الگوریتمی مبتنی بر فناوری ماشین‌بینایی جهت جداسازی کلاس‌های مختلف بادام از پس‌زمینه

نیما تیموری[۱*]، محمود امید[۲]، کاوه ملازاده[۳] و علی رجبی پور[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران، teimouri.nima@gmail.com
۲- استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران
۳- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه کردستان

چکیده

امروزه استفاده از روش‌های نوین در جهت کیفیت‌سنجی محصولات کشاورزی گسترش و مقبولیت بسیاری یافته است. از جمله این روش‌ها می‌توان به تکنیک پردازش تصویر اشاره کرد، که در تحقیقات بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از این تکنیک جهت کیفیت‌سنجی محصولات شامل مراحلی از جمله: پردازش اولیه، قطعه‌بندی تصاویر، استخراج ویژگی و در نهایت طبقه‌بندی می‌باشد. یکی از مراحل مهم در پردازش تصویر، قطعه‌بندی تصاویر بوده و دقت مراحل بعدی به شدت وابسته به عملکرد و دقت این مرحله است. روش‌های مختلفی برای قطعه‌بندی تصویر وجود دارد که ساده‌ترین و سریع‌ترین آن‌ها، روش آستانه‌گذاری می‌باشد. در مقاله حاضر از این روش برای جداسازی کلاس‌های مختلف بادام از پس‌زمینه استفاده شده است برای یافتن مناسب‌ترین مولفه رنگی در فضای RGB، از روش آنالیز حساسیت استفاده شده و نتایج حاکی از مناسب بودن فضای ترکیبی R-G بود. پس از قطعه‌بندی تصویر و ارزیابی تصویر باینری بدست آمده از روش آستانه‌گذاری با تصویر باینری حاصل از فتوشاپ، مقدار دقت برای جداسازی بادام‌ها از تصویر برابر ۹۹/۷۹ درصد بود که نشان‌دهنده موفق بودن این روش برای جداسازی کلاس-های مختلف بادام از پس‌زمینه بوده است.

واژه‌های کلیدی: آستانه‌گذاری عمومی، آنالیز حساسیت، بادام، قطعه‌بندی تصویر.

مقدمه

بادام یکی از محصولات مهم صادراتی در ایران به شمار می‌رود که بر طبق آمار فائو ایران پس از آمریکا و اسپانیا رتبه سوم تولید جهانی این محصول را دارا می‌باشد (FAO, 2011). یکی از مشکلات صادراتی این محصول، صادرات فله‌ای آن بوده که موجب می‌شود کیفیت صادراتی آن پایین آمده و نسبت به محصولات درجه‌بندی شده، قدرت رقابت کمتری داشته باشد. بنابراین استفاده از تکنیک‌هایی چون پردازش تصویر و ماشین‌بینایی در جهت درجه‌بندی کیفی محصولات کشاورزی می‌تواند در دستیابی به کیفیت استاندارد بسیار مهم باشد. یکی از مراحل مهم در پردازش تصویر، قطعه‌بندی نواحی مورد نظر و جداسازی آن‌ها از پس‌زمینه می-باشد، که دقت بالا در جداسازی محصول از پس‌زمینه می‌تواند در موفقیت سایر مراحل پردازش تصویر چون استخراج ویژگی و

طبقه‌بندی محصول نقش کلیدی ایفا کند. روش‌های متفاوتی از نظر پیچیدگی و زمان اجرا در قطعه‌بندی تصاویر وجود دارد که ساده‌ترین و سریع‌ترین آن‌ها روش آستانه‌گذاری می‌باشد. علت استفاده از این روش برای قطعه‌بندی تصاویر در بسیاری از تحقیقات علمی در مفهوم ساده آن که شامل تقسیم کردن هیستوگرام تصویر به دو بخش شی و پس‌زمینه می‌باشد، بوده است.

