امکان‌سنجی تشخیص و طبقه‌بندی فیزیکی خرمای مضافتی بااستفاده از روش پردازش تصاویر دیجیتال و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان توسط تلفن همراه

مقداد تکلوزاده

چکیده

روش‌های سنتی درجه‌بندی خرما به علت نبود ویژگی‌های کمی مشخص باعث درجه‌بندی ناصحیح شده و اتلاف زمان و هزینه ایجاد می کند. درجه‌بندی خرما بر اساس الگوریتم‌های طبقه‌بندی می‌تواند اختلاف نظر فروشنده و خریدار را کاهش دهد. در این تحقیق شناسایی برخی ویژگی‌های کیفی خرمای مضافتی و طبقه‌بندی آن به چهاردسته(درجه ۱،۲، ۳ و ۴)برطبق نظرات استخراج شده از واردکنندگان خرمای مضافتی کشور روسیه انجام شده است و برای ایجاد ارتباط معنی‌دار بین کیفیت خرما و برنامه‌ی پردازش تصویر تلفن همراه در محیط Matlab توسط بردار ماشین پشتیبان(SVM[۱])استفاده شده است. نتایج SVM خطی، کوادراتیک[۲]، کوبیک[۳] و گوسین متوسط[۴] دارای دقت ۱۰۰ درصد بوده، یعنی توانسته است درجه‌بندی را به طور کامل انجام دهد. برای درک چگونگی عملکرد طبقه‌بندی شده انتخاب شده درهرطبقه، ازطرح ماتریس اغتشاش استفاده شده است. منحنیROCنرخ طبقه‌بندی مثبت درمقابل نرخ مثبت کاذب را برای انتخاب آموزش طبقه‌بندی، ارائه می‌دهد. نرخ مثبت۰.۹۷ نشان می‌دهدکه طبقه‌بندی کننده فعلی۹۷٪ ازمشاهدات را به درستی به طبقه مثبت (در درجه اول)اختصاص می‌دهد. به منظور صحت‌سنجی نهایی از ضریب کاپا استفاده شده است که با نظر خبرگان نیز میزان درستی طبقه‌بندی مورد بررسی قرار گرفته است. همه‌ی مقادیر کاپا بزرگتر از ۰.۶ بوده و دارای پایداری کافی است. همچنین بیشترین کاپا مربوط به روش کوبیک بیش از ۰.۸ و کمترین مربوط به گوسین کامل[۵] با مقدار۰.۷۶ است. با توجه به دقت و صحت پیاده‌سازی با SVM این روش با بازده بالایی قابلیت درجه‌بندی خرما را با ویژگی‌های استخراج شده دارد.

کلید واژه:**پردازش تصویر، خرمای مضافتی، SVM**

۱-مقدمه

کشور ایران در حال حاضر با تولید بیش از یک میلیون و دویست هزار تن خرما در میان۳کشور اول جهان قرار دارد. این در حالی است که ایران از نظر ارزش صادراتی در مقایسه با سایر کشورهای صادرکننده در رتبه‌ی پایینی قرارگرفته است. یکی از دلایل این امر فقدان استانداردی جامع و قابل پذیرش توسط خریدار عمده سایر کشورها و صادرکنندگان این محصول می‌باشد.اختلاف نظر خریداران و فروشندگان عمده‌ی خرما در سطح جهان در مورد پارامترهای کیفی محصول و عدم وجود استاندارد مشخص که دامنه‌ی قابل قبول هر فاکتور کیفی را به وسیله‌ی روش‌های علمی-آزمایشگاهی تعیین کند، منجر به عدم قطعیت و توافق نظر دو طرف در مورد خرید خرما و در نهایت کاهش مراودات تجاری و اختلافات مالی می‌گردد. با این توصیف استفاده از روش پردازش تصاویرمی‌تواند طبقه‌بندی دقیق خرما را بر اساس رنگ و اندازه و چروکیدگی پوست خرما انجام دهد(رحمانی و علوی، ۱۳۸۹).

