



«Применение модели пространственно-иерархического квадродерева с усеченными ветвями для повышения точности классификации изображений»

А.М. Достовалова



Постановка задачи

- Широкий спектр задач, требующий анализа спутниковых данных о Земной, поверхности сводится к задаче классификации изображений. Большинство методов классификации построено на свойстве независимости отсчетов.
- Обычно на спутниковых изображениях наблюдается множество областей, отсчеты которых близки по отражающим свойствам - т.е. между ними есть неявные пространственные зависимости .
- Представление изображений в форме пространственно-иерархического (ПИ) квадродерева позволяет учесть при классификации связи между отсчетами в различных пространственных разрешениях и пространственные зависимости между ними формально считая каждый пиксель самостоятельным элементом.
- Однако этот метод ресурсоемок, и демонстрирует низкую эффективность при работе с зашумленными изображениями
- Для того, чтобы повысить точность и скорость классификации зашумленных изображений, на основе ПИ-квадродерева была разработана модель квадродерева с усеченными ветвями



Модель квадродерева

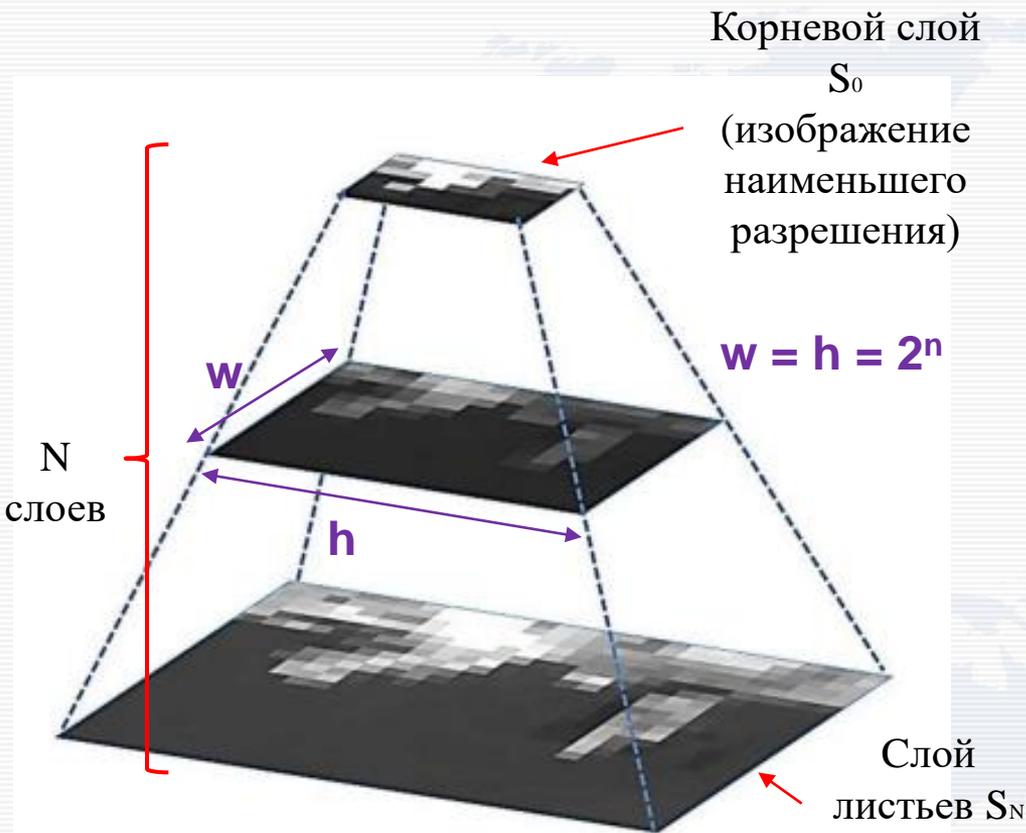


Рисунок 1 – Пирамида изображений

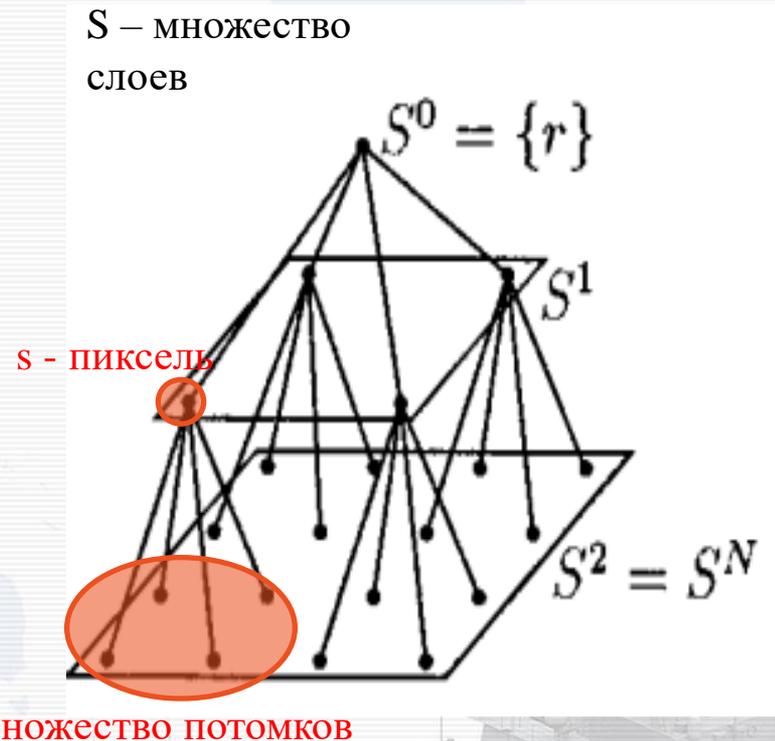