در این زمینه در کشاورزی پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است. در مطالعه‌ای برای جداسازی کشمش از پس‌زمینه از فضای RGB استفاده گردید. با توجه به هیستوگرام مولفه‌های مختلف رنگی چون R، G، B و استفاده از روش آستانه‌گذاری مشخص گردید که مولفه B مناسب‌ترین کانال برای باینری کردن تصویر است (Xiaoling and Xioying, 2011). در مطالعه‌ای دیگر از تکنیک پردازش تصویر برای درجه‌بندی میوه بلوط استفاده گردید. برای استخراج ویژگی‌های مناسب از تصویر باید نواحی مربوط به میوه از زمینه جدا گردند؛ بنابراین از روش تفاضل پس‌زمینه برای حذف زمینه و جداسازی میوه بلوط در تصاویر استفاده شد. نتایج نشان‌دهنده مناسب بودن این روش برای قطعه‌بندی تصاویر بوده است و در این روش میوه بلوط با دقت بالایی از زمینه جدا گردید (May and Amaran, 2011). همچنین در مطالعه دیگری در ارتباط با درجه‌بندی کیفی محصول کشمش، از روش‌های پردازش تصویر و یادگیری ماشین استفاده گردیده است. در این مطالعه برای ایجاد تضاد بالا بین نواحی مربوط به محصول و پس‌زمینه، رنگ زمینه سفید انتخاب گردید. با بررسی هیستوگرام مولفه‌های مربوط به فضای RGB مشخص گردید بهترین کانال جهت دستیابی به نتیجه مطلوب برای قطعه‌بندی تصاویر، کانال B بوده، سپس از روش اتسو (Otsu, 1979) برای باینری کردن تصاویر استفاده شد. بدین ترتیب و با این روش محصول از زمینه جدا گردید. برای افزایش دقت جداسازی و حذف سایه‌های استخراج شده از مرز اشیا در تصاویر، از روش سایش که جز تکنیک‌های مورفولوژی است، استفاده گردید. پس از آن مراحل مربوط به درجه‌بندی محصول انجام گرفت (Mollazade *et al.*, 2012).

با مرور منابع مختلف مشخص گردید که برای قطعه‌بندی تصاویر مربوط به محصولات کشاورزی، استفاده از مولفه‌های فضای RGB و یا ترکیب کردن آن‌ها با یکدیگر، می‌تواند مناسب باشد.

در این تحقیق هدف ارائه الگوریتمی ساده و سریع مبتنی بر پردازش تصویر برای قطعه‌بندی تصاویر مربوط به کلاس‌های مختلف بادام بوده است.

