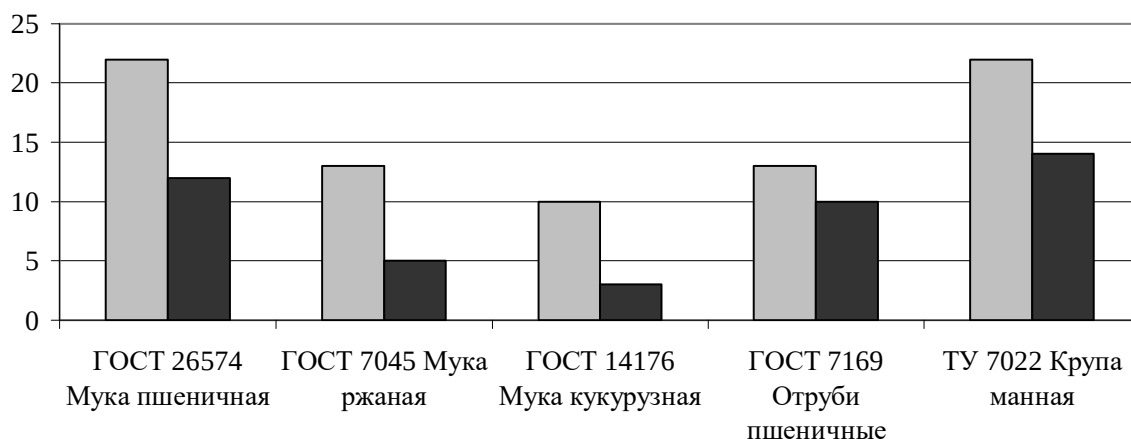


Определение цветовых характеристик зерна методами анализа изображений

Анализ стандартов на зерно и продукты его переработки показал, что от 30 до 60% показателей качества зерна определяется по визуальным характеристикам (рисунок 1), что указывает на важность определения этих характеристик.



- Общее количество показателей качества продуктов размола зерна, указанных в данном стандарте
- Количество показателей качества продуктов размола в данном стандарта, определяемых по визуальной характеристике

Рисунок 1 – Соотношение общего количества качественных показателей продуктов и определяемых по визуальной характеристике в разных стандартах

Для обоснованного выбора методики анализа изображений зерна нами были проведены предварительные исследования отражательной способности поверхности зерновок и уплотненно-сглаженной поверхности пшеничной муки.

Экспериментальное исследование цветовых характеристик зерна продовольственных культур

В экспериментах использовали цветные планшетные сканеры «Umax Astra 5400» и «Epson Perfection 2400 Photo», ПК с процессором «Intel Pentium 4». Для обработки полученных данных использовали математический пакет «Mathsoft MathCad 12» и некоторые программы собственной разработки.

Объектами исследования служили образцы пшеницы, ячменя, донника и вьюнка.

Целью экспериментов было построение гистограмм распределения яркостей пикселей в трех цветовых каналах, на основе которых можно сделать выводы о применимости различных алгоритмов анализа изображений.

Зерно размещали на предметное стекло сканера. При этом следили, чтобы отдельные зерна не касались друг друга для исключения сдвигания. Сканировали 1000 зерен с разрешением 600 точек на дюйм, длина одного пикселя (разрешение сканирования) была равна 0,0847 мм.

Сканировали в отраженном свете. Автоматический выбор параметров сканирования отключали для получения сопоставимых результатов в каждом цикле сканирования. Иначе автоматическая система адаптации меняет яркость, контраст и гамму каждого изображения до некоторых средних значений.

В результате обработки полученных изображений получили гистограммы распределения яркости пикселей в трех цветовых каналах. На рисунках 2 – 5 приведены такие гистограммы для пшеницы, ячменя, донника и семян вьюнка, который является засорителем зерновых культур.

