

امکان سنجی تشخیص و درجه بندی فیزیکی خرماى مضافتی با استفاده از روش پردازش تصاویر دیجیتال و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان

مقداد تکلوزاده^۱، محبت محبی^{۲*}، مسعود تقی زاده^۳

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
- ۲- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
* نویسنده مسئول (m-mohebbi@um.ac.ir)
- ۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

روش های سنتی درجه بندی خرما به علت نبود ویژگی های کمی مشخص باعث درجه بندی ناصحیح شده و اتلاف زمان و هزینه ایجاد می کند. درجه بندی خرما براساس الگوریتم های طبقه بندی می تواند اختلاف نظر فروشنده و خریدار را کاهش دهد. در این تحقیق شناسایی برخی ویژگی های کیفی خرماى مضافتی و درجه بندی آن به چهار دسته (درجه ۱، ۲، ۳ و ۴) طبق نظرهای استخراج شده از واردکنندگان خرماى مضافتی کشور روسیه انجام شده است و برای ایجاد ارتباط معنی دار بین کیفیت خرما و برنامه پردازش تصویر در محیط متلب توسط ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است. نتایج ماشین بردار پشتیبان خطی، کوادراتیک، کوبیک و گوسین متوسط دارای دقت ۱۰۰ درصد بوده، یعنی توانسته است درجه بندی را به طور کامل انجام دهد. برای درک چگونگی عملکرد درجه بندی شده انتخاب شده در هر درجه، از طرح ماتریس اغتشاش استفاده شده است. منحنی مشخصه عامل گیرنده نرخ درجه بندی مثبت در مقابل نرخ مثبت کاذب را برای انتخاب آموزش درجه بندی، ارائه می دهد. نرخ مثبت ۰/۹۷ در درجه اول نشان می دهد که طبقه بندی کننده فعلی ۰/۹۷ از مشاهده ها را به درستی به درجه مثبت اختصاص می دهد. به منظور صحت سنجی نهایی از ضریب کاپا استفاده شده است که با نظر خبرگان نیز میزان درستی درجه بندی مورد بررسی قرار گرفته است. تمام مقادیر کاپا بزرگ تر 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 با مقدار ۰/۷۶ است. باتوجه به دقت و صحت پیاده سازی با ماشین بردار پشتیبان این روش با بازده بالایی قابلیت درجه بندی خرما را با ویژگی های استخراج شده دارد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱

واژه های کلیدی

پردازش تصویر دیجیتال
ویژگی های کیفی خرماى مضافتی
درجه بندی
SVM
Matlab

مقدمه

سایر کشورهای صادرکننده در رتبه پایینی قرار گرفته است. یکی از دلایل این امر فقدان استاندارد جامع و قابل پذیرش توسط خریدار عمده سایر کشورها و صادرکنندگان این محصول می باشد. اختلاف نظر خریداران و فروشندگان عمده خرما در سطح جهان در مورد پارامترهای کیفی محصول و عدم وجود استاندارد مشخص

کشور ایران در حال حاضر با تولید بیش از ۱،۲۰۰،۰۰۰ تن خرما در میان ۳ کشور اول جهان قرار دارد (مهرابی بشرآبادی، پاکروان، & شکیبایی، ۱۳۸۹). این در حالی است که ایران از نظر ارزش صادراتی در مقایسه با

شاخص‌های مختلفی از قبیل بو، مزه، رنگ، انواع آفت‌ها و صدمه‌ها در درجه‌بندی خرما مؤثرند. همچنین اندازه خرما نیز از نظر مصرف‌کننده مهم است و نتایج حاصل از برآورد رگرسیونی نشان می‌دهد خانوارها، تمایل به پرداخت تفاوت قیمت برای محصول‌های با کیفیت و ظاهر بهتر دارند (شاپوری، قربانی، دوراندیش، & کهنسال، ۱۳۹۳). رفتار مصرف‌کننده تا حد زیادی تحت تأثیر شرایط اجتماعی، سیاسی و اقتصادی است، بنابراین تعمیم رفتار مصرف‌کننده در تمامی کشورها باید با احتیاط و براساس ویژگی‌های حساس و مهم هر کشور صورت گیرد (Hawkins, Best, & Coney, 2004).

