

**АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ  
МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION**

МРНТИ 55.57.39

DOI <https://doi.org/10.37884/1-2024/28>

*Д.М. Алиханов<sup>1\*</sup>, А.К. Молдажанов<sup>1</sup>, Д.А. Зинченко<sup>1</sup>, А.Н. Нуртулеуов<sup>1</sup>,  
С.С. Солтанбеков<sup>2</sup>, Ж.К. Кадирсизова<sup>2</sup>.*

<sup>1</sup>*Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан  
(E-mail: alikhanov.d@lust.ru)*

<sup>2</sup>*Региональный филиал "Талгар" ТОО "Казахский НИИ Плодоовощеводства", Казахстан*

**АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЯБЛОК ЦИФРОВЫМ  
МЕТОДОМ**

*Аннотация*

Данная статья посвящена исследованию, направленному на разработку и тщательный анализ алгоритма и программного обеспечения для автоматического определения параметров яблок, основываясь на анализе их изображений с использованием компьютерного зрения. Методика, изложенная в статье, базируется на анализе изображений яблок с применением библиотеки компьютерного зрения OpenCV, реализованной на языке программирования Python. Разработанный алгоритм позволяет автоматически определять ряд ключевых характеристик яблок, включая их диаметр, высоту, площадь, процент красного окраса на поверхности и выявление возможных внешних дефектов. В рамках исследования осуществлен анализ качественных характеристик яблок на основе их внешних параметров. Это позволило разработать специализированные процедуры для автоматизированного определения данных параметров с использованием анализа изображений. В процессе проверки эффективности методики были проведены эксперименты, в которых сравнивались результаты, полученные традиционными методами измерения с результатами, полученными на основе автоматизированной цифровой установки. Полученные в ходе исследования результаты подтвердили практическое совпадение значений диаметра и высоты плода, измеренных штангенциркулем и определенных с помощью разработанной программы. Кроме того, разработанный алгоритм и программа позволяют определять не только базовые параметры яблок, но и проводить анализ площади сечения и процента красного окраса на их поверхности. В итоге, разработанный метод позволяет значительно ускорить процесс определения параметров яблок по сравнению с традиционными ручными методами, что было доказано результатами экспериментов.

**Ключевые слова:** яблоко, алгоритм, программа, диаметр, высота, площадь, точность, производительность, установка.

**Введение.**

Яблоки являются одним из самых популярных и широко потребляемых фруктов в мире, и их качество играет важную роль как для потребителей, так и для производителей. По данным министерства сельского хозяйства РК производством яблок на площади около тридцати пяти тысяч гектаров занимаются тридцать четыре крупных, сто девяносто пять средних предприятий и 1370 мелкие хозяйства. Общий объем производства яблок составляет 216 тысячи тонн при потреблении более 344 тысячи тонн [1]. Для удовлетворения потребности населения яблоками предусмотрено закладка интенсивных садов в южных регионах на площади 5,5 тысяча гектаров. Производство, уборка и послеуборочная обработка яблок

требует привлечения огромного количества рабочей силы. Крупные корпорации по производству яблок для послеуборочной предреализационной сортировки яблок приобретают зарубежные сортировочные комплексы и машины фирм Aweta, Maf Roda и др., в которых используется системы технического зрения, которые стоят очень дорого. Мелкие хозяйства сортируют яблоки вручную. Поэтому разработка цифрового метода определения показателей качества и малогабаритной машины для автоматической сортировки яблок на товарные сорта является актуальной проблемой. По «ГОСТ 34314-2017 Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия Дата введения: 07/01/2018» принятый Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации для определения соответствия партии яблок определенному товарному сорту необходимо определить массу, размеры и окрас каждого плода отобранной выборки. Для определения массы плода используется весы. Размер плода определяется штангенциркулем или линейкой, а доля поверхности имеющая красный окрас оценивается визуально. Основными недостатками существующей технологии является субъективность при определении окраса и большие трудозатраты на измерения размеров. Для повышения эффективности производства яблок и повышения производительности процедур определения показателей качества плодов яблок требуется проведение исследований на базе цифровых технологий и компьютерной обработки изображений. Возможным направлением решения проблемы повышения точности и производительности определения параметров яблоко является применения достижений в области компьютерной обработки изображений. Современные высокопроизводительные персональные компьютеры позволяют решать задачи обработки цифровой видеoinформации в режиме реального времени. Компьютерное зрение применяется для решения прикладных задач во многих областях деятельности для замены человека от монотонного, утомительного и вредного для жизни труда.

Объектами исследования являются алгоритмы и программы определения параметров фруктов. Предметом исследований является алгоритмическое обеспечение цифрового метода выделения объекта и компьютерная программа обработки изображения яблоко.

Целью статьи является разработка алгоритма и программы определения параметров яблоко для повышения производительности и точности определения показателей качества яблок в соответствии с требованиями стандарта. Для достижения поставленной цели в статье рассмотрены и решены следующие задачи.