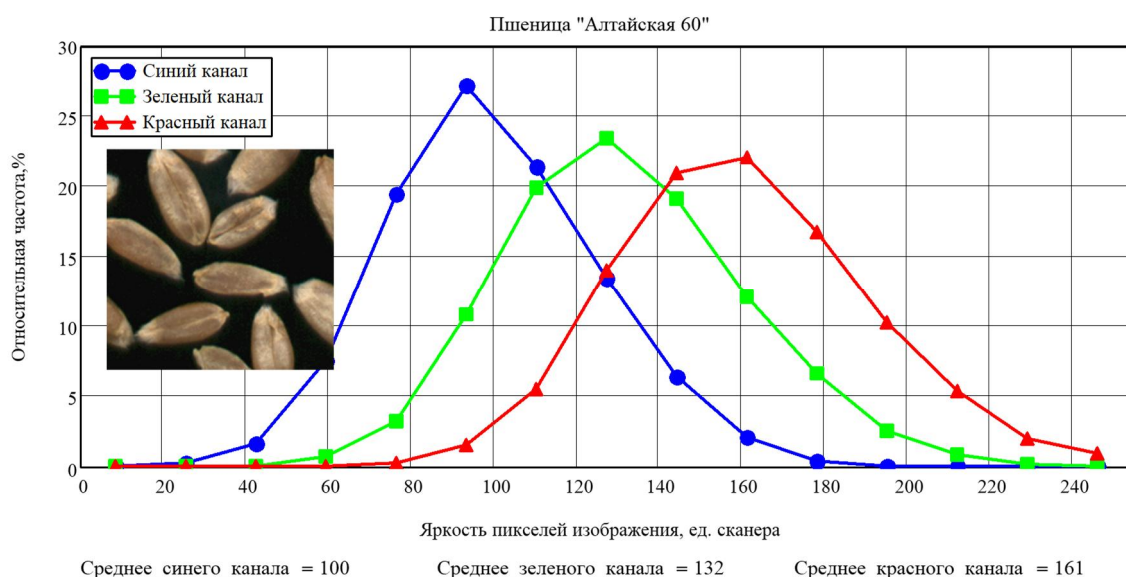


Рисунок 2 – Гистограмма распределения яркостей пикселей изображения пшеницы сорта «Алтайская 60»

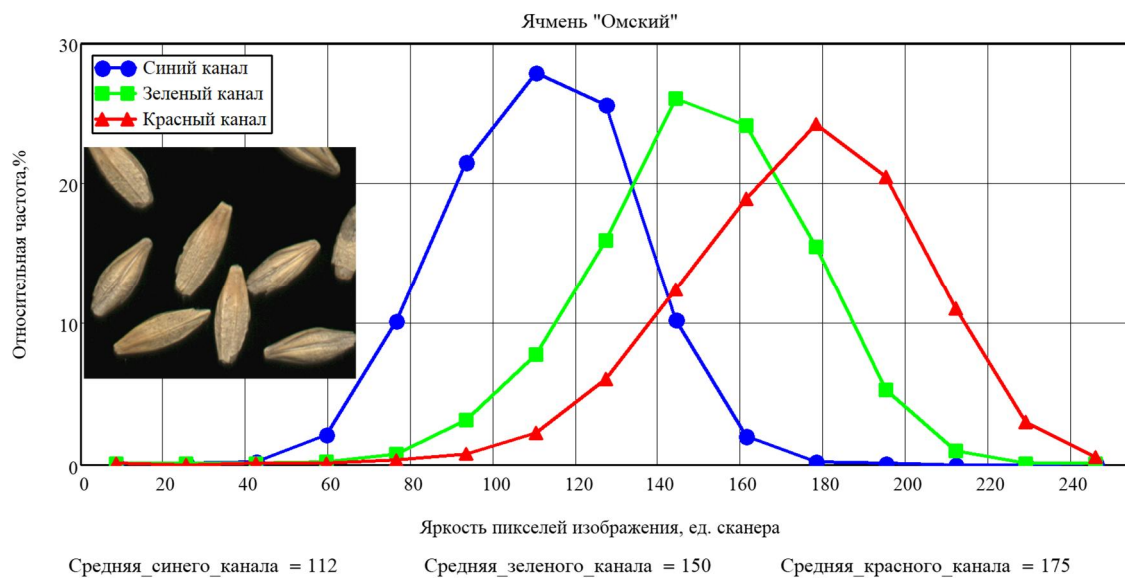


Рисунок 3 – Гистограмма распределения яркостей пикселей изображения зерновок ячменя сорта «Омский»

