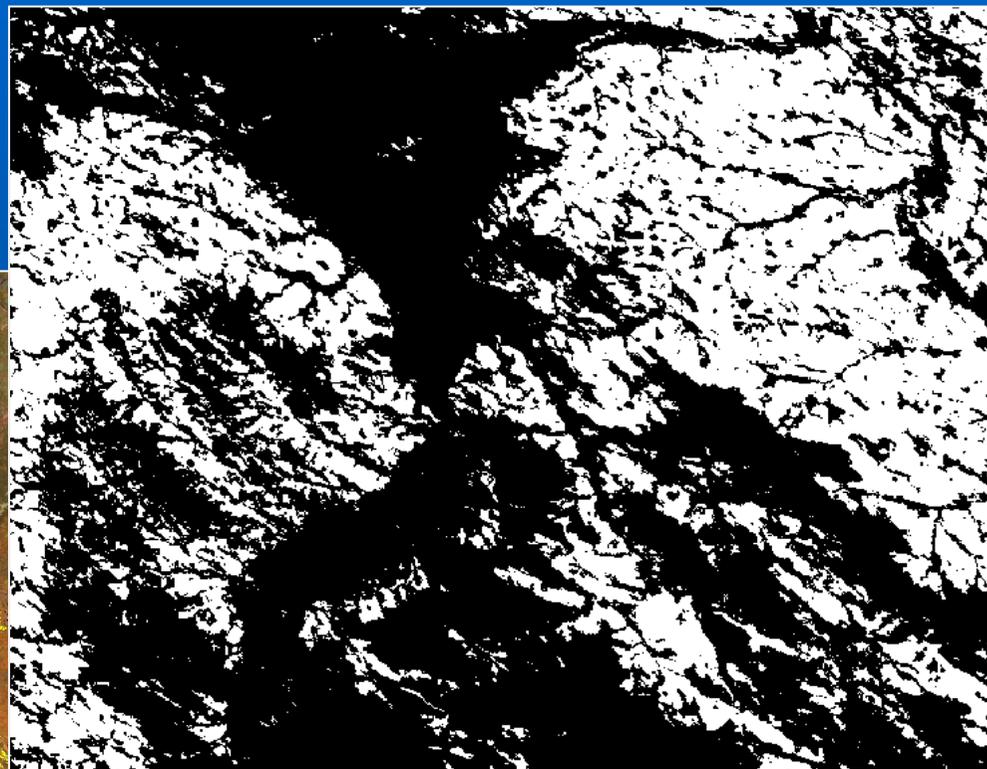
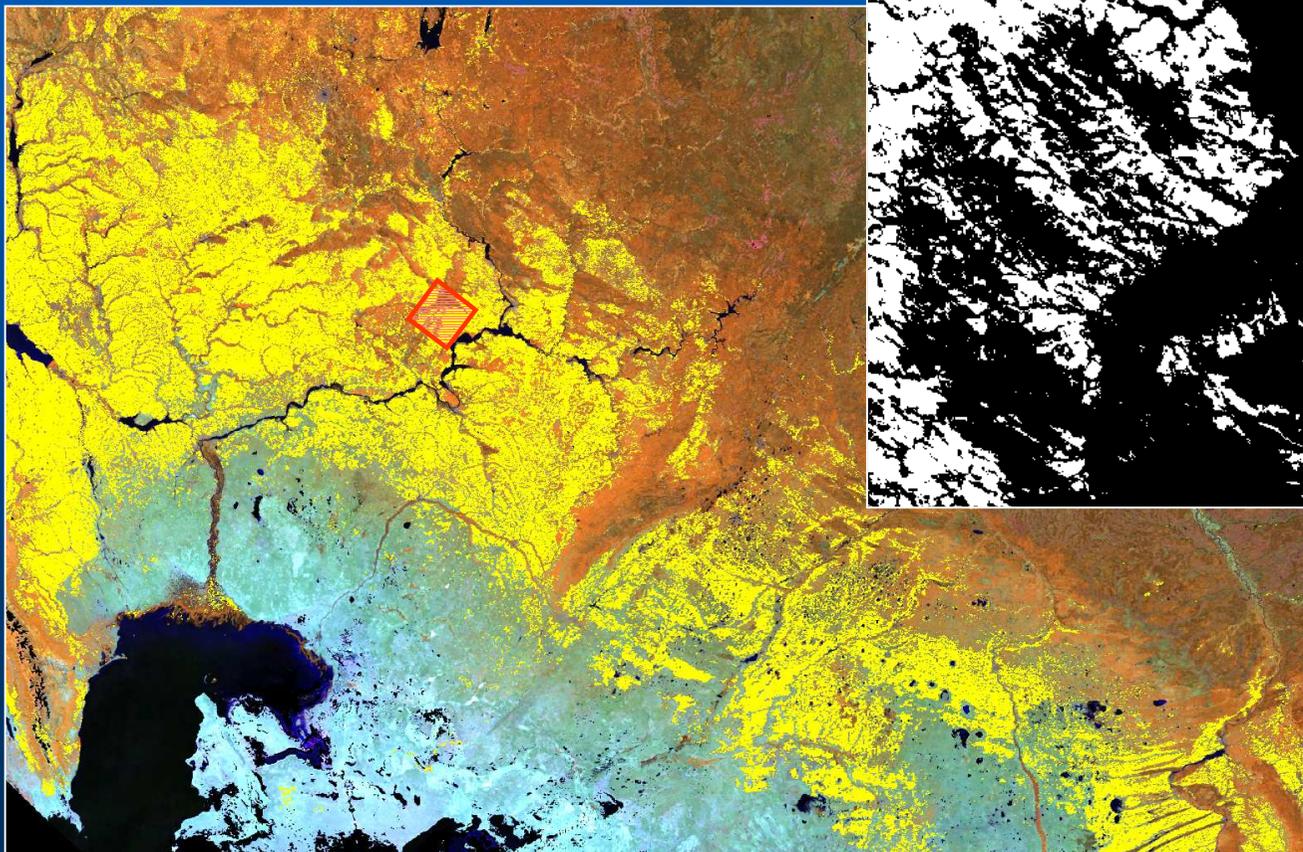
M(X) – результат независимой классификации по признаку X;