Рисунок 2 – Связи между отсчетами в квадродереве



Модель пространственно-иерархического квадродерева

В пространственно-иерархическом квадродереве пиксель s связан и с s^- , и со множеством s^* предшественников внутри одного слоя. В зависимости способа упорядочивания s^* может состоять как из одного, так и из многих пикселей

Внутри слоя отсчеты связаны неявно через s^-

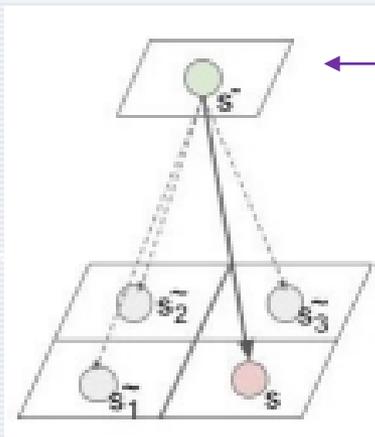
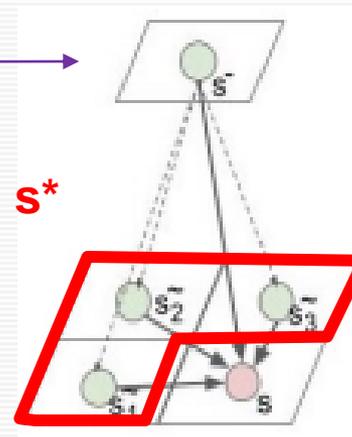


Рисунок 3 – Связи между отсчетами обычного квадродерева

Слой S_{l-1}

Слой S_l



Связь явная - выделено множество s^*

Рисунок 4 – Связи между отсчетами пространственно-иерархического квадродерева



Классификация изображения с помощью квадродерева

С пикселем s связаны понятия:

- x_s – класс, к которому отнесен s
- y_s – наблюдаемое значение s
- D_s – вектор наблюдений потомков ($D_s = y_s$ для слоя листьев)
- C_s – контекст s (объединение s^* и s^-)
- Матрицы переходов между классами
- $P(x_s | x_{s^-})$ (θ – интенсивность, $0 < \theta < 1$, M – число классов)

$$P(x_s = i | x_{s^-} = j) = \begin{cases} \theta, & i = j \\ \frac{1 - \theta}{M - 1}, & i \neq j \end{cases}, \theta > \frac{1}{M}$$

Шаг 0: вычисление $P(y_s | x_s)$ с помощью любого известного метода классификации

