

Распознавание используемых пахотных земель на основе сезонных временных серий восстановленных изображений Landsat на примере Московской области

Плотников Д.Е., Колбудаев П.А, Барталев С.А., Лупян Е.А.



Институт космических исследований РАН

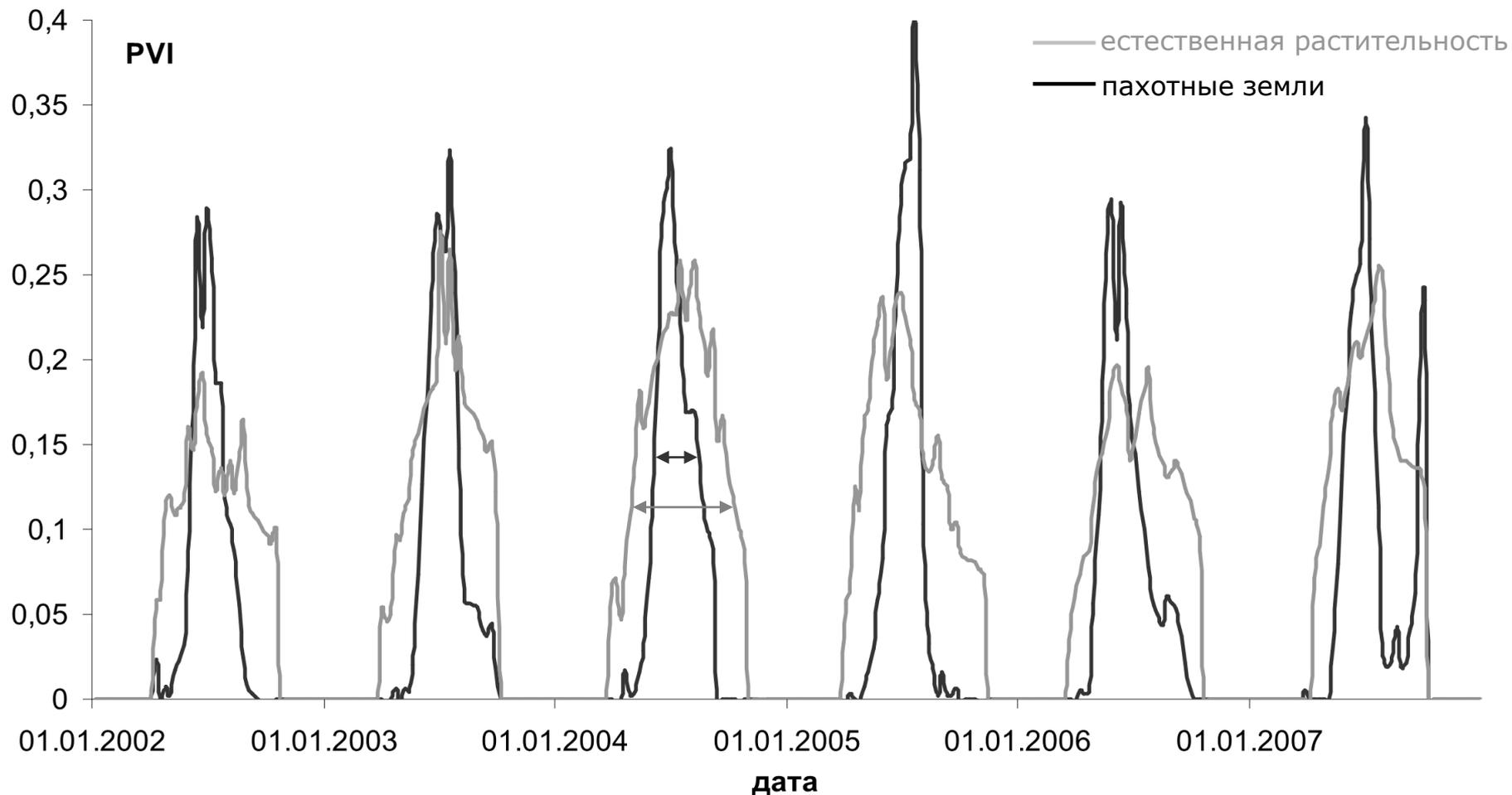
Москва

2017

Методы распознавания пашни

- TSAEC (Time-series Analysis and Ensemble Classification). Использует Timesat для извлечения сезонных фенологических характеристик – базовое и пиковое значение, начало и конец сезона, время максимума, интеграл под кривой, наклоны восходящей и нисходящей части кривой.
- NNE (Neural Network Ensemble). Использует агломерацию нейронных сетей для улучшения результатов классификации, управляемую многослойными перцептронами (MLP). Каждый перцептрон оценивает вероятность отнесения к классу; финальный результат определяется на основе средней вероятности отнесения по всем перцептронам.
- DT (Decision Tree). Использует сглаженный NDVI для извлечения фенологических характеристик, таких как пиковое значение, среднее значение, темпы роста и снижения. Из временных серий также извлекается количество сезонов вегетации как дополнительный индикатор используемости пашни.
- KBC2 (Knowledge-based Cropland Classification). Использует признаки, извлеченные из временных серий NDVI и красного каналов, такие как минимальное значение в красном канале, максимальное и минимальное значение NDVI, максимальные значения темпов роста и снижения NDVI.
- LSAM (Large-Scale Arable land Mapping). Использует спектрально-динамические признаки, извлеченные из многолетних рядов PVI, такие как минимальная длина вегетационного периода, минимальный интеграл PVI в весенний период и индекс сезонного снижения биомассы.

Многолетние временные серии вегетационного индекса



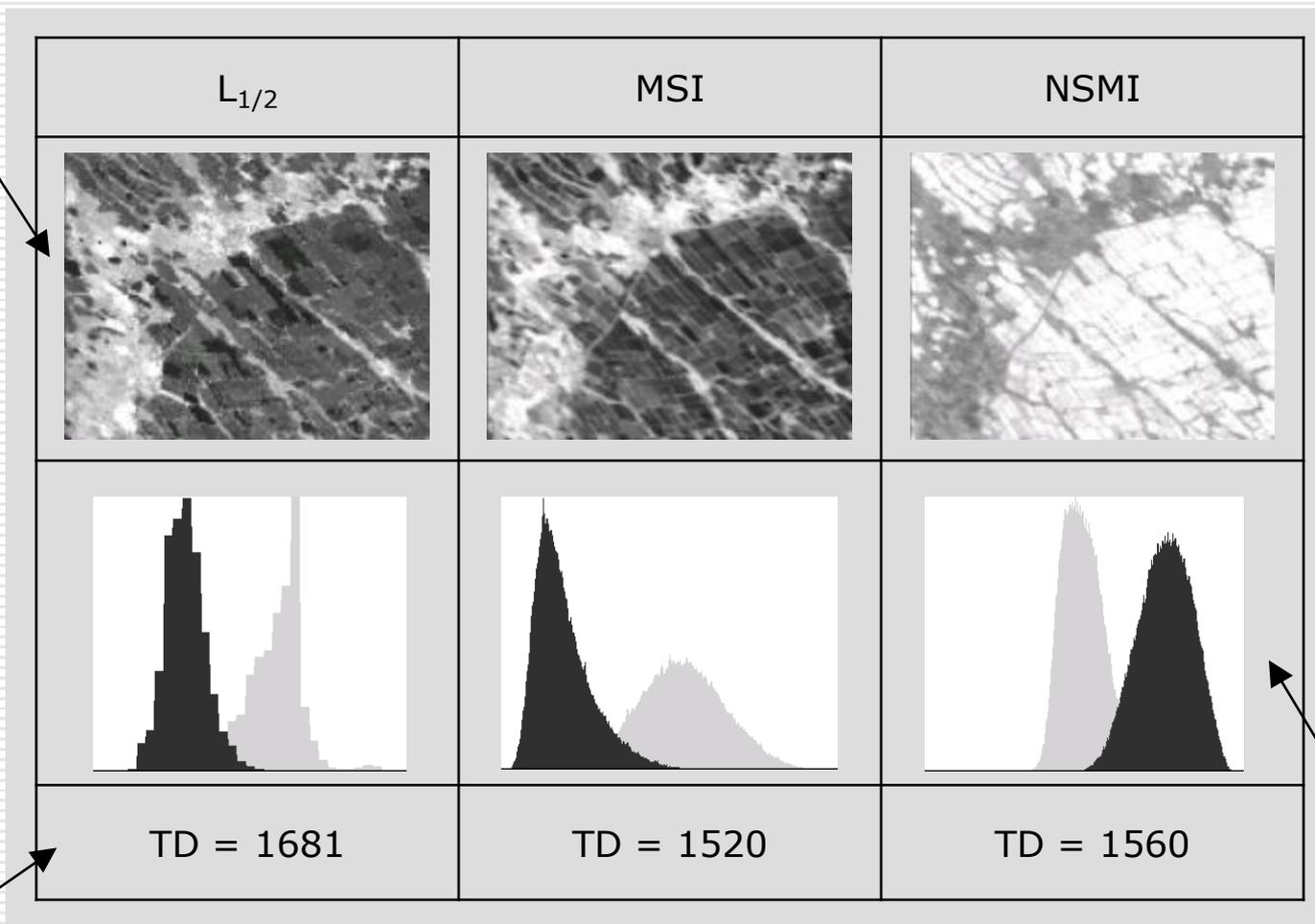
Спектрально-динамические признаки распознавания

Признаки распознавания участков используемой пашни

| Название | Формула | Описание |
|--|--|--|
| Индекс кратчайшего сезона вегетации | $L_{1/2} = \min_{j=1..N} (t_L^j - t_F^j),$ $PVI(t_L) = PVI(t_F) = \frac{PVI_{max}}{2},$ $t_L > t_{max}, t_F < t_{max}$ | Минимальный для ряда лет отрезок времени, когда в течение года значения PVI превышали половину его сезонного максимума |
| Индекс весеннего развития растительности | $MSI = \min_{j=1..N} \sum_{i \in spw} PVI_{ij}$ | Многолетний минимум интеграла PVI в период 1 января - 15 июня каждого года наблюдений |
| Индекс сезонного снижения фитомассы | $NSMI = const - \frac{\sum_{j=1}^N PVI_j^{min \in sw}}{\sum_{j=1}^N \sum_{i \in sw} PVI_i}$ | Нормированная сумма многолетних сезонных минимумов PVI в период 15 мая - 15 сентября каждого года наблюдений |
| Индекс межгодовых различий динамики растительности | $K = \min_{i,j \in 1..N} (Cor(PVI(Year_i), PVI(Year_j)))$ | Минимум всех возможных значений межгодовых корреляций временных рядов PVI |
| Индекс межгодовой изменчивости фитомассы | $D = SD \left(\sum_{i=1..N} PVI_{Year_i} \right)$ | Стандартное отклонение сумм накопленных за различные годы значений PVI |
| Разностный индекс сезонного пика вегетации | $T = Med_{j=1..N} (PVI_{max}^{Year_j} - PVI_{mean}^{Year_j})$ | Многолетняя медиана разности максимального и среднего значения PVI |