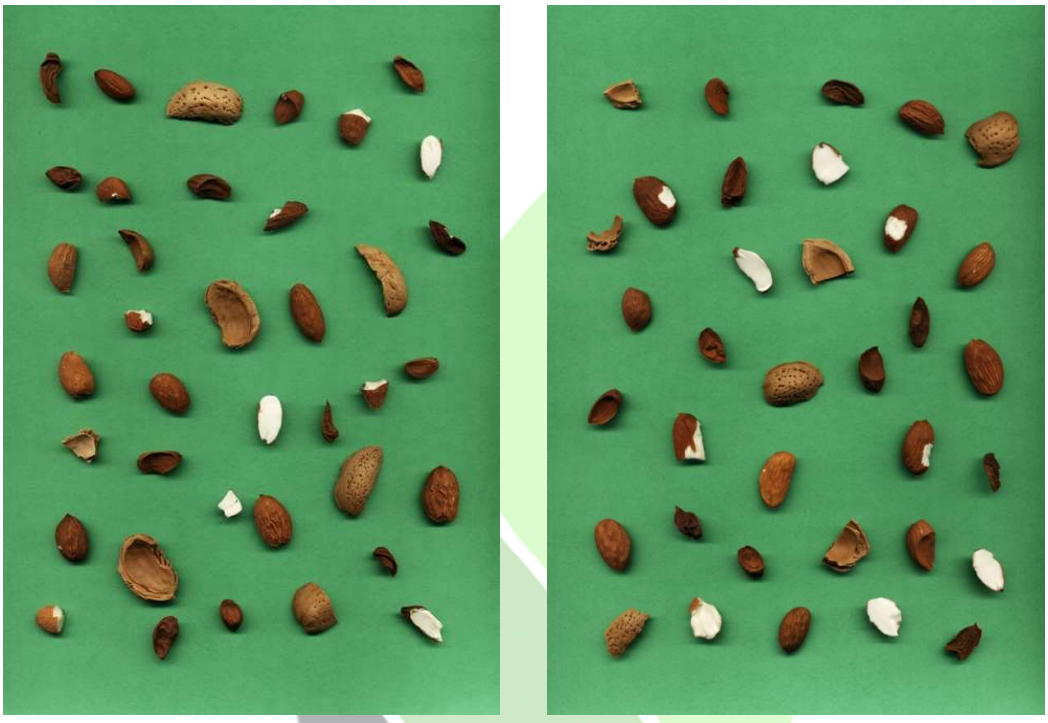
مواد و روش‌ها

تمامی مراحل الگوریتم شامل قطعه‌بندی تصویر و ارزیابی نتایج، در نرم‌افزار متلب (Matlab) نسخه ۲۰۱۲ پیاده‌سازی و اجرا گردید.

گرفتن تصویر

برای گرفتن تصاویر مربوط به بادام با کلاس‌های مختلف که شامل بادام سالم، شکسته، چروکیده و پوست بادام است (ISIRI, 1995)، از یک دستگاه اسکنر مدل HP ساخت کشور آمریکا استفاده گردید. برای ایجاد تضاد بالا بین نواحی مربوط به

بادام و پس‌زمینه، رنگ پس‌زمینه سبز انتخاب گردید. سپس تصویری از محصول با تمامی کلاس‌های آن در فضای RGB گرفته شد (شکل ۱).

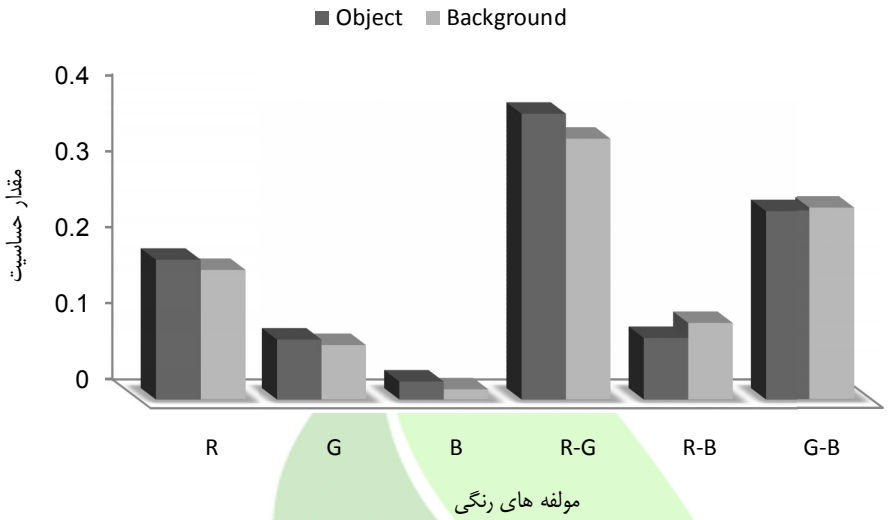


شکل ۱. نمونه‌ای از تصاویر گرفته شده از بادام با کلاس‌های مختلف آن.