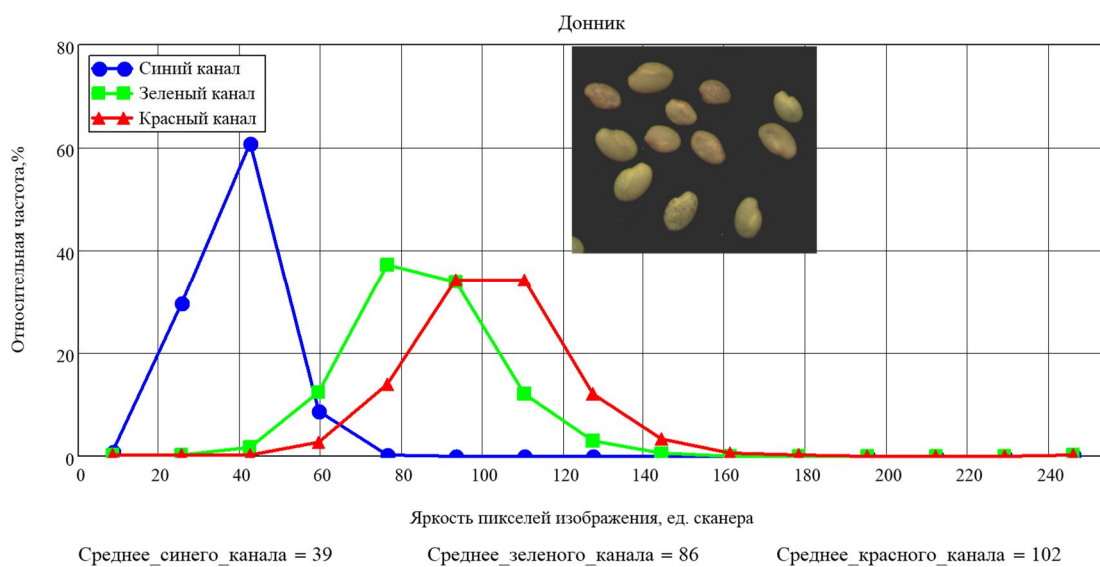


Рисунок 4 – Гистограмма распределения яркостей пикселей изображения семян донника

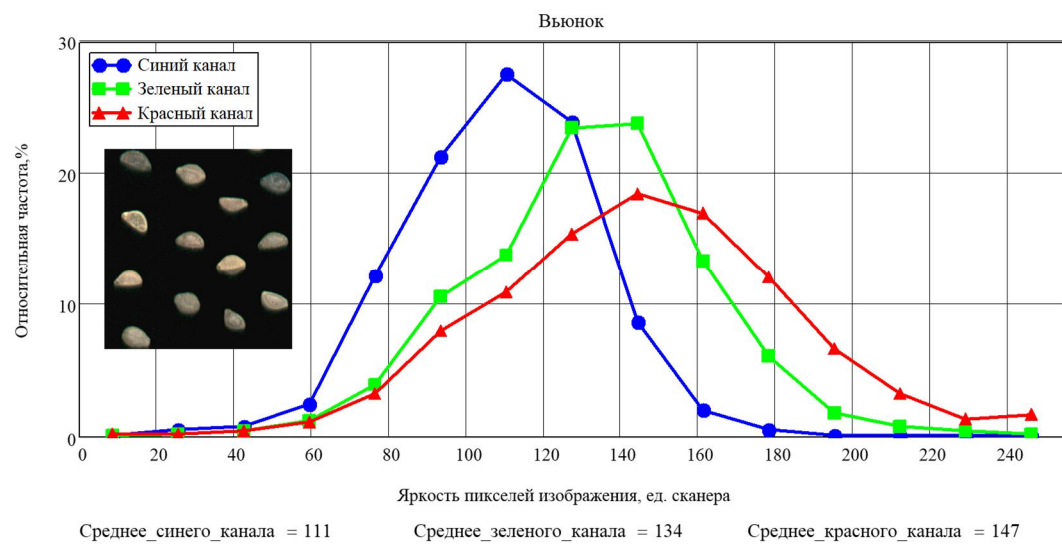


Рисунок 5 – Гистограмма распределения яркостей пикселей изображения семян вьюнка

Экспериментальное исследование цветовых характеристик пшеничной муки

Таким же способом проводилось исследование отражательной способности образцов муки.

На рисунках 6–7 приведены изображения уплотненно-сглаженной поверхности пшеничной муки первого и второго сорта.

На рисунках 8–9 приведены гистограммы распределения яркостей пикселей изображения муки первого и второго сорта.