Шаг 1: вычисление $P(x_s)$

Шаг 2: вычисление $P(x_s | C_s, D_s)$
 $P(x_s | D_s)$

Шаг 3: вычисление искомых
 $P(x_s | Y)$

Рисунок 5 – Общая схема алгоритма классификации



Классификация изображения с помощью квадродерева

Шаг 1: Вычисление вероятностей появления класса x_s на каждом из N слоев

$$\underline{P(x_s)} = \sum_{x_{s^-} \in \Omega} P(x_s | x_{s^-}) P(x_{s^-}),$$

Шаг 2: Вычисление вероятности класса x_s для s в зависимости от его контекста C_s и вектора наблюдений потомков D_s

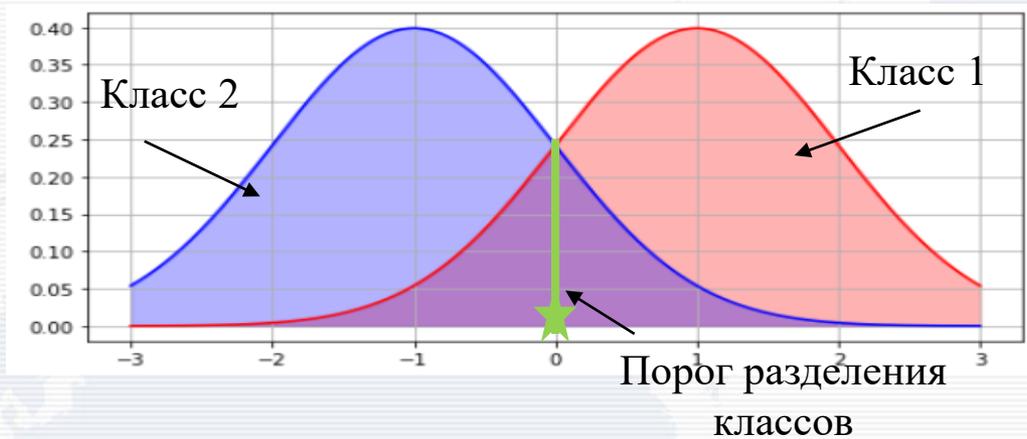
$$\underline{P(x_s | D_s)} \propto \begin{cases} P(x_s | y_s) \prod_{t \in S^+} \sum_{x_t \in \Omega} \frac{P(x_t | D_s) P(x_t | x_s)}{P(x_t)}, & s \in S \setminus S_n \\ P(x_s | y_s), & s \in S_n \end{cases}$$
$$\underline{P(x_s | C_s = x_{s^*}, D_s)} \propto \begin{cases} P(x_s | D_s) P(x_s)^{-2} P(x_s | x_{s^*}) P(x_{s^*}), & s \in S_0 \\ P(x_s | D_s) P(x_s | x_{s^-}) P(x_{s^-}) P(x_s)^{-3} P(x_s | x_{s^*}) P(x_{s^*}), & s \in S \setminus S_0 \end{cases}$$

Шаг 3: Получение искомым значений вероятностей классов для s в зависимости от всех с ним связанных наблюдений

$$P(x_s | Y) = \begin{cases} \sum_{x_{s^*}, x_{s^-} \in \Omega} P(x_s | x_{s^*}, D_s) P(x_{s^*} | Y), & s \in S_0 \\ \sum_{x_{s^*}, x_{s^-} \in \Omega} P(x_s | x_{s^*}, D_s) P(x_{s^-} | Y) P(x_{s^*} | Y), & s \in S \setminus S_0 \end{cases}$$



Принцип повышения точности классификации



Пиксель s классифицируется по яркости. Класс 1 $\sim N(1,1)$, класс 2 $\sim N(-1,1)$.

У его предшественника s^- при этом $p_1 = 0.8$, $p_2 = 0.2$.

Применение формул обхода узлов квадродерева практически равносильно умножению собственных вероятностей классов для s на p_1 , p_2 как на весовые коэффициенты.