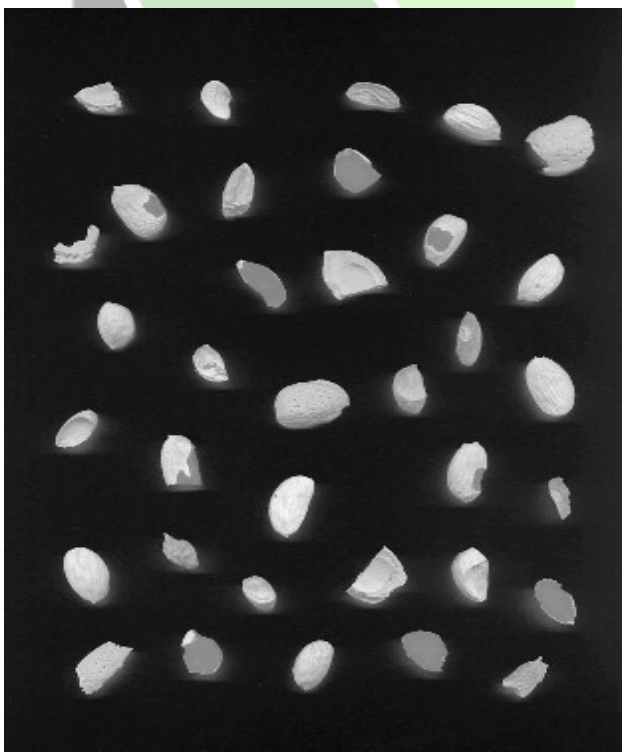
انتخاب بهترین مولفه رنگی

برای انتخاب بهترین کانال از نظر ایجاد تمایز بالا بین نواحی محصول و زمینه و در نتیجه ساده کردن عملیات قطعه‌بندی، مولفه-های R، G، B و همچنین کانال‌های ترکیبی آن‌ها چون R-G، R-B و G-B مورد بررسی قرار گرفتند. از مزایای این فضای رنگی و مولفه‌های مربوط به آن نسبت به سایر فضاهای رنگی چون HSI و غیره، سادگی محاسبات و عدم نیاز به تبدیلات خطی و غیرخطی پیچیده بین مولفه‌های رنگی می‌باشد. با توجه به اینکه بایستی در میان این کانال‌ها، مناسب‌ترین آن‌ها انتخاب شود، بدین منظور تعداد مشخصی پیکسل که حدودا شامل ۸۰۰۰ پیکسل بوده از تصاویر گرفته شده استخراج گردید. این پیکسل‌ها از دو کلاس مختلف یعنی بادام و پس‌زمینه بدست آمدند که شامل ۴۰۰۰ پیکسل برای هر کدام می‌باشد. در کلاس مربوط به بادام نیز از تمامی انواع آن شامل بادام سالم، شکسته، چروکیده و پوست بادام استفاده شد. بدین ترتیب ویژگی‌های استخراج شده برای هر پیکسل شامل مولفه‌های B,G,R و کانال‌های ترکیبی آن‌ها بوده است. برای انتخاب بهترین مولفه رنگی از میان مولفه‌های رنگی بدست آمده از تصویر، از روش آنالیز حساسیت استفاده گردید. با توجه به شکل ۲ که نشان دهنده نتایج استفاده از این روش بوده

است، کانال ترکیبی R-G مناسب‌ترین کانال از لحاظ بالا بودن مقدار حساسیت، انتخاب شد. در نتیجه این مولفه نسبت به سایر مولفه‌ها بیشترین تمایز را بین نواحی بادام و زمینه در تصاویر دارا بوده است (شکل ۲). **همچنین شکل** ۳ تصویر مربوط به کانال R-G را نشان می‌دهد. **همان**طور که در این شکل مشخص شده است، **تمایز بالایی بین محصول و زمینه وجود دارد.**