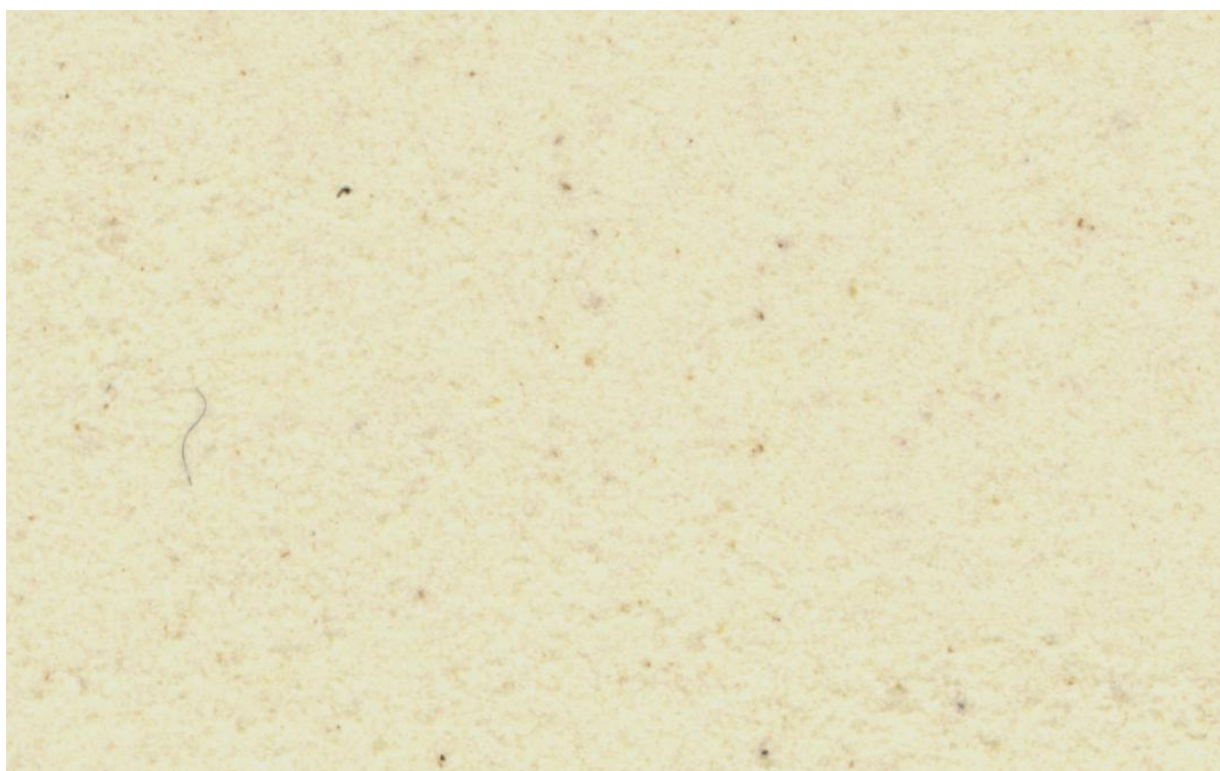


Рисунок 6 – Вид уплотненно-сглаженной поверхности муки первого сорта



Рисунок 7 – Вид уплотненно-сглаженной поверхности
муки второго сорта



Рисунок 8 – Гистограмма распределения яркостей пикселей
изображения муки первого сорта



Рисунок 9 – Гистограмма распределения яркостей пикселей
изображения муки второго сорта

Для исследования влияния сортности на отражательную способность уплотненно-сглаженной поверхности муки было отобрано по 50 образцов муки высшего, первого и второго сортов.

Образцы сканировались в отраженном свете, по полученным сканам рассчитывались статистические характеристики. Результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 Отражательная способность образцов муки

Мука	Средняя величина отражательной способности в зонах спектра, в единицах сканера			
	Цвет	Максимум	Минимум	Среднее
Высший сорт	Красный	255	84	229,7
	Зеленый	255	64	227,9
	Синий	255	100	216,8
Первый сорт	Красный	249	175	229,0
	Зеленый	251	155	225,1
	Синий	254	120	210,1
Второй сорт	Красный	251	83	225,5
	Зеленый	253	65	219,5
	Синий	247	103	199,9

Анализ таблицы 1 показывает, что максимумы и минимумы отражательной способности в отдельных точках муки разных сортов могут совпадать и не могут поэтому служить характеристикой сортности. Среднее значение отражательной способности в синем канале обладает некоторой чувствительностью к сортности муки, однако она имеет небольшое значение. Поэтому в построении алгоритма определения сортности лучше применить методику опознавания отдельных частиц, с последующим подсчетом суммарной площади, занимаемой частицами на фоне эндосперма. Для подтверждения применимости методики опознавания отдельных частиц мы провели дополнительные исследования профилей яркости изображений образцов муки.

Профиль яркости изображения муки

Исследование профиля – один из методов анализа спектральной плотности участков изображений.

Общая схема проведения исследования профиля следующая: непосредственно на изображении проводится линия произвольной длины и ориентации, являющаяся маркером-указателем анализируемого профиля, после чего строится график интенсивностей пикселей изображения лежащих вдоль сечения, определяемого текущим положением маркерной линии.

По графику профиля можно визуально выделить локальный максимум и минимум, а также перепады уровня яркости, соответствующие объектам. Это дает основания для выбора оптимального уровня распознавания для отделения объектов от фона.

Разработанная нами программа «Профиль» позволяет построить диаграмму цветового профиля по линиям, проведённым на исходном изображении. Диаграмма строится по значениям яркости пикселей изображения, расположенных вдоль линии. Кроме того, к диаграмме можно добавить графики профиля в каждом из RGB-каналов (красном, зелёном или синем).

На рисунках 10 и 11 приведены полученные профили яркости пикселей изображений уплотненно-сглаженной поверхности муки первого и второго сортов. На графике четко видно, что в синем канале имеются наиболее глубокие провалы (минимумы) яркости на местах расположения частиц оболочек. Именно в синем цвете оболочки зерна наиболее контрастно проявляются на фоне измельченного эндосперма. Этот факт дает нам основания применить для опознавания частиц оболочек именно синий канал, установив для него уровень дискриминации 90% от среднего в канале. На рисунке 12 показаны этапы анализа изображений муки высшего, первого и второго сортов. На обработанных изображениях видны определенные алгоритмом сегментации частицы оболочек, от суммарной площади которых зависит сортность муки.