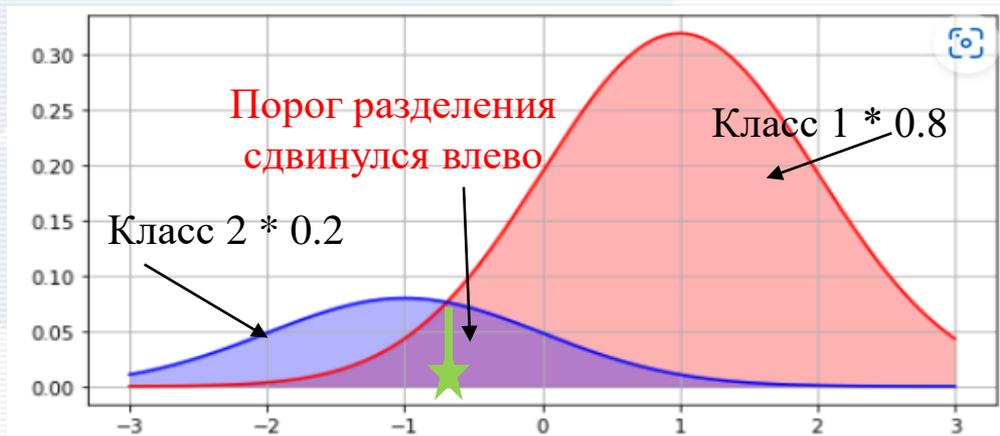
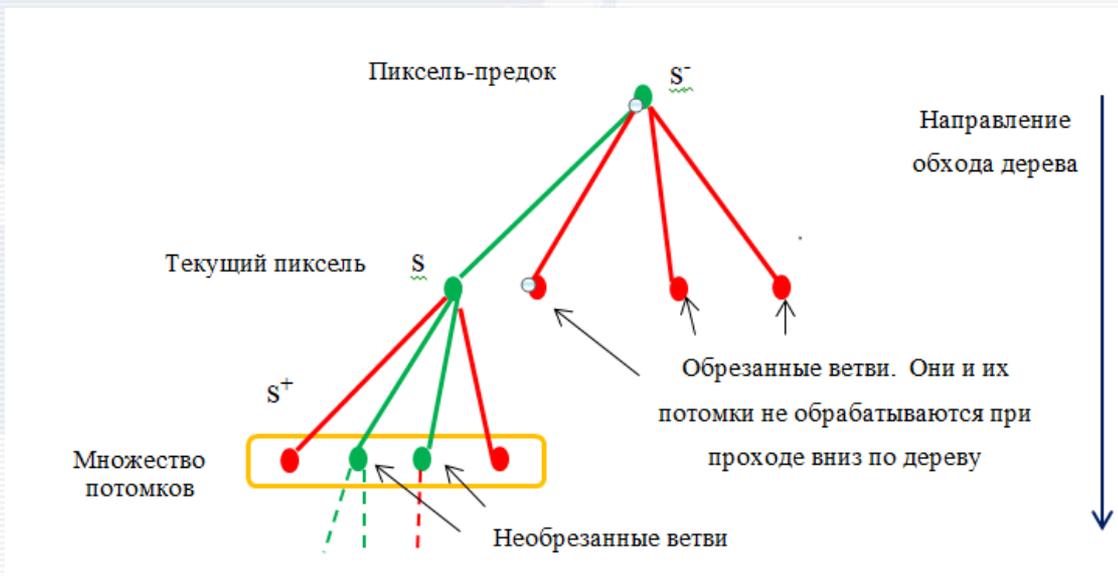


Рисунок 6 – Иллюстрация сдвига порога разделения классов



Идея усеечения ветвей

Можно предположить, что для однородных участков построения внутри дерева $P(x_s | Y)$ на соседних слоях будут отличаться не слишком сильно. Поэтому для этих отсчетов можно $P(x_s | Y)$ принять равными $P(x_{s-} | Y)$ - «запретить перемещение» им с l -го слоя на $l+1$ и значит «обрезать» соответствующую ветвь. Предложенный способ обхода дерева позволяет повысить точность классификации за счет использования для однородных участков результатов с изображений меньшего разрешения, у которых уровень зашумленности ниже.



