

Изграждане на компютърна система за оценка качеството на месо и месни продукти по цветови признаци

Венелин Бочев, Златин Златев, Красимира Добрева

Development of a computer system to assess the quality of meat and meat products by color features: *The purpose of this study is to design and build a computer vision system for measuring color of inhomogeneous foods by color features from RGB images. The system consists of a color digital camera for image capture, computer storage of images, software for processing the acquired images implemented in Matlab environment, which convert RGB images of food in other color models. Through the proposed system can track changes in color of various food products in storage and processing.*

Key words: *Computer vision, Color features, Color image analysis*

ВЪВЕДЕНИЕ

Оценяването на качеството на месото и месните продукти е сложен процес, базиран на знания, умения, опит и човешка интерпретация. В основата на оценките за качество стои определянето на редица характеристики на продуктите, свързани с форма, цвят, абсолютна маса, относително тегло, влажност, състав, вкус, мирис, наличие на външни и вътрешни дефекти, наличие на различни заболявания и др. [7]

Преобладаващата част от тези характеристики се определят от експерти чрез визуални или други сензорни оценки. Друга част от характеристиките се оценяват чрез използване на различни физични или химични методи за оценка чрез приложението на специализирани уреди и технологии. Крайният резултат от оценяването на качеството на даден хранителен продукт в голяма степен зависи от знанията и опита на оценяващия експерт, т.е. базира се на субективни фактори. Обща тенденция в последните години е рязкото повишаване на ефективността на този процес, изразяващо се в подобряване точността на оценките, намаляване на времето, за което те се извършват и най-вече свеждане до минимум на субективността в процеса на окачествяване. [3]

Компютърното зрение е технология за получаване и анализиране на изображения на реални обекти чрез компютър за да се получи информация за управлявания процес [2]. Системата за компютърно зрение основно се състои от цифрова или аналогова видео камера за заснемане на изображенията, стандартни източници на светлина и софтуер за анализ на изображения [2,8]. При анализа на изображения от хранителни продукти цвета е важен елемент за описание, отделяне и идентификация на обекти и може да се използва за количествено описание на цветовото разпределение в нееднородни извадки [2].

ИЗЛОЖЕНИЕ

Целта на настоящото изследване е да се разработи и изгради система за компютърно зрение за количествено измерване на цвета по повърхността на хранителни продукти чрез различни цветови модели, разработката на програмно осигуряване за обработка, сегментиране, получаване на цветови признаци и преобразуване на цвета от RGB в други цветови модели.

Системата за компютърно зрение се състои от два основни модула – модул за обработка на изображенията на ниско ниво и модул за обработка на високо ниво. На фигура 1 е представен общ вид и блок диаграма на системата.

Модулът на ниско ниво се състои от две части – сегментация на входното изображение и отделяне признаците на обекта.

След сегментацията, модулът на ниско ниво идентифицира всички свързани региони като елиминира шумовете в изображението, слива съседните области, които имат еднакви стойности на ниво на сивото. В резултат на това се получава по-

точна и кратка информация за областите, която се подава за обработка на по-високо ниво.



Фиг. 1.Общ вид а) и блок-схема б) на системата за компютърно зрение

Етапът на сегментацията има две основни функции. Първата е да се отделят точките от фона на изображението. След това се отделят точките на изображението, които съдържат изследвания дефект. Модулът използва 8-битово цветно изображение на месото с резолюция 1200x900 точки.

Отделените са пикселите на фона от точките на месото [5]. Основен проблем е разделянето на пикселите от основното изображение и тези на дефектите. Използва се хистограмна прагова сегментация [4]. Изборът на хистограмното сегментиране се основава на факта, че този метод не е чувствителен към неравностите по повърхността на продукта и от това, че не е необходима обработка на изображения с висока резолюция, което от своя страна съкращава времето за обработка.

Премахането на малките и неинформативни области се извършва по методиката на Pavlidis [9]. Операцията сливане се извършва чрез t-тест (t-критерий на Стюдънт) за еднакви нива на сивото при съседни области R_1 и R_2 . Основните предпоставки за използване на t-тест са, че нивата на сивото за двете области R_1 и R_2 са независими и имат идентично нормално разпределение и дисперсиите на разпределенията са неизвесни, но еднакви [11].

С помощта на равенството:

$$S_p^2 = [(n_1 - 1) \cdot S_1^2 + (n_2 - 1) \cdot S_2^2] / [n_1 + n_2 - 2] \quad (1)$$

$$t_{abs} = [X_1 - X_2] / [S_p \cdot \text{SQRT}(1/n_1 + 1/n_2)] \quad (2)$$

Ако абсолютната стойност на t_{abs} е по-малка от праговата стойност, тогава R_1 се отбелязва като част от областта R_2 . Използваната прагова стойност трябва да е така подбрана, че да не се получи преливане на областите.