1. Проведен анализ достижений в области разработки алгоритмов и компьютерных программ определения параметров фруктов.
2. Разработан алгоритм и программа определения параметров яблоко на основе выделения и компьютерной обработки изображения.
3. Разработана методика и проведены тестовые исследования точности и быстродействия алгоритма и программы определения показателей качества яблок цифровым методом.

### **Методы и материалы.**

Яблоки в зависимости от ряда показателей качества делятся на товарные сорта; высший, первый и второй. По доли поверхности с красным окрасом по отношению к всей поверхности плода, яблоки подразделяются на цветовые группы: А — красной окраски; В — неоднородной красной окраски; С — розоватой окраски, или с полосками красного цвета; Д — требования к окраске не предъявляются. Для яблок высшего сорта доля красного окраса должна составлять не менее 3/4 общей площади поверхности, для первого сорта - 1/2 общей площади поверхности красной окраски. Для яблок второго сорта окрас не нормируется. Дополнительно к яблокам предъявляются требования по дефектам кожицы, запаху и вкусу, наличие плодоножки и по другим показателям. Перечисленные показатели оцениваются специалистом органолептическим методом, которому присущи субъективность и низкая производительность. Другими важными показателями при определении товарного сорта яблок

являются масса или размеры плода. По требованиям стандарта калибровка яблок осуществляются по наибольшему поперечному диаметру или массе плода. Наибольший поперечный диаметр плода должен быть не менее 60 мм., а масса плода — не менее 90 гр. По массе плодов яблоки делят на пять категорий: 70,0 - 90,0 гр.; 90,0-135,0 гр.; 135,0-200,0 гр.; 200,0-300,0 гр. и выше 300 граммов.

Наибольшее число зарубежных публикаций в области разработки систем компьютерного зрения наблюдается в Китае, Индии, Турции и США [2, 3, 4, 5]. В последние десятилетия для определения количественных показателей различных объектов широкое распространение получили системы компьютерной обработки изображений плодов и овощей. Проводятся исследования по определению показателей качества и классификации плодов по их спектральным характеристикам. [6,7]. Над проблемой определения показателей качества яблок занимаются ученые ряда Российских университетов [8, 9,10]. В Казахском национальном аграрном исследовательском университете совместно с Русинским университетом им.А.Кънчева проводятся исследования по определению показателей качества яиц, клубней картофеля и яблок системой технического зрения и автоматической сортировки по категориям [11,12]. Для совершенствовании методов определения параметров яблок проводятся дополнительные исследования по определению количественных признаков, которые соответствуют показателям качества определенного товарного сорта.

Научная новизна заключается в разработке и тестировании алгоритма и компьютерной программы определения параметров яблок и результатов экспериментальных исследований.

**Алгоритм оценки качества яблок на основе анализа изображений:**

Наш метод основан на использовании компьютерного зрения и анализа изображений для определения различных показателей качества яблок, таких как размер, форма, цвет и наличие дефектов на их поверхности. Алгоритм для автоматической оценки качества яблок на основе анализа изображений представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Алгоритм для автоматической оценки качества яблок

Эти шаги представляют основные этапы алгоритма для автоматической оценки качества яблок на основе анализа изображений с использованием библиотеки OpenCV и языка программирования Python. Каждый шаг включает в себя различные методы обработки и анализа изображений для достижения точной и надежной оценки качества яблок. [13,14].

1. **Получение изображения яблока:** Сначала необходимо получить изображение яблока с помощью цифровой камеры или другого устройства, способного захватывать

изображения. Изображение должно быть четким и хорошо освещенным для более точного анализа.

2. **Предварительная обработка изображения:** Перед анализом изображения необходимо провести предварительную обработку, включающую в себя преобразование изображения в цветовое пространство HSV (оттенок, насыщенность, значение) для более точного анализа цвета, а также применение фильтров для уменьшения шума и улучшения контраста.

3. **Выделение основных признаков:** С использованием библиотеки OpenCV в языке программирования Python проводится выделение основных признаков яблока, таких как контуры, форма и цвет. Для этого может использоваться ряд методов, включая выделение контуров с помощью алгоритма Canny, нахождение выпуклой оболочки, определение цветовых диапазонов и т.д.

4. **Анализ контуров и формы:** После выделения контуров яблока производится анализ их формы с использованием методов геометрического анализа, таких как нахождение длины контура, площади, соотношения сторон и т.д. Это позволяет определить размеры и форму яблока.

5. **Определение цвета:** С использованием анализа цветового пространства HSV определяется цвет яблока. Это позволяет оценить степень зрелости и качество яблока на основе его окраски.

6. **Обнаружение дефектов:** Проводится анализ поверхности яблока на наличие дефектов, таких как царапины, ушибы, пятна и др. Для этого может использоваться методы обработки изображений, такие как фильтрация, сегментация и классификация.

7. **Оценка качества:** На основе анализа размеров, формы, цвета и наличия дефектов проводится оценка общего качества яблока. Может быть разработана шкала оценки, которая позволяет классифицировать яблоки по степени зрелости и качеству.