روش SVM از جمله روش‌های نسبتاً جدیدی است که در سال‌های اخیر نسبت به روش‌های قدیمی‌تر طبقه‌بندی از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون، کارایی خوبی نشان داده است. با این روش می‌توان ویژگی‌های موردنیاز را تعریف و آموزش داده، سپس برای ورودی‌های جدید، استخراج ویژگی انجام داد (de Oliveira, Leme, & Barbosa, Rodarte, & Pereira, 2016).

روش SVM از جمله روش‌های نسبتاً جدیدی است که در سال‌های اخیر نسبت به روش‌های قدیمی‌تر طبقه‌بندی از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون، کارایی خوبی نشان داده است. با این روش می‌توان ویژگی‌های موردنیاز را تعریف و آموزش داده، سپس برای ورودی‌های جدید، استخراج ویژگی انجام داد (de Oliveira, Leme, & Barbosa, Rodarte, & Pereira, 2016).

روش SVM از جمله روش‌های نسبتاً جدیدی است که در سال‌های اخیر نسبت به روش‌های قدیمی‌تر طبقه‌بندی از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون، کارایی خوبی نشان داده است. با این روش می‌توان ویژگی‌های موردنیاز را تعریف و آموزش داده، سپس برای ورودی‌های جدید، استخراج ویژگی انجام داد (de Oliveira, Leme, & Barbosa, Rodarte, & Pereira, 2016).

هدف از این تحقیق ارزیابی برخی ویژگی‌های کیفی خرما می‌باشد و درجه‌بندی آن به ۴ طبقه (درجه ۱، ۲، ۳ و ۴) طبق نظرهای استخراج‌شده از پرسش‌نامه‌های

که دامنه قابل قبول هر فاکتور کیفی را به وسیله روش‌های علمی-آزمایشگاهی تعیین کند، منجر به عدم قطعیت و توافق نظر دو طرف در مورد خرید خرما و در نهایت کاهش مرادفات تجاری و اختلاف‌های مالی می‌گردد (دوستی‌ایرانی، گلزاریان، آق‌خانی، & صدرنیا، ۱۳۹۴).

از روش‌های مختلف طیف‌سنجی و پردازش تصویر در مطالعه ویژگی‌های مختلف خرما و ارزیابی کیفیت استفاده شده است. سامانه بینایی ماشین در تشخیص کیفیت، امکان تصویربرداری هم‌زمان یا غیرهم‌زمان را فراهم می‌نماید (Aghbashlo, Hosseinpour, & Ghasemi, 2014; Varnamkhasti, 2014). (Alrajeh & Alzohairy, 2012) (۲۰۱۲) طبقه‌بندی خرما را براساس تصویربرداری، اندازه‌گیری طول، عرض و نسبت طول به عرض هر خرما و با استفاده از شبکه عصبی انجام دادند.

روش SVM از جمله روش‌های نسبتاً جدیدی است که در سال‌های اخیر نسبت به روش‌های قدیمی‌تر طبقه‌بندی از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون، کارایی خوبی نشان داده است. با این روش می‌توان ویژگی‌های موردنیاز را تعریف و آموزش داده، سپس برای ورودی‌های جدید، استخراج ویژگی انجام داد (de Oliveira, Leme, & Barbosa, Rodarte, & Pereira, 2016).

روش SVM از جمله روش‌های نسبتاً جدیدی است که در سال‌های اخیر نسبت به روش‌های قدیمی‌تر طبقه‌بندی از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون، کارایی خوبی نشان داده است. با این روش می‌توان ویژگی‌های موردنیاز را تعریف و آموزش داده، سپس برای ورودی‌های جدید، استخراج ویژگی انجام داد (de Oliveira, Leme, & Barbosa, Rodarte, & Pereira, 2016).