След като се извърши операцията по сливането на областите се извлича вектора на признаците от получените региони. Тези признаци са: площта, броят пиксели в областта, средното ниво на сивото, средните стойности на всички нива на сивото на пикселите в областта, цветовите признаци, центъра на тежестта (3), минималния правоъгълник на границите (4), коефициентът на издължение (съотношението между дължината и широчината на минималния правоъгълник на границите), периметърът (дължината на границата на областта) и компактността (окръглеността).

Центърът на тежестта дава информация за разположението на областта. Основните признаци на формата са минимален правоъгълник на границите, коефициент на издължение, периметър и компактност.

Центърът на тежестта се определя по следната зависимост:

$$(\bar{r}, \bar{c}) = [(1 / N) \cdot \sum_{(r,c) \in R} r, (1 / N) \cdot \sum_{(r,c) \in R} c] \quad (3)$$

където:

$(r,c) \in R$ са координатите на пиксела в областта R ;

N е площта на областта R .

Минималният правоъгълник на границите се дефинира по следния начин:

$$(r_1, c_1) = (\min_{(r,c) \in R} r, \min_{(r,c) \in R} c) \quad (4)$$

$$(r_2, c_2) = (\max_{(r,c) \in R} r, \max_{(r,c) \in R} c) \quad (5)$$

където:

(r_1, c_1) са координатите на горния ляв ъгъл на правоъгълника;

(r_2, c_2) са координатите на долния десен ъгъл на правоъгълника.

Компактността (окръглеността) на областта се определя по следната зависимост:

$$C = P^2 / (4\pi A) \quad (6)$$

където:

P е периметър на областта;

A е площта на областта.

Предназначението на модула за обработка на високо ниво е да идентифицира типа на дефекта във всяка една област подадена от модула за обработка на ниско ниво и да се даде характеристика на всеки дефект. Основната методика, по която работи модулът на високо ниво е отделянето на всеки дефект независимо от другите.

След като на всички области са присвоени вектори на доверителния интервал се прилагат процедури за определяне на типа на дефектите. Всяка процедура за откриване на дефекти е проектирана така, че открива конкретен дефект чрез база от знания, в която са заложили характеристиките и формата на конкретния дефект. Векторът на доверителния интервал определя коя от процедурите за откриване на дефекти ще бъде приложена върху конкретната област.

За всеки тип дефект е създадена отделна процедура. Първият етап от работата на всяка една процедура е да се даде етикет на открития дефект ако векторът на доверителния му интервал отговаря на предварително зададен дефект в базата знания.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

За да се провери работата на системата за компютърно зрение е избрана извадка от парчета свинско месо съобразно методите за вземане на проби за неразрушаващ контрол [1]. Методиката за измерване на площта чрез система за компютърно зрение е представена в [10]. Площта на месото измерена чрез предложената система се сравнява с тази, посочена от експерт, която се приема за стандартна. В таблица 1 са представени резултатите от измерванията чрез обработка на изображения, измерванията от експерт и изчислената относителна грешка. Относителната грешка се изчислява по следния начин:

$$E_r = (A_c - A_e) / A_e \quad (7)$$

където:

E_r е относителната грешка;

A_c е площта измерена от компютърната система;

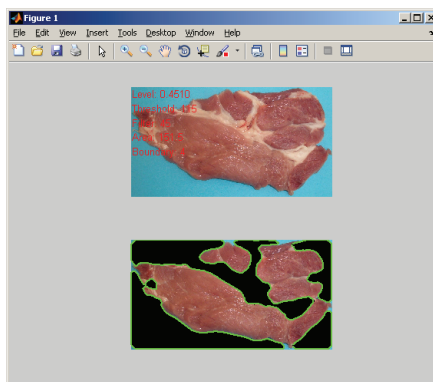
A_e е площта измерена от експерт.

Таблица 1

Сравнение между измерените стойности за площта на месото от експерт и от системата за компютърно зрение

Проба №	Реална площ A_e , см ²	Измерена площ A_c , см ²	Относителна грешка	Проба №	Реална площ A_e , см ²	Измерена площ A_c , см ²	Относителна грешка
1	155,5	181,6	0,17	6	110,7	111,8	0,01
2	134,1	135,7	0,01	7	198,3	222,2	0,12
3	110,6	134,7	0,22	8	100,2	119,9	0,20
4	178,2	191,5	0,07	9	121,8	126,8	0,04
5	210,9	231,8	0,10	10	142,1	143,6	0,01

Чрез приложения алгоритъм за изчисление на площта относителната грешка при измерването по предложения метод и реалните стойности е около 0,1. Стойността на относителната грешка ще се увеличи ако месото има механични повреди, промени в цвета при неправилно съхранение и др.