Для реализации алгоритма определения качеств яблок была разработана программа на языке Python, которая захватывает изображение яблока с камеры и бинаризирует его для определения контура яблока. Фрагмент кода определения контура объекта приведен на рисунке 2.

```
# Выделяем контуры объектов на изображении
gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
ret, thresh = cv2.threshold(gray, 50, 255, cv2.THRESH_BINARY)
contours, _ = cv2.findContours(thresh, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

# Отфильтровываем контуры по площади
filtered_contours = []
for contour in contours:
    area = cv2.contourArea(contour)
    if min_contour_area < area < max_contour_area:
        filtered_contours.append(contour)

# Отрисовываем контуры объектов на кадре (белым цветом)
cv2.drawContours(frame, filtered_contours, -1, (255, 255, 255), 2)
```

**Рисунок 2.** Фрагмент кода по определению контура объекта

Далее программа по полученному изображению определяет параметры яблока такие как: диаметр, высота, площадь, доля красного и наличие поверхностных дефектов. Фрагмент кода по определению параметров приведен на рисунке 3.

```

# Измеряем пиксели белого контура и выводим значения в миллиметрах
white_area_pixels = 0
if len(filtered_contours) > 0:
    white_area_pixels = cv2.contourArea(filtered_contours[0])
    w, h = cv2.boundingRect(filtered_contours[0])[2:]
    w_mm = w * pixel_to_mm
    h_mm = h * pixel_to_mm
    contour_measurements = f'White Contour Size: Width={w_mm:.2f} mm, Height={h_mm:.2f} mm'
    cv2.putText(frame, contour_measurements, (10, frame.shape[0] - 30), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (255, 255, 255), 1)

# Определяем цветовой диапазон для зеленого цвета
lower_green = np.array([35, 60, 60])
upper_green = np.array([85, 255, 255])

# Преобразуем изображение в цветовое пространство HSV
hsv = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)

# Создаем маску для зеленых пикселей
green_mask = cv2.inRange(hsv, lower_green, upper_green)

# Находим контуры зеленых объектов
green_contours, _ = cv2.findContours(green_mask, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

# Отрисовываем контуры зеленых объектов на кадре (зеленым цветом)
cv2.drawContours(frame, green_contours, -1, (0, 255, 0), 2)

# Вычисляем площадь в пикселях для зеленого контура и разность с белым контуром
green_area_pixels = 0
if len(green_contours) > 0:
    green_area_pixels = cv2.contourArea(green_contours[0])
difference_area_pixels = white_area_pixels - green_area_pixels
    
```

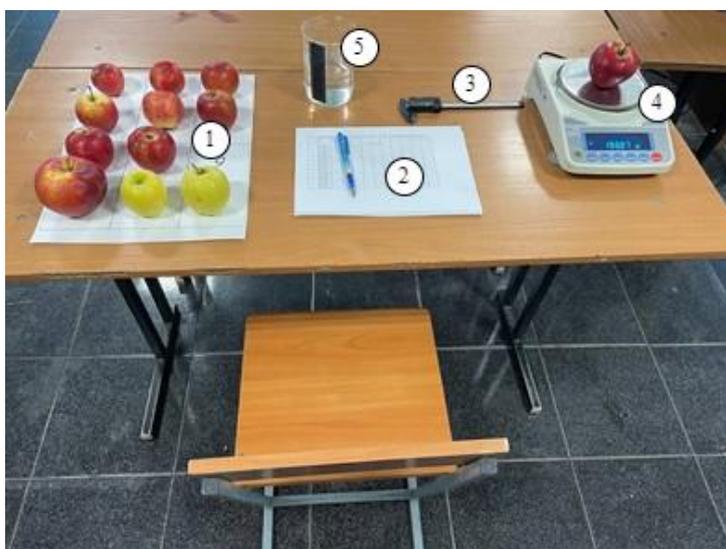
**Рисунок 3.** Фрагмент кода по определению параметров яблока.

Для тестирования разработанной программы и проведения экспериментальных исследований изготовлена макетный образец автоматизированной установки. Экспериментальные исследования проводились в два этапа.

1. Измерения параметров яблок ручным методом с использованием традиционных инструментов.

2. Определения параметров яблок на экспериментальной автоматизированной установке с использованием разработанной программы.

Отобраны 12 плодов с разной массой, из которых 10 плодов сорта «Синап алматинский», которые имеют красный окрас и 2 плода другого сорта с желтым окрасом. Для определения массы плодов используется электронные весы DX1200 с точностью до 0,01 гр., размеры плодов измеряли электронным штангенциркулем, а объем определяли по объему вытесненной воды в мерной колбе. На рисунке 4 приведено рабочее место для измерения параметров яблок ручными инструментами.