۲-مواد و روش ها

---

[۱] Support Vector Machine
[۲] Quadratic
[۳] Cubic
[۴] Medium Gaussian
[۵] Fine Gaussian

۲-۱ تامین مواد و امکانات لازم برای اجرای طرح

خرمای مضافتی در اندازه، شکل، رنگ و بافت متفاوت فاقد هر گونه مواد اضافی تهیه و بعد از کد گذاری هر کدام از نمونه‌ها در یک پایگاه داده ثبت گردید.در مرحله نخست از نظر خبرگان (کسانی که سابقه کار مرتبط دارند) برای طبقه‌بندی استفاده شد. نمونه‌های مورد آزمایش بابینایی انسان با توجه به استانداردهای مرسوم با پاسخ ۴۴ نفر خبره به صورت پرسش‌نامه‌ای‌طبقه‌بندی گردید.نمونه‌های کد گذاری شده در اختیار افراد خبره قرار گرفت تا با بررسی نمونه براساس معیارها و وزن هر معیار که از پرسش‌نامه‌ها استخراج شده است، آن‌ها را به چهاردسته بر اساس اندازه، رنگ و تخلخل طبقه‌بندی کنند. بعد از پاسخ‌دهی آزمون نرمال بودن و پایابی نظر خبرگان با نرم افزار تحلیل آماری SPSS[۱] انجام شد.به منظور پایایی از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شده است که مقدار آن بیش از ۰.۷ است. پس از وارد کردن داده‌ها از استخراج ویژگی، در مرحله بعدی نمودار پراکندگی هر درجه براساس متغیرهای محیط، تخلخل و رنگ مشخص گردید.

۲-۲ تصویربرداری

تصویربرداری توسط تلفن‌های همراه اندرویدی Samsung T۳۰ از فاصله ۱۵ سانتی‌متر با دوربین ۶ مگاپیکسل، از ۴ جهت بالا، پایین، راست و چپ انجام شد. جعبه عکاسی LT۰۲ برند canon در ابعاد ۳۰×۳۰×۳۰ سانتی‌متر که در آن دو ردیف چراغ LED[۲] تعبیه شده بود، مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲). مهم‌ترین خصوصیت جعبه عکاسی، نور مناسب است که از ترکیب دو نور LED سفید و زرد به وجود آمده، روشنایی خوبی را در داخل جعبه ایجاد می‌نماید. در قسمت بالایی جعبه عکاسی نیز محفظه ای تعبیه شده که می‌توان از بالا نیز عکاسی کرد. از LED۷۲ در چهار طرف سقف جعبه عکاسی با قدرت نور بالا استفاده شد.

۲-۳-طبقه بندی خرمای مضافتی با SVM

ویژگی های استخراج شده از تصاویر (۲۰ تصویر از ۴ جهت) بر اساس الگوی های خروجی از نظرات افراد خبره توسط SVM به چهارطبقه(درجه ۱،۲،۳ و ۴) طبقه بندی می‌گردد. اعتبار بخشی نتایج حاصل ازالگوریتم طبقه بندی SVMبا مقایسه نتایج افراد خبره بررسی شد.