Фиг.2.Измерване площта на мускулната тъкан чрез системата за обработка на изображения

Точността на сегментацията на изображението е определена чрез метода за проверка за съвпадение[6]. Изображенията са бинарни и стойностите в областта на мускулната тъкан са единици, а стойностите за фона са нули. Коефициентът на корелация между сегментираната от системата за компютърно зрение област и посочената от експерта, се определя по следната формула:

$$C(X_c, X_e) = \text{Sum}\{\text{Or}[\text{And}(X_c, X_e), \text{Nor}(X_c, X_e)]\} / A_i \quad (8)$$

където:

$C(X_c, X_e)$ е коефициент на корелация;

X_c е площта на мускулната тъкан определена от системата за компютърно зрение;

X_e е площта на мускулната тъкан определена от експерта;

A_i е общата площ на изображението;

$\text{And}(X_c, X_e)$ определя измерената стойност на мускулната тъкан;

$\text{Nor}(X_c, X_e)$ дава измерената стойност за фона на изображението;

$\text{Or}()$ събира всички измервания;

$\text{Sum}()$ събира всички пиксели за да се получи числова стойност;

Измерените стойности се нормализират към общата площ на изображението ($A_i=1280 \times 960=1228800$) за да се получат стойности в обхвата $[0,1]$ като 0 е пълно несъответствие, а 1 е идеалния резултат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящия доклад е описана система за компютърно зрение, която може да се използва при оценка качеството на месо и месни продукти по различни цветови признаци. Разработената система открива често срещани дефекти при производството и съхранението на месото и месните продукти. Работоспособността ѝ е проверена чрез експериментални изследвания. При теста на системата, тя показва висока производителност при обработката на изображенията на ниско ниво с коефициент на корелация между измерената мускулна тъкан от експерт и предложената система за компютърно зрение $C=0.97$. Предстои да се разработят подобрения свързани с работата ѝ на високо ниво, като се подобрят процедурите за откриване на дефектите чрез използване на различни класификатори и подобряване на базата от знания за съответните дефекти.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] БДС 1323:1975 Месо. Методи за изследване
- [2] Brosnan, T., D. W. Sun (2003). Improving quality inspection of food products by computer vision – a review. *Journal of Food Engineering*, 61, 3–16.
- [3] Brosnan, T., D. W. Sun (2004). Improving quality inspection of food products by computer vision-a review, *Journal of Food Engineering*, Vol. 61, 3-16.
- [4] Cho T. H., R. W. Connors, P.A. Araman (1990). A computer vision system for analyzing images of rough lumber, *Proc.10th International Conference on Pattern Recognition*, 726-728.
- [5] Connors R. W., C. T. Ng, T. H. Cho, C. W. McMillin (1989). Computer vision system for locating and identifying defects in hardwood lumber, *SPIE Vol. 1095, Applications of Artificial Intelligence VII*, 48-63.
- [6] Jeyamkondan S., N. Ray, G. A. Kranzler, S. Acton (2004). Segmentation of longissimus dorsi for beef quality grading using computer vision, *Research initiative program of Oklahoma State University*
- [7] Kocwin-Podsiadla M., E. Krzeczio, W. Przybylski (2006). Pork Quality and methods of its evaluation – a review, *Polish journal of food and nutrition sciences*, vol.15/56 No3, 241-248.
- [8] Papadakis S. E., Abdul-Malek S., Kamdem R. E., Yam K. L. (2000). A versatile and inexpensive technique for measuring color of foods. *Food Technology*, 5(12), 48–51.
- [9] Pavlidis T., *Structural Pattern Recognition*, New York : Springer-Verlag, 1977.
- [10] Stewart C.V. (1999). Robust parameter estimation in computer vision, *SIAM Review*, vol. 41, No 3, 513-537.
- [11] Yakimovsky Y., (1976), Boundary and object detection in real world images, *J. Assoc. Comput. Mach.* 23, 599-618.

За контакти:

доц. д-р. Красимира Добрева, катедра „Електроника, електротехника, автоматика и Хранителни технологии“, Тракийски университет – Стара Загора, Факултет „Техника и технологии“ – Ямбол; krdobрева@gmail.com

Докладът е рецензиран.