$L_{1/2}$ – признак длины вегетационного периода;

MSI – признак многолетнего минимума интеграла вегетационного индекса в весеннем окне;

NSMI – признак нормированной суммы многолетних минимумов вегетационных индексов в летнем окне;

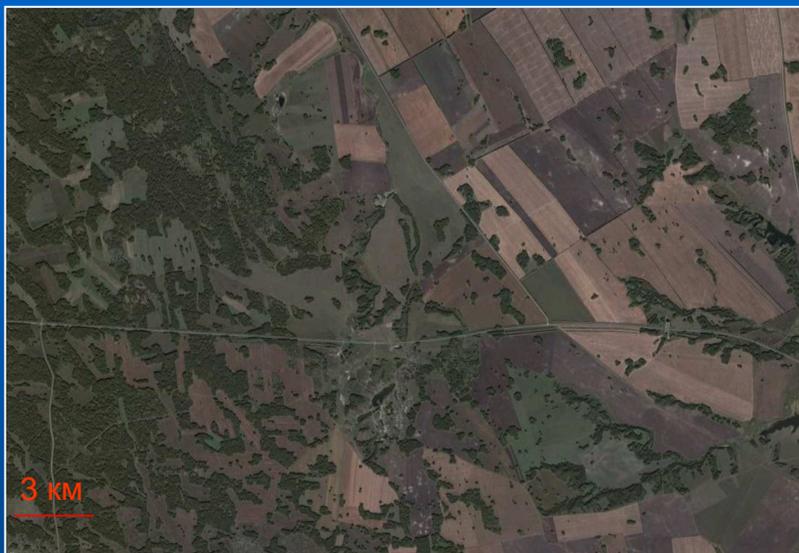
Предварительные результаты



Предварительные результаты

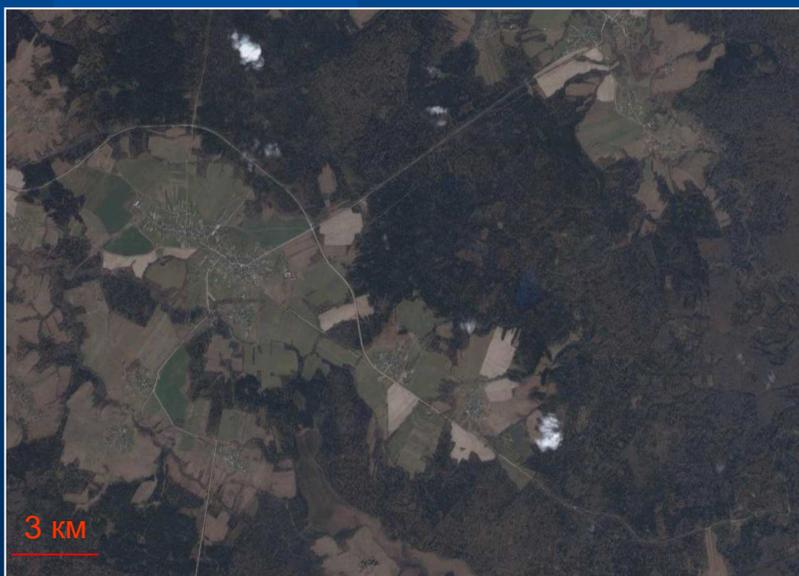
Административная единица	Посевная площадь + площадь паров (тыс.га) (2006г.)	Площадь по данным MODIS (тыс.га) (2002-2008г.)	Отклонение в процентах	Доля пашни в процентах
Ставропольский край	3632,8	3669,4	1	56,3
Тамбовская область	1753,0	1900,3	8	56,2
Липецкая область	1447,2	1273,8	-12	53,8
Ростовская область	5485,6	5309,8	-3	53,3
Воронежская область	2798,1	2672,7	-4	51,9
Белгородская область	1476,1	1247,0	-16	47,1
Республика Татарстан	3336,9	3164,0	-5	47,1
Самарская область	2342,4	2381,5	2	45,4
Краснодарский край	3653,1	3344,9	-8	45,2
Саратовская область	4577,0	4453,4	-3	44,6
Орловская область	1222,9	1061,7	-13	43,7
Курская область	1459,9	1249,0	-14	41,9
Пензенская область	1579,5	1659,8	5	38,9
Оренбургская область	4800,0	4610,5	-4	37,5
Волгоградская область	4547,8	4101,7	-10	37,1
Тульская область	859,5	846,1	-2	33,8
Ульяновская область	987,2	1184,2	20	32,7
Республика Мордовия	920,6	818,9	-11	32,1
Алтайский край	5894,4	5059,1	-14	30,7
Рязанская область	1056,1	1002,6	-5	25,8
Республика Башкортостан	3490,1	3219,7	-8	22,9
Челябинская область	2176,2	1884,3	-13	21,7
Удмуртская Республика	1235,0	731,3	-41	17,8
Курганская область	1595,6	1234,4	-23	17,6
Омская область	3545,4	2274,4	-36	16,4
Нижегородская область	1350,5	1124,2	-17	15,3
Новосибирская область	2951,6	2037,4	-31	11,7