روش SVM از جمله روش‌های نسبتاً جدیدی است که در سال‌های اخیر نسبت به روش‌های قدیمی‌تر طبقه‌بندی از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون، کارایی خوبی نشان داده است. با این روش می‌توان ویژگی‌های موردنیاز را تعریف و آموزش داده، سپس برای ورودی‌های جدید، استخراج ویژگی انجام داد (de Oliveira, Leme, & Barbosa, Rodarte, & Pereira, 2016).

روش SVM از جمله روش‌های نسبتاً جدیدی است که در سال‌های اخیر نسبت به روش‌های قدیمی‌تر طبقه‌بندی از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون، کارایی خوبی نشان داده است. با این روش می‌توان ویژگی‌های موردنیاز را تعریف و آموزش داده، سپس برای ورودی‌های جدید، استخراج ویژگی انجام داد (de Oliveira, Leme, & Barbosa, Rodarte, & Pereira, 2016).

¹Local Binary Pattern

²Weber local descriptor

³Support Vector Machine

⁴Android mobile phone (AMP)

مناسب است که از ترکیب دو نور LED سفید و زرد به‌وجودآمده است، روشنایی خوبی را در داخل جعبه ایجاد می‌نماید. در قسمت بالایی جعبه عکاسی نیز محفظه‌ای تعبیه شده است که می‌توان از بالا عکاسی نمود. از LEDV۲ در ۴ طرف سقف جعبه عکاسی با قدرت نور بالا استفاده شد.



شکل ۱- جعبه عکاسی مورد استفاده

درجه‌بندی خرماى مضافتی با SVM

ویژگی‌های استخراج‌شده از تصاویر (۳۰ تصویر از ۴ جهت برای هر درجه) براساس الگوی‌های خروجی از نظر افراد خبره توسط SVM به ۴ درجه (درجه ۱، ۲، ۳ و ۴) درجه‌بندی می‌گردد. اعتباربخشی نتایج حاصل از الگوریتم درجه‌بندی SVM با مقایسه نتایج افراد خبره بررسی شد.

ماشین‌بردار پشتیبان (SVM)

فرایندی که در مهندسی معکوس استفاده می‌شود، فرایند SVM است. در این روش با فرض اینکه مجموعه نقاط داده $(x_1, c_1), (x_2, c_2), \dots, (x_n, c_n)$ است و هدف طبقه‌بندی به دو طبقه $c_i = -1, 1$ است. هر x_i یک بردار بعدی از اعداد حقیقی است که در واقع همان متغیرهای بیانگر رفتار آن هستند. با ساختن یک ابر سطح که همان معادله خطی است در طبقه‌بندی خطی داده‌ها از هم جدا می‌شود. روش SVM هم یک طبقه‌بندی خطی است و سعی می‌کند بهترین ابر سطحی را پیدا کند که داده‌ها را به دو طبقه با حداکثر فاصله جدا نماید. در شکل (۲)

تکمیل‌شده توسط واردکنندگان خرماى مضافتی در خارج از کشور (روسیه) و ایجاد ارتباط معنی‌دار بین کیفیت خرما و برنامه پردازش تصویر با استفاده از تلفن همراه می‌باشد. در این تحقیق درجه‌بندی خرما براساس رنگ، شکل، اندازه و تخلخل پوست خرما با SVM انجام شده است.

مواد و روش‌ها

تأمین مواد و امکانات لازم برای اجرای طرح

خرماى مضافتی در اندازه، شکل، رنگ و بافت متفاوت فاقد هرگونه مواد اضافی تهیه و بعد از کدگذاری هرکدام از نمونه‌ها در یک پایگاه داده ثبت گردید. در مرحله نخست از نظر خبرگان (کسانی که سابقه کار مرتبط دارند) برای درجه‌بندی استفاده شد. نمونه‌های موردآزمایش با بینایی انسان باتوجه به استانداردهای مرسوم با پاسخ ۴۴ نفر خبره مرد با میانگین سنی حدود ۳۸ سال به‌صورت پرسش‌نامه‌ای درجه‌بندی گردید. نمونه‌های کدگذاری‌شده در اختیار افراد خبره قرار گرفت تا با بررسی نمونه براساس معیارها و وزن هر معیار که از پرسش‌نامه‌ها استخراج‌شده است، آن‌ها را به ۴ دسته براساس اندازه، رنگ و تخلخل درجه‌بندی کنند. بعد از پاسخ‌دهی آزمون نرمال بودن و پایایی نظر خبرگان با نرم‌افزار تحلیل آماری SPSS^۱ انجام شد. به‌منظور پایایی از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شده است که مقدار آن بیش از ۰/۷ است. پس از واردکردن داده‌ها از استخراج ویژگی، در مرحله بعدی نمودار پراکندگی هر درجه براساس متغیرهای محیط، تخلخل و رنگ مشخص گردید.

