

DESIGN OF LOW COST MICROPROCESSOR SYSTEM FOR MEASUREMENT OF VEGETABLES COLOR FEATURES ⁴

Assoc. prof. Tsvetelina Georgieva, PhD

Department of Automatics and Mechatronics,
"Angel Kanchev" University of Ruse
Tel.: +359 82 888 668
E-mail: cgeorgieva@uni-ruse.bg

Eng. Emil Stefanov, PhD Student

Department of Automatics and Mechatronics,
"Angel Kanchev" University of Ruse
Tel.: +359 82 888 676
E-mail: estefanov@uni-ruse.bg

Eng. Nadezhda Paskova, PhD Student

Department of Automatics and Mechatronics,
"Angel Kanchev" University of Ruse
Tel.: +359 82 888 676
E-mail: npaskova@uni-ruse.bg

Prof. Plamen Daskalov, PhD

Department of Automatics and Mechatronics,
"Angel Kanchev" University of Ruse
Tel.: +359 82 888 668
E-mail: daskalov@uni-ruse.bg

Prof. Nicolaos Sigrimis, PhD

Department of Department of Natural Resources Management and
Agricultural Engineering (NRM&AE),
Agricultural university of Athens, Greece
Tel.: +30-1-5294036
E-mail: n.sigrimis@computer.org

Abstract: The paper presents design of low cost microprocessor system for measurement of vegetables color features. The system is designed to evaluate and classify tomatoes into quality groups according to their degree of maturity. The Arduino microcontroller and TTL JPEG camera are used to design the system. The Arduino IDE software platform is used to program and adjust the basic parameters of the module. The vegetable evaluation module is developed in Matlab. According to the requirements for the maturity of tomatoes, the degree of maturity of tomatoes is divided into six groups: green tomatoes; light green tomatoes; light pink tomatoes; pink tomatoes; light red tomatoes and red tomatoes. The HSV model of the visual image, and more specifically its Hue component (color shade), is most suitable for solving this particular task. This color distribution is best suited to the task, because the degree of maturity is determined by the quantitative ratio of red to green. Most appropriate in this case is the use of the cumulative property for the H-component of the model. The property consists of checking the number of pixels of a given value, the resulting number being accumulated against the results already obtained for previous pixel values. From the results thus obtained, so-called "Cumulative histogram", from which the criterion for determining the degree of maturity of tomatoes is obtained. Further studies need to be conducted to refine the cut-off values of the criterion and to reduce the error of assessment and the impact of variety.

Keywords: Tomato Maturity, Color Spaces, HSV color model, Arduino Platphorm

⁴ Докладът е представен на студентската научна сесия с оригинално заглавие на български език: ПРОЕКТИРАНЕ НА НИСКСТОЙНОСТНА МИКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ КАЧЕСТВОТО НА ЗЕЛЕНЧУЦИ ПО ЦВЯТ.

ВЪВЕДЕНИЕ

В системата на земеделието, производството на плодове и зеленчуци има много голямо значение, тъй като осигурява значителна част от прехраната на населението и суровини за хранително-вкусовата промишленост.

Оценяването на качеството на плодовете и зеленчуците отнема голяма част от времето за производство. Оценката се извършва обикновено ръчно при визуален контрол, като преди всичко се разчита на рутината и опита на оценяващия. Това е една от причините да се търсят начини за да се автоматизира частично или напълно процеса на контрол и оценяване на продукцията. Потребността от визуален контрол на качество, съчетан с увеличаващата се автоматизация във всички сфери на производството води до търсене на автоматична и обективна оценка на визуални параметри както размер, форма, структура, цвят и т.н. Системи изградени от видеокамери, подходящо осветяване и компютри осигуряват решение на тази задача (Bhavana Bhavana, K., Reshma, & K., 2016).

Осъществяване контрола на качеството на продукцията се основава на определени методи за окачествяване, които условно могат да се разделят на две групи: механични и визуални.

Всички механични методи за разделяне в размерни групи имат общ недостатък - висока степен на травмиране на продукцията в процеса на разделяне, което се дължи на самата природа на метода. Този проблем се избягва напълно при визуалните методи. Те се базират на дистанционно ориентиране и измерване на необходимите параметри, като липсва пряк контакт с обекта на сортиране. Това е валидно за всички визуални методи за контрол и е огромно предимство пред механичните методи за разделяне. Дори степента на разделяне при визуалните методи да е по-ниска от тези на механичните, тя се компенсира от факта, че макар и неправилно разделена продукцията не се уврежда, а това намалява разходите за производство.

