

Р.А. СИМОНЯН, Д.Г. ЗАРГАРЯН, А.Г. ГУЛЯН, Г.А. ПИРУМЯН
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АГРОПРОДУКТОВ

Представлены существующие цифровые системы, выявляющие физические параметры (размер, цвет, пигменты и т.д.) агропродуктов. На основе программы LabView разработана система VisionBased. Система продуктивна с точки зрения скорости выполнения работы, точности, гибкого программного интерфейса и доступна для всех.

Ключевые слова: физический параметр агропродукта, конвейер, сортировка, система VisionBased, LabView.

Введение. За последние несколько десятилетий были разработаны различные электронные системы, с помощью которых определяют физические параметры, сохраняя целостность продукта. Исходя из принципов измерения, дается классификация следующих групп:

- системы, основанные на измерении объема разрыва между фруктом и наружной оболочкой оборудования;
- системы, измеряющие размер плода путем измерения расстояния между источником излучения и контуром агропродукта, причем расстояние вычисляется по времени пролета;
- системы, основанные на барьерном препятствии или блокаде света;
- двумерные (2-D) системы машинного зрения;
- трехмерные (3-D) системы машинного зрения.

Системы, основанные на измерении объема разрыва между фруктами и наружной оболочкой оборудования. Корпус, через который проходят плоды, является неотъемлемой частью всех систем в этой группе. Окружающая или наружная оболочка изготавливается по фиксированным размерам, в то время как размер плодов является переменной величиной. Хотя принципы измерения для каждой системы различны, все системы разделяют идею измерения объема разрыва между плодом и наружной оболочкой. Одной из таких систем является оптический кольцевой датчик, который разработал Галль (1997 г.) [1,2]. Эта система основана на блокировании света и состоит из круглой рамы, на которой поочередно располагается большое количество инфракрасных передатчиков и приемников (рис. 1). Когда внутреннее пространство кольца свободно, каждый приемник обнаруживает свет, который излучает передатчик, размещенный на противоположной стороне, и как только объект вводится в кольцо, появляется теневая зона. Передатчики включаются последовательно, и в окружности образуются аккорды. Для определения контура объекта используются два ближайших непрерывных или тангенциальных аккорда.

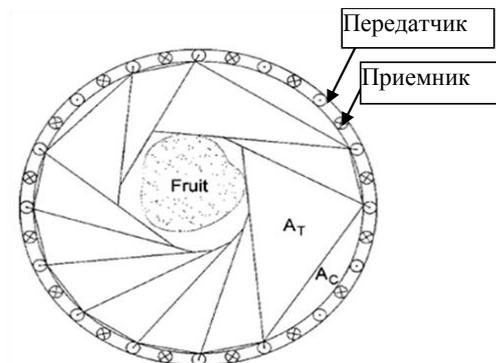


Рис. 1. Система оптического датчика кольца

Площадь поперечного сечения фрукта (рис. 1) вычисляется как

$$Af = \pi r^2 - \sum(A_T - A_C), \quad (1)$$

где Af - область сечения плода; r - радиус кольца; A_T - площадь треугольника; A_C - площадь сегмента круга.

Система оптического кольцевого датчика может быть использована для оценки объема фруктов на высокой скорости (до 2 м/с).

В 1997 г. Като предложил метод, согласно которому в наружном корпусе объем фрукта измерялся электрической емкостью, как у конденсатора, где стены корпуса являются токопроводящими обкладками, а диэлектрик - измерителем объема фрукта (рис. 2).

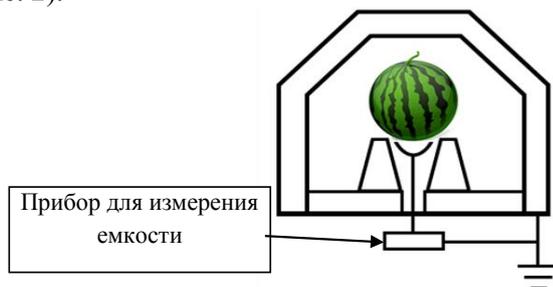


Рис. 2. Электрический метод измерения емкости

Внутри оболочки между электродами имеется проводящая резиновая присоска, на которую ставится арбуз. Объем арбуза измеряется, как у плодов, скорость прохождения через туннель 0,22 м/с, что соответствует производительности 0,4 фрукт/с. При использовании этого метода среднеквадратическая ошибка (RMSE) составила 26 мм, а среднеквадратическая процентная ошибка (RMSPE) - 0,4%. Оба результата довольно малы. Однако система имела недостаток: необходимо правильно расположить арбуз.