Информативность признаков распознавания

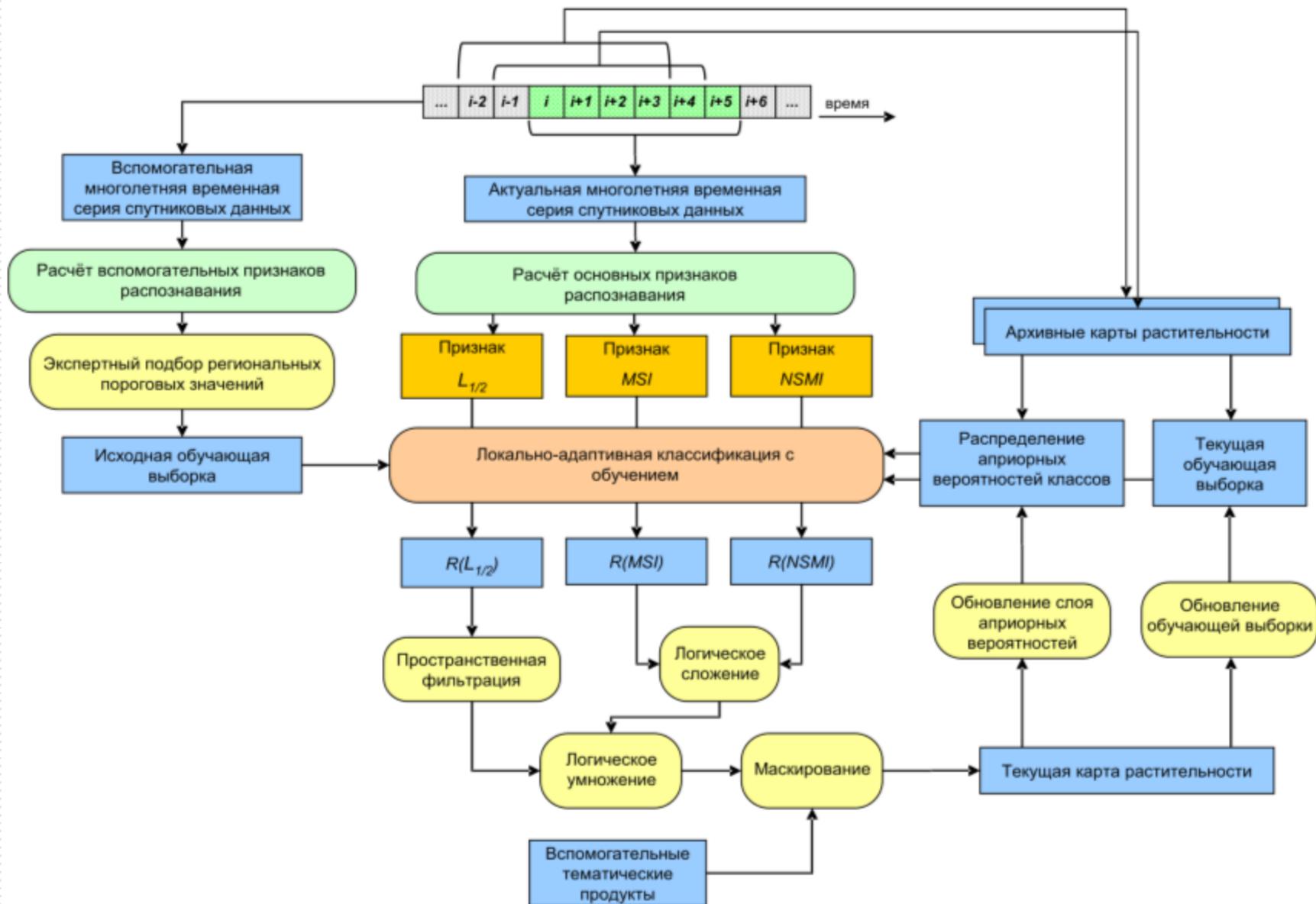
изображения признаков



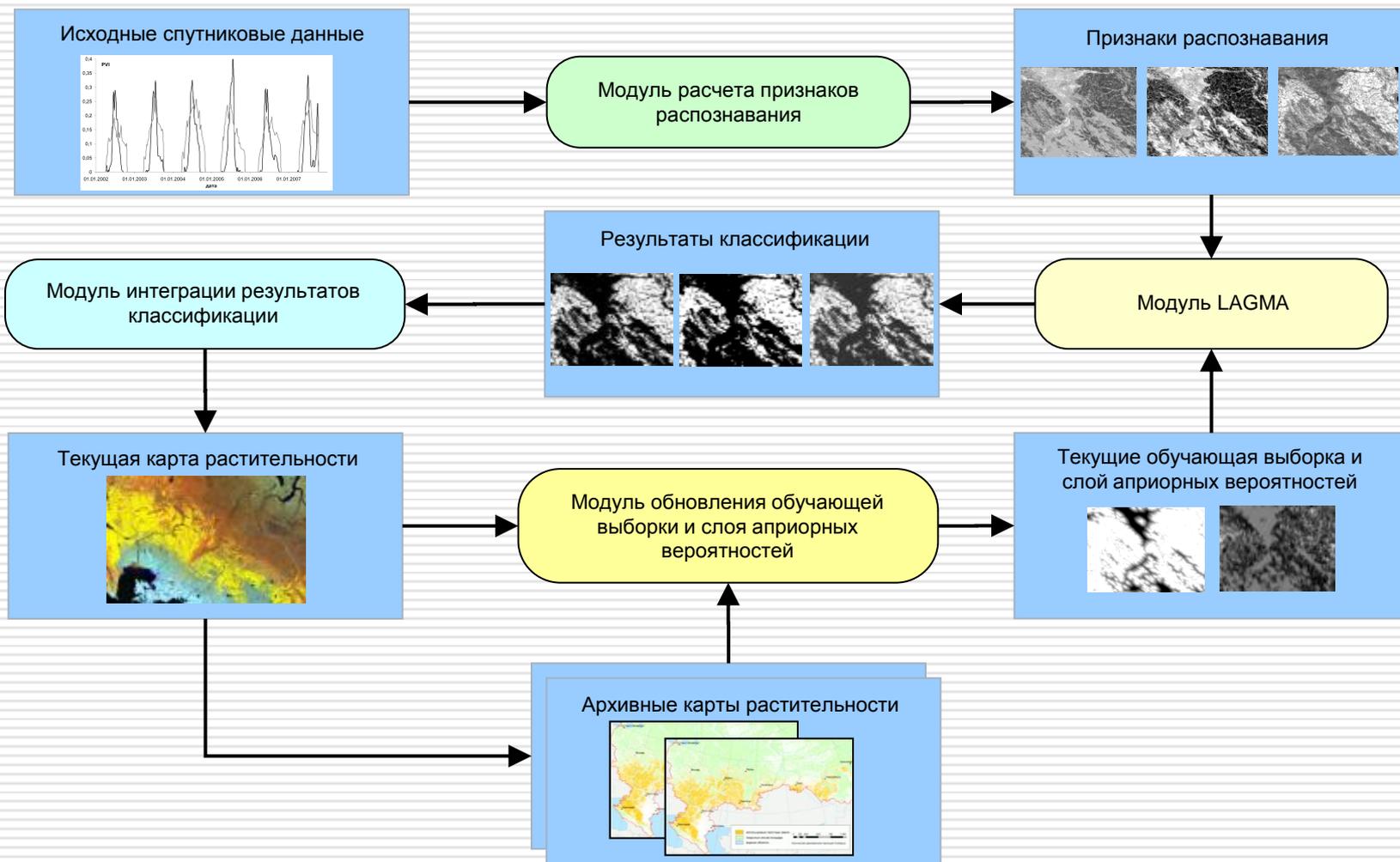
критерий разделимости

гистограммы классов

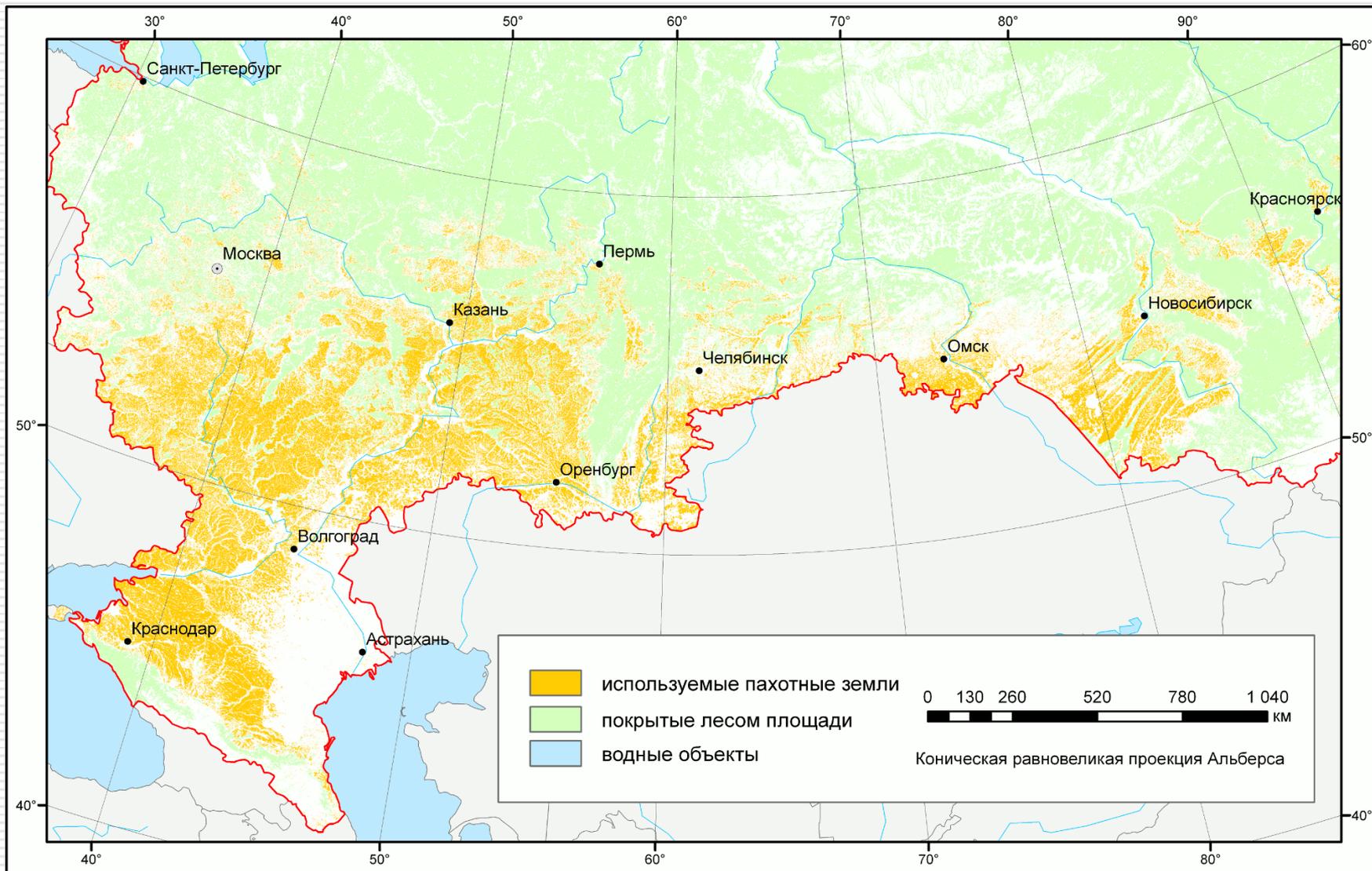
Блок-схема метода распознавания используемой пашни



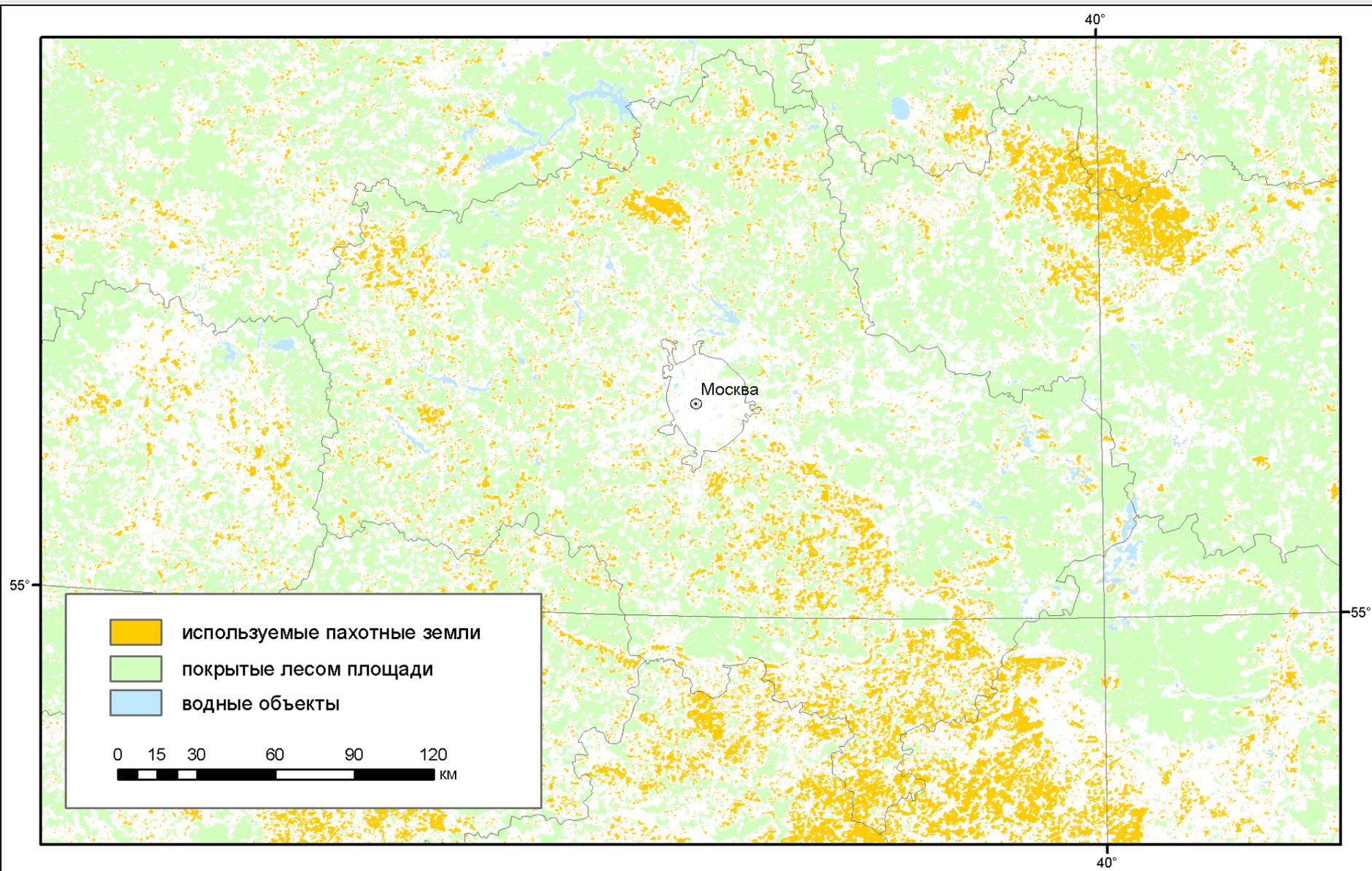
