

Заклучение

1. Обоснован одномерный поток плодов, основанный на одном признаке плода, среднем диаметре, с равномерным расстоянием между плодами в системе координат с равномерным расстоянием между сортируемыми плодами.

2. Определен рациональный размер шага ячеек для устройства формирования потока плодов, равный $h_b = 10,5$ см.

Список использованных источников

1. Бобров, В. П. Применение систем технического зрения / В. П. Бобров // Механизация и автоматизация пр-ва. – 1989. – № 9. – С. 23–25.
2. Бусаров, Н. А. Сбор и товарная обработка плодов и ягод / Н. А. Бусаров. – М. : Колос, 1970. – 247 с.
3. Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия: СТБ 2288-2012. – Введ. 08.11.12. – Минск : Госстандарт, 2012. – 11 с.
4. Гурьянов, Д. В. Повышение эффективности сортирования яблок на основе цветных телевизионных датчиков: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Д.В. Гурьянов ; Мичур. гос. аграр. ун-т. – Зеленоград, 2004. – 19 с.
5. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2019. – 235 с.
6. Гордеев, А. С. Автоматизация товарной обработки плодов / А. С. Гордеев, В. И. Горшенин // Плодоовощное хозяйство. – 1985. – №2. – С.48–51.
7. Гордеев, А.С. Автоматизированная обработка яблок : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.13.07 / А.С. Гордеев ; Моск. гос. агроинж. ун-т. – М., 1996. – 42 с.
8. Старовойтов, В. И. Автоматизация контроля качества картофеля, овощей и плодов / В. И. Старовойтов, А. М. Башилов, А.Л. Андержанов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 197 с.

УДК 631.362

Поступила в редакцию 19.10.2022

Received 19.10.2022

А. Н. Юрин

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: anton-jurin@rambler.ru

СОЗДАНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Аннотация. В данной статье рассмотрен процесс создания обучающей выборки для обучения искусственной нейронной сети системы технического зрения распознаванию дефектов плодов семечковых культур.

Ключевые слова: яблоко, изображение, дефект, лист, плодоножка, чашелистик, парша, градобоина, нажим, гниль, распознавание, обучающая выборка, искусственная нейронная сеть, система технического зрения.

A. N. Yurin

RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: anton-jurin@rambler.ru

CREATING A TRAINING SAMPLE FOR AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK OF A VISION SYSTEM

Abstract. This article describes the process of creating a training sample for training an artificial neural network of a technical vision system to recognize defects in fruits of pome crops.

Keywords: apple, image, defect, leaf, peduncle, sepal, scab, hailstone, pressure, rot, recognition, training sample, artificial neural network, vision system.

Введение

Обязательной операцией при товарной обработке плодов является сортирование, в процессе которого продукцию разделяют на сорта по качеству в зависимости от наличия дефектов. Эта операция осуществляется вручную при визуальном осмотре плодов рабочими, что требует большого количества ручного труда [1–6].

Использование автоматизированных сортировальных машин для идентификации и разделения плодов на сорта позволяет значительно повысить качество сортирования и производительность.

Наиболее подходящим для автоматизации способом идентификации качества плодов является метод оптического контроля с использованием систем технического зрения, поскольку он обеспечивает высокую точность оценки качества и соответствует условиям технологии. В основу его функционирования положен принцип распознавания искусственной нейронной сетью внешних дефектов плодов, которые система сравнивает с запрограммированными в память машины образцами, получившими название «обучающая выборка».

Основная часть

Обоснование процесса обучения искусственной нейронной сети глубокого обучения. Способность моделей глубокого обучения автоматически выделять признаки для классификации образов приводит к тому, что для их обучения требуется большой объем обучающих данных. Для оптимизации процесса формирования обучающей выборки создаются открытые базы данных цифровых изображений. Однако при решении конкретных практических задач нередко случаи, когда в базах данных отсутствуют изображения, содержащие искомые для конкретной технической задачи эталонные образы. Это требует использования других подходов к формированию обучающей выборки:

- 1) на основе реальных изображений;
- 2) на основе синтетических изображений;
- 3) из синтетических данных, сгенерированных на основе реальных изображений.

Практика показывает, что наилучшие результаты дает метод обучения на основе реальных моделей. Поэтому в дальнейшем обучение ИНС проводилось именно этим методом.