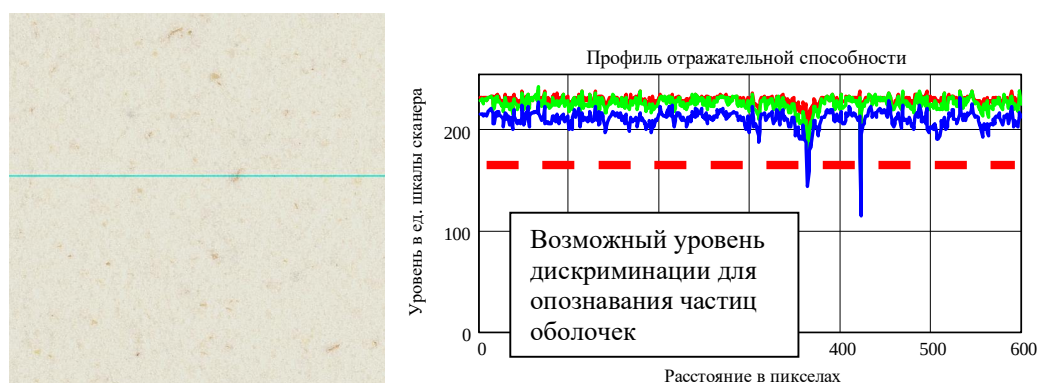


Рисунок 10 – Профиль отражательной способности уплотненно-сглаженной поверхности муки 1 сорта

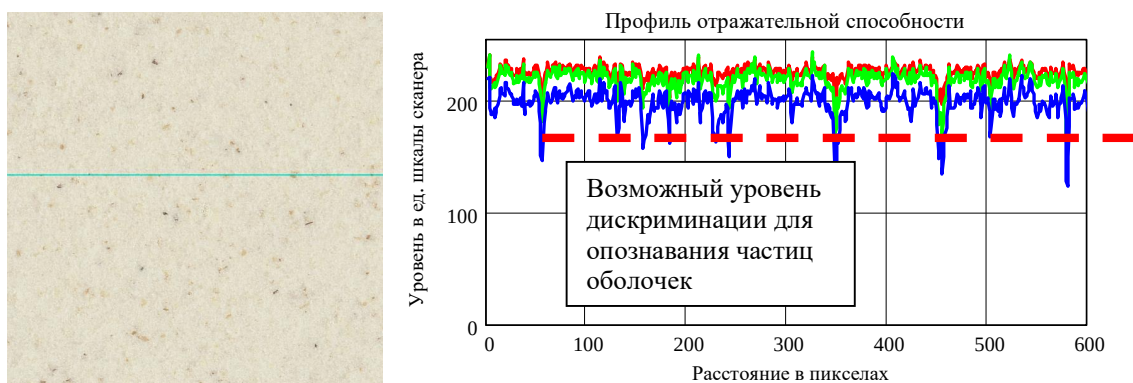
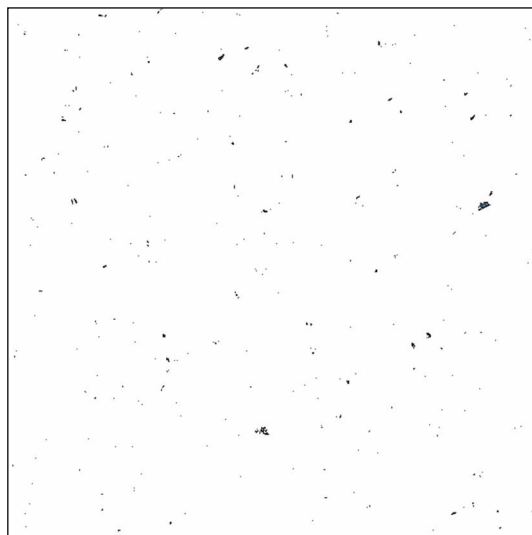


Рисунок 11– Профиль отражательной способности уплотненно-сглаженной поверхности муки 2 сорта



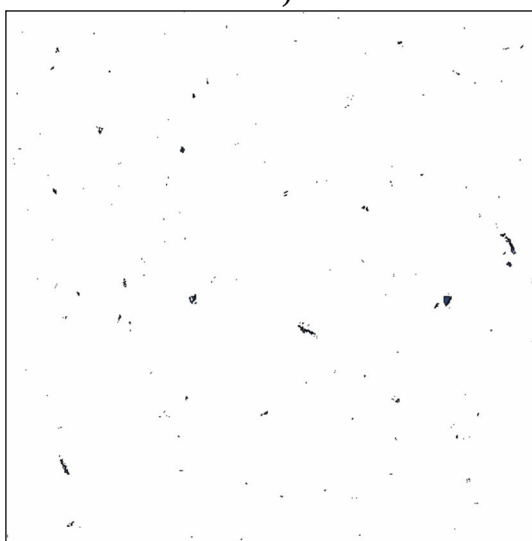
a1)



a2)