Технология распознавания типов растительности на основе многолетних рядов спутниковых измерений



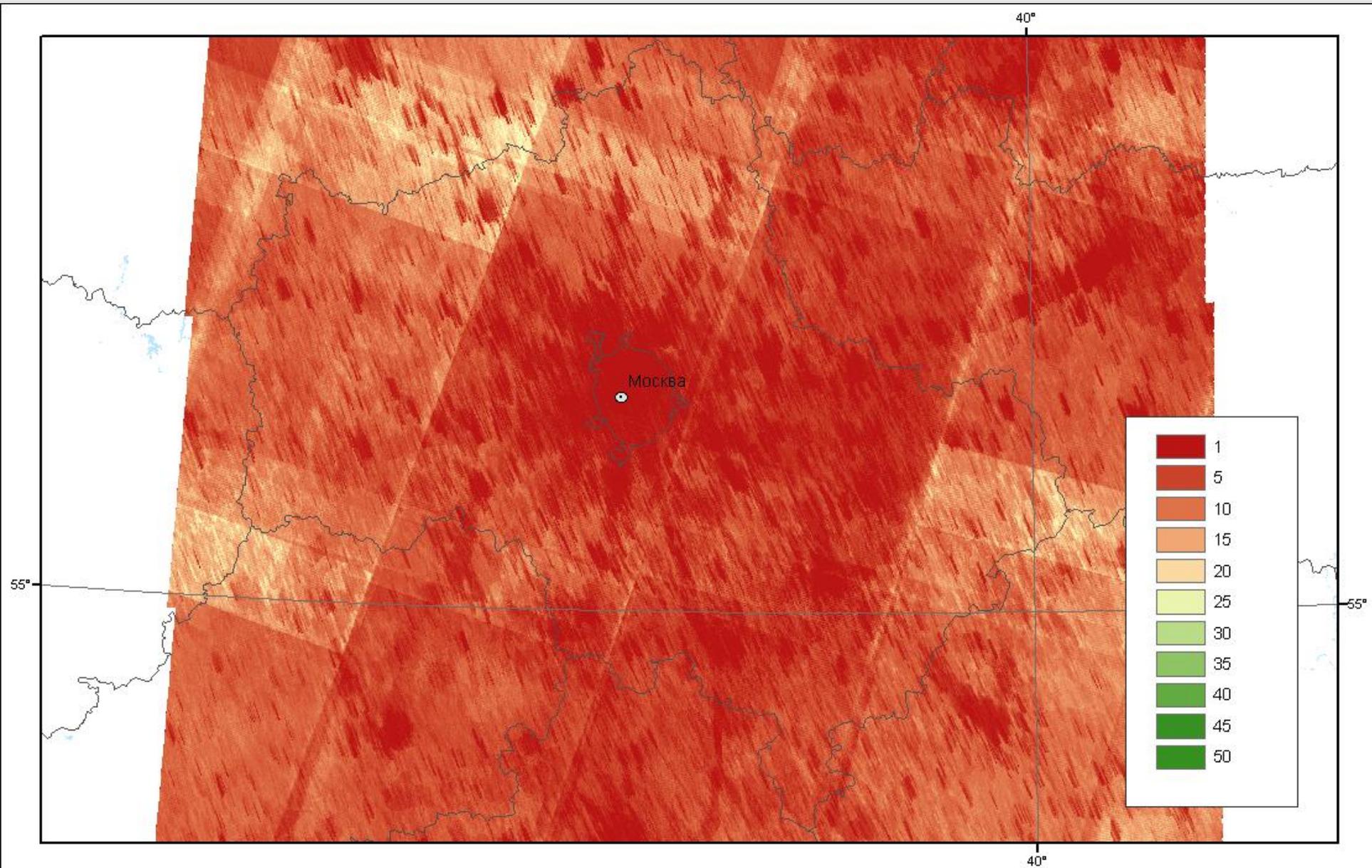
Карта пашни по данным MODIS для территории России



Фрагмент карты используемой пашни по MODIS за 2011-2016 год



Количество наблюдений Landsat-7,8 за один год (2016)