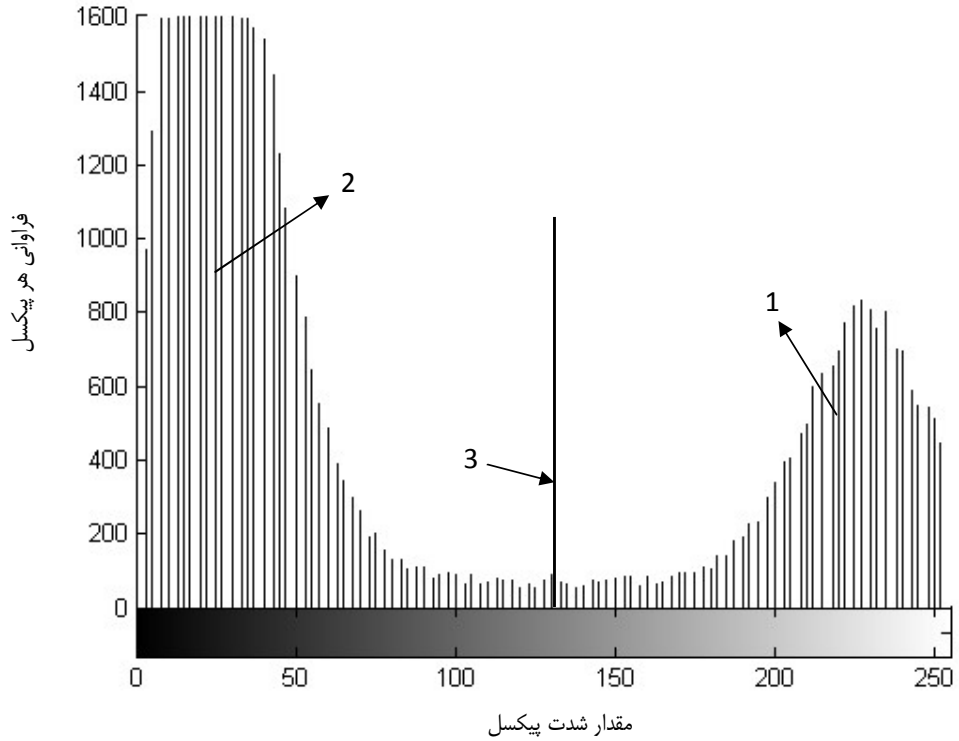
شکل ۲. آنالیز حساسیت مولفه‌های رنگی مختلف در فضای رنگی RGB.



شکل ۳. تصویر مولفه R-G مربوط به کلاس‌های مختلف بادام.

قطعه‌بندی تصویر با روش آستانه‌گذاری

پس از انتخاب کانال ترکیبی R-G به عنوان بهترین مولفه برای قطعه‌بندی تصاویر مربوط به محصول بادام، باید با استفاده از یکی از روش‌های قطعه‌بندی، تصاویر به حالت دودویی یا باینری تبدیل گردند. در پردازش تصویر روش‌های مختلفی برای حذف پس-زمینه وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش آستانه‌گذاری عمومی، اتسو، آستانه‌گذاری متغیر و غیره اشاره کرد (Gonzalez and Woods, 2008). در بین روش‌های مختلف قطعه‌بندی، روش آستانه‌گذاری عمومی جز ساده‌ترین و همچنین سریع‌ترین روش برای باینری کردن تصویر به شمار می‌رود (Brosnan and Sun, 2004). یکی از عوامل اصلی برای موفقیت آمیز بودن روش آستانه‌گذاری، شکل خاص هیستوگرام مربوط به مولفه رنگی می‌باشد. به این ترتیب که اگر شکل هیستوگرام دارای دو دسته (قله) مجزا از یکدیگر که نشان‌دهنده محصول و پس‌زمینه است، باشد؛ انتخاب آستانه برای جداسازی این دو ناحیه از یکدیگر ساده بوده و به راحتی می‌توان نواحی مربوط به شی را از زمینه جدا کرد (شکل ۴).



شکل ۴. هیستوگرام مناسب برای روش آستانه‌گذاری.

۱- نواحی مربوط به شی، ۲- نواحی مربوط به پس‌زمینه و ۳- مقدار آستانه.

ارزیابی روش قطعه‌بندی

پس از آنکه تصاویر باینری شدند و محصول از زمینه جدا گردید، برای بررسی میزان دقت قطعه‌بندی تصاویر توسط روش آستانه-گذاری عمومی، ابتدا نواحی مربوط به بادام به شکل دستی و با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ از تصاویر استخراج گردیدند. سپس نتایج