۲-٤- طرح آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

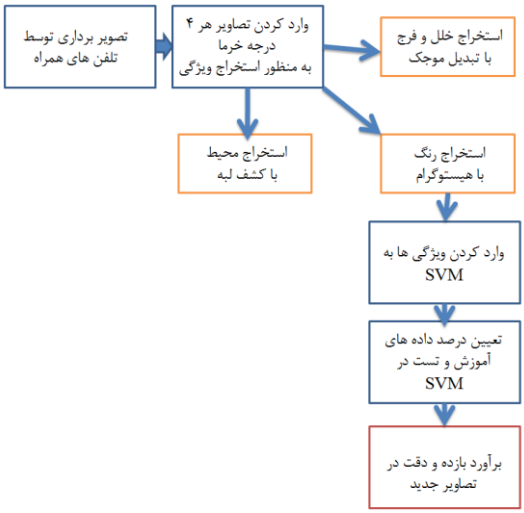
آزمایش‌ها بر پایه روش طبقه‌بندی انجام شده و با نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. برای بررسی میزان همبستگی نتایج مشاهدات افراد خبره و بررسی میزان همبستگی نتایج مشاهدات افراد خبره با نتایج حاصل از پردازش تصویر از ضریب توافق کاپا استفاده شده است. جاکوب کوهن (۱۹۶۰) رابطه کاپا را برای بررسی دقت در طبقه‌بندی پیشنهاد کرده است، نسبت یک ارزش خاص در یک طبقه که به وسیله کدگذاراستفاده شده است، درنسبت استفاده از همان ارزش به وسیله کدگذار دو مضرب می‌شود. این نسبت ها سپس با هم جمع می‌شوند تا توافق مورد انتظار به دست آید. ضریب کاپا و تحلیل آماری مبتنی بر آن اندازه‌ای عددی بین ۱− تا۱+ است،که هرچه به ۱+ نزدیک تر باشد بیانگر وجود توافق متناسب ومستقیم می‌باشد. اندازه های نزدیک به ۱− نشان‌دهنده وجود توافق وارون وعکس و اندازه‌های نزدیک به صفر عدم توافق را نشان می‌دهد. چنانچه مقدار این ضریب از۰.۶بیشتر باشد پایایی وجوددارد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۱).

۲-۵-پیاده سازی

مراحل پیاده سازی به صورت شکل ۳ آورده شده است که ۳ ویژگی رنگ، محیط و تخلخل از تصاویر استخراج شده و براساس نظرات خبرگان مشخص شده است که هر درجه خرما دارای چه ویژگی‌هایی است. پس از تصویربرداری به منظور پیش پردازش از روش فیلتر میانه استفاده شده است (Rashidi *et al.*, ۲۰۰۷).پس از پیش پردازش بزرگترین عدد بدست آمده ازجمع ردیفی پیکسل‌ها طول خرما را ارائه می‌دهد و بزرگ‌ترین عدد بدست آمده ازجمع ستونی پیکسل‌ها قطر خرما را ارائه می‌دهد (حجت رحمانی و همکاران، ۱۳۸۹). به منظوردست‌یابی به مساحت تعداد پیکسل‌هادرهرمیلیمترمربع،تصویر قطعه‌ای به مساحت یک سانتیمترمربع گرفته شد و طبق الگوریتم نرم

[۱] Statistical Package for the Social Sciences
[۲] Light Emitting Diode

افزار مساحت اندازه گیری شد (بازرگان لاری و همکاران،۱۳۸۹). همچنین در خصوص رنگ تصاویر از RGB توسط نرم افزار Matlab مشخص گردید (Rashidi *et al.*, ۲۰۰۷).



شکل ۳- مراحل پیاده سازی

در مرحله بعد وارد کردن داده‌های محیط، تخلخل و رنگ به محیط نرم افزارMatlab۲۰۲۰ انجام شده است که ماتریس‌های استخراجی به منظور آموزش در SVM مرتب‌سازی شده است. سپس داده‌های مربوط به درجه‌بندی وارد محیط SVM می‌شود. ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر (۳۰ تصویر از ۴ جهت) بر اساس الگوی‌های خروجی از نظرات افراد خبره توسط SVM به چهاردسته(درجه ۱، ۲، ۳ و ۴) طبقه-بندی و اعتبار بخشی نتایج حاصل ازالگوریتم طبقه‌بندی SVM با مقایسه نتایج افراد خبره در بخش آخر با شاخص کاپا بررسی گردید. نتایج خروجی SVM، با نتایج افراد خبره در زمینه یک نمونه مشخص تطبیق آماری داده و در صورت عدم وجود تفاوت معنی‌دار، صحت نتایج حاصله تایید گردیده و الگوریتم طبقه‌بندی SVM به عنوان روش استاندارد طبقه‌بندی خرمای مضافتی در نظر گرفته شد.