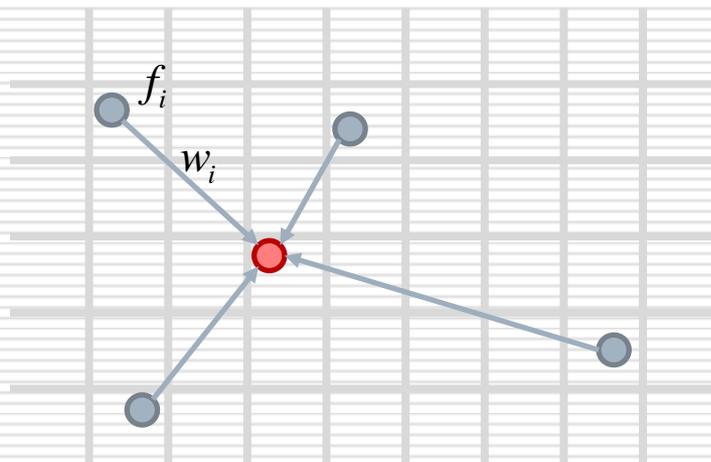


Концепция метода синтеза данных *ARES*

ARES использует объекты, близкие к восстанавливаемому по своим спектрально-временным характеристикам (эталон)

1. Эталонов должно быть достаточно много
2. Эталоны должны быть пространственно распределены
3. Эталоны не должны содержать зашумленные значения
4. Прогнозируемые ими значения восстанавливаемого объекта должны быть согласованы

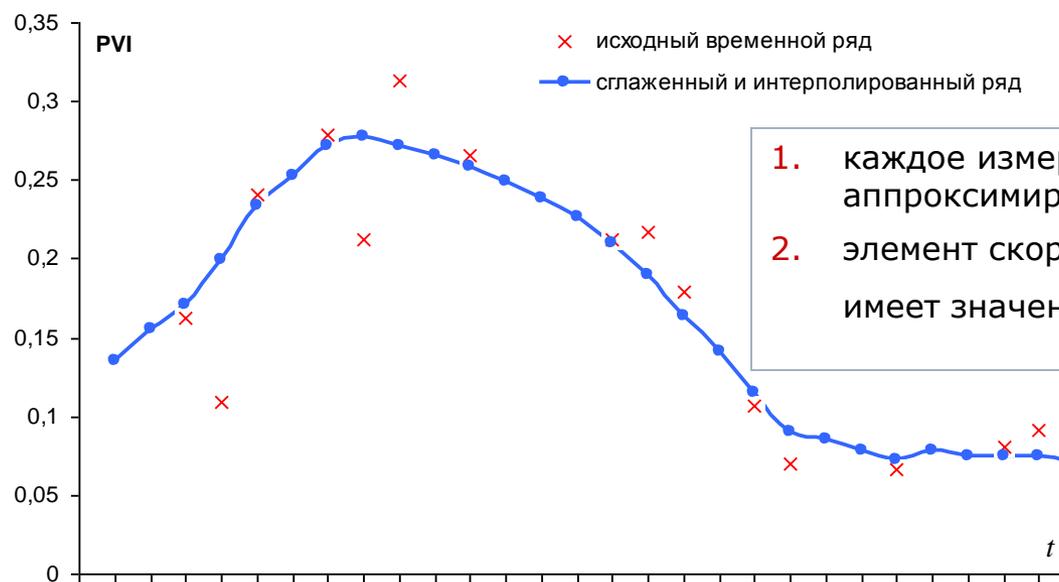
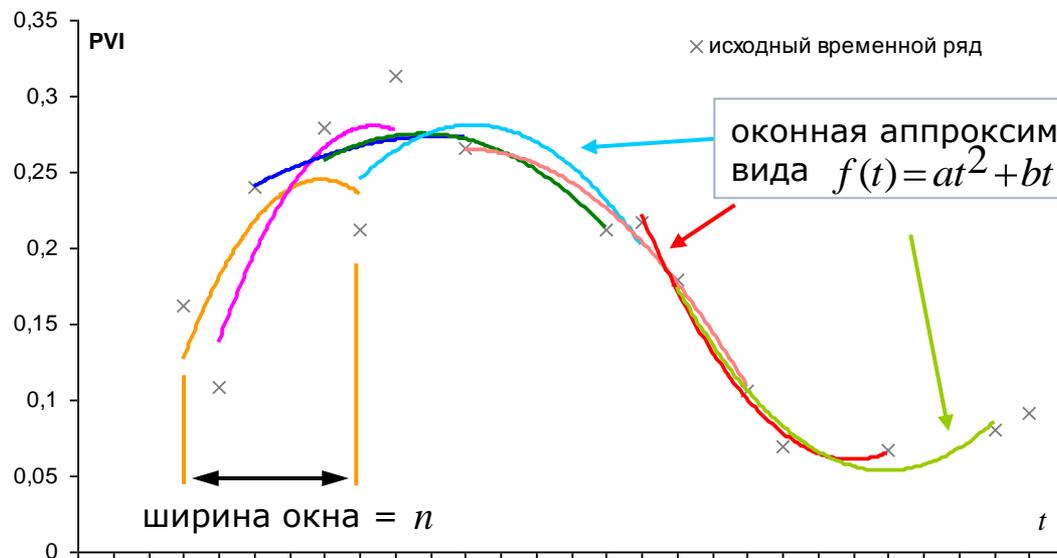
$$L = \frac{\sum_{i=1}^n w_i f_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$



Алгоритм восстановления пропущенных измерений ARES

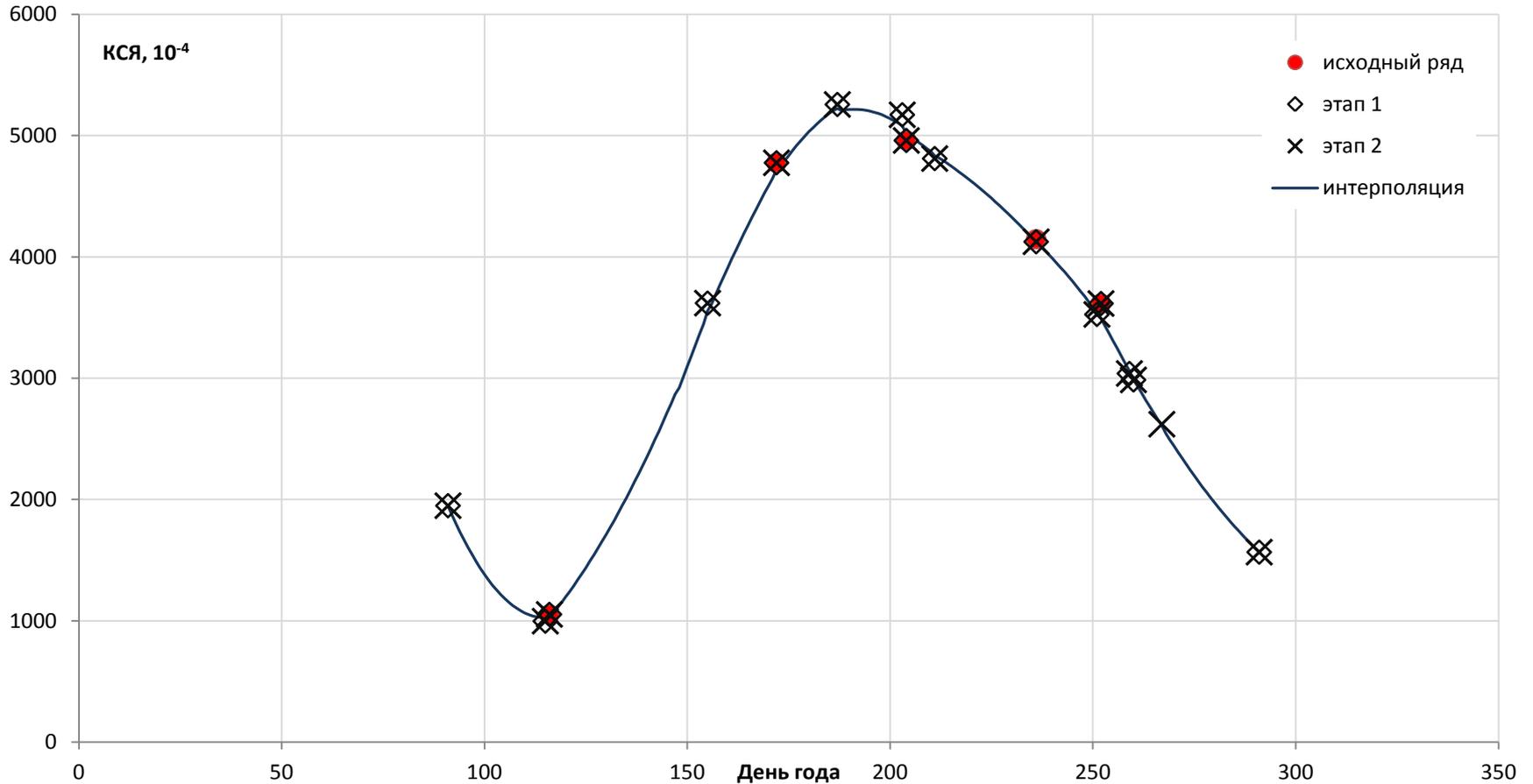
1. Сегментация временной серии изображений
2. Поиск спектрально-динамических связей между полученными объектами
3. Использование чистых наблюдений и найденной связи для синтеза пропущенного значения на прилежащие территории
4. Итоговое значение восстанавливаемого пиксела рассчитывается на основе взвешенных значений лучших эталонов

Оконная интерполяция скользящей параболой (LOESS)