تصویربرداری

تصویربرداری توسط تلفن‌های همراه اندرویدی (Samsung، مدل Galaxy A30s، ساخت ۲۵ مگاپیکسل، فاصله کانونی ۱/۷، سرعت ایزو ۱۲۰۰، سرعت شاتر ۱/۳۵، از فاصله ۱۵ سانتی‌متر و از ۴ جهت بالا، پایین، راست و چپ انجام شد. جعبه عکاسی (LT02، Canon) در ابعاد ۳۰×۳۰×۳۰ سانتی‌متر که در آن دو ردیف چراغ LED^۲ تعبیه شده بود، مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱). مهم‌ترین خصوصیت جعبه عکاسی، نور

^۱ Statistical Package for the Social Sciences

^۲ Light Emitting Diode

کاذب درجه‌بندی غیرصحيح را مشخص می‌نماید (El-dosuky, Oliva, & Hassanien, 2020).

تبدیل موجک

تبدیل موجک و عملکرد خوب آن در زمینه‌های مختلف، باعث شده محققان تبدیل‌های مختلفی را براساس آن ایجاد کنند. این تبدیل‌ها توسعه‌ای بر موجک طبقه ۱ می‌باشند و هر یک سعی کرده‌اند موجک سنتی را بهبود دهند (Memarian Sorkhabi, Asgari, & Amiri Simkooei, 2021). تکنیک‌ها بیشتر در لبه‌های تصاویر اتفاق می‌افتد. موجک سنتی درباره تکنیک‌های نقطه‌ای^۷ بسیار کارا هستند، درحالی‌که در ابعاد بالاتر که معمولاً انواع دیگر تکنیک‌ها ارائه می‌شوند، بنابراین با افزایش حساسیت موجک‌های سنتی به جهت‌ها و برای غلبه بر آنها موجک‌های جهتی ارائه شده‌اند. به‌منظور کشف لبه و استخراج تخلخل در این تحقیق از تبدیل موجک استفاده شده است. تبدیل موجک گسسته انجام شده به‌منظور استخراج ویژگی تخلخل به‌صورت سه مرحله زیر است (Hussain Hassan & Nashat, 2019):

- تقسیم: سیگنال ورودی s_i به یک زیرمجموعه زوج s_{i-1} و یک زیرمجموعه فرد d_{i-1} تجزیه می‌شود. سپس، فرایند تجزیه $F(s_{i-1})$ را می‌توان به‌صورت رابطه (۱) برآورد کرد.

رابطه (۱)

$$F(s_i) = (s_{i-1}, d_{i-1})$$

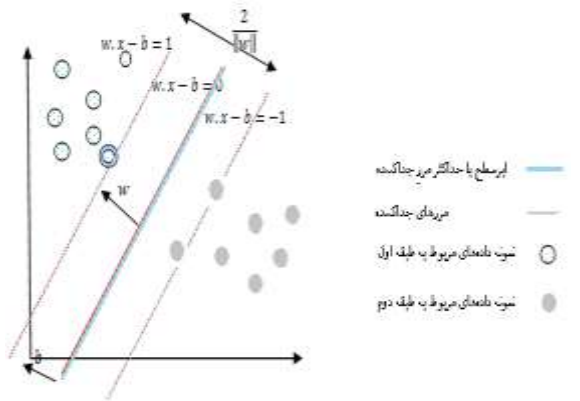
- پیش‌بینی: براساس همبستگی داده‌های اصلی، زیرمجموعه s_{i-1} توسط $P(s_{i-1})$ فیلتر می‌شود و تخلخل مشخص می‌شود. سپس با مقدار پیش‌بینی شده $P(s_{i-1})$ جایگزین می‌شود. روند پیش‌بینی به‌صورت رابطه (۲) است.