През последните години системите за оценка на качество чрез анализ на визуални изображения са широко приложими за контрол и класификация на плодове, зеленчуци и други видове продукция (Pavithra, V., and all, 2015). За индикатори на качеството на продукцията се използват определени показатели, които могат да бъдат както външни, така и вътрешни (Peet, M. & Welles G., 2005). Към външните показатели на качество спадат: размер, форма, цвят, външни дефекти и други. Към вътрешните показатели на качество спадат: съдържание на захар, киселинност, тегло, твърдост и други.

Цел на настоящата статия е да се представи подход и програмна реализация на система за оценяване зрелостта на домати чрез анализ на цветови характеристики на визуалното им изображение.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Според изискванията за зрелост на домати, степента на зрелост на доматите се дели на шест групи: зелени домати; светло-зелени домати; светло-розови домати; розови домати; светло-червени домати и червени домати.

Като най-подходящ за решаване на конкретната задача се оказва hsv модела на визуалното изображение и по-точно неговата ние-компонента (цветен нюанс). в средата на matlab нейната стойност се изменя в интервала $0 \div 3600$. разпределението на цветовете в този диапазон е както следва: 00 – red (червено), 600 – yellow (жълто), 1200 – green (зелено), 1800 – cyan (циан), 2400 – blue (синьо) и 3000 – magenta (маджента).

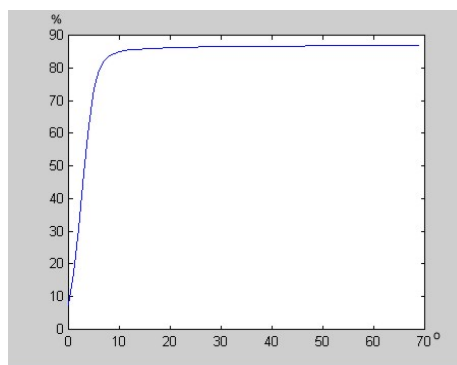
Това разпределение на цветовете се оказва най-подходящо за решаване на конкретната задача, защото степента на зрялост се определя от количественото съотношение на червеното към зеленото. като най-подходящо в случая е използването на кумулативното свойство за n-компонентата на модела. свойството се състои в проверка за броя пиксели с определена стойност, като полученият брой се натрупва към вече получените резултати за предходни стойности на пикселите. по този начин при 0^0 за n - компонентата са пикселите за червената компонента, при 60^0 са пикселите с червената и жълтата компоненти, а при 360^0 са всички пиксели от изображението. от така получените резултати се изчертава т.н. “кумулятивна

хистограма”, от формата на която може да се изведе критерий за определяне степента на зрелост при домати.

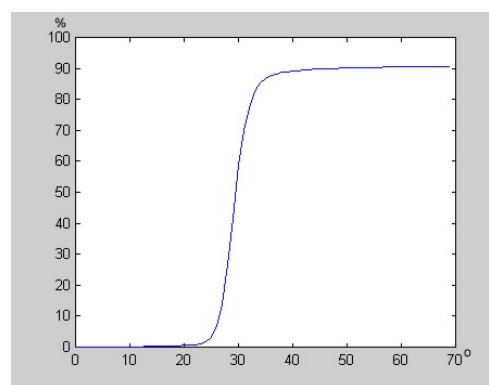
Експериментите са извършени с 10 обекта (домата), чиято степен на зрелост е определена от експерт и е показана в табл. 1.

