

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Корней В.И., Семейкин А.Г., Кузюков С.А.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
(г. Барнаул)

Задача определения качества зернопродуктов возникает на этапах производства, хранения и переработки зерна.

Задачу можно решить несколькими способами. Ручной труд наиболее распространенный, однако носит субъективный характер. Аппаратные средства дают наиболее достоверные результаты, однако недоступны не только для фермеров, но даже для некоторых предприятий вследствие высокой стоимости. Программные средства более доступны в ценовом отношении, однако имеют массу настроек, сложны в управлении и зачастую не предназначены для решения подобного рода задач.

В данной работе были исследованы и автоматизированы три вида анализа продовольственного зерна: анализ стекловидности, гранулометрический анализ и анализ засоренности.

Анализ стекловидности является важным, поскольку на его основе определяется сорт зерна. Стекловидность, согласно ГОСТ [1], требуется определять для таких культур, как рис и пшеница. Стекловидность важна и для таких культур, как: кукуруза, ячмень, рожь.

Стекловидное зерно напоминает собой скол стекла и прозрачно на просвет. Мучнистое зерно непрозрачно на просвет. Слева на рисунке 1 изображено мучнистое зерно, справа – стекловидное.

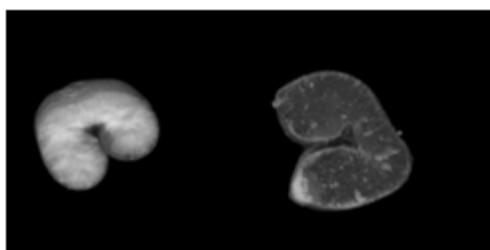


Рисунок 1 – Разновидности зерен

Стекловидность измеряется в процентах. Согласно ГОСТ рассчитывается как сумма полностью стекловидных зерен плюс половина частично-стекловидных. Так как в

пробе зерен 100 штук, получаем величину в процентах.

В ходе исследований стало понятно, что всевозможные способы определения порога по каким-либо соображениям способны решать задачу на узком наборе данных, малейшее отклонения яркости изображений сводили эффективность анализа на нет. Стало понятным, что необходимо сделать алгоритм определения стекловидности, подобный калибровке аппаратных средств. Для таких целей было решено использовать нейронные сети для распознавания классов мучнистости, стекловидности, оболочки (рисунок 2).

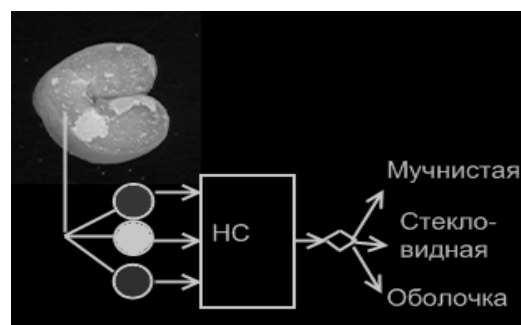
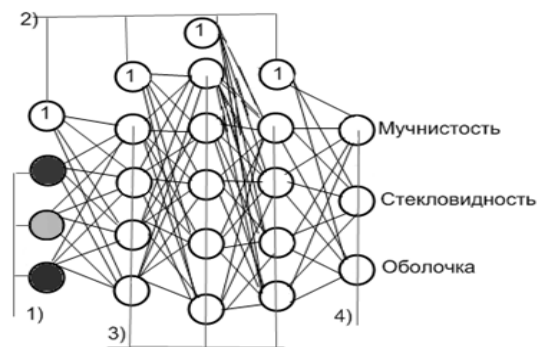


Рисунок 2 – Классификация точек объекта



1 – три входа – оттенки цвета rgb (красный – зеленый – синий); 2 – линейные составляющие; 3 – скрытые слои; 4 – выходы

Рисунок 3 – Архитектура нейронной сети

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

В качестве способа обучения было выбрано обучение с учителем. Для учителя необходима обучающая выборка. Ее заполнение представляет собой интерактивный процесс выбора цвета, класса, к которому принадлежит цвет и добавление в коллекцию.

После классификации объектов на три класса на изображении наблюдались области метадинии – вкрапления мучнистых участков в эндосперм зерна. Их удаление производилось по результатам анализа площади однородных областей (рисунок 4).

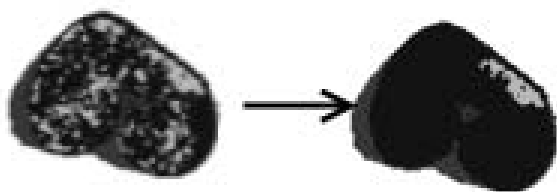


Рисунок 4 – Удаление областей метадинии

Результатом применения нейронных сетей стала возможность не только приспособить нейронную сеть для определения стекловидности на различных изображениях пшеницы, но и возможность определения стекловидности для других культур, перечисленных ранее.