Критерий обрезки:

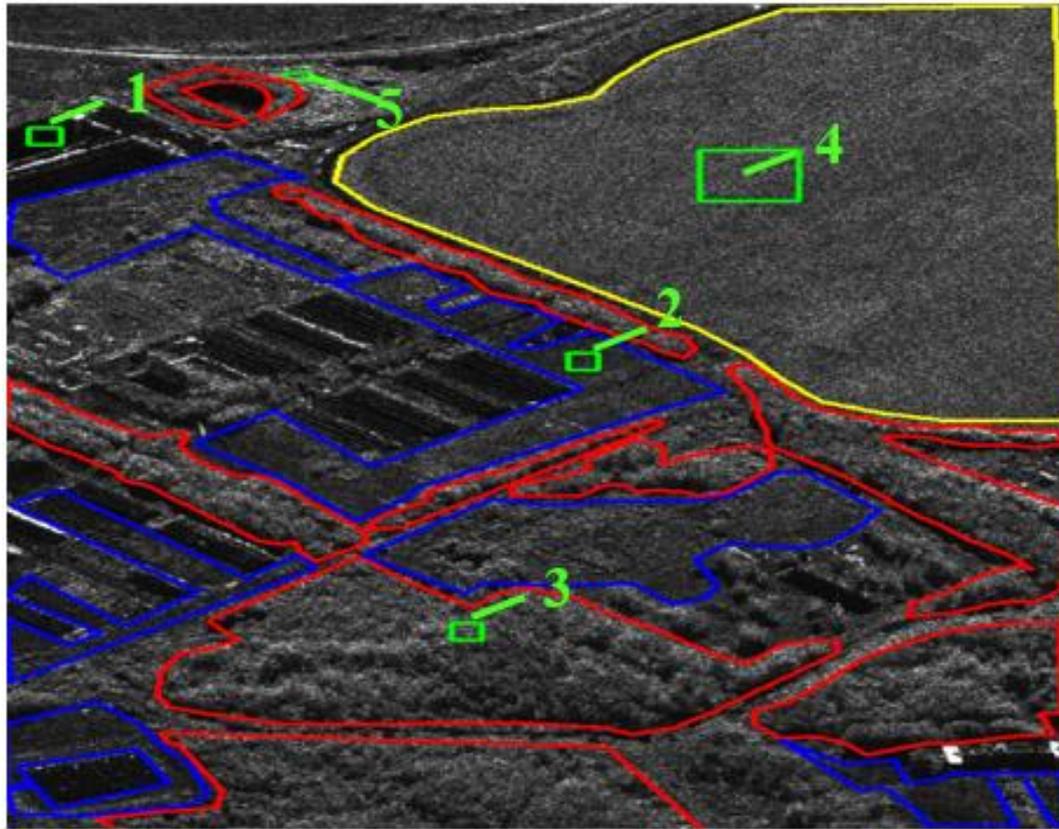
$$|P(x_s | Y) - P(x_{s-} | Y)| < \varepsilon$$

$$0 < \varepsilon < 1$$

Рисунок 7 – Схема обрезки ветвей квадродерева



Анализируемое изображение



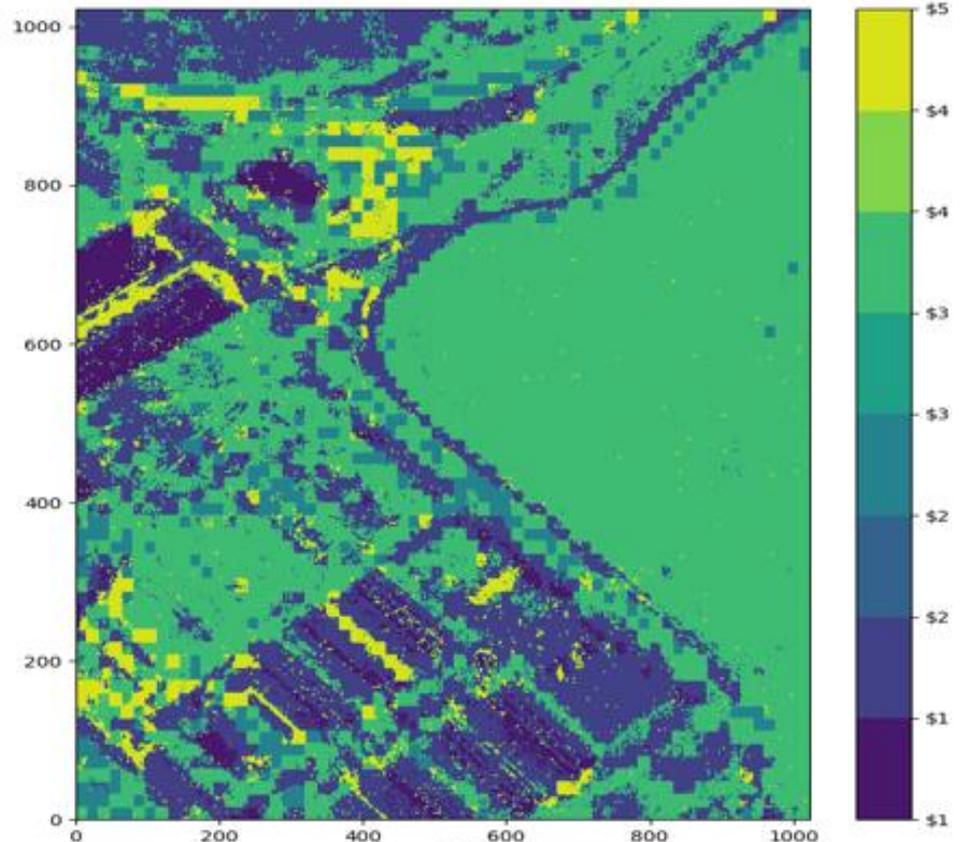
Зелеными прямоугольниками выделены эталонные участки, использованные для оценивания параметров распределений отсчетов выделенных классов. Цветными линиями выделены однородные области, внутри которых пиксели считались априорно принадлежащими классам 2 (земля без растительности), 3 (лес) и 4 (поле). Участки этих областей использовались для оценки точности классификации