**Рисунок 4.** Рабочее место для измерения параметров яблок ручными инструментами.

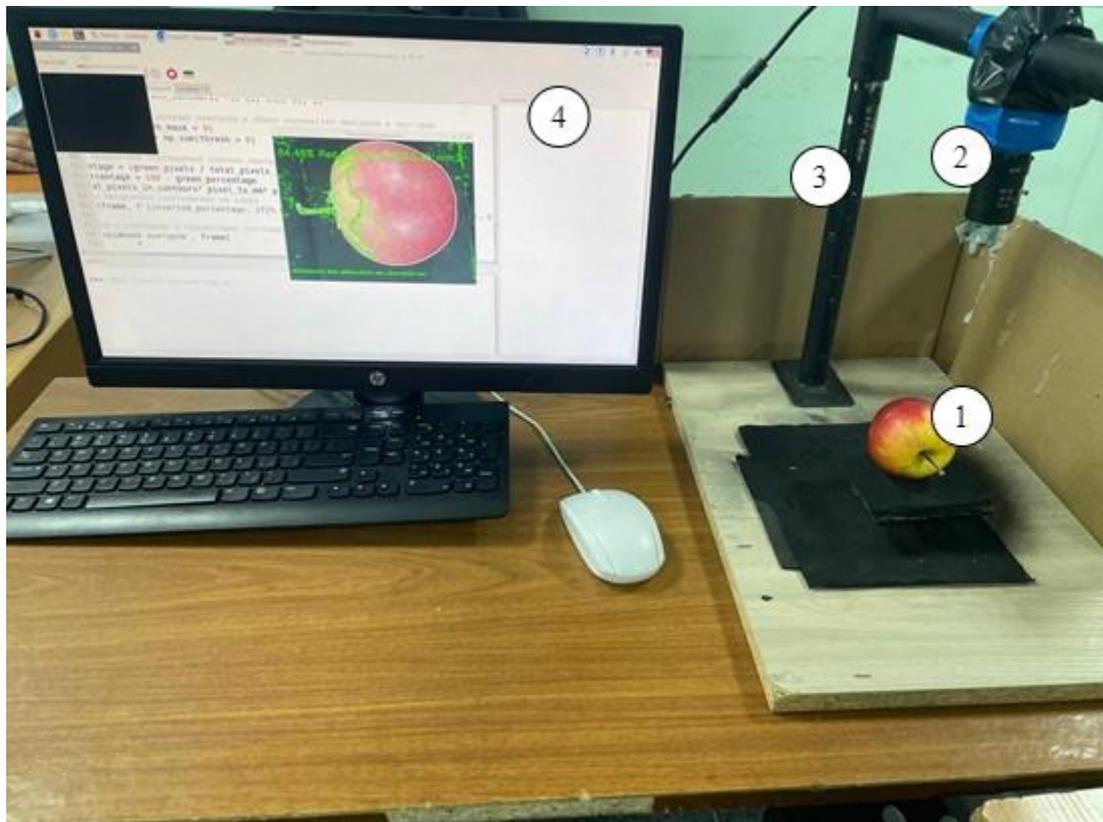
1 – яблоки, 2 – таблица для заполнения, 3 – штангенциркуль, 4 – электронные весы, 5 – мерная колба.

На рисунке 5 показана процедура измерения высоты плода электронным штангенциркулем.



**Рисунок 5.** Процедура измерения высоты плода электронным штангенциркулем.

Автоматизированная установка состоит из цифровой цветной камеры, одноплатного компьютера, монитора, штатива для укрепления камеры и рабочей поверхности. Внешний вид рабочего места с автоматизированной установкой показан на рисунке 6.



**Рисунок 6.** Внешний вид рабочего места с автоматизированной установкой: 1 – яблоко, 2 – цифровая камера, 3 – штатив, 4 – монитор с интерфейсом программы.

**Результаты и обсуждение.**

Результаты статистической обработки экспериментальных исследований яблок и на автоматизированной установке приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** Результаты статистической обработки экспериментальных исследований яблок