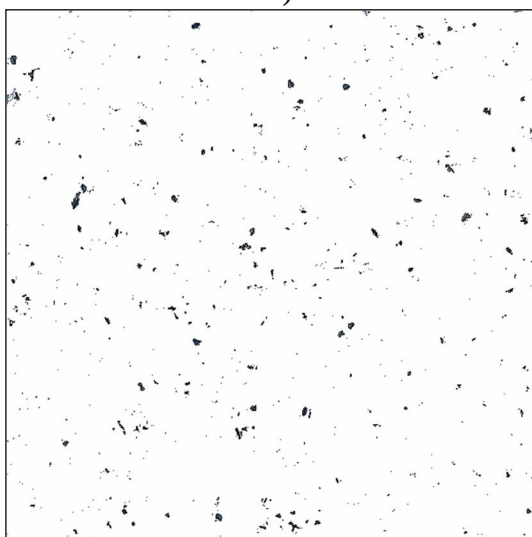
б1)



б2)



в1)



в2)

Исходные изображения: а1 – высший сорт; б1 – первый сорт; в1 – второй сорт
Обработанные изображения: а2 – высший сорт; б2 – первый сорт; в2 – второй сорт

Рисунок 12 – Этапы анализа изображения уплотненно-сглаженной поверхности муки

Экспериментальное исследование цветовых характеристик примесей в зерне продовольственных культур

Для разработки методики анализа изображений и обоснованного выбора параметров алгоритмов анализа нами были произведены исследования цветовых характеристик примесей в образцах семян продовольственных культур. По отобранным образцам нами строились профили яркости и гистограммы распределения яркости пикселей на сканах образцов.

В экспериментах использовали цветные планшетные сканеры «Umax Astra 5400» и «Epson Perfection 2400 Photo», ПК с процессором «Intel Pentium 4». Для обработки полученных данных использовали математическую систему «Mathsoft Mathcad 12» программы собственной разработки.

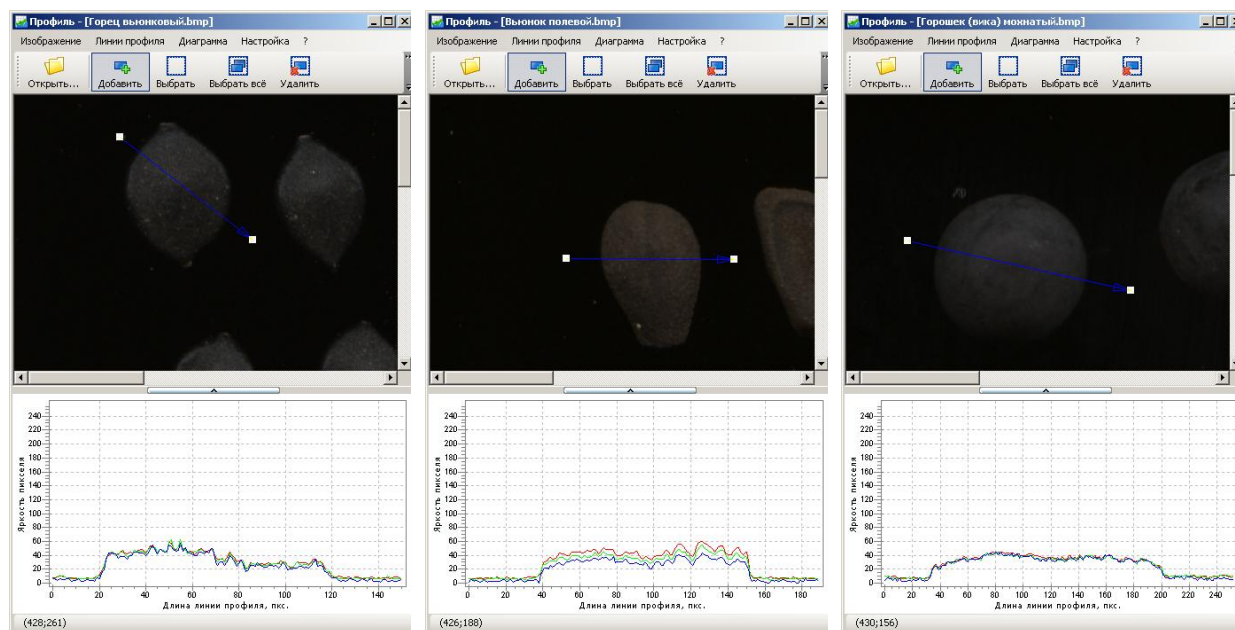
Объектами исследования служили образцы овсяга, овса, пшеницы, кырлыка, выюнка полевого, горца выюнкового и других семян из сформированной нами базы данных. Всего было исследовано более 70 образцов. Наиболее характерные профили яркости приведены на рисунке 13.