رابطه (۲)

$$d_{i-1} = d_{i-1} - P(s_{i-1})$$

- به‌روزرسانی: به‌منظور ایجاد برخی از خصوصیات تخلخل مجموعه سیگنال اصل، در زیرمجموعه‌های s_{i-1} ، به‌روزرسانی لازم است. اپراتور U بهترین زیرمجموعه s_{i-1} را با به‌روزرسانی تولید می‌کند که به‌صورت رابطه (۳) است.

تصویری از یک مجموعه داده متعلق به دو طبقه را نشان می‌دهد که روش ماشین بردار پشتیبان بهترین ابر سطح را برای جداسازی آنها ایجاد می‌کند (de Oliveira et al., 2016). نمونه‌های روی مرزهای بردارهای پشتیبان قرار گرفته‌اند.



شکل ۲- ابر سطح با حداکثر مرز جداکننده به‌همراه مرزهای جداکننده برای طبقه‌بندی نمونه داده‌های مربوط به دو طبقه متفاوت

در مرحله آموزش SVM براساس توابع کرنل مختلف مثل، خطی، کوادراتیک^۱، کوبیک^۲، انواع گوسین انجام می‌شود که دقت هر طبقه‌بندی مشخص می‌شود. براساس سه ویژگی استخراج شده محیط، تخلخل و رنگ، درجه‌بندی SVM براساس توابع کرنل مختلف در این تحقیق بررسی شده است. برای درک چگونگی عملکرد طبقه‌بندی در هر درجه، از طرح ماتریس اغتشاش^۳ استفاده شد. ماتریس اغتشاش کمک می‌کند مناطقی را که درجه‌بندی عملکرد ضعیفی داشته است، شناسایی شود (Sorkhabi, 2021).

مشخصه عامل گیرنده (ROC^۴) نرخ مثبت واقعی و کاذب را نشان می‌دهد. منحنی ROC نرخ طبقه‌بندی مثبت در مقابل نرخ مثبت کاذب را برای طبقه‌بندی آموزش دیده انتخاب شده را ارائه می‌دهد. همچنین مقادیر نرخ مثبت کاذب (FPR^۵) و نرخ مثبت واقعی (TPR^۶) را برای درجه‌بندی انتخاب شده را نشان می‌دهد. در واقع نرخ