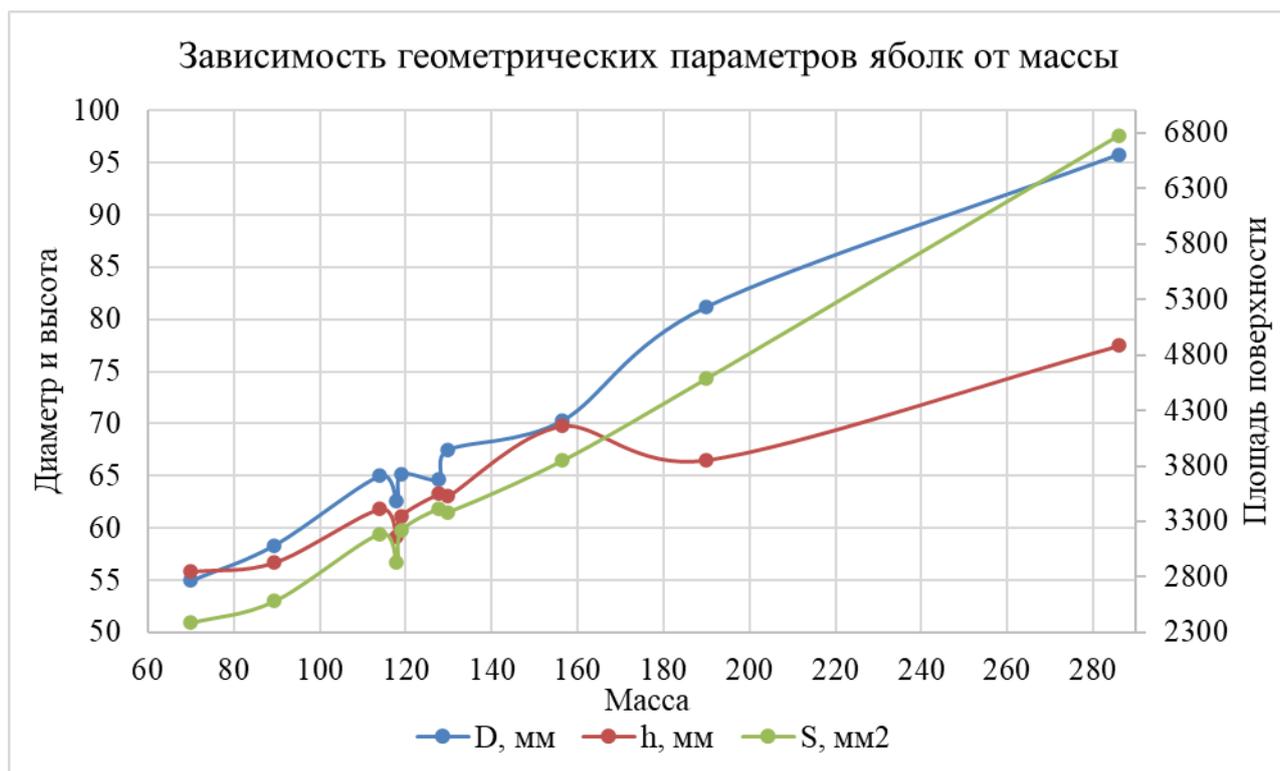
№	m, гр	V, мм <sup>3</sup>	ρ, гр/мм <sup>3</sup>	D, мм	h, мм	S, мм <sup>2</sup>	ω <sub>кр</sub> %
1	70,0	100,0	0,69	55,0	55,8	2389,9	82,0
2	89,3	120,0	0,74	58,4	56,7	2584,9	85,6
3	113,9	150,0	0,75	65,0	61,8	3189,9	66,9
4	117,9	140,0	0,84	62,6	59,2	2931,5	48,3
5	118,8	150,0	0,79	65,2	61,2	3218,5	64,4
6	127,7	152,0	0,84	64,7	63,3	3420,0	68,0
7	129,6	160,0	0,81	67,5	63,0	3385,5	88,5
8	156,5	190,0	0,82	70,3	69,8	3851,5	85,0
9	190,1	230,0	0,82	81,2	66,5	4592,0	83,4
10	286,0	353,0	0,84	95,8	77,5	6778,9	89,0
11	124,4	150,0	0,82	62,7	64,7	3128,9	1,5
12	150,4	180,0	0,83	69,7	69,2	3755,5	1,6

Из таблицы видно, что масса и объем яблок значительно варьируются от образца к образцу, что может быть обусловлено различиями в размере и форме фруктов. Средняя плотность яблок составляет примерно 0,8 гр/мм<sup>3</sup>, что соответствует типичным значениям для данного вида фруктов. Диаметр и высота яблок также различаются между образцами, отражая их естественную вариабельность в размере.

Общий анализ данных показывает, что разработанный алгоритм и программа позволяют эффективно определять параметры яблок на основе их изображений с помощью компьютерного зрения. Полученные результаты согласуются с данными, полученными традиционными методами измерений, подтверждая точность и применимость предложенного подхода.

В таблице 1 представлены значения массы (m), объема (V) и плотности (ρ), определенные ручным методом, а также значения диаметра (D), высоты (h), общей площади изображения плода (S) и доли площади с красным окрасом (ω<sub>кр</sub>), измеренные на автоматизированной установке. Из приведенных данных следует, что в эксперименте использовались яблоки массой от 70 до 300 граммов, охватывающие широкий диапазон размеров и категорий фруктов. Из 12 исследованных плодов 10 имели красный окрас (значение доли красного в пределах от 64 до 89%), в то время как два плода не имели красного окраса (значение доли красного около 1,5%), что соответствует изображению яблок на рисунке 4.

Полученные данные также указывают на положительную зависимость между массой и геометрическими параметрами плода. Это позволяет предположить возможность определения массы яблока косвенно по его размерам. Для визуализации этой зависимости были построены графики, представленные на рисунке 7.



**Рисунок 7.** График зависимости геометрических параметров яблок от массы.

Анализ этих графиков позволяет сделать вывод о том, что с увеличением линейных размеров плода (диаметра и высоты) обычно увеличивается и его масса. Однако следует отметить, что наблюдаются некоторые отклонения от этой зависимости, что может быть обусловлено вариабельностью внутренней структуры яблока, наличием дефектов или индивидуальными особенностями каждого фрукта.

Из анализа зависимостей, представленных на рисунках, следует, что для косвенной оценки массы яблока предпочтительнее использовать площадь сечения плода. Однако для подтверждения этих результатов необходимо провести дополнительные исследования на большом объеме яблок разных сортов. Дополнительные данные помогут уточнить и обобщить полученные зависимости и подтвердить их применимость для различных видов и сортов яблок.