Таблица 1. Тегло и степен на зрелост на домати, определена от експерт

№ домат	тегло, g	степен на зрелост
1	105	червен
2	375	светло-червен
3	205	светло-червен
4	225	светло-червен
5	125	червен
6	190	светло-червен
7	160	светло-червен
8	85	червен
9	75	зелен
10	55	зелен



Фиг.1. Зрял домат и кумулативна хистограма на H – компонента



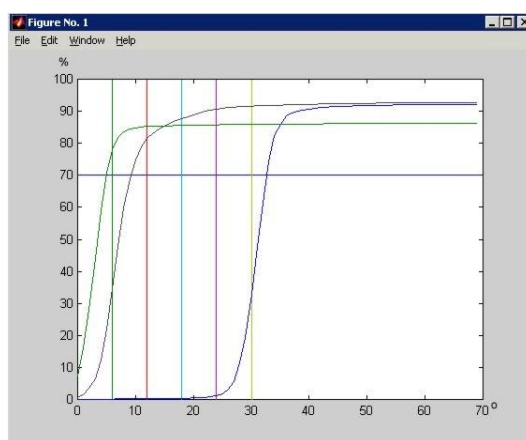
Фиг.2. Зелен домат и кумулативна хистограма на H – компонента

Изображенията на един зрял и един зелен домат и съответните кумулативни хистограми са показани на фиг.1 и фиг.2.

От анализа на кумулативните хистограми на всички домати се установи, че до около 70% от характеристиките, трендът е различен за различните домати. Става ясен и факта, че до около $H = 35^\circ$ дори и за зелените домати кумулативната хистограма преминава гореспоменатите 70% от всички пиксели. Тъй като до около 35° всички графики преминават границата от 70%, то този интервал е разделен на шест степени на зрелост на домати и в зависимост от стойността на H - компонентата се предлагат следните критерии за зрелост на домати:

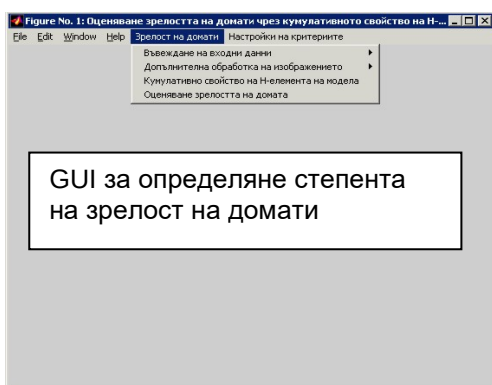
Ако $H = 0^\circ - 6^\circ \rightarrow$ червен;
 Ако $H = 7^\circ - 12^\circ \rightarrow$ светло-червен;
 Ако $H = 13^\circ - 18^\circ \rightarrow$ розов;
 Ако $H = 19^\circ - 24^\circ \rightarrow$ светло-розов;
 Ако $H = 25^\circ - 30^\circ \rightarrow$ светло-зелен;
 Ако H е над $30^\circ \rightarrow$ зелен.

Графична интерпретация на тези зависимости е показана на фиг. 3. На фигурата са показани хистограмите на един много зрял (червен), един зрял (светло-червен) и един зелен домати. От значение е къде се намира пресечната точка на хистограмата с линията, която е успоредна на абсцисната ос на 70% по ординатата. За критерий е избрано условието до коя вертикална линия се намира пресечната точка, като условието е точката да бъде отляво на вертикалната. Всяка от вертикалните линии изобразява различна степен на зрелост. Линиите са пет, а степените шест, защото се приема, че ако пресечната точка е отляво на последната вертикална линия, то доматиът е зелен.

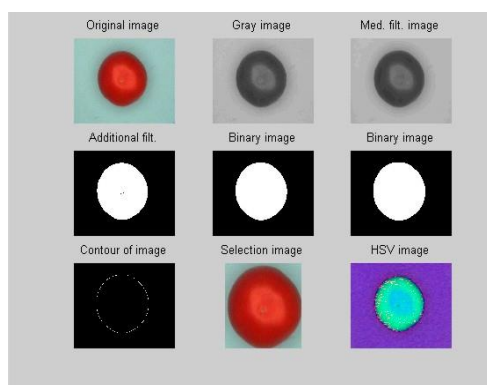


Фиг.3. Графична интерпретация на критериите

За автоматизираното определяне зрелостта на домати е разработена програмна реализация в средата на MATLAB във вид на графически потребителски интерфейс (GUI). Общият вид е представен на фиг. 4.