¹Quadratic

²Cubic

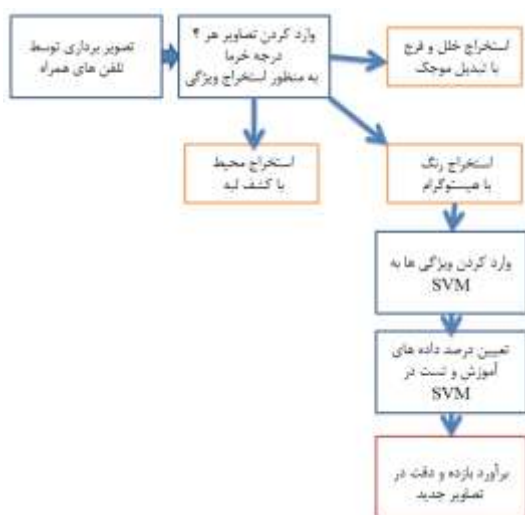
³Confusion Matrix

⁴ Receiver Operating Characteristic

⁵ False Positive Rate

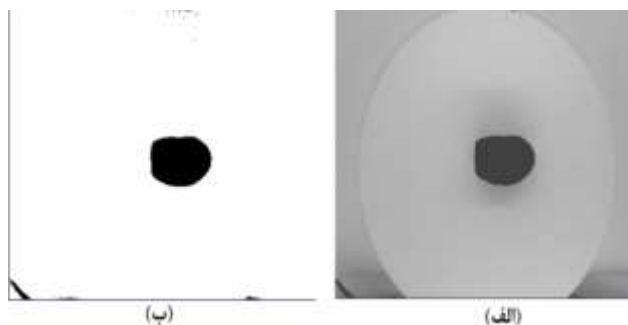
⁶ True Positive Rate

⁷singular point



شکل ۳- مراحل پیاده‌سازی

پس از تصویربرداری به‌منظور پیش‌پردازش از روش فیلتر میانه استفاده شده است (Rashidi, Seyfi, & Gholami, 2007). به‌منظور تشخیص محیط از ابتدا از فیلتر کشف لبه موجک به‌منظور تفکیک محیط سفید از محیط سیاه خرما استفاده شده است (Patil & Kumar, 2011). شکل (۴-الف) آماده‌سازی خرما برای عکاسی و شکل (۴-ب) تشخیص محیط با استفاده از فیلتر کشف لبه را نشان می‌دهد. پس از پیش‌پردازش بزرگ‌ترین عدد به‌دست‌آمده از جمع ردیفی پیکسل‌ها طول خرما را ارائه می‌دهد و بزرگ‌ترین عدد به‌دست‌آمده از جمع ستونی پیکسل‌ها قطر خرما را ارائه می‌دهد. به‌منظور دست‌یابی به مساحت تعداد پیکسل‌ها در هر میلی‌متر مربع، تصویر قطعه‌ای به مساحت ۱ سانتی‌متر مربع گرفته شد و طبق الگوریتم نرم‌افزار مساحت اندازه‌گیری شد (دوستی‌ایرانی et al., 1394). همچنین درخصوص رنگ تصاویر از RGB توسط نرم‌افزار Matlab مشخص گردید (Rashidi et al., 2007).



شکل ۴- الف) آماده‌سازی خرما برای عکاسی ب) تشخیص محیط با استفاده از فیلتر کشف لبه

رابطه (۳)

$$S_{i-1} = S_i + U(d_{i-1})$$

طرح آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش‌ها بر پایه روش درجه‌بندی انجام شده و با نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. برای بررسی میزان همبستگی نتایج مشاهده‌های افراد خبره و بررسی میزان همبستگی نتایج مشاهده‌های 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 درجه‌بندی پیشنهاد کرده است، نسبت یک ارزش خاص در یک درجه که به‌وسیله کدگذار استفاده شده است، در نسبت استفاده از همان ارزش به‌وسیله کدگذار دو مضرب می‌شود. این نسبت‌ها سپس با هم جمع می‌شوند تا توافق مورد انتظار به‌دست‌آید. ضریب کاپا و تحلیل آماری مبتنی بر آن اندازه عددی بین ۱- تا ۱+ است، که هرچه به ۱+ نزدیک‌تر باشد بیانگر وجود توافق متناسب و مستقیم می‌باشد. اندازه‌های نزدیک به ۱- نشان‌دهنده وجود توافق وارونه و عکس و اندازه‌های نزدیک به صفر عدم توافق را نشان می‌دهد. چنانچه مقدار این ضریب از ۰/۶ بیشتر باشد پایایی وجود دارد (امیریوسفی، محبی، & خدائیان، ۱۳۹۱).

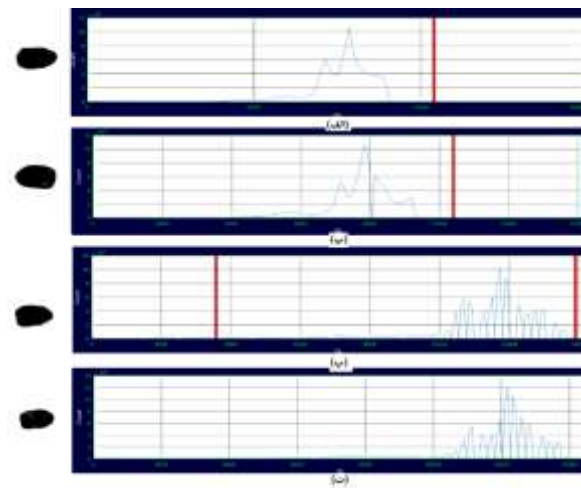
پیاده‌سازی

مراحل پیاده‌سازی به‌صورت شکل (۳) آورده شده است که سه ویژگی رنگ، محیط و تخلخل از تصاویر استخراج شده و براساس نظرهای خبرگان مشخص شده است که هر درجه خرما دارای چه ویژگی‌هایی است.

