

Определяне степента на зрялост на домати чрез анализ на цветни цифрови изображения

Пламен Даскалов, Цветелина Драганова, Русин Цонев

Tomato assessment by color image analysis: An approach for tomato maturity assessment by color image analysis is presented in the paper. The cumulative histograms of H-component (HSV color space) tomato images are used as assessment criterion for tomato separation in sixth classes. A MATLAB graphical user interface (GUI) is developed for automatic tomato maturity assessment. The classification accuracy was 89%.

Key words: Color Image Analysis, Tomato Quality Assessment, Color Spaces

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 [4,5].

Осъществяване контрола на качеството на продукция 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 [1,2,3,6]. За индикатори на качеството на продукция се използват определени показатели, които могат да бъдат както външни, така и вътрешни [6]. 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 домати се дели на шест групи [7]: зелени домати; светло-зелени домати; светло-розови домати; розови домати; светло-червени домати и червени домати.

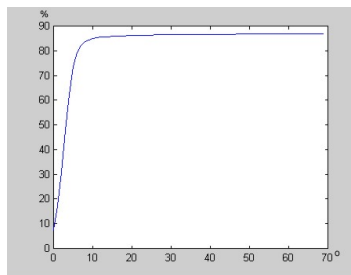
Като най-подходящ за решаване на конкретната задача се оказва HSV модела на визуалното изображение и по-точно неговата Hue-компонента (цветен нюанс). В средата на MATLAB нейната стойност се изменя в интервала $0\div360^{\circ}$. Разпределението на цветовете в този диапазон е както следва: 0° – Red (червено), 60° – Yellow (жълто), 120° – Green (зелено), 180° – Cyan (циан), 240° – Blue (синьо) и 300° – 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 H-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° за H-компонентата са пикселите за червената компонента, при 60° са пикселите с червената и жълтата компоненти, а при 360° 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.

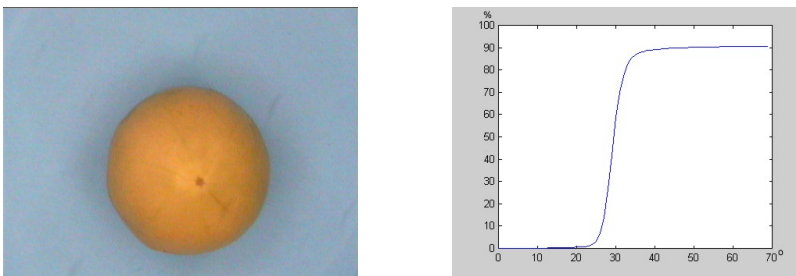
Експериментите са извършени с 10 обекта (домата), чиято степен на зрелост е определена от експерт и е показана в таблица 1.

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

№ догат	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 догат и кумулативна хистограма на H – компонента



Фиг.2. Зелен домати и кумулативна хистограма на Н – компонента

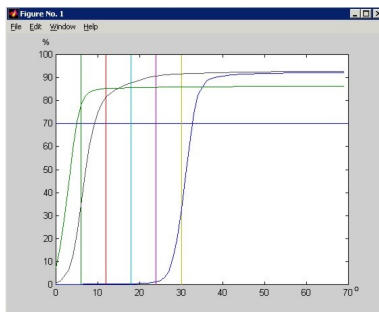
Изображенията на един зрял и един зелен домати и съответните кумулативни хистограми са показани на фиг.1 и фиг.2.

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 зрялост на доматите и в зависимост от стойността на H - компонентата се предлагат следните критерии за зрялост на доматите:

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

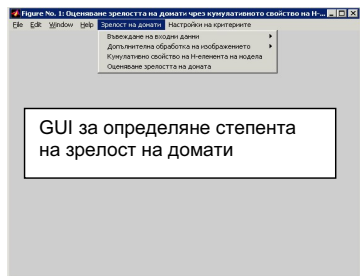
Графична интерпретация на тези зависимости е показана на фиг. 3. На фигурата са показани хистограмите на един много зрял (червен), един зрял (светло-червен) и един зелен домати. От значение е къде се намира пресечната точка на хистограмата с линията, която е успоредна на абсцисната ос на 70% по ординатата.