Расширение области исследования на более широкий спектр сортов яблок позволит более полно оценить влияние генетических и окружающих факторов на форму и структуру фруктов. Кроме того, увеличение объема выборки обеспечит более точные статистические выводы и повысит достоверность результатов.

### Выводы

1. Проведенный анализ достижений в области разработки алгоритмов и компьютерных программ определения параметров показал, что для определения параметров фруктов проводятся исследования во многих странах, широко используются системы технического зрения на базе современных цифровых камер и достижений в области компьютерной обработки изображений.

2. Разработанный алгоритм и программа определения параметров яблок реализованные в автоматизированной установке обеспечивают достаточную точность определения размеров

плода и количественной оценки площади и процента окраса, которые количественно не могут быть определены экспертом невооруженным глазом.

3..Проведенные тестовые исследования параметров яблок с использованием ручных измерительных инструментов и по разработанной программе на автоматизированной цифровой установке подтвердили возможность определения линейных размеров и доли поверхности с красным окрасом в семь раз быстрее по сравнению с ручным методом. Следовательно, разработанный алгоритм и компьютерная программа могут быть использованы при разработке машины для определения показателей качества и автоматической сортировки яблок на товарные сорта.

### **Благодарность**

Статья подготовлена в рамках гранта МНВО по проекту ИРН АР19678983 «Разработка цифровой технологии и малогабаритной машины для контроля показателей качества и автоматической сортировки яблок на товарные сорта». Авторы статьи благодарны сотрудникам кафедры «Энергосбережение и автоматика» Казахского национального исследовательского университета Сарсенбекұлы Д., Азизову А. и студенту Брюхову А. за помощь при проведении экспериментальных исследований, а также сотрудникам ТОО «КазНИИ Плодоовощеводства», Региональный филиал "Талгар" за советы по подбору образцов яблок для исследований.

### **Список литературы**

1. <https://kaztag.kz/ru/news/defitsit-mestnykh-yablok-v-kazakhstane-obeshchayut-ustranit-tolko-k-2024-godu>
2. Near-Infrared Spectroscopy in Food Science and Technology. Ed. by Y. Ozaki, W. Fr. Mc Clure, A. A. Christy, John Wiley and sons Inc., New Jersey, 2007.
3. Roberts C.A., J Workman, J.B. Reeves III, Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture, IM Publications, UK, 2004.
4. Bhatt, A.K., Pant, D., 2015. Automatic apple grading model development based on back propagation neural network and machine vision, and its performance evaluation. AI & Soc. 30 (1), 45–56
5. M.M. Sofu , O. Erb, M.C. Kayacan , B. Cetisi. 2016. Design of an automatic apple sorting system using machine vision. Computers and Electronics in Agriculture 127 (2016) 395–405
6. Anand Kumar Pothula a, Zhao Zhang b, Renfu Lu c, Evaluation of a new apple in-field sorting system for fruit singulation, rotation and imaging Computers and Electronics in Agriculture 208 (2023) 107789 <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107789>.
7. Payman Moallem a,b,\*, Alireza Serajoddin c, Hossein Pourghassem d,c Computer vision-based apple grading for golden delicious apples based on surface features Information processing in agriculture 4 (2017) 33–40 <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2016.10.003>.
8. Жиркова А.А., Балабанов П.В., Дивин А.Г., Егоров А.С., Макарова В.С. Система оптического контроля качества яблок / А.А. Жиркова, П.В. Балабанов, А.Г. Дивин, А.С. Егоров, В.С. Макарова [Текст] // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». — Пенза, 2021. — С. 20-23.
9. Балабанов П.В., Жиркова А.А., Дивин А.Г., Егоров А.С., Мищенко С.В., Шишкина Г.В. Информационно-измерительная система для управления процессом сортировки овощей и фруктов [Текст] / П. В. Балабанов, А.А. Жиркова, А.Г. Дивин, А.С. Егоров, С.В. Мищенко, Г.В. Шишкина // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 2022. — № 28 (4). — С. 526-533.

10. Родиков, С. А. Анализ цветности кожицы яблок и содержание в них хлорофилла / С. А. Родиков [Текст] // Материалы научн.-практ. конференции. — Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2022. — С. 106-107.
11. Alikhanov J, Stanislav M. Penchev, Tsvetelina D. Georgieva., Moldazhanov A., Plamen I. Daskalov. An indirect approach for egg weight sorting using image processing. Journal of Food Measurement and Characterization. Springer US. -2018. – V. 12 – Iss. 1 P. 87-93 IF(0.536)
12. Нуртулеуов\*, А., Молдажанов, А., Кулмахамбетова, А., & Зинченко, Д. (2021). Обоснование метода и алгоритма определения показателей качества яблок и автоматической сортировки их на категории. Izdenister Natigeler, (3 (91), 125–133. <https://doi.org/10.37884/3-2021/14>
13. Автоматизация сортировки и отбраковки [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.mkoi.org/366/367/373/>
14. OpenCV шаг за шагом. Поиск объекта по цвету – RGB [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://robocraft.ru/blog/computervision/365.html>