Фиг.4. Общ вид на интерфейса

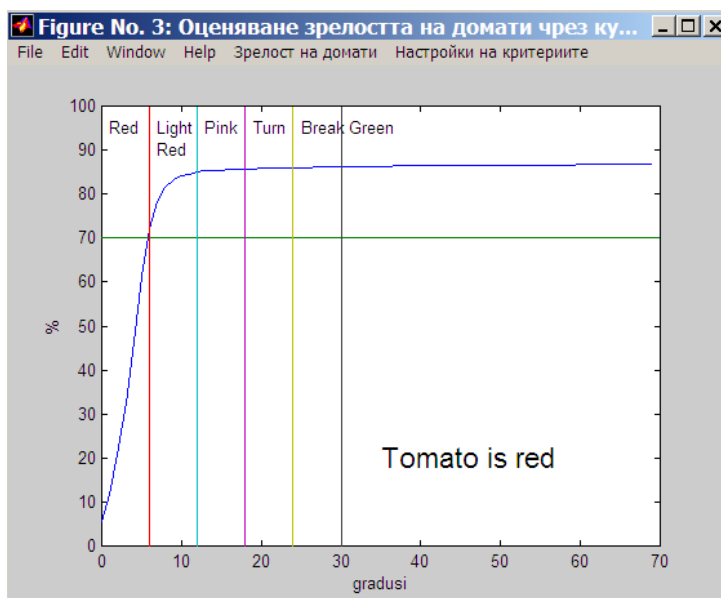


Фиг.5. Резултати от допълнителната обработка

Последователността на работа с предложения интерфейс се разделя условно на следните етапи: 1 - въвеждане на входните данни (изображение); 2 - визуализация на входното изображение; 3 - допълнителна обработка на изображението; 4 - изчисляване на кумулативната хистограма на H-компонентата; 5 - оценяване зрелостта на домата; 6 - запис на резултатите във файл.

Допълнителната обработка на изображението включва поредица от действия, които целят да отделят изображението на домата от фона и да изчистят изображението от отблясъци, сенки, дефекти, получени при неправилно осветяване и други случайни шумове. За целта са използвани медианен филтър и метод на Собел за отделяне на контура на изображението (Фиг. 5.).

Окачествяването на зрелостта на отделния домати се извършва на базата на условието до коя вертикална линия се намира пресечната точка на неговата хистограма (Фиг. 6).



Фиг.6. Окачествяване на червен домати

За доказване на работоспособността на предложената идея са направени тестове с допълнителна извадка от 18 домата (по 3 домата от всяка група) от същия сорт, които не са вземани предвид при определяне на критериите. Всички те са подлагани на обработка както обектите, според които са определени критериите. Получените резултати показаха 89% съвпадане на оценките, давани от експерта, и използването на предложението подход. Грешките в оценяването биха могли да се дължат на дефекти по доматите и на влиянието на ориентацията на домата при заснемането на изображението.

ИЗВОДИ

Предложеният критерий може да бъде успешно прилаган за разделяне по степен на зрелост на домати от сорта, с който са направени опитите. Кумулативната хистограма на Hue-компонентата от HSV цветови модел е подходящ инструмент за решаване на този проблем. Разработеният GUI дава възможност за оперативна промяна на параметрите на програмната система за оценяване на степента на зрелост на различни сортове домати. Необходимо е да се проведат допълнителни изследвания за прецизиране на граничните стойности на критерия и за намаляване на грешката на оценяването и на влиянието на сортовата принадлежност.

БЛАГОДАРНОСТ

Изследванията са подкрепени по договор с № 2019-EEA-04 „Изследване на влиянието на външни фактори върху точността на измерването на основни параметри на почвата с нискостойностна микропроцесорна система“, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ при Русенски университет „Ангел Кънчев“.

Изследванията са подкрепени по договор на Русенски университет "Ангел Кънчев" с № BG05M2OP001-2.009-0011-C01, „Подкрепа за развитието на човешките ресурси в областта на научните изследвания и иновации в Русенски университет "Ангел Кънчев", финансиран по

Оперативна програма „ Наука и образование за интелигентен растеж“ 2014-2020”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз“.

REFERENCES

Bhavana Bhavana, K., Reshma, K., (2016). Tomato Quality Evaluation Using Image Processin, International Journal of Engineering Research in Electronic and Communication Engineering (IJERECE), Volume: 3, Issue 5

Pavithra, V., Pounroja, R., Sathya Bama, B., (2015). Machine vision based automatic sorting of cherry tomatoes, 2nd International Conference on Electronics and Communication Systems (ICECS), 271 - 275

Peet, M., Welles G., (2005). Greenhouse tomato production. Wallingford: CAB International, 257-304.