Системы, измеряющие размер плода путем измерения расстояния между источником излучения и контуром агропродукта. Лаинг и др. в 1995г. разработали аппарат (перевернутую треногу) для быстрой оценки размеров агропродуктов в полевых условиях. Аппарат состоит из трех металлических листов, формирующих перевернутую треногу (рис. 3).

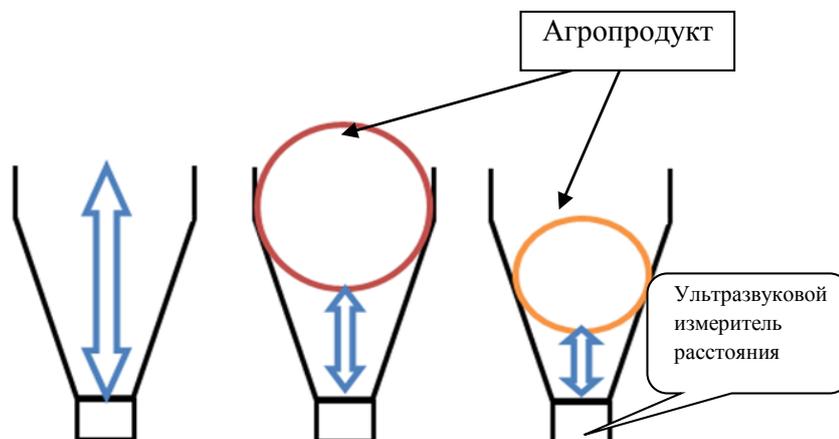


Рис. 3. Перевернутая тренога с ультразвуковым сенсором

Когда фрукт помещали в треногу, он скатывался, и уровень, в котором он застревал, зависел от размера плода. Большие фрукты застревали выше от ультразвукового датчика, а фрукты маленьких размеров скатывались низко, и, следовательно, расстояние между датчиком и фруктом было меньше. Авторы с помощью этого устройства измеряли лимоны. Были получены следующие результаты: RMSE – 1,1 мм, RMSPE – 2,0%, длительность измерения одного фрукта – 10 с.

Опико-электронные системы. Ивamoto и Чума в 1981 году описали три оптоэлектронные системы на основе блокирования света. Первая из них (рис. 4) измеряет горизонтальную ширину фрукта по направлению перемещения, последняя состоит из нескольких передатчиков и приемника, помещенного в противоположную сторону конвейера.

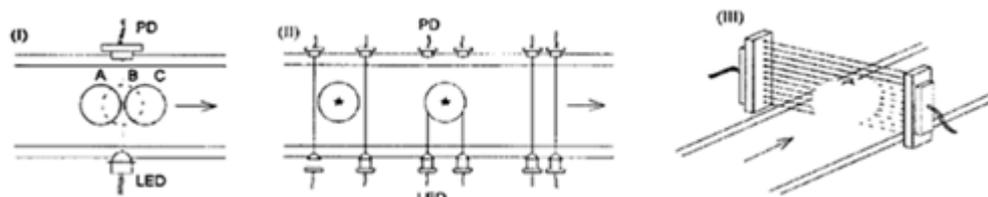


Рис. 4. Опико-электронная система

Постановка задачи. Целью данной работы является создание такой системы, которая будет в состоянии решить вышеописанные задачи с минимальными затратами. За основу были взяты программная система LabVIEW и существующие алгоритмы в библиотеке.

Новизна работы состоит в том, что система VisionBased не требует дорогостоящих профессиональных камер, так как она берет и обрабатывает изображение, снятое даже 1,2 мегапиксельной компьютерной камерой, делает цифровую обработку, оценку, сортировку и запоминает результат на компьютере с большой скоростью (рис. 5).



Рис. 5. Система VisionBased

Фрукты на конвейерной ленте фиксируются камерой, делается цифровая обработка сигнала, снимаются контуры, измеряются физические параметры. Программа, имея заранее загруженные со стороны оператора сортировочные данные, сравнивает физические параметры данных фруктов с таблицей и делает соответствующую сортировку [3,5].

Ниже представлены метод и математический расчет обнаружения контура.

Метод обработки. На практике при обнаружении контура используется сглаживание рисунка (обычно фильтром Гауса). Методы обнаружения контура различаются используемыми фильтрами сглаживания и методами расчета четкости контура.

Обобщенным методом для поиска переходов является обработка изображения с помощью скользящего окна, которое представляет собой квадратную матрицу. Элементы матрицы принято называть коэффициентами. Применение данной матрицы в локальной местности называется пространственной фильтрацией. Схема последней приведена на рис. 6.