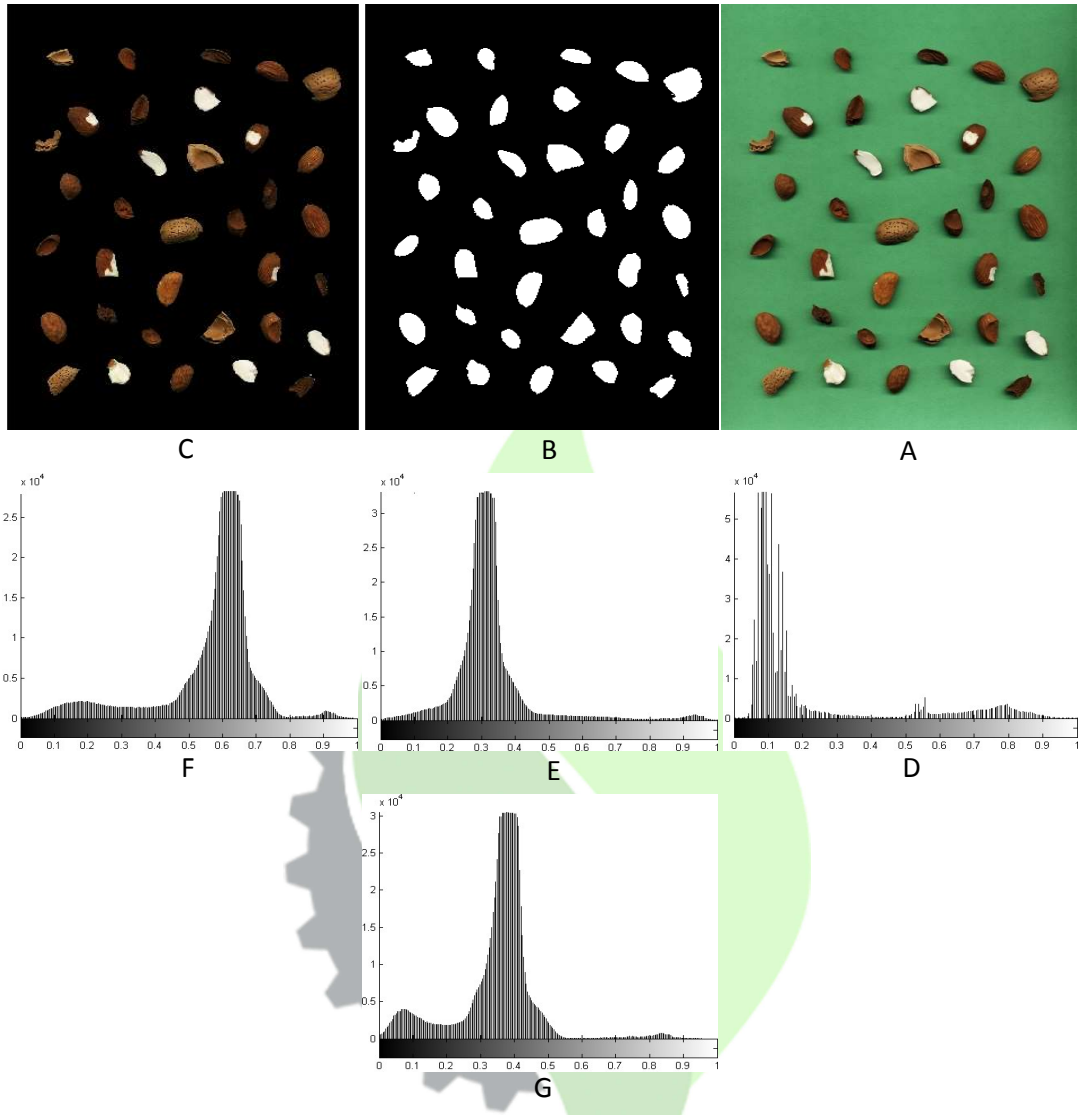
حاصل از روش آستانه‌گذاری با نتایج حاصل از فتوشاپ مقایسه شده و برای ارزیابی میزان دقت روش مورد نظر از شاخص آماری با رابطه ۱ استفاده گردید.

$$Ac = \frac{Nc}{N} \quad (۱)$$

که در این رابطه Ac دقت طبقه‌بندی، Nc تعداد پیکسل‌هایی که صحیح طبقه‌بندی شده‌اند و N تعداد کل پیکسل‌های مربوط به سطح مورد نظر می‌باشد.