Результаты обработки участка изображения



(а)



(б)

Рисунок 8 - Исследуемое изображение: (а) исходное; (б) классификация сеточным методом разделения смесей;

Результаты обработки участка изображения

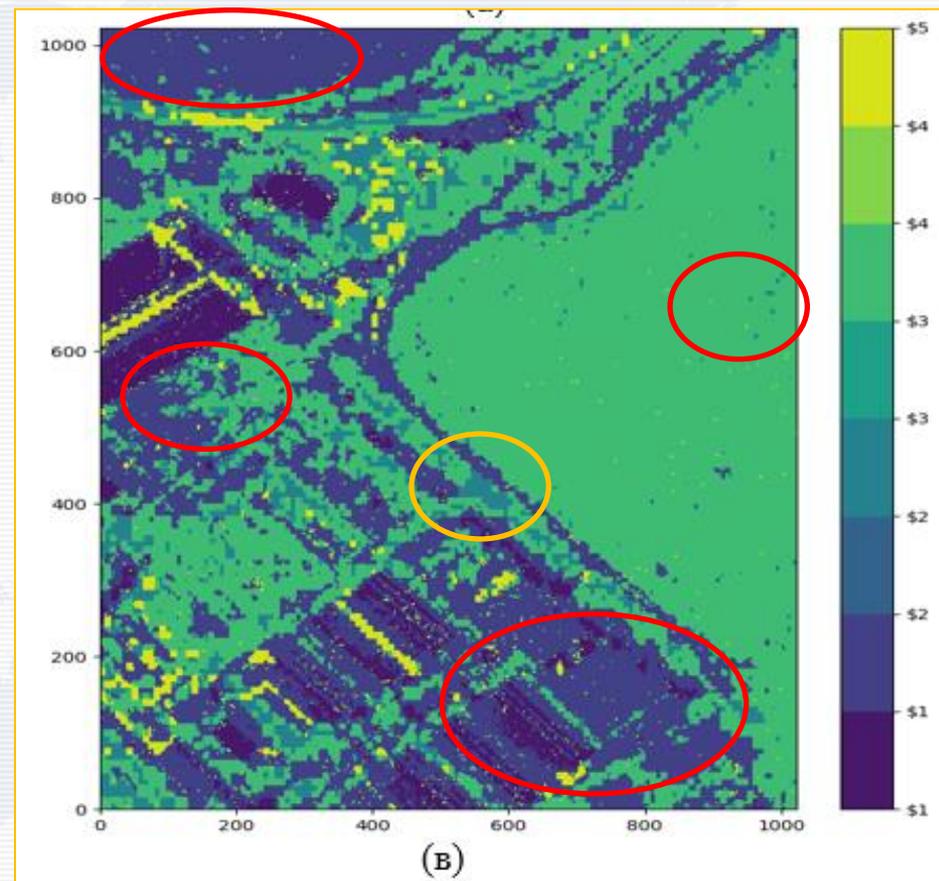
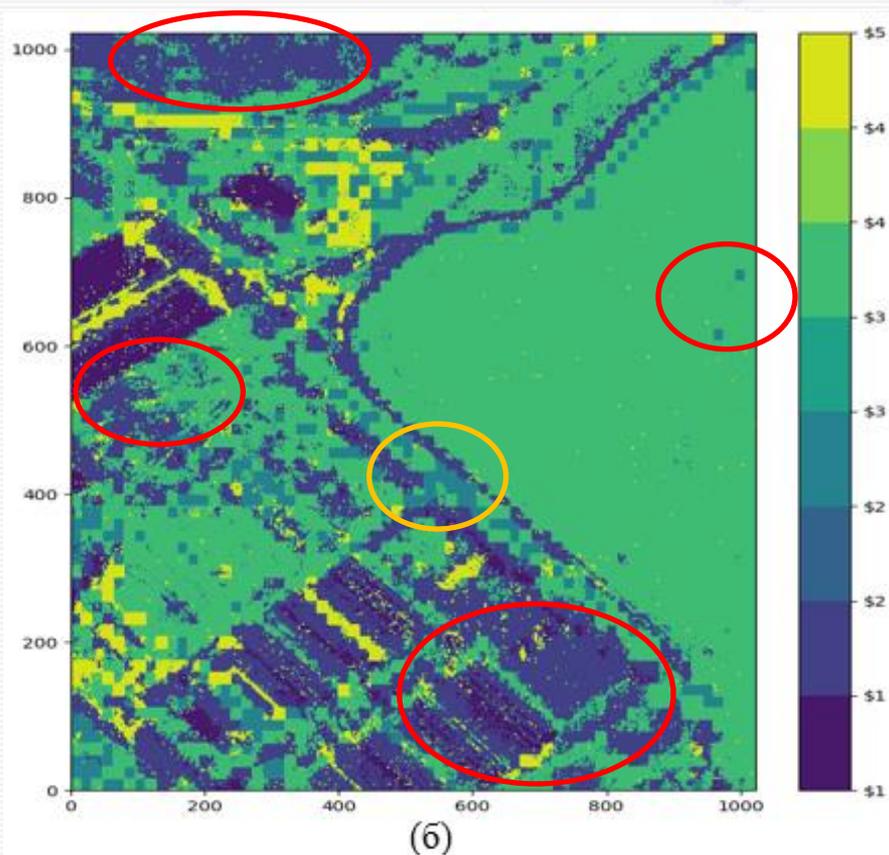