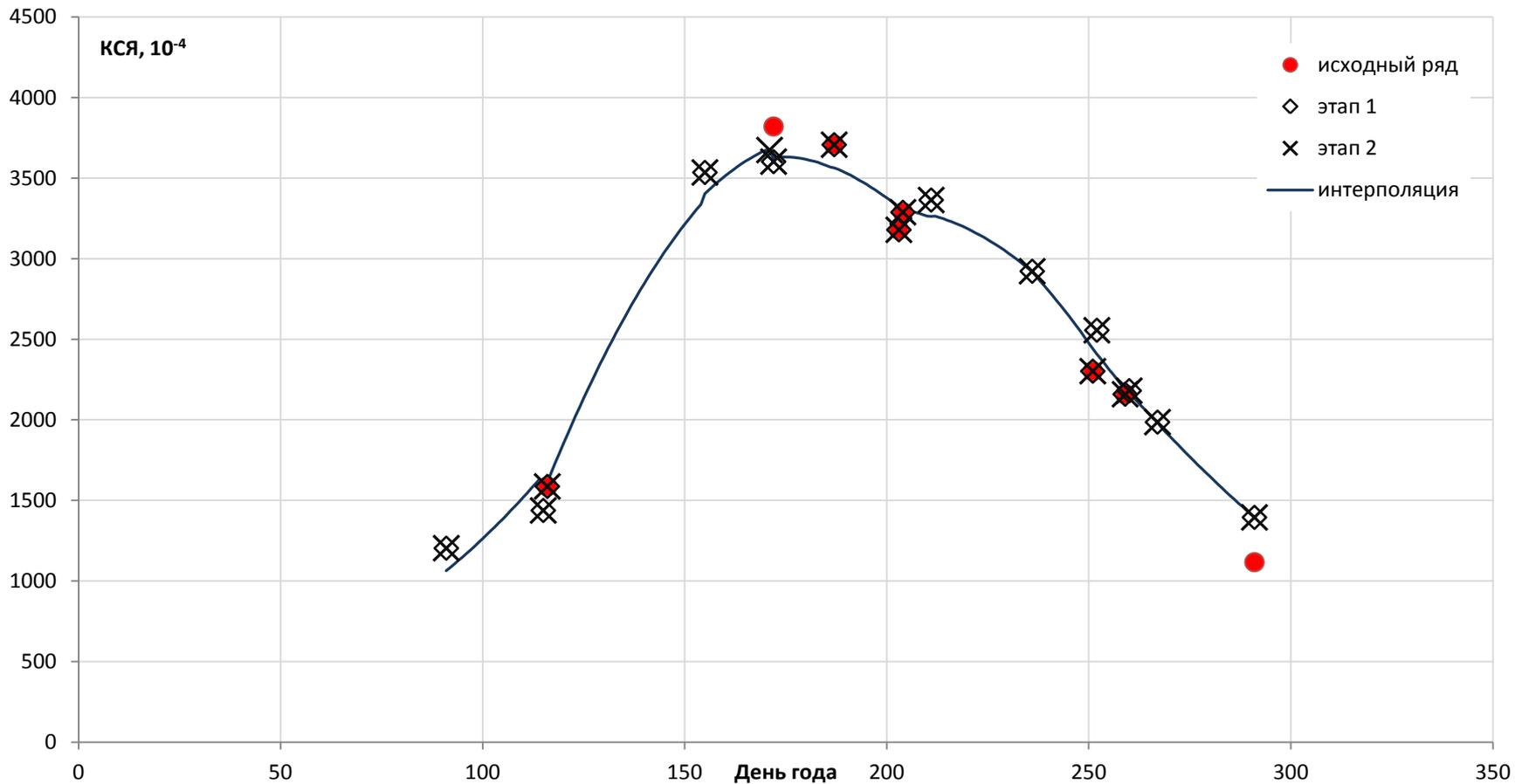


1. каждое измерение получает n аппроксимирующих оценок x_t
2. элемент скорректированной серии имеет значение $\bar{x} = \frac{\sum x_t}{n}$

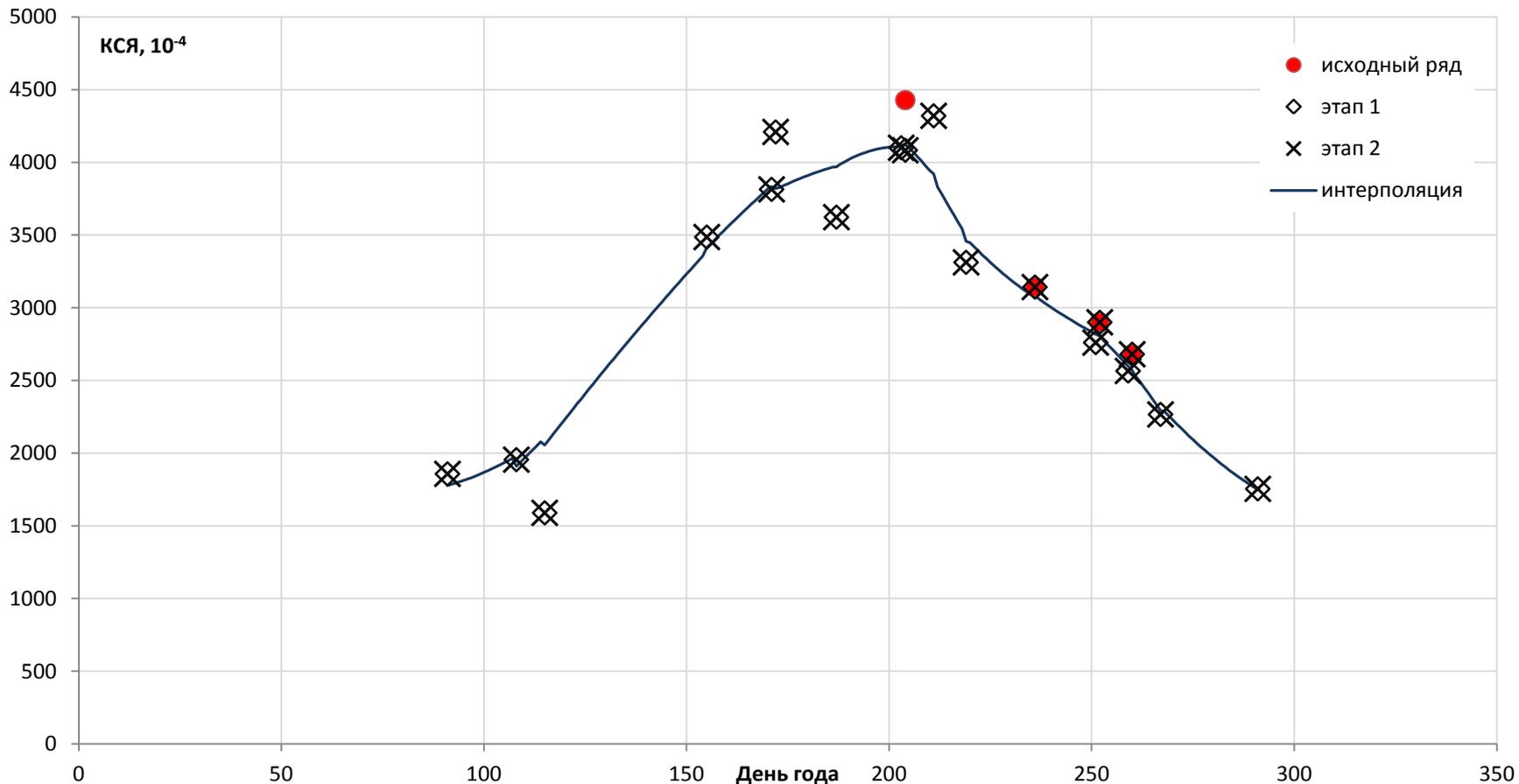
Восстановление временных серий: $c \setminus x$ поле