نتیجه و بحث

شکل ۵ نتایج حاصل از باینری کردن تصویر در مولفه R-G و هیستوگرام آن را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود هیستوگرام مولفه R-G دارای دو ناحیه جدا از هم بوده که با انتخاب مقدار مناسب برای آستانه می‌توان نواحی مربوط به بادام‌ها را از تصویر جدا نمود. اما در هیستوگرام مربوط به مولفه‌های B,G,R شکل هیستوگرام به گونه‌ای است که نواحی مربوط به زمینه و شی کاملا از یکدیگر متمایز نشده‌اند، بنابراین نمی‌توان با روش آستانه‌گذاری تمامی نواحی مورد نظر را از زمینه جدا کرد. برای انتخاب آستانه از روش آزمون و خطا استفاده گردید. با توجه به هیستوگرام مولفه R-G بهترین مقدار آستانه در بازه ۰/۴ تا ۰/۵ می‌باشد و با آزمایش چندین مقدار برای آستانه، بهترین مقدار آن ۰/۴۵ انتخاب شد که به موجب آن تصویر ورودی با دقتی بالا قطعه‌بندی شد (شکل ۵). همان‌طور که در شکل ۳ مشخص شده است، عامل اصلی موفقیت در قطعه‌بندی تصاویر مربوط به بادام که دارای شکل‌های مختلف با رنگ‌های گوناگون است، در نزدیک کردن شدت مقادیر پیکسل‌های مربوط به کلاس‌های مختلف به یکدیگر در تصویر بوده است. به طور مثال بادام‌های شکسته دارای رنگ سفید بوده، یا رنگ مربوط به کلاس پوست بادام با بادام‌های نارس کاملا متفاوت است. با وجود تفاوت در رنگ کلاس‌های بادام سالم، پوست بادام و بادام نارس ولی شدت مقادیر پیکسل‌های آن‌ها در کانال R-G نزدیک به هم بوده که موجب شده است که با یک آستانه ثابت و مشخص بتوان تمامی این کلاس‌ها را از تصویر استخراج کرد.



شکل ۵. تصویر **قطعه‌بندی** شده بادام و هیستوگرام مربوط به مولفه‌های مختلف در فضای رنگی RGB. A) تصویر گرفته شده ورودی. B) تصویر باینری بدست آمده از روش آستانه‌گذاری مربوط به مولفه R-G. C) **تصویر بازسازی شده بادام**. D) هیستوگرام مولفه ترکیبی R-G. E) هیستوگرام مولفه R. F) هیستوگرام مولفه G. G) **هیستوگرام مولفه** B. (در تمامی هیستوگرام‌ها محور **عمودی تعداد پیکسل**‌ها و محور افقی مقدار شدت پیکسل نرمال شده بین **محدوده** [0, 1] را نشان می‌دهد.

ارزیابی روش قطعه‌بندی

همان طور که در **قسمت** ارزیابی روش قطعه‌بندی در بخش مواد و روش‌ها بیان گردید **پارامتر** دقت برای قطعه‌بندی تصویر را به صورت نسبت تعداد پیکسل‌هایی که صحیح طبقه‌بندی شده‌اند به تعداد کل پیکسل‌های **مربوط** به ناحیه مورد نظر، بیان نمودیم. لازم به ذکر است که **برای** مشخص نمودن تعداد پیکسل‌هایی که صحیح یا به اشتباه **طبقه**‌بندی شده‌اند، نتایج حاصل از روش

آستانه‌گذاری با نتایج بدست آمده از فتوشاپ مقایسه گردید. پس از محاسبه تعداد پیکسل‌هایی که صحیح طبقه‌بندی شده‌اند (جدول ۱)، مقدار شاخص دقت برای جداسازی بادام‌ها از پس‌زمینه برابر ۹۹/۷۹ درصد بدست آمد. این مقدار نشان‌دهنده موفق بودن عملیات قطعه‌بندی برای تصویر مربوط به تمامی کلاس‌های مختلف بادام بوده است (شکل ۵).

جدول ۱. ماترس اغتشاش بدست آمده از ارزیابی روش آستانه‌گذاری.