Московская область	784,9	476,9	-39	10,5
Кемеровская область	1252,7	786,8	-37	8,4
Кировская область	1259,8	929,8	-26	7,9
Тюменская область	1144,6	752,2	-34	4,8
Пермский край	1067,9	723,3	-32	4,6
Свердловская область	1022,1	673,9	-34	3,6
Тверская область	711,9	275,4	-61	3,3
Амурская область	702,3	932,6	33	2,6
Красноярский край	1898,6	1829,8	-4	2,6
Иркутская область	870,0	720,5	-17	1,0

Причины расхождений



Основные причины недобора:

- сильная изрезанность границ полей, характерна для лесных регионов
- очень вытянутая форма полей, характерна для холмистых регионов
- небольшие размеры полей, характерны для северных регионов, но встречаются везде



Основные причины перебора:

- ошибочное детектирование объектов, плохо различающихся с пашней в пространстве выбранных признаков: пиксели, находящиеся под влиянием воды, участки растительности, регулярно повреждаемые пожарами, участки засушливой травянистой растительности

Выводы

- проанализирована многолетняя динамика развития естественной растительности и пахотных земель;
- многолетние ряды спутниковых данных были использованы для построения признаков, в основе которых лежат особенности развития сельскохозяйственной растительности, связанные с севооборотом;
- предложен метод автоматического картографирования пахотных земель на основе локально-адаптивного алгоритма классификации с обучением;
- построена маска пахотных земель для всей территории России с помощью указанного метода;
- произведено сравнение с государственной статистикой, выявлены причины расхождений и намечены пути решения проблем с ошибочным детектированием для завершения заключительного этапа построения маски