За критерий е избрано условието до коя вертикална линия се намира пресечната точка, като условието е точката да бъде отляво на вертикалата. Всяка от вертикалните линии изобразява различна степен на зрялост. Линиите са пет, а степените шест, защото се приема, че ако пресечната точка е отляво на последната вертикална линия, то доматиът е зелен.

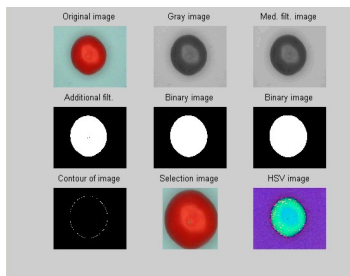


Фиг.3. Графична интерпретация на критериите

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

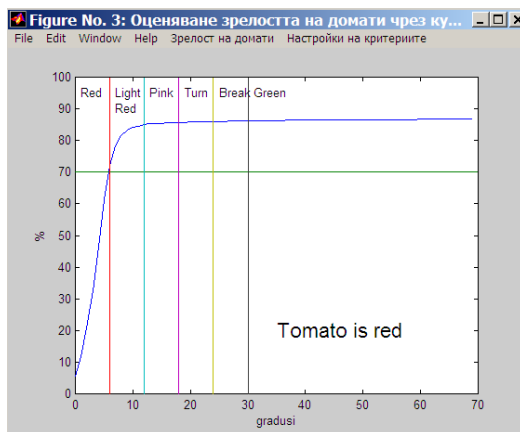


Фиг.5. Резултати от допълнителната обработка

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 доमत се извършва на базата на условието до коя вертикална линия се намира пресечната точка на неговата хистограма (фиг.6).



Фиг.6. Окачествяване на червен доमत

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 предложения подход. Грешките в оценяването биха могли да се дължат на дефекти по доматите и на влиянието на ориентацията на домата при заснемането на изображението.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеният критерий може да бъде успешно прилаган за разделяне по степен на зрелост на домати от сорта, с които 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.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Choi K., G.Lee, Y.J.Han, J.M.Bunn. Tomato maturity evaluation using color image analysis. Transaction of ASAE, Vol.38(1):171-176.

[2] Jahns G., Nielsen H., Paul. Fuzzy fusion of image analysis attributer for quality assessment. Workshop on Control Application and Ergonomics in Agriculture, Athens, Greece, June 15-17, 1998.

[3] Hashimoto Y., Miyata H., Morimoto T., Takeuchi T., Pattern recognition of fruit shape based on the concept of chaos and neural network, Computers and Electronics in Agriculture, 2000.

[4] Molto E., Blasko J., Escuderos V., Computer vision of automatic inspection of agricultural produces. SPIE symposium on Precision Agricultural and Biological Quality. Nov. 1-6,1998, Boston, MA, USA.

[5] Molto E., Blasko J., Escuderos V., Computer vision of automatic inprecision of agricultural produces. SPIE symposium on Precision Agricultural and Biological Quality. Nov. 1-6,1998, Boston, MA, USA.

[6] Дамянов Ч. Неразрушаващо разпознаване на качеството в системите за автоматично сортиране на хранителни продукти. Академично издателство на УХТ – Пловдив, 2006.

[7] Танчев С., Ч. Дамянов и др. Следберидабни технологии на плодове и зеленчуци. Акад. издателство на ВИХВП, Пловдив, 2002.

За контакти:

доц. д-р Пламен Даскалов, Катедра "Автоматика, информационна и управляваща техника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 747, e-mail: daskalov@ru.acad.bg

гл. ас. д-р Цветелина Драганова, Катедра "Автоматика, информационна и управляваща техника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 668, e-mail: cgeorgieva@ru.acad.bg

доц. д-р Русин Цонев, Катедра "Автоматика, информационна и управляваща техника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 379, e-mail: rtzonev@ru.acad.bg

Докладът е рецензиран.