Стекловидность – характеристика объема. Для ее определения можно сделать несколько срезов зерен одной пробы и получить более точные результаты.

Человек не способен определять площадь объектов, поэтому методы определения стекловидности дают лишь приближенные результаты. Поскольку при помощи программы это возможно, то можно предложить более точный способ определения стекловидности взамен формулы из ГОСТ.

Гранулометрический анализ. Крупность и выравненность зерна играют немаловажную роль в процессе переработки зерна. Чем крупнее зерно, тем меньше получается отходов в виде отрубей, а для зерна с большей степенью выравненности легче настраивается технологический процесс переработки.

Крупность и выравненность зерна определяются на основе его гранулометрического состава. Гранулометрический состав зерна – это статистическое распределение зерновок по их геометрическим параметрам. В качестве геометрических параметров обычно берутся длина, ширина, площадь и периметр

зерновки. На рисунке 5 показано статистическое распределение в виде гистограммы.

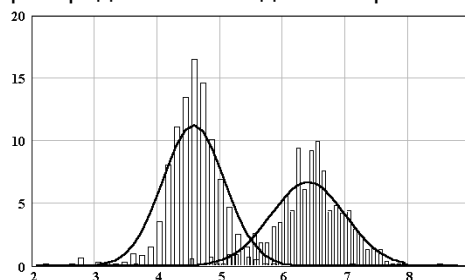


Рисунок 5 – Внешний вид гистограммы распределения

Для определения гранулометрического состава зерна нужно для каждой зерновки из выборки измерить геометрические параметры. В качестве инструментов измерения могут использоваться микроскоп, микрометр и др. Очевидно, что результаты измерений, проводимых подобным образом, будут субъективны и будут давать погрешности, обусловленные человеческим фактором.

Для более точного результата анализа и его объективности могут применяться аппаратные средства, но использовать их, в силу их высокой стоимости, могут себе позволить лишь самые крупные предприятия. На рынке программного обеспечения существуют решения, с помощью которых можно проводить подобные анализы, но зачастую данные программы имеют слишком громоздкий функционал, который вовсе не требуется для данного анализа, но за который также приходится платить.

Для решения данной задачи была разработана программа, позволяющая максимально просто производить оценку гранулометрического состава зерна. В качестве исходных данных программы используются изображения зерен, рассыпанных на ровной поверхности. На рисунке 6 показано исходное изображение с зернами.

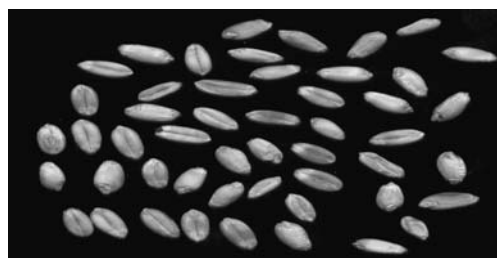


Рисунок 6 – Исходное изображение для анализа

Пользователь загружает изображение, нажимает кнопку «Анализ» и через несколько секунд получает результаты анализа в виде гистограмм распределения зерен по выбранному геометрическому параметру.

Для определения фракций зерен с определенным размером имеется возможность задавать наборы фильтров, каждый из которых представляет собой набор ячеек с заданными размерами. Процесс фильтрации представляет собой имитацию процесса просеивания зерна через наборы сит, размеры которых соответствуют размерам ячеек фильтра. В результате такой фильтрации пользователь получает диаграмму, каждый столбец которой соответствует отдельной фракции, а его высота – количеству зерен в данной фракции. На рисунке 7 показана данная диаграмма.

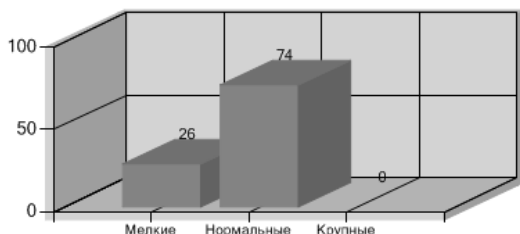


Рисунок 7 – Результат фильтрации зерен

Анализ засорённости зерна занимается определением наличия в нём засорителей и оценкой их количества. В реальности состав зерна никогда не является однородным. Среди зерен определённой культуры, например, пшеницы, попадают семена сорных растений, произрастающих вместе с ней на полях. Они и являются основными засорителями продовольственного зерна. Их сложно отделить от культурных зерновок на этапах фильтрации и сепарации. Перерабатываясь вместе с зерном, они резко ухудшают качество муки и дальнейшей продукции.