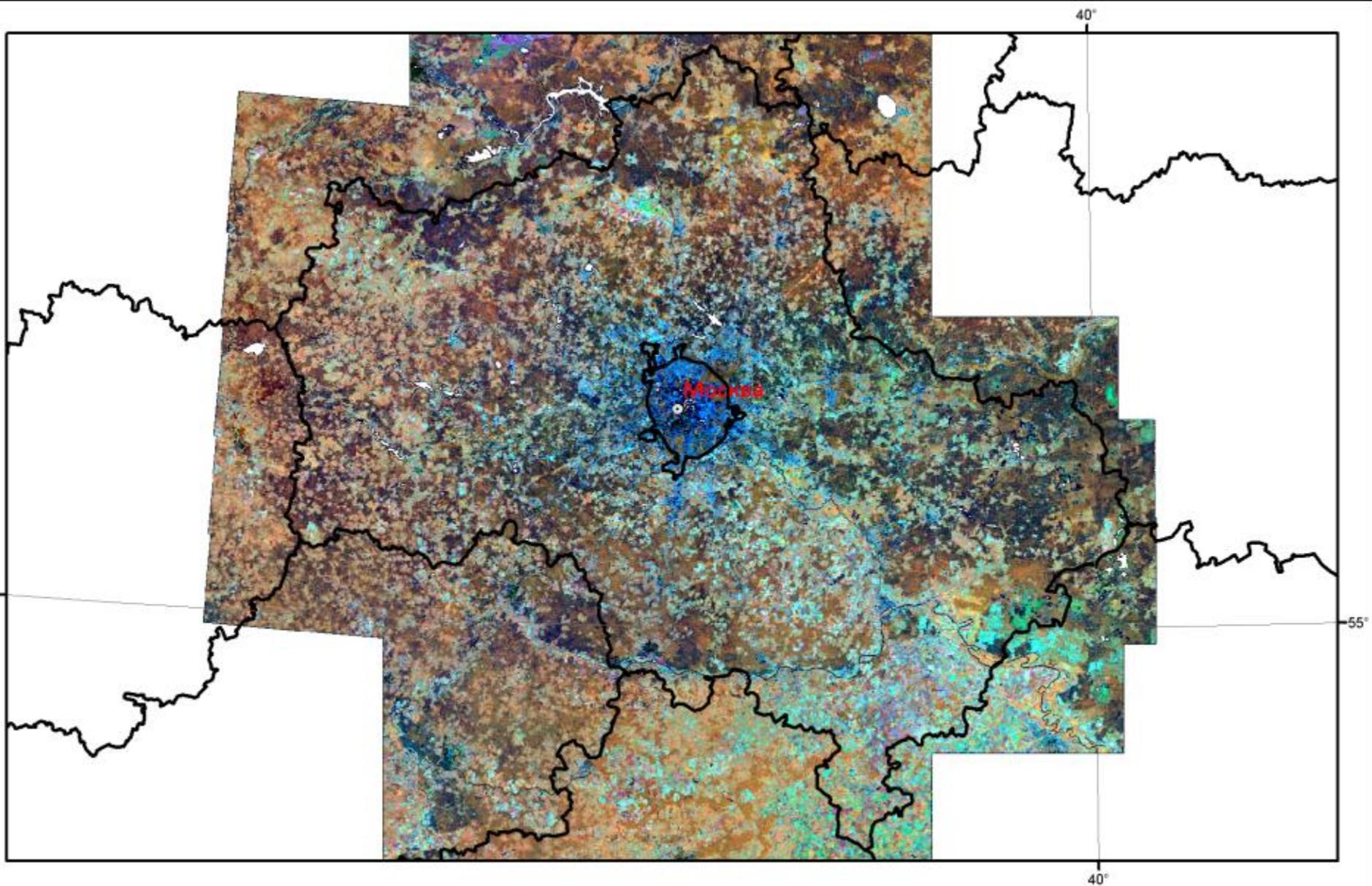
Восстановление временных серий: лес



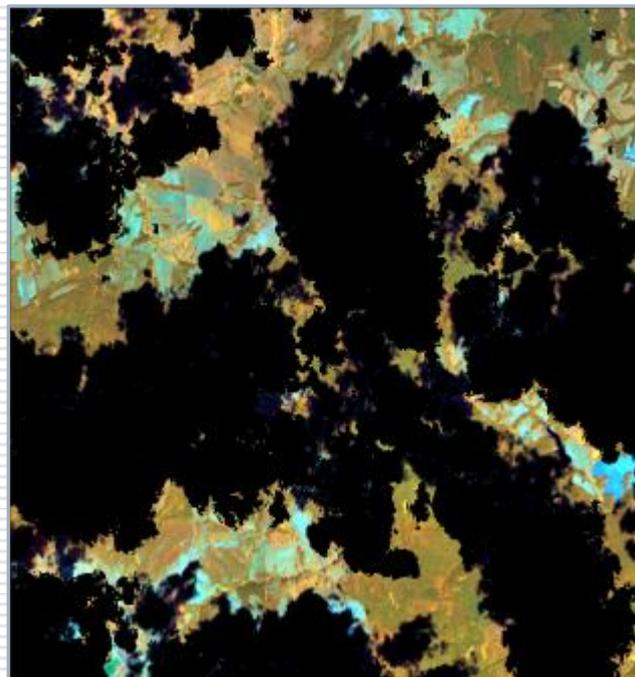
Восстановление временных серий: луг



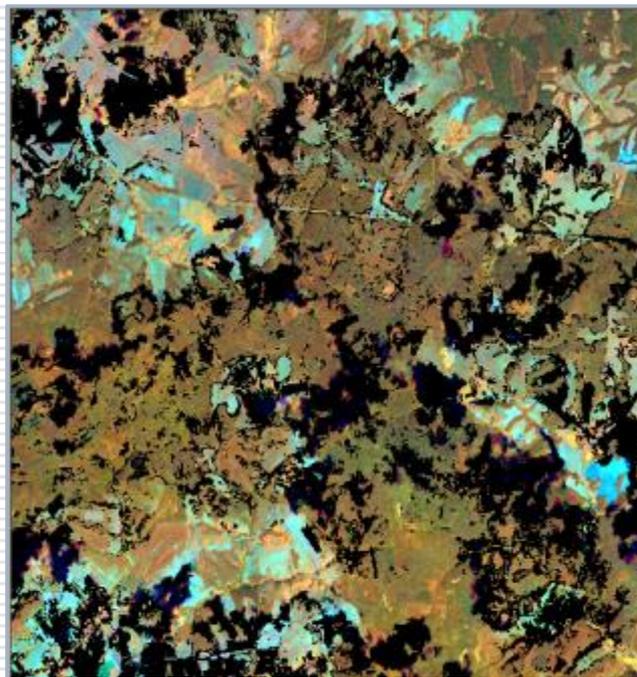
Восстановление на примере одной даты (13 июня 2016 года)