٤-نتیجه گیری

در این تحقیق برای درجه‌بندی خرما از ۳ ویژگی به صورت استخراج تخلخل با تبدیل موجک، استخراج محیط با کشف لبه و استخراج رنگ با هیستوگرام انجام شده است. مشخصات آماری رنگ مقادیر استخراج شده از ۳۰ تصویر برای ۴ درجه بررسی شده است که مقادیر درجه ۱ بالاتر از درجات دیگر است. انحراف معیار پایین در ۳۰ تصویر اخذ شده از ۴ درجه خرما نشان دهنده موفقیت آمیز بودن تصویربرداری است که در غیر اینصورت مقادیر بالایی به دست می آمد. ویژگی‌های استخراج شده وارد آموزش SVM شده است. نتایج SVM خطی، کوادراتیک، کوبیک و گوسین متوسط دارای دقت ۱۰۰ درصد است یعنی توانسته است تشخیص درجه‌بندی به طور کامل انجام شود. برای درک چگونگی عملکرد طبقه‌بند یشده انتخابی درهرطبقه ،ازطرح ماتریس اغتشاش استفاده شده است. بر اساس نتایج، خرمای درجه ۱ در بیست و نه نمونه، درجه ۲ در بیست وهشت نمونه، درجه ۳ در بیست و نه نمونه و درجه ۴ در بیست و نه نمونه درست طبقه‌بندی شده است. در مرحله آخر از نظر خبرگان نیز برای صحت سنجی طبقه‌بندی استفاده شده است. نمونه‌های مورد آزمایش بابینایی انسان با توجه به استانداردهای مرسوم و تجزیه و تحلیل پرسش نامه‌ها توسط خریداران عمده کشور روسیه (۴۴ نفر به صورت تصادفی) طبقه‌بندی شده‌اند. به منظور صحت‌سنجی نهایی از ضریب کاپا استفاده شده است که با نظر خبرگان نیز میزان درستی طبقه‌بندی مورد بررسی قرار گرفته است. همه‌ی مقادیر کاپا بزرگتر از ۰.۶ بوده و دارای پایداری است همچنین بیشترین کاپا مربوط به کوبیک بیش از ۰.۸ و کمترین مربوط به گوسین کامل با مقدار ۰.۷۶ است. با توجه به دقت و صحت پیاده سازی با SVM این روش با بازده بالایی قابلیت درجه بندی خرما را با ویژگی‌های استخراج شده دارد که می‌تواند به صورت اتوماتیک با دقت بالایی خرما را درجه‌بندی نماید.

منابع

امیر یوسفی، م. محبی، م. و خدائیان، ف. ۱۳۹۱، استفاده از تحلیل تصویر و شاخص بعد برخالی در آنالیز سطح قطعات گوشت شتر مرغ، حین سرخ شدن به روش عمیق، نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۸ (۲)، ۱۶۹–۱۷۹.

بازرگان لاری و همکاران . ۱۳۸۹، درجه‌بندی سیب بر اساس پردازش تصویر، نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۸ (۲)، ۱۳۶–۲۱۲.

رحمانی ح و علوی ن. ۱۳۸۹، روشی جهت درجه‌بندی خرمای مضافتی به وسیله پردازش تصویر. مجله بیوسیستم مهندسی ایران، ۴۳ (۲)، ۱۹–۲۸.

شاهپوری ا، قربانی م، کهنسال م، دور اندیش آ. ۱۳۹۲، جایگاه محصولات ارگانیک در سبد مصرفی آتی خانوارها و سازه‌های موثر بر آن، دانشگاه فردوسی مشهد.