Особенно тщательно проводят анализ засорённости при отборе семян на посев. В этом случае засорителями считают даже зерна других культурных растений. Поэтому анализ засорённости зерна сводится к определению полного состава выборки зерен.

Как правило, анализ засорённости проводится непосредственно с помощью визуального осмотра выборки зёрен человеком. Это даёт большую погрешность и не предоставляет базы для сравнения и исследования результатов анализа. Однако, в связи с нетривиальностью задачи, программные и ап-

паратные решения в данной области практически отсутствуют.

В данной работе решением задачи анализа засорённости зерна стало программное обеспечение, которое позволяет производить достаточно точный анализ зерна с помощью его цифрового изображения, например, такого, которое представлено на рисунке 6.

Для того чтобы сделать такой анализ, программа производит ряд действий, связанных с графической обработкой изображения и с использованием методов обучения и трассировки искусственной нейронной сети.

Последовательность графической обработки изображения показана на рисунке 8. Обработка состоит в отделении фона изображения и оконтуривании (поиске границ) объектов. После того как были найдены объекты, проводится анализ их размеров. Дело в том, что среди них могут оказаться очень малые и слишком крупные объекты. Слишком малые удаляются от дальнейшего рассмотрения. Они, как правило, являются или мелким мусором, или просто "шумом" на изображении, поэтому интереса не предоставляют. Слишком крупными объектами часто оказываются несколько близлежащих зёрен. Отказываться от их анализа нежелательно, поэтому программой запускается алгоритм разделения слипшихся объектов.

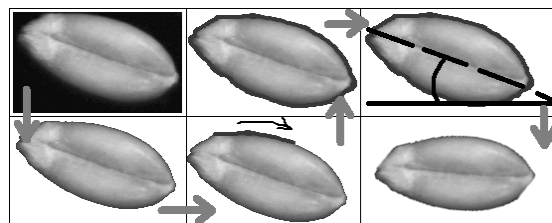


Рисунок 8 – Этапы графической обработки изображения

Когда были выявлены объекты, находящиеся на изображении, можно переходить к их распознаванию. Классическим (и очень мощным) решением задачи распознавания является искусственная нейронная сеть. Используется она и в данной работе. У нейронной сети есть входные и выходные значения. Входными данными в данном случае являются значения различных параметров, собранных с зерна. В основном это цветовые и геометрические параметры. По выходным значениям сети определяется принадлежность объекта к тому или иному классу: пшеница, рожь, овсюг, вьюнок и т. д.

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Так же как и при анализе стекловидности, методом обучения нейронной сети является обучение с учителем (т. е. с участием человека). Для этого пользователь предлагает программе выборку зёрен, используя для этого их цифровые изображения. В данной выборке указываются принадлежность каждого зерна конкретному классу. Затем происходит запоминание информации в нейронной сети с помощью алгоритма обратного распространения ошибки (backpropagation).

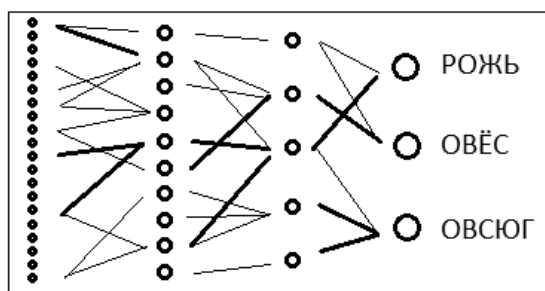


Рисунок 9 – Архитектура нейронной сети

Архитектура нейронной сети представляет собой многослойный перцептрон без обратных связей и связей "через слои" (рисунок 9). Количество внутренних слоёв задаётся пользователем, обычно оно составляет 1-2 слоя. Среди особенностей сети, можно отметить большой размер её первых слоёв (около 600 нейронов) и небольшой – последний (несколько нейронов). Это определяется структурой её входных и выходных данных: много информации на входе и мало – на выходе.

В результате применения нейронной сети было получено очень гибкое программное обеспечение, способное успешно работать с различными сортами и видами растений, а при желании – и с объектами из другой предметной области.

Для того, чтобы создать возможность полноценной работы с данным программным комплексом на предприятии, была реализована возможность удалённого хранения в базе данных изображений и результатов их анализа, а также нейронных сетей, выборки данных и другой информации. Такой подход обеспечил базу для проведения исследования и сравнительного анализа различных образцов зерна. Концепция данного программного комплекса подразумевает использование в рамках локальной сети одной общей базы данных, с которой работают каждое из трёх приложений. Для обеспечения сохранности информации была сделана возможность разделения прав пользователей и хранения информации об их действиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 10987-76. Зерно. Методы определения стекловидности. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 5 с.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Сойфер, В. А. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В. А. Сойфера. – 2-е изд., испр. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 784 с.