Детальные примеры



ИСХОДНОЕ

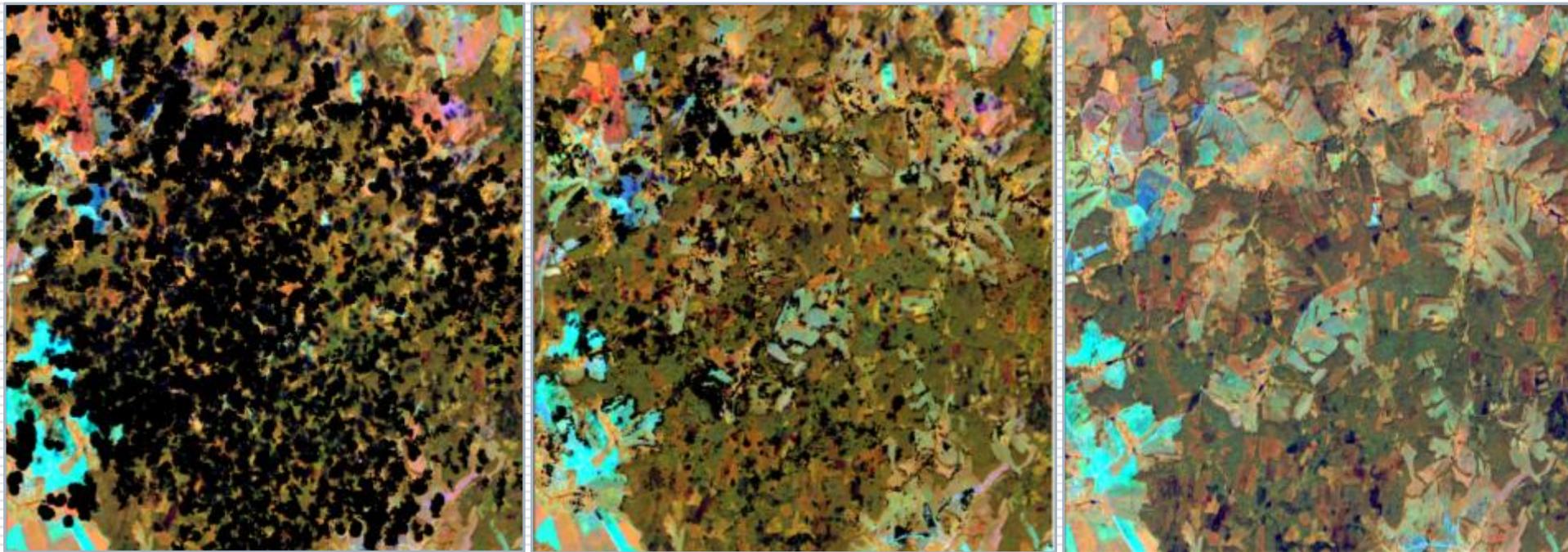


ВОССТАНОВЛЕННОЕ



ВОССТАНОВЛЕННОЕ И
ИНТЕРПОЛИРОВАННОЕ

Детальные примеры

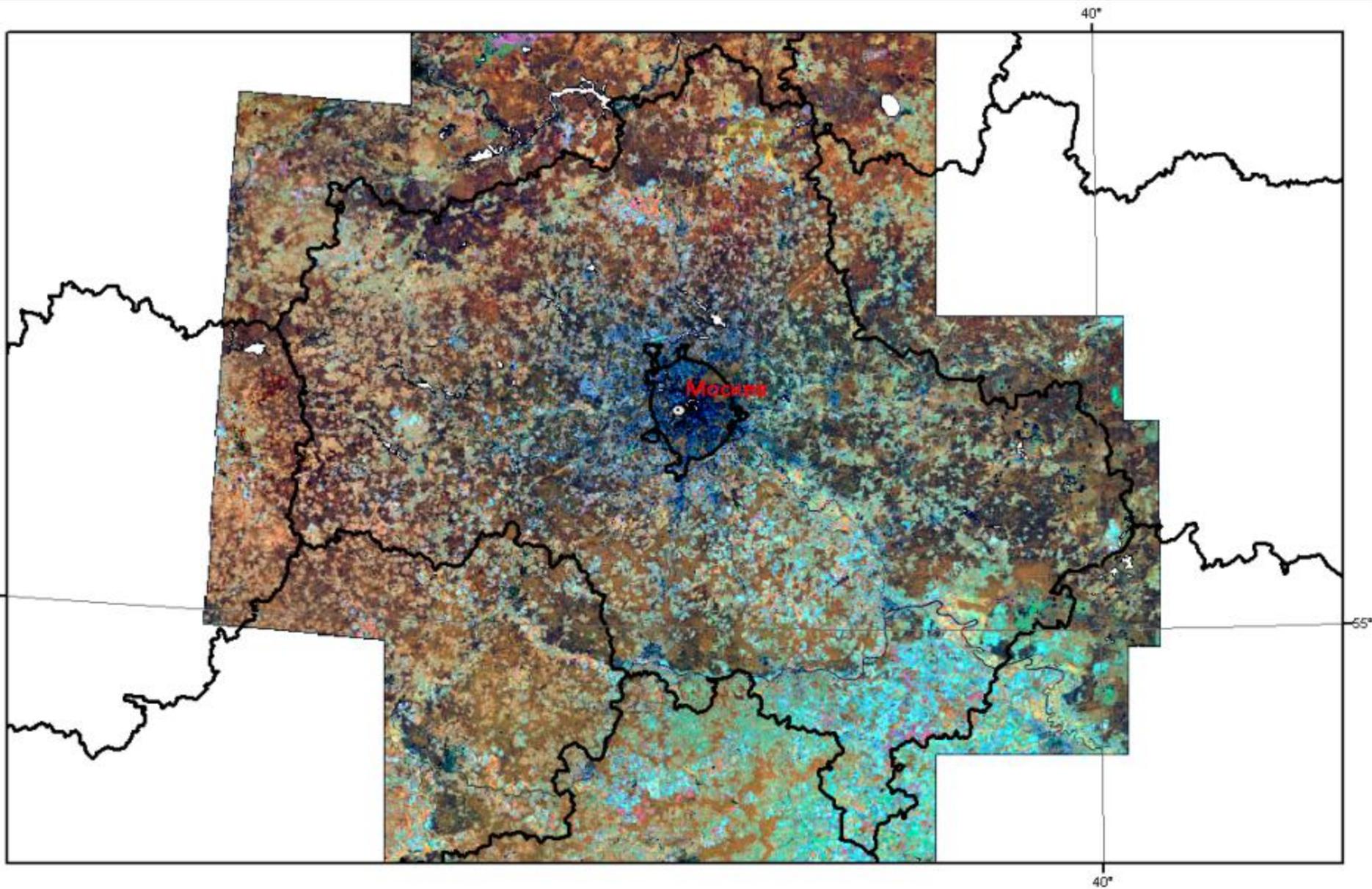


ИСХОДНОЕ

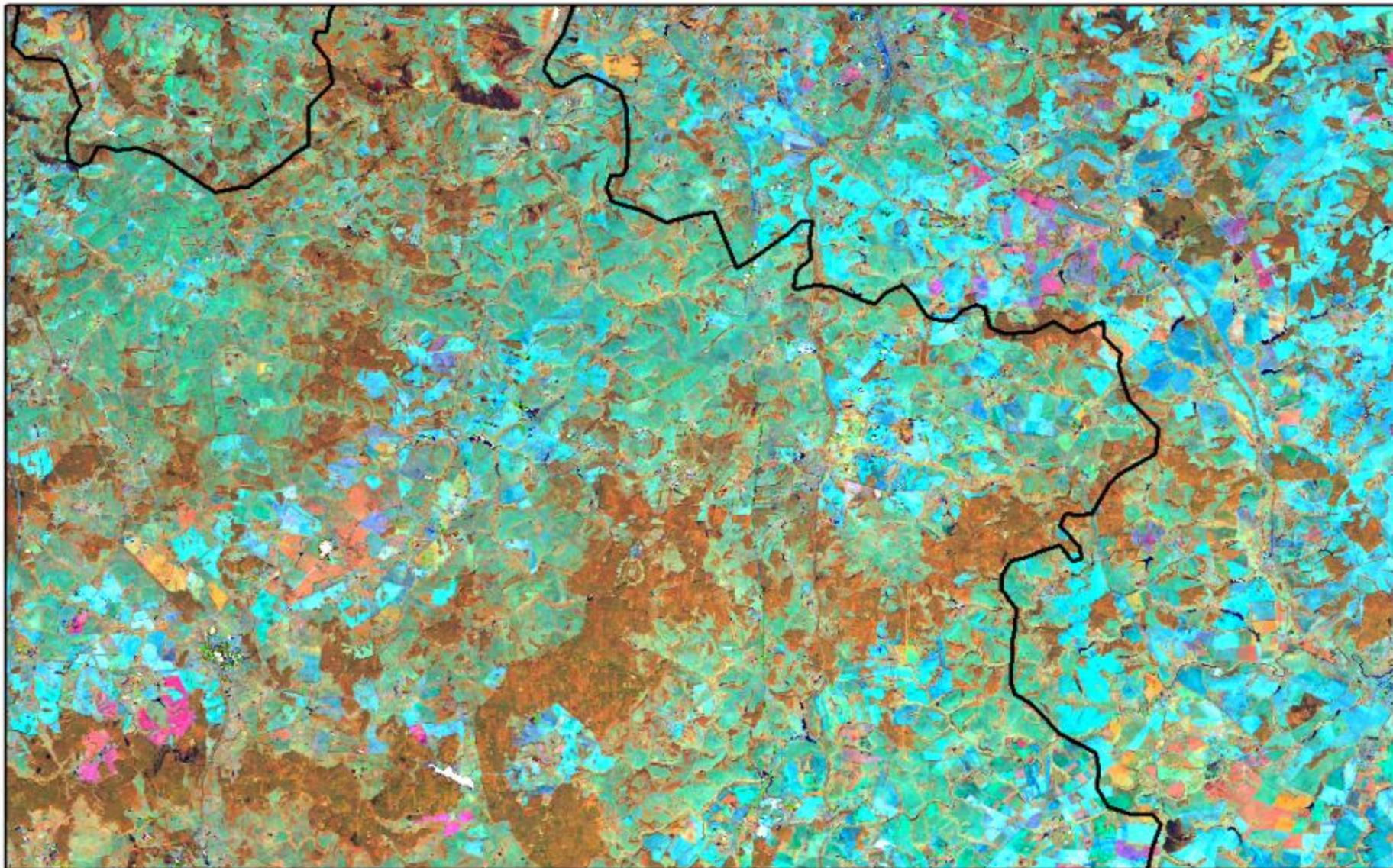
ВОССТАНОВЛЕННОЕ

восстановленное и
интерполированное

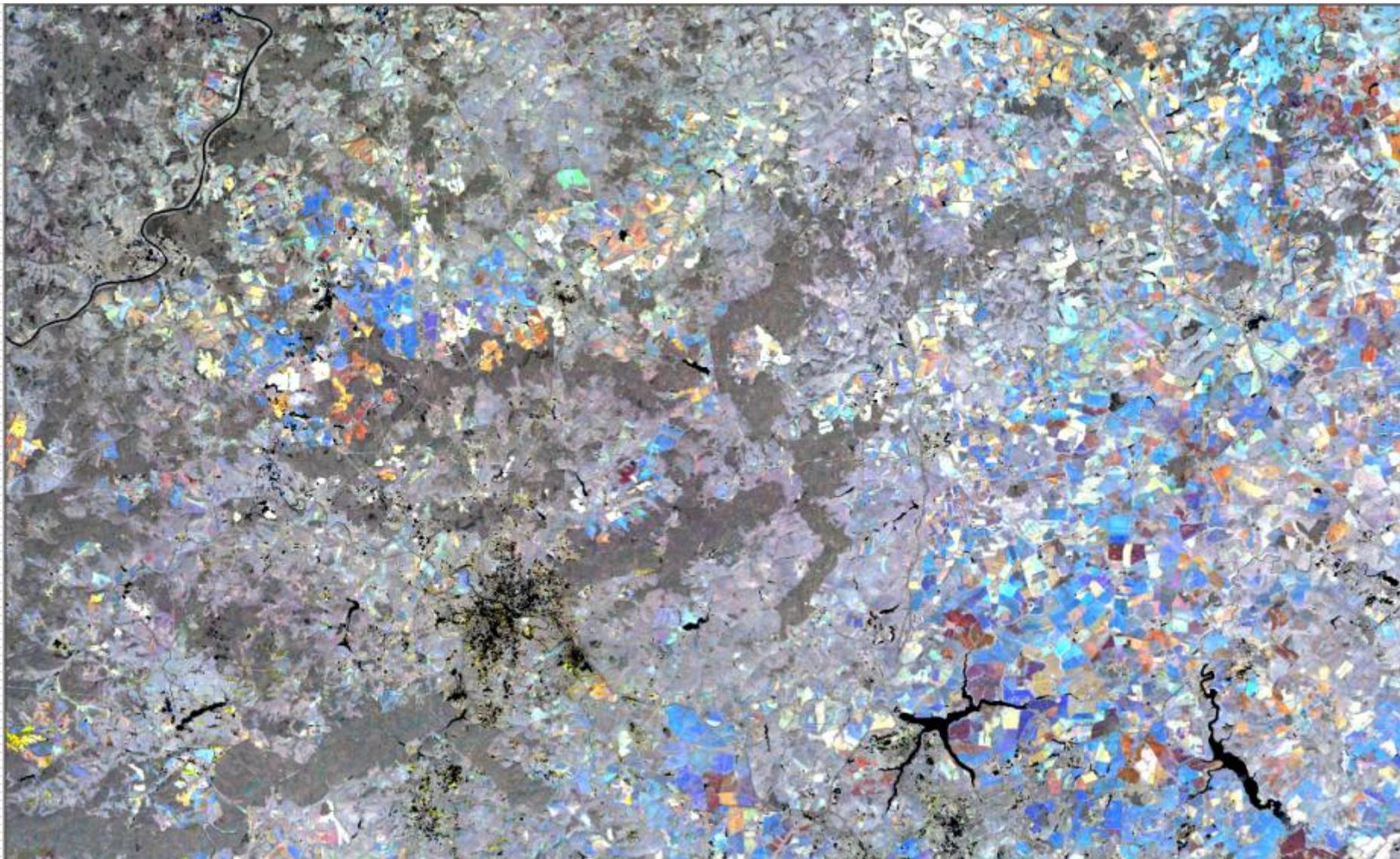
Временная серия восстановленных изображений



Временная серия восстановленных изображений

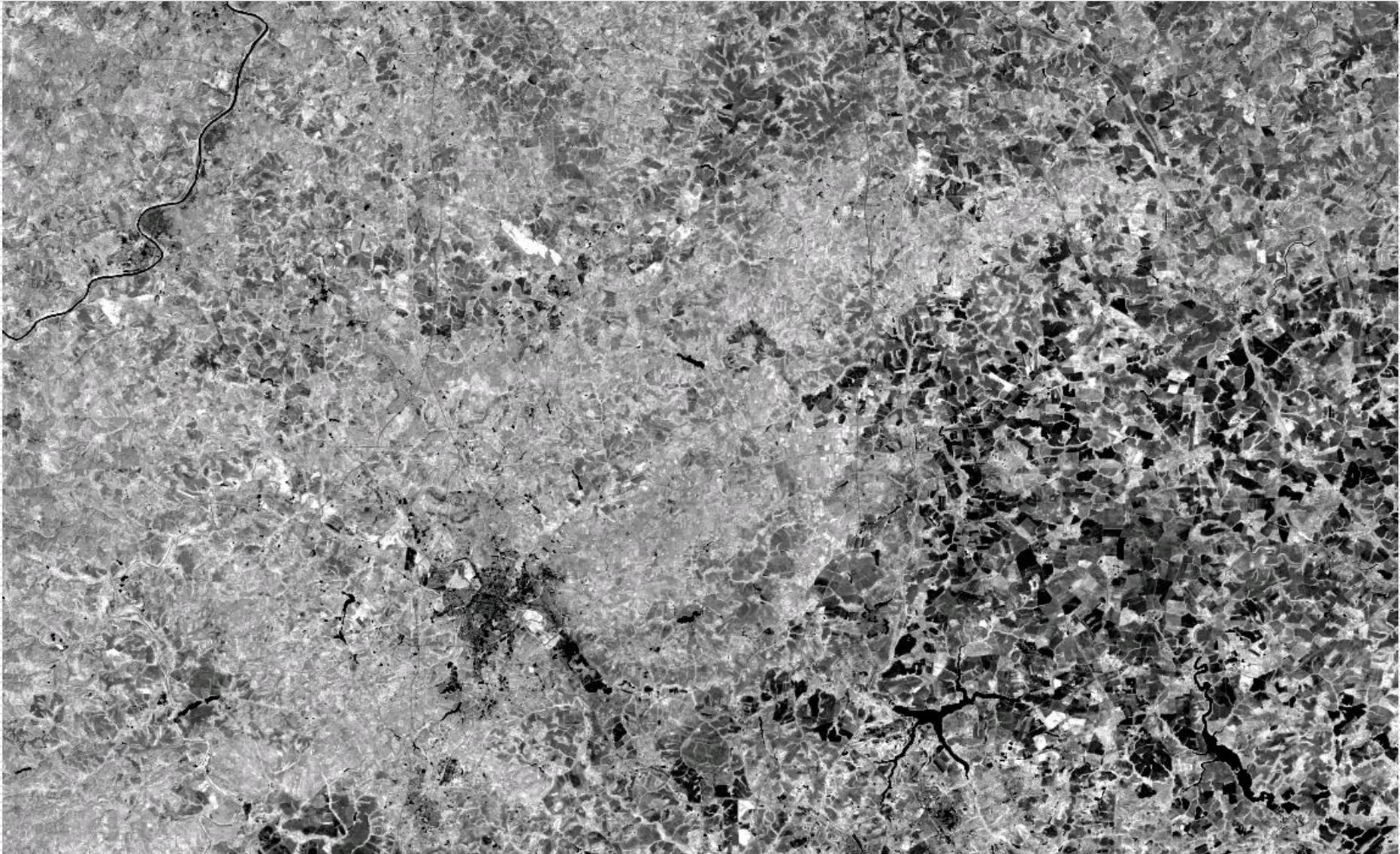


Разновременной синтез восстановленных изображений



30 июня(**Red**)– 19 июля(**Green**)– 8 августа (**Blue**)