Целью экспериментов было построение гистограмм распределения яркостей пикселей в трех цветовых каналах, на основе которых можно сделать выводы о применимости различных алгоритмов анализа изображений.

Зерно размещали на предметное стекло сканера. Сканировали 1000 зёрен с разрешением 600 точек на дюйм, длина одного пикселя при этом была равна 0,0847 мм.

Сканировали в отраженном свете. Автоматический выбор параметров сканирования отключали для получения сопоставимых результатов в каждом цикле сканирования. Иначе автоматическая система адаптации меняет яркость, контраст и гамму каждого изображения до некоторых средних значений.

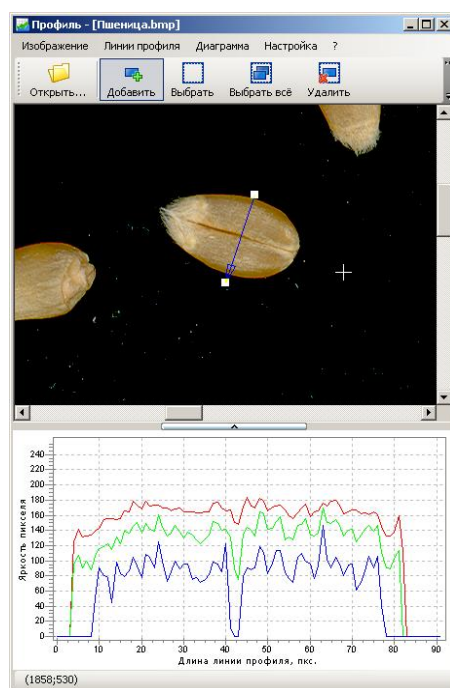
Отличительной особенностью профилей изображений семян сорных растений является небольшой разброс яркостей пикселей на изображениях по сравнению с семенами культурных растений. Это наглядно иллюстрируется на рисунке 13. Анализ профилей также показал, что пороговые значения дискриминации при анализе изображений примесей часто лежат очень близко к значению фона изображения. Это связано с условиями освещения, которые должны быть одинаковыми и для культурных растений, и для примесей, так как в реальных условиях примеси и семена культурных растений будут находиться одновременно. Учитывая такие явления, нами было внесено в меню модуля три способа эффективного контрастирования изображения, включая автоматическое.



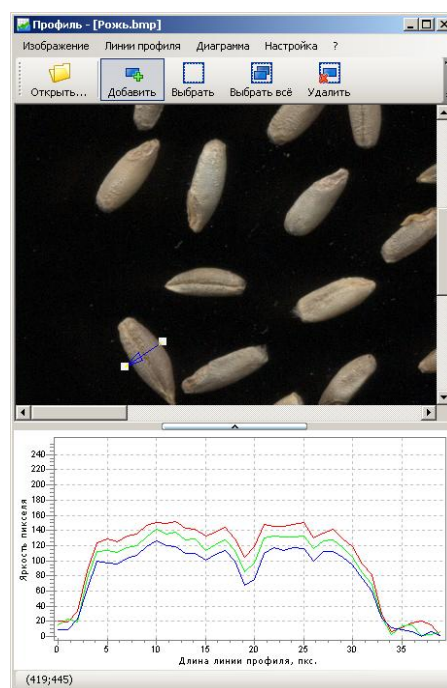
а)

б)

в)



г)



д)

а – горец выюнковый; б – выюнок полевой; в – горошек (вики) мохнатый;
г – пшеница; д – рожь

Рисунок 13 –Профили яркости изображения семян

В результате обработки полученных изображений получили гистограммы распределения яркости пикселей в трех цветовых каналах. На рисунках 14–16 приведены такие гистограммы для кырлыка, вьюнка и горца вьюнкового, которые являются засорителями зерновых культур.

Анализ полученных гистограмм показывает, что гистограммы распределения яркостей пикселей на сканированных изображениях семян культурных растений и примесей(засорителей) часто существенно различаются, что будет нами использовано в алгоритмах идентификации засорителей.