	نتایج حاصل از فتوشاپ	
روش آستانه‌گذاری	شی (پیکسل)	پس‌زمینه (پیکسل)
شی	138075	1021
پس‌زمینه	288	1146536

با بررسی نتایج بدست آمده برای قطعه‌بندی تصویر مشخص گردید که شرط لازم برای موفق بودن عملیات قطعه‌بندی با این روش استفاده از فضای رنگی و مولفه‌ای است که در آن حداکثر تمایز بین محصول و زمینه وجود داشته باشد. از طرفی به علت ساده و سریع بودن این الگوریتم، می‌توان از آن برای سیستم‌های زمان واقعی نیز استفاده کرد که امروزه در زمینه‌های مختلفی در کشاورزی کاربرد دارند.

نتیجه‌گیری کلی

در مقاله حاضر از تکنیک پردازش تصویر جهت قطعه‌بندی تصاویر بادام با تمامی کلاس‌های مختلف آن، از پس‌زمینه استفاده گردیده است. مناسب‌ترین مولفه‌رنگی با استفاده از روش آنالیز حساسیت انتخاب شد که کانال ترکیبی R-G بود. برای انتخاب مقدار آستانه از روش آزمون و خطا استفاده گردید. همچنین نتایج حاصل از ارزیابی قطعه‌بندی تصاویر نشان دهنده موفق بودن این روش با مقدار دقت ۹۹/۷۹ درصد بوده است. به علت ساده و سریع بودن الگوریتم، استفاده از آن در سیستم‌های زمان واقعی و دستگاه-های جداساز نیز امکان‌پذیر می‌باشد.

منابع

1- Brosnan, T., and D. W. Sun. 2004. Improving quality inspection of food products by computer vision – a review. Journal of Food Engineering 61: 3-16.

2- FAO. 2011. FAOSTAT database. Available from: http://faostat.fao.org. Accessed 25 July 2013.

3- Gonzalez, R. C. and R. E. Woods. 2008. Digital Image Processing. Prentice Hall. New Jersey.

4- ISIRI. 1995. Specification and methods of test for unshelled almonds. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Document number 88. Available from: http://www.isiri.org/portal/files/std/88.htm. Accessed 20 July 2013.

5- May, Z., and M. H. Amaran. 2011. Automated Ripeness Assessment of Oil Palm Fruit Using RGB and Fuzzy Logic Technique. In: WSEAS international conference on Mathematical and computational methods in science and engineering. pp 52-59.

6- Mollazade, K., M. Omid, and A. Arefi. 2012. Comparing data mining classifiers for grading raisins based on visual features. Computers and Electronics in Agriculture 84: 124-131.

7- Otsu, N. 1979. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 9: 62-66.

8- Xiaoling, L., and L. Xiaoying. 2011. Detection Level of Raisins Based on Neural Network and digital image. In: PACCS 2011, Conference on Circuits, Communications and System. pp. 1-3.

An algorithm based on machine vision technology for separating different classes of almond from the image background

Nima Teimouri[1*] Mahmoud Omid[2] Kaveh Mollazade[3] and Ali Rajabipour[2]

1- MSc Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Tehran
teimouri.nima@gmail.com
2- Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Tehran
3- Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Kurdistan

Abstract

Nowadays, use of new methods such as machine vision for the quality evaluation of agricultural product is getting more popular. Image processing is one of the main methods has been used by many researches. To evaluate the quality of almond products using this method, different steps were performed. These include: pre-processing, image segmentation, feature extraction, and classification. Image segmentation is one of the important steps in image processing, because the accuracy of other steps is highly dependent on the performance of this step. There are different methods for image segmentation in which thresholding is one of the simplest and fastest methods. In this study, this method was used for separating various classes of almond from the image background. To find the best color component in RGB color space, sensitivity analysis was used and the result showed that R-G color components are the most appropriate components compared to the other components. After segmenting image and evaluating the binary image, the value of accuracy of the proposed method was 99.79 percent that shows this method is able to successfully separate almonds from the background.

Keywords: Global thresholding, Sensitivity analysis, Almond, Image segmentation.