Расчет спектрально-динамических признаков

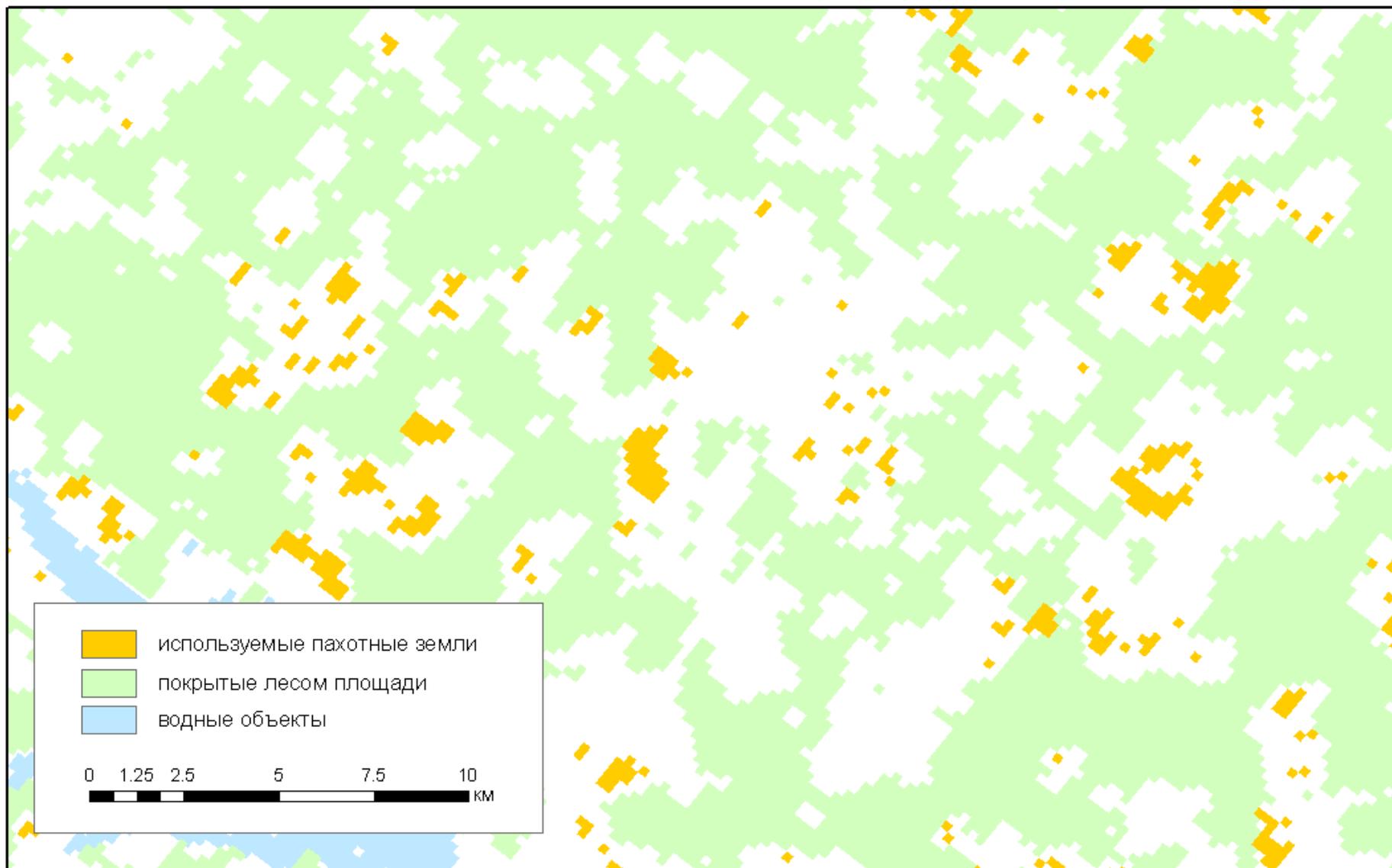


Фрагмент изображения одного из признаков распознавания

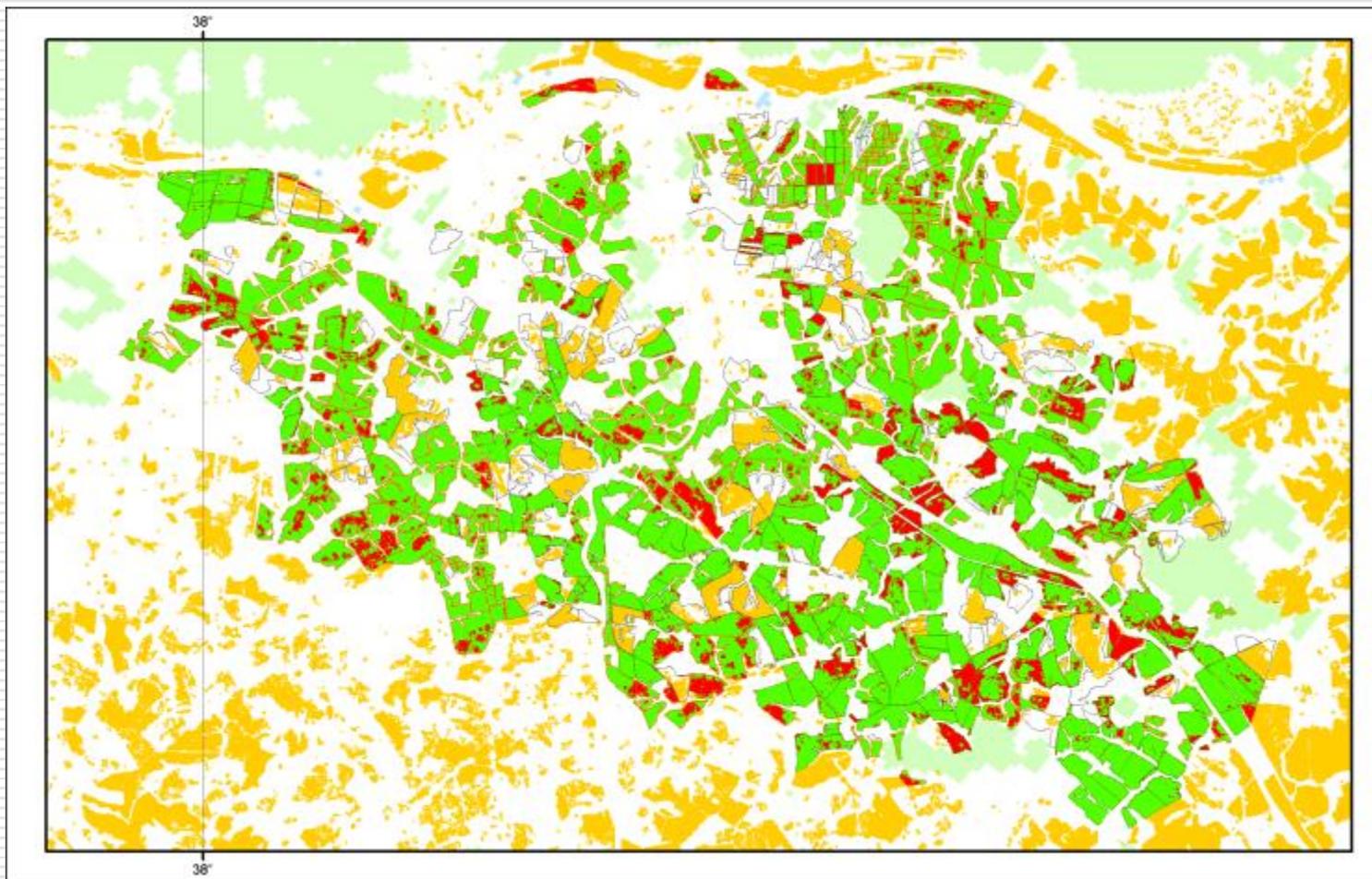
Построение карты пахотных земель по Landsat

- Выборка извлечена из карты используемых пахотных земель по данным MODIS и итеративно улучшена с помощью последовательных классификаций
- В качестве признаков использовалась временная серия восстановленных недельных изображений Landsat в красном и среднем ИК каналах и извлеченные из них признаки
- Ввиду заметной неоднородности территории использовался локально-адаптивный подход, реализованный в LAGMA
- В качестве классификатора (решающего правила классификации) использован Random Forest

Карта пахотных земель по данным Landsat за 2016 год



Оценки точности



- Точность распознавания для Каширского района составила **85%** (86% при объектной классификации)
- Out-of-bag error для всей территории составил в среднем 3% (максимальное значение 15%), точность классификации при разделении выборки пополам - **97%**.

Выводы

- Автоматические методы восстановления частых временных серий спутниковых данных высокого разрешения позволяют снять ограничения на использование разработанных ранее подходов для выявления пашни
- Полученные по MODIS карты пахотных земель России в преимущественно несельскохозяйственных регионах требуют существенного уточнения, для чего будет использован предложенный подход на основе ARES

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, контракт 14.616.21.0063, уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI61615X0063.