Aghbashlo, M., Hosseinpour, S., & Ghasemi-Varnamkhasti, M. ۲۰۱٤, Computer vision technology for real-time food quality assurance during drying process. *Trends in food science & technology*, *39*(۱), ۷٦-۸٤.

Aishwarya Karwa۱, Nikita Soni Aishwarya Gavali Mithun B. Patil.(۲۰۱٦). Android Based Application for Fruit QualityAnalysis

Alrajeh, K. M., & Alzohairy, T. A. ۲۰۱۲, Date fruits classification using MLP and RBF neural networks. *International Journal of Computer Applications*, *41*(۱۰).

Behera, S. K., Rath, A. K., & Sethy, P. K. ۲۰۲۰, Fruit Recognition using Support Vector Machine based on Deep Features. Karbala International Journal of Modern Science, ٦(۲), ۱٦.

Chen, Y., Zhou, X., Yang, C., & Li, Z. ۲۰۱٤, The ultrasonic evaluation method for the porosity of variable-thickness curved CFRP workpiece: using a numerical wavelet transform. *Nondestructive Testing and Evaluation*, ۲۹(۳), ۱۹٥-۲۰۷.

de Oliveira, E. M., Leme, D. S., Barbosa, B. H. G., Rodarte, M. P., & Pereira, R. G. F. A. ۲۰۱٦, A computer vision system for coffee beans classification based on computational intelligence techniques. *Journal of Food engineering*, *171*, ۲۲-۲۷.

El-dosuky, M. A., Oliva, D., & Hassanien, A. E. ۲۰۲۰, An Artificial Intelligence System for Apple Fruit Disease Classification Based on Support Vector Machine and Cockroach Swarm Optimization. In Joint European-US Workshop on Applications of Invariance in Computer Vision (pp. ۱۳۷-۱٤۷). Springer, Cham.

Hassan, N. M. H., & Nashat, A. A. ۲۰۱۹, New effective techniques for automatic detection and classification of external olive fruits defects based on image processing techniques. Multidimensional Systems and Signal Processing, ۳۰(۲), ٥۷۱-٥۸۹.

Minaei, S., Kiani, S., Ayyari, M., & Ghasemi-Varnamkhasti, M. ۲۰۱۷, A portable computer-vision-based expert system for saffron color quality characterization. *Journal of applied research on medicinal and aromatic plants*, *7*, ۱۲٤-۱۳۰.

Muhammad, G. ۲۰۱٥, Date fruits classification using texture descriptors and shape-size features. Engineering Applications of Artificial Intelligence, ۳۷, ۳٦۱-۳٦۷.

Nouri-Ahmadabadi, H., Omid, M., Mohtasebi, S. S., & Firouz, M. S. ۲۰۱۷, Design, development and evaluation of an online grading system for peeled pistachios equipped with machine vision technology and support vector machine. Information Processing in Agriculture, ٤(٤), ۳۳۳-۳٤۱.

Omid, M., Firouz, M. S., Nouri-Ahmadabadi, H., & Mohtasebi, S. S. ۲۰۱۷, Classification of peeled pistachio kernels using computer vision and color features. *Engineering in agriculture, environment and food*, *10*(٤), ۲٥۹-۲٦٥.

Patil, Jayamala K, and Raj Kumar. ۲۰۱۱, 'Advances in image processing for detection of plant diseases', *Journal of Advanced Bioinformatics Applications and Research*, ۲: ۱۳٥-٤۱.

Rashidi, M., Seyfi, K., & Gholami, M. ۲۰۰۷, Determination of kiwifruit volume using image processing. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, *2*(٦), ۱۷-۲۲.

Zareiforoush, H., Minaei, S., Alizadeh, M. R., &Banakar, A. ۲۰۱٥, A hybrid intelligent approach based on computer vision and fuzzy logic for quality measurement of milled rice. *Measurement*, *66*, ۲٦-۳٤.