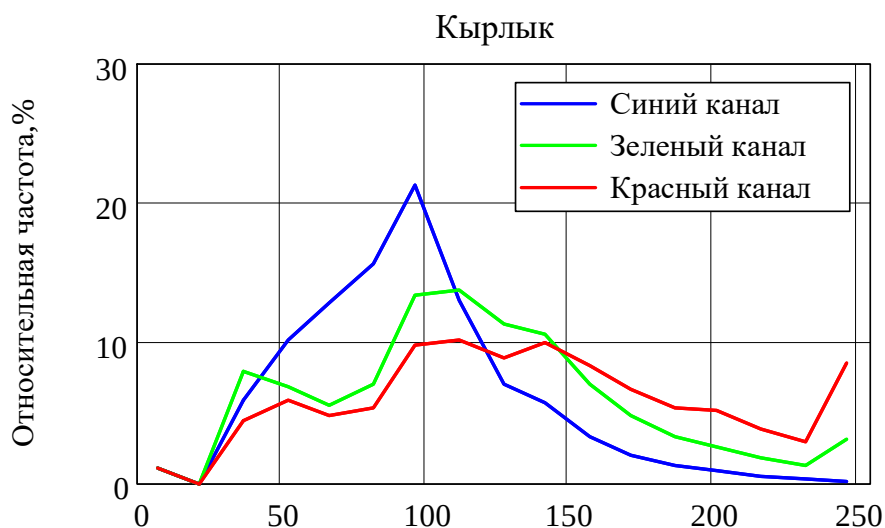


Рисунок 14 – Гистограммы распределения яркостей пикселей на изображении семян кырлыка

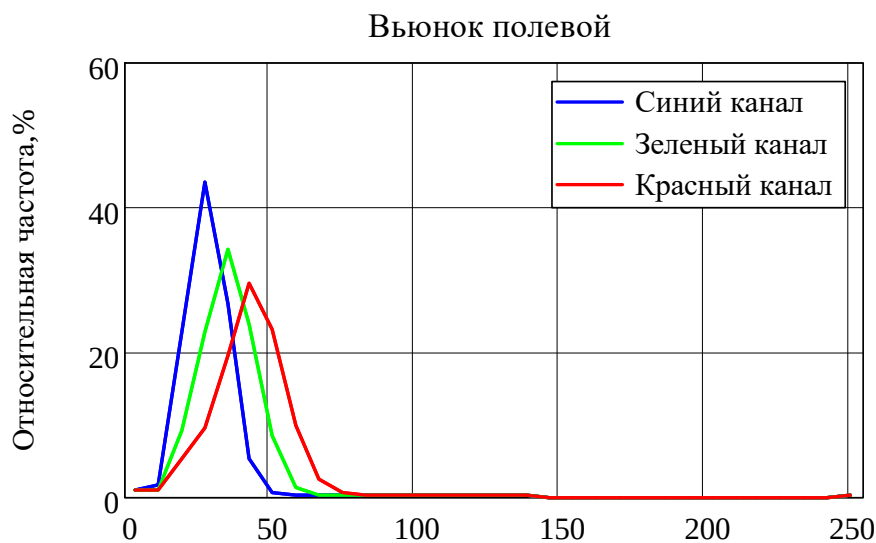


Рисунок 15 – Гистограммы распределения яркостей пикселей на изображении семян вьюнка полевого

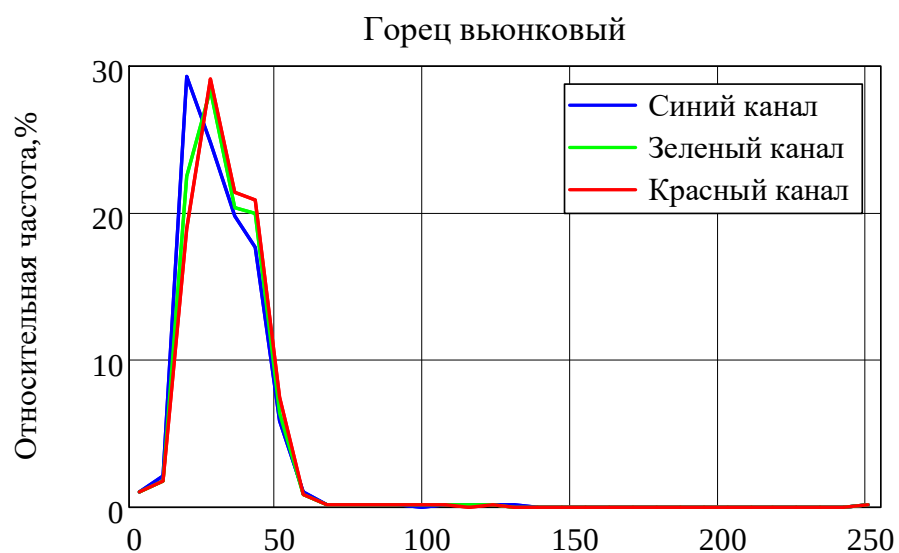


Рисунок 16 – Гистограммы распределения яркостей пикселей на изображении семян горца вьюнкового