Рисунок 8 - Исследуемое изображение: (б) классификация сеточным методом разделения смесей; (в) улучшение результата метода смесей с помощью квадродерева без модификаций

Результаты обработки участка изображения

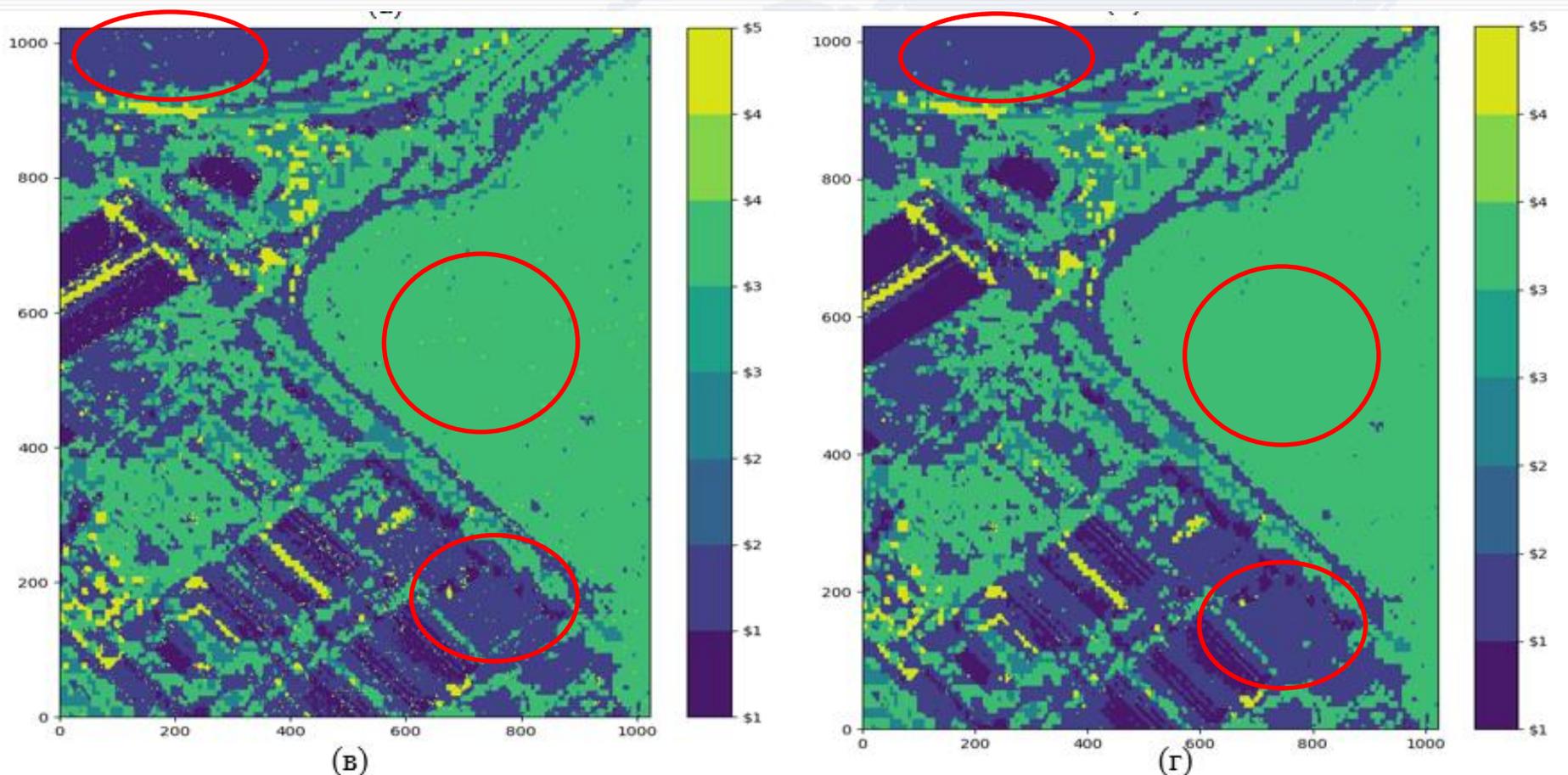


Рисунок 8 - Исследуемое изображение: (в) улучшение результата метода смесей с помощью квадродерева без модификаций; (г) улучшение результата метода смесей с помощью квадродерева с обрезкой ветвей (снижение шума на однородных областях)



Результаты обработки участка изображения

Таблица 1 - Точность классификации для классов 2, (земля без растительности), 3 (лес) и 4 (поле) и время обработки исследуемого изображения

Способ обработки изображения	Точность классификации для класса			Время работы алгоритма, с
	2	3	4	
Сеточный метод разделения смесей	0.6688	0.2576	0.9303	34,2
Смеси + квадродерево без модификаций	0.7274	0.2226	0.9585	3254,8
Смеси + квадродерево с обрезкой ветвей (по локальной области)	0.7454	0.2094	0.9689	169,1
Смеси + квадродерево без обрезки ветвей (по локальной области)	0.7246	0.2226	0.9571	579,2



Результаты обработки участка изображения

- Дополнительная обработка изображений с помощью квадродеревьев (без обрезки ветвей) позволяет повысить точность обработки однородных областей в сравнении с результатом метода смесей на 3-6%
- При этом использование обрезки ветвей позволяет уменьшить число шумовых пикселей и повышает точность классификации однородных областей на 4-8%.
- Кроме того обрезка ветвей квадродерева позволяет ускорить обработку изображения в 4-19 раз



Заключение

Результаты классификации реальных изображений показали, что модель квадродерева с усеченными ветвями демонстрирует более высокую точность за счет повышения вероятности правильной классификации пикселей внутри однородных областей в сравнении с другими квадродеревьями без усечения. Также процедура обработки набора изображений для усеченной модели оказывается менее ресурсоемкой в сравнении с остальными.



Применение модели пространственно-иерархического квадродерева с усеченными ветвями для повышения точности классификации изображений

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**