### References

1. <https://kaztag.kz/ru/news/defitsit-mestnykh-yablok-v-kazakhstane-obeshchayut-ustranit-tolko-k-2024-godu>
2. Near-Infrared Spectroscopy in Food Science and Technology. Ed. by Y. Ozaki, W. Fr. Mc Clure, A. A. Christy, John Wiley and sons Inc., New Jersey, 2007.
3. Roberts C.A., J Workman, J.B. Reeves III, Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture, IM Publications, UK, 2004.
4. Bhatt, A.K., Pant, D., 2015. Automatic apple grading model development based on back propagation neural network and machine vision, and its performance evaluation. AI & Soc. 30 (1), 45–56
5. M.M. Sofu , O. Erb, M.C. Kayacan , B. Cetisi. 2016. Design of an automatic apple sorting system using machine vision. Computers and Electronics in Agriculture 127 (2016) 395–405
6. Anand Kumar Pothula a, Zhao Zhang b, Renfu Lu c, Evaluation of a new apple in-field sorting system for fruit singulation, rotation and imaging Computers and Electronics in Agriculture 208 (2023) 107789 <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107789>.
7. Payman Moallem a,b,\*, Alireza Serajoddin c, Hossein Pourghassem d,c Computer vision-based apple grading for golden delicious apples based on surface features Information processing in agriculture 4 (2017) 33–40 <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2016.10.003>.
8. Zhirkova A.A., Balabanov P.V., Divin A.G., Egorov A.S., Makarova V.S. Sistema opticheskogo kontrolya kachestva yablok / A.A. Zhirkova, P.V. Balabanov, A.G. Divin, A.S. Egorov, V.S. Makarova [Текст] // Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo». — Penza, 2021. — S. 20-23.
9. Balabanov P.V., Zhirkova A.A., Divin A.G., Egorov A.S., Mishchenko S.V., Shishkina G.V. Informacionno-izmeritel'naya sistema dlya upravleniya processom sortirovki ovoshchej i fruktov [Текст] / P. V. Balabanov, A.A. Zhirkova, A.G. Divin, A.S. Egorov, S.V. Mishchenko, G.V. Shishkina // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. — 2022. — № 28 (4). — S. 526-533.
10. Rodikov, S. A. Analiz cvetnosti kozhicy yablok i sodержanie a nih hlorofilla / S. A. Rodikov [Текст] // Materialy nauchn.-prakt. konferencii. — Michurinsk: Izd-vo Michurinskogo GAU, 2022. — S. 106-107.
11. Alikhanov J, Stanislav M. Penchev, Tsvetelina D. Georgieva., Moldazhanov A., Plamen I. Daskalov. An indirect approach for egg weight sorting using image processing. Journal of Food Measurement and Characterization. Springer US. -2018. – V. 12 – Iss. 1 P. 87-93 IF(0.536)

12. Nurtuleuov\*, A., Moldazhanov, A., Kulmahambetova, A., & Zinchenko, D. (2021). Obosnovanie metoda i algoritma opredeleniya pokazatelej kachestva yablok i avtomaticheskoy sortirovki ih na kategorii. Izdenister Natigeler, (3 (91), 125–133. <https://doi.org/10.37884/3-2021/14>
13. Avtomatizaciya sortirovki i otbrakovki [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.mkoi.org/366/367/373/>
14. OpenCV shag za shagom. Poisk ob"ekta po cvetu – RGB [Elektronnyj resurs].-Rezhim dostupa: <http://robocraft.ru/blog/computervision/365.html>

*Д.М. Алиханов<sup>1\*</sup>, А.К. Молдажанов<sup>1</sup>, Д.А.Зинченко<sup>1</sup>, А.Н. Нуртулеуов<sup>1</sup>,  
С.С. Солтанбеков<sup>2</sup>, Ж.К. Кадирсизова<sup>2</sup>.*

*<sup>1</sup> Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан  
(E-mail: [alikhhanov.d@lust.ru](mailto:alikhhanov.d@lust.ru))*

*<sup>2</sup> "Талғар" өңірлік филиалы "Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ҒЗИ" ЖШС, Қазақстан*