نتایج و بحث

هیستوگرام یک نمایش گرافیکی از پیکسل‌های نوردهی شده در عکس است. تشخیص خرما با استفاده از تفاوت رنگ و استخراج رنگ از هیستوگرام تصویر از خرمای درجه ۱ تا ۴ در شکل (۵) آورده شده است. در این شکل محور افقی مقدار درجه خاکستری و محور عمودی فراوانی را نشان می‌دهد که بیشترین تعداد درجه خاکستری خرمای درجه ۱ و ۲ در حدود ۸۰۰۰ و برای خرمای درجه ۳ و ۴ حدود ۱۲۰۰۰ است. همچنین در سمت راست شکل (۵) خرمای تشخیص داده شده مربوط به هر درجه نشان داده شده است که اندازه درجه ۱ نسبت به سایر اندازه‌ها تفاوت معنی‌داری دارد.

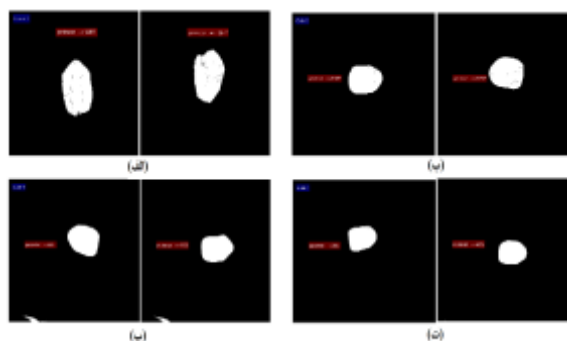
در مرحله بعد وارد کردن داده‌های محیط، تخلخل و رنگ به محیط نرم‌افزار Matlab انجام شده است که ماتریس‌های استخراجی به منظور آموزش در SVM مرتب‌سازی شده است. سپس داده‌های مربوط به درجه‌بندی وارد محیط SVM می‌شود. ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر (۳۰ تصویر از ۴ جهت) براساس الگوی‌های خروجی از نظر افراد خبره توسط SVM به ۴ دسته (درجه ۱، ۲، ۳ و ۴) درجه‌بندی و اعتباربخشی نتایج حاصل از الگوریتم درجه‌بندی 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 تأیید گردیده و الگوریتم درجه‌بندی SVM به عنوان روش استاندارد درجه‌بندی خرمای مضافتی در نظر گرفته شد.



شکل ۵- استخراج هیستوگرام الف) خرمای درجه ۱، ب) خرمای درجه ۲، پ) خرمای درجه ۳ و ت) خرمای درجه ۴ محور افقی مقدار درجه خاکستری و محور عمودی فراوانی

بصری نیز بزرگ بودن محیط خرما در شکل (۶-الف) نسبت به سایر درجه‌ها مشاهده می‌شود.

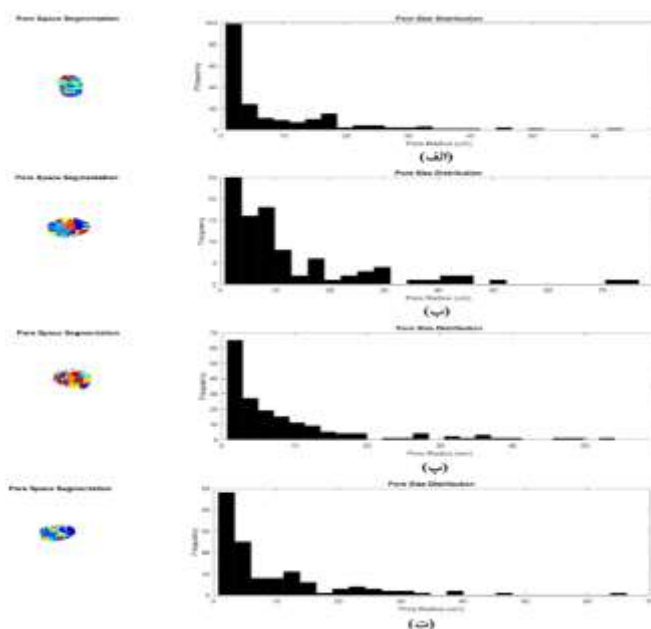
شکل (۶) اندازه محیط خرما برای هر درجه در دو تصویر را نشان می‌دهد که محیط خرمای درجه ۱ دارای مقادیر بالاتری نسبت به سایر درجه‌هاست. همچنین به صورت