Разметка изображений для создания обучающей выборки ИНС. Для обучения искусственных нейронных сетей, используемых в системе, необходимо создать обучающую выборку. С этой целью первым делом необходимо снять реальное видео движения яблок по конвейеру (рис. 1). Перед обучением ИНС собранные изображения поврежденных плодов размечались вручную. Для разметки изображений использовалась программа для обработки Labeling (рис. 2).



Рис. 1. Моментальный кадр движущихся яблок по конвейеру

На изображении плода размечалось само яблоко (apple) и его помологические особенности, а именно цветоложе (sepal), плодоножка (stam, funnel, leg) и лист (leaf). Данные «особенности» плода не являются дефектами и необходимы для того, чтобы ИНС в дальнейшем при работе не распознавала бы их как дефект и не «забраковывала» плод (табл. 1). После этого происходит разметка всех обнаруженных дефектов.

Для корректной работы было предложено использовать 10 различных дефектов плодов, каждому из которых присваивалось соответствующее название: сетка, нажим, порез, гниль, парша, градобоина (табл. 2).

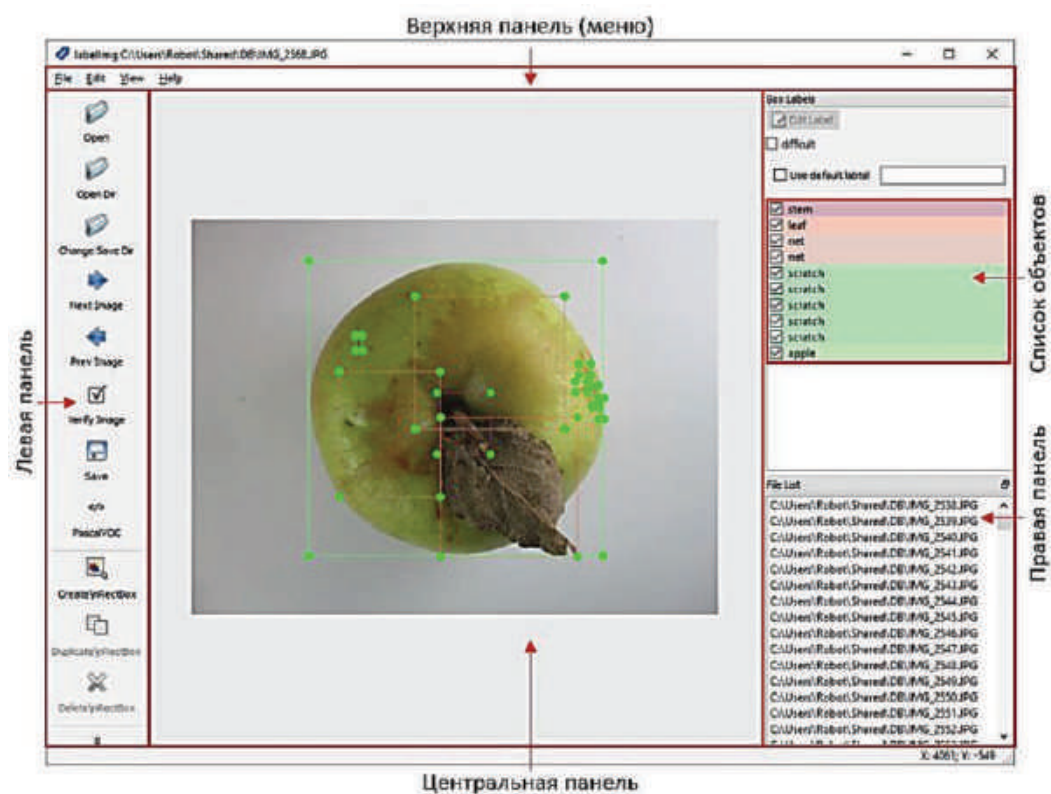


Рис. 2. Графическое окно приложения Labelimg

Таблица 1. Помологические особенности яблок

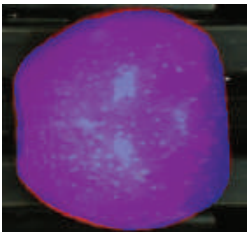
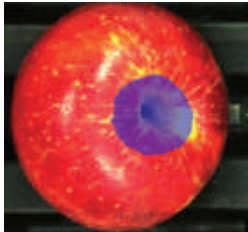
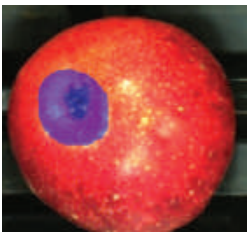
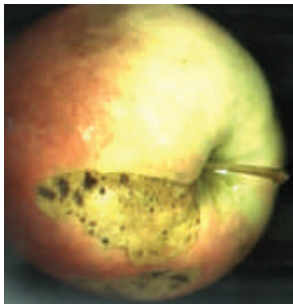
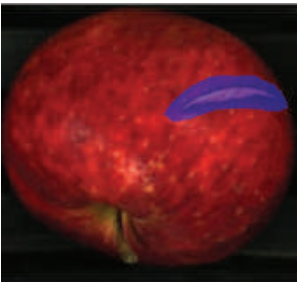
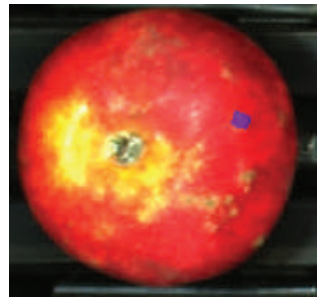
Условное обозначение	Наименование	Фото	Условное обозначение	Наименование	Фото
apple	яблоко		funnel	«Воронка» плодоножки без плодоножки	
sepal	цветоложе		leg	Плодоножка без «воронки» (не видна)	
stam	«Воронка» плодоножки с плодоножкой		leaf	Лист	

Таблица 2. Дефекты яблок

Условное обозначение	Наименование	Фото	Условное обозначение	Наименование	Фото
net	Сетка		point	Парша	
scratch	Порез, царапина		spotting	Парша	
pressure	Нажим		wart	Парша	
hail	Градобоина		lumps	Парша	
rot	Гниль		scab	Парша	

Некоторые из данных дефектов для корректной работы ИНС были разделены на несколько подклассов. Так, заболевание паршой может проявляться как наличием мелких черных точек на поверхности плода, так и большим их скоплением, а также «бородавками» и обширной «ороговевшей поверхностью». Поэтому каждому из указанных дефектов был присвоен свой подкласс с отдельной выборкой дефектов.