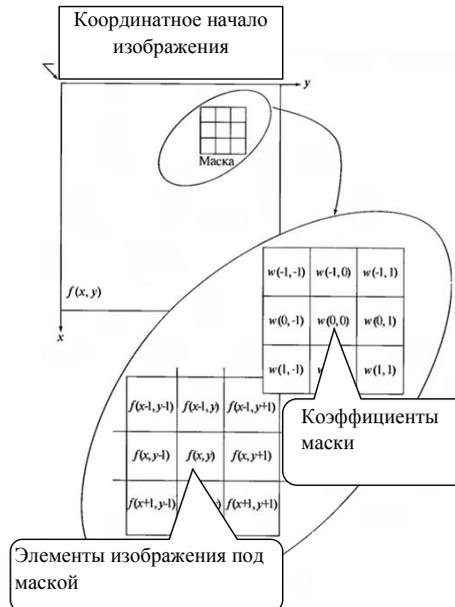


Рис. 6. Цифровая фильтрация

Процесс основан на передаче фильтра окна от одной точки изображения к другой. Для каждой точки (x, y) результат фильтрации рассчитывается с помощью заранее приведенных связей. При линейной пространственной фильтрации результат дается суммой произведений коэффициентов фильтра и соответствующих значений пикселей того сегмента, который закрыт фильтром.

При размерах окна 3×3 (см. рис. 6) в точке (x, y) результат линейной фильтрации R рассчитывается следующим образом:

$$R = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 0)f(x + 1, y) + w(1, 1)f(x + 1, y + 1). \quad (2)$$

При обнаружении падения яркости используются дискретные аналоги первой и второй степеней производной. Производная первой степени однородной $f(x)$ функции определяется разницей значений соседних элементов:

$$\frac{df}{dx} = f(x + 1) - f(x). \quad (3)$$

Производная второй степени определяется разницей соседних значений производной первой степени:

$$\frac{d^2f}{dx^2} = f(x + 1) + f(x - 1) - 2f(x). \quad (4)$$

Расчет производной первой степени цифрового изображения основан на разных дискретных приближениях двумерного градиента. В точке (x, y) градиент изображения $f(x, y)$ является вектором:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{df}{dx} \\ \frac{df}{dy} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

При обнаружении контура модуль этого вектора играет важную роль, его обозначают ∇f :

$$\nabla f = |\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}. \quad (6)$$

Величину ∇f часто называют градиентом. Важной характеристикой является также величина вектора градиента. Угол, сформированный вектором ∇f в точке (x, y) и осью x , обозначим $\alpha(x, y)$:

$$\alpha(x, y) = \arctg\left(\frac{G_x}{G_y}\right). \quad (7)$$

Из (6) можно легко вычислить направление границы, которая в данной точке вертикальна направлению градиента вектора. При этом градиент изображения рассчитывается путем определения величин частных производных df/dx и df/dy во всех точках.

Инструменты программной обработки (Vision Assistant) цифровых изображений в среде LabVIEW. В среде LabVIEW имеется несколько инструментов для обработки цифровых изображений. В частности, в LabVIEW имеется один отдельный раздел, который содержит все классические алгоритмы для обработки изображения, такие как фильтрация, распознавание и т.д. Был создан отдельный инструмент, который называется помощником. В нем собраны основные алгоритмы для обработки изображений. Этот инструмент называется Vision Assistant и представляет собой программный пакет разных алгоритмов обработки изображений (рис. 7).