شکل ۶- استخراج محیط از دو تصویر الف) خرماي درجه ۱، ب) خرماي درجه ۲، ج) خرماي درجه ۳ و د) خرماي درجه ۴

بالاتری از شعاع تخلخل نسبت به سایر درجه‌هاست. در درجه ۱ فراوانی در شعاع صفر بیشتر مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده سطح هموار آن است.

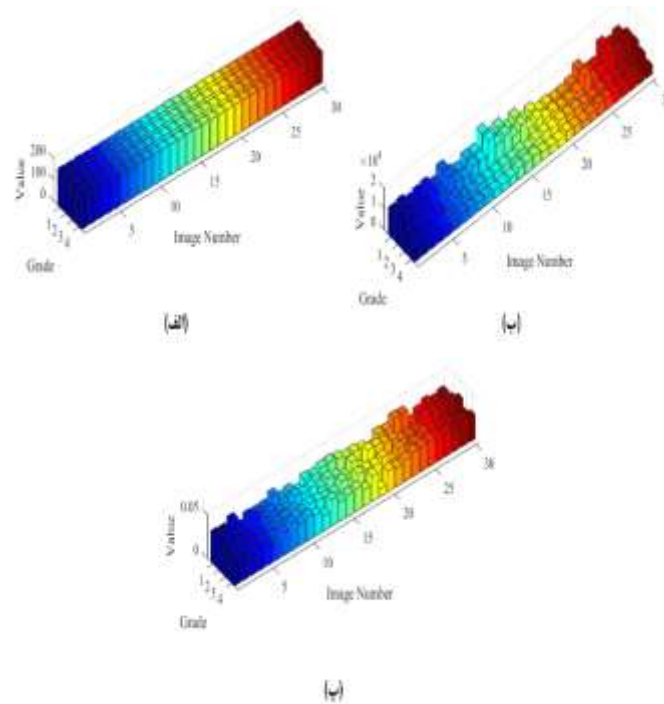
به‌منظور استخراج تخلخل از تبدیل موجک استفاده شده است و برای هر درجه عدد تخلخل برآورد شده است. شکل (۷) تخلخل خرما با درجه‌های مختلف به‌همراه فراوانی آن را نشان می‌دهد که درجه ۴ دارای مقادیر



شکل ۷- استخراج تخلخل در طرف راست الف) خرماي درجه ۱، ب) خرماي درجه ۲، ج) خرماي درجه ۳ و د) خرماي درجه ۴ محور افقی شعاع تخلخل محور عمودی فراوانی در طرف چپ درجه‌بندی تخلخل خرما

در ویژگی‌های مختلف برآورد شده است که در هر ۳ ویژگی این مقدار پایین‌بوده که نشان‌دهنده موفقیت‌آمیز بودن تصویربرداری است که در غیراین صورت مقادیر بالایی را می‌توان انتظار داشت.

مقادیر ویژگی‌های استخراج‌شده از ۳۰ تصویر برای ۴ درجه در شکل (۸) آورده شده است که درجه ۱ دارای مقادیر بالاتری در رنگ و محیط نسبت به سایر درجه‌هاست و همچنین مقدار تخلخل درجه ۴ نسبت به سایر درجه‌ها بیشتر است. به‌منظور پایش دقت انحراف معیار مقادیر نیز



شکل ۸- مقادیر استخراج شده از ۴ درجه خرما (الف) رنگ ۱، (ب) محیط ۲ و (ج) تخلخل محور عرضی درجه بندی، محور طولی شماره تصویر و محور ارتفاعی