## **АЛМА ПАРАМЕТРЛЕРІН САНДЫҚ ӘДІСПЕН АНЫҚТАУ АЛГОРИТМІ МЕН БАҒДАРЛАМАСЫ**

### *Аңдатпа*

Бұл мақала алма параметрлерін автоматты түрде анықтауға арналған алгоритм мен бағдарламалық жасақтаманы әзірлеуге және мұқият талдауға бағытталған зерттеуге және компьютерлік көруді қолдана отырып, олардың суреттерін талдауға негізделген. Мақалада келтірілген әдіс Python бағдарламалау тілінде жүзеге асырылатын OpenCV компьютерлік көру кітапханасын қолдана отырып, алма кескіндерін талдауға негізделген. Әзірленген алгоритм алманың бірқатар негізгі сипаттамаларын, соның ішінде олардың диаметрін, биіктігін, ауданын, бетіндегі қызыл түс пайызын автоматты түрде анықтауға және ықтимал сыртқы ақауларды анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу аясында алманың сыртқы параметрлері негізінде олардың сапалық сипаттамаларына талдау жасалды. Бұл кескінді талдау арқылы, осы параметрлерді автоматтандырылған түрде анықтауға арналған мамандандырылған процедураларды жасауға мүмкіндік берді. Әдістеменің тиімділігін тексеру барысында эксперименттер жүргізілді, онда дәстүрлі өлшеу әдістерімен алынған нәтижелер автоматтандырылған цифрлық қондырғы негізінде алынған нәтижелермен салыстырылды. Зерттеу нәтижесінде алынған нәтижелер штангенциркульмен өлшенген және әзірленген бағдарлама арқылы анықталған жемістің диаметрі мен биіктігінің мәндерінің практикалық сәйкестігін растады. Сонымен қатар, әзірленген алгоритм мен бағдарлама алманың негізгі параметрлерін ғана емес, сонымен қатар олардың бетіндегі көлденең қиманың ауданы мен қызыл түс пайызын талдауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде, әзірленген әдіс эксперименттердің нәтижелерімен дәлелденген дәстүрлі қол әдістерімен салыстырғанда алма параметрлерін анықтау процесін едәуір жеделдетуге мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** алма, алгоритм, бағдарлама, диаметрі, биіктігі, ауданы, дәлдігі, өнімділігі, қондырғы.

*J. Alikhanov<sup>1\*</sup>, A.K. Moldazhanov<sup>1</sup>, D.A.Zinchenko<sup>1</sup>, A.N. Nurtuleuov<sup>1</sup>,  
S.S. Soltanbekov<sup>2</sup>, Zh.K. Kadirsizova<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan  
(E-mail: [alikhhanov.d@lust.ru](mailto:alikhhanov.d@lust.ru))*

*<sup>2</sup> Regional branch "Talgar" LLP "Kazakh Research Institute of Horticulture", Kazakhstan*

## **THE ALGORITHM AND PROGRAM FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF THE APPLE DIGITAL METHOD**

### **Annotation**

This article is devoted to a study aimed at the development and thorough analysis of an algorithm and software for automatically determining the parameters of apples, based on the analysis of their images using computer vision. The methodology described in the article is based on the analysis of apple images using the OpenCV computer vision library implemented in the Python programming language. The developed algorithm allows you to automatically determine a number of key characteristics of apples, including their diameter, height, area, percentage of red color on the surface and identification of possible external defects. As part of the study, the qualitative characteristics of apples were analyzed based on their external parameters. This made it possible to develop specialized procedures for the automated determination of these parameters using image analysis. In the process of verifying the effectiveness of the technique, experiments were conducted in which the results obtained by traditional measurement methods were compared with the results obtained on the basis of an automated digital installation. The results obtained during the study confirmed the practical coincidence of the values of the diameter and height of the fetus, measured with a caliper and determined using the developed program. In addition, the developed algorithm and program make it possible to determine not only the basic parameters of apples, but also to analyze the cross-sectional area and the percentage of red color on their surface. As a result, the developed method makes it possible to significantly speed up the process of determining the parameters of apples compared to traditional manual methods, which has been proven by experimental results.

**Keywords:** apple, algorithm, program, diameter, height, area, accuracy, performance, installation.

МРНТИ 55.57.43

DOI <https://doi.org/10.37884/1-2024/29>

**Е.Р. Жумағалиев\*<sup>1,2</sup>, Ж.М.Хазимов<sup>2</sup>, К.М.Хазимов<sup>2</sup>, Д.А.Шамуратов<sup>2</sup> Сералы Б.Ұ<sup>3</sup>.**

<sup>1,2</sup>*Казахский национальный технический исследовательский университет  
им.К.Сатпаева (Satbayev University)*

<sup>2</sup>*Казахский национальный аграрный исследовательский университет*

<sup>3</sup>*Astana IT University*

[yelaman.marmaray@gmail.com](mailto:yelaman.marmaray@gmail.com)\*, [zhanatkazimov@gmail.com](mailto:zhanatkazimov@gmail.com), [kanat-86@mail.ru](mailto:kanat-86@mail.ru),  
[daulet.shamuratov@mail.ru](mailto:daulet.shamuratov@mail.ru), [botaskander@gmail.com](mailto:botaskander@gmail.com)

## **ПРИГОТОВЛЕНИЕ СИЛОСА ПУТЕМ ВАКУУМИРОВАНИЯ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ В МЯГКИХ КОНТЕЙНЕРАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОРАМНОГО ПРИЦЕПА**

### *Аннотация*

Среди кормов, особенно в стойловый период (независимо от сезона), для мясомолочного скотоводства большую долю занимает силос (до 65%). Рынок молока, по оценке Молочного союза Казахстана, в Республике около 78 % молока дают мелкие крестьянские хозяйства, остальное приходится на долю специализированных ферм. Из-за несовершенства существующих способов при заготовке и хранении силоса потери кормов составляет от 5 до 35%. Поэтому недостаточная питательная ценность основного корма и сложность его сохранения из-за отсутствия технической базы приводит к снижению рентабельности молочного скотоводства. В статье представлена функциональность стандартного