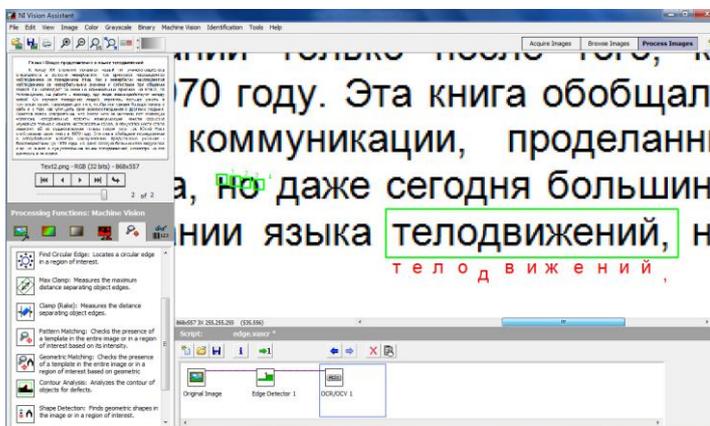


Рис. 7. Программа Vision Assistant

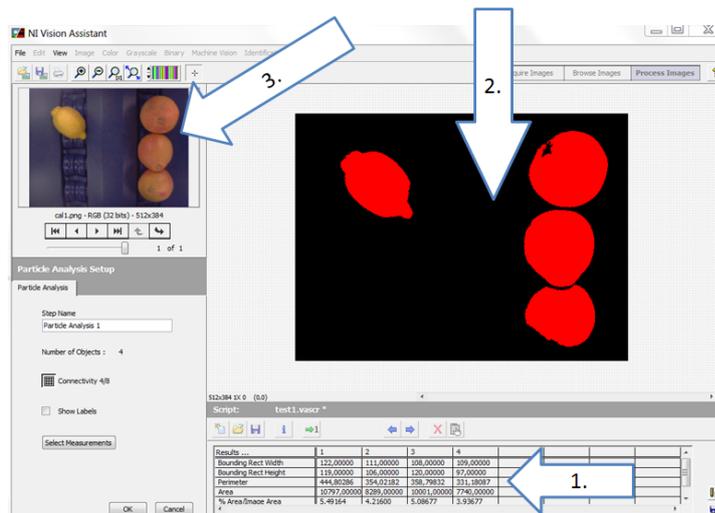


Рис. 8: 1 - таблица значений, 2 - окно цифровой обработки, 3 - образец изображения

Заключение. С помощью инструмента Vision Assistant, а также при фильтрации, цифровой обработке, обнаружении контура были получены результаты, приведенные на рис. 8. Из рисунка видно, что с помощью метода обнаружения контура агропродукта можно достичь высоких и четких результатов. На рисунке размеры фруктов (лимон, апельсин) приведены в пикселях, так как система не калибрована, и, несмотря на этот фактор, система безошибочно определяет цвет фрукта, наличие пигментов. Время измерения составляет 25 мс, а погрешность диаметра фрукта не превышает 0,1%. Ведутся опыты для ускорения процесса измерения, создания базы данных для фруктов с разными формами, так как данная система рассчитана только для относительно круглых форм фруктов, а также исследуется влияние интенсивности света на результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Yamakawa M., Khot L.R., Kondo N., Ehsani R.** Real-time nondestructive citrus fruit quality monitoring system: development and laboratory testing: 1. Division of Environmental Science and Technology / Kyoto University, Sakyo-ku. Kyoto, Japan; University of Florida, IFAS, Citrus Research and Education Center, Lake Alfred, Florida, 33850, USA).
2. Near-Infrared Spectroscopy for Classification of Iberian Pig Carcasses Using an Artificial Neural Network / **C. Hervas, A. Garrido, B. Lucena, N. Garcia, et al** // J. Near Infrared Spectrosc.- 1994.- 2.- P. 177-184.
3. **McGrath V.B., Blakeney A.B., Batten G.D.** Fructan to Nitrogen Ratio as an Indicator of nutrient Status in Wheat Crops // New Phytol. - 1997.- 136.- P. 145 - 152.
4. **Williams P.C.** Application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy to Analysis of Cereal grains and Oilseeds // Cereal Chem.- 1975.- 52.- P. 561 – 576.

5. **Գասպարյան Հ.Թ.** Տեխնիկական համակարգերում LabVIEW–ի կիրառումը. - Երևան: Ճարտարագետ, 2011:

ИРФЭ НАН РА. Материал поступил в редакцию 20.11.2013.

Ռ.Ա. ՍԻՄՈՆՅԱՆ, Դ.Գ. ԶԱՐԳԱՐՅԱՆ, Ա.Գ. ԴՈՒԼՅԱՆ, Հ.Ա. ՓԻՐՈՒՄՅԱՆ

ԳՅՈՒՂՍԹԵՐՔՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Ներկայացված են գյուղատնտեսության մեջ կիրառվող գյուղմթերքների ֆիզիկական պարամետրերի չափման արդի թվային համակարգերը: Հիմք ընդունելով դրանց թերություններն ու առավելությունները՝ նախագծվել է համակարգ «LabView» ծրագրային հենքի վրա, որն ավելի արդյունավետ է իր չափման արագությամբ, ճշտությամբ, ծրագրային ճկունությամբ և հասանելիությամբ:

Առանցքային բաներ. գյուղմթերքների ֆիզիկական բնութագրեր, հոսքագիծ, թեսթավորման համակարգ, VisionBased, LabView.

R.A. SIMONYAN, D.G. ZARGARYAN, A.G. GHULYAN, H.A. PIRUMYAN

DETERMINING THE PHYSICAL PARAMETERS OF AGRICULTURAL PRODUCTS

The existing digital systems revealing the physical parameters (size, color, pigments, etc) of agroproducts are introduced. The VisionBased system is developed based on LabView. It is shown that the given system is efficient from the standpoint of the operation speed, the accuracy, the flexible programming interface, and accessibility.

Keywords: physical parameter of an agroproduct, conveyor, sorting, the VisionBased system, LabView.