Отдельное внимание при создании обучающей выборки было уделено разделению таких классов, как нажим (pressure) и гниль (rot), так как в большинстве случаев механическое повреждение плодов с образованием гематомы в последующем приводит к образованию в этом месте загнивания. Однако если для 1 и 2 сорта плодов в соответствии с требованиями к качеству плодов по СТБ 2288-2012 допускается некоторое повреждение плодов, то даже небольшое загнивание плода приводит к его выбраковке (табл. 3) [7]. То есть четко разделять данные виды повреждений яблок является критически важным.

Распознаваемые объекты на изображениях яблок выделялись ограничивающими прямоугольниками одного из десяти классов: leaf (лист), sepal (чашелистик), stam (плодоножка), parsha (парша), net (сетка), pressure (нажим), rot (гниль), scratch (царапина), worm (червяк), apple (яблоко).

Таблица 3. Показатели качества выполнения технологического процесса сортировки плодов

Наименование показателя	Характеристика и требования для сорта		
	высшего	первого	второго
Наибольший размер плода, мм ***	70–65	65–60	60–55
Механические повреждения***: – «градобойна» – «прокол», «порез», «нажим»	н/д н/д	до 2 см ² до 2 см ²	2см ² –¼ поверхности 2–4 см ²
Повреждения вредителями***	н/д	до 2 см ²	2–4 см ²
Повреждения болезнями***: – «гниль» – «сетка» – «парша»	н/д н/д н/д	н/д до ¼ поверхности до 2 см ²	н/д допускается 2см ² –¼ поверхности

После формирования обучающей выборки и выбора подходящей архитектуры ИНС осуществлено ее обучение. Для этого на вход ИНС поочередно подавались изображения обучающей выборки, а на выход их разметка, т.е. координаты ограничивающих прямоугольников и соответствующие им классы. Необученная ИНС, пропуская через себя входное изображение, генерирует координаты ограничивающих прямоугольников и соответствующие им вероятности принадлежности объектов классам. Затем выход, полученный необученной ИНС, сравнивается с эталонным выходом, получая оценку схожести, и методом обратного распространения ошибки параметры нейронов ИНС корректируются таким образом, чтобы максимизировать оценку схожести. Обучение останавливается тогда, когда эта оценка достигает заранее установленного порога в 95 %.

Общее количество обработанных фотографий составило 3600 шт., в которых выделено дефектов и признаков: net – 393 шт., scratch – 493 шт., pressure – 2095 шт., rot – 591 шт., point – 2814 шт., spotting – 426 шт., wart – 355 шт., lumps – 423 шт., scab – 494 шт., hail – 600 шт., apple – 3600 шт., sepal – 931 шт., stam – 765 шт., funnel – 530 шт., leg – 427 шт., leaf – 331 шт.

Реализация результатов исследований. Созданная обучающая выборка была использована в системе технического зрения технологической линии сортировки и фасовки яблок ЛСП-4, разработанной РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».

Приемочные испытания линии проходили в ОАО «Остромечево» Брестского района, аг. Остромечево в 2020–2021 годах. По результатам приёмочных испытаний технологической линии сортировки и фасовки яблок ЛСП-4 получен протокол № 004-1/3-2022 от 25 февраля 2022 года [8].

Анализ проведенных испытаний показал, что технологическая линия в целом соответствует требованиям технического задания и обеспечивает качественное выполнение технологического процесса сортировки яблок по размеру и наличию дефектов от механических повреждений, болезней и вредителей. При этом точность сортирования плодов по размеру составила 75,4 %, а точность сортирования по размеру и наличию дефектов – 73,1 %.

Заключение

1. Создана база данных для глубокого обучения искусственной нейронной сети системы технического зрения для распознавания дефектов яблок и их сортировки на три товарных сорта.

2. Применение системы технического зрения с базой данных на основе ИНС с созданной базой данных дефектов плодов показало высокую эффективность при сортировке плодов, обеспечив точность сортирования плодов по размеру на 75,4 %, а точность сортирования по размеру и наличию дефектов – на 73,1 %.

Список использованных источников

1. Бобров, В. П. Применение систем технического зрения / В. П. Бобров // Механизация и автоматизация пр-ва. – 1989. – № 9. – С. 23–25.
2. Гурьянов, Д. В. Повышение эффективности сортирования яблок на основе цветных телевизионных датчиков: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Д. В. Гурьянов ; Мичур. гос. аграр. ун-т. – Черноград, 2004. – 19 с.
3. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2019. – 235 с.
4. Гордеев, А. С. Автоматизация товарной обработки плодов / А. С. Гордеев, В. И. Горшенин // Плодоовощное хозяйство. – 1985. – №2. – С.48–51.
5. Гордеев, А. С. Автоматизированная обработка яблок : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.13.07 / А. С. Гордеев ; Моск. гос. агроинж. ун-т. – М., 1996. – 42 с.
6. Старовойтов, В. И. Автоматизация контроля качества картофеля, овощей и плодов / В. И. Старовойтов, А. М. Башилов, А. Л. Андержанов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 197 с.
7. Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия: СТБ 2288-2012. – Введ. 08.11.12. – Минск : Госстандарт, 2012. – 11 с.
8. Протокол приемочных испытаний линии технологической сортировки и фасовки яблок ЛСП-4 от 25 февр. 2022 г. № 004-1/3-2022 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – п. Привольный, 2022. – 99 с.

УДК 631.362:634.10

Поступила в редакцию 19.10.202
Received 19.10.2022

А. Н. Юрин

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: anton-jurin@rambler.ru*

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОСМОТРА ПРИ ОПТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ КАЧЕСТВА ПЛОДОВ

Аннотация. В данной статье приведено обоснование метода осмотра поверхности плодов при их сортировке посредством оптического метода с использованием системы технического зрения.

Ключевые слова: плоды, метод осмотра, вероятность осмотра, площадь плода, объект контроля, приемник излучения.

A. N. Yurin

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: anton-jurin@rambler.ru*

SUBSTANTIATION OF THE INSPECTION METHOD FOR OPTICAL IDENTIFICATION OF FRUIT QUALITY

Abstract. This article provides a rationale for the method of inspecting the surface of fruits during their sorting by means of an optical method using a technical vision system.

Keywords: fruits, inspection method, inspection probability, fruit area, control object, radiation receiver.

Введение

Наиболее трудоёмкий процесс производства плодов – контроль их качества, включающий сортировку с целью удаления нестандартной продукции и примесей. На эти операции приходится до 70 % всех затрат, они ведутся вручную при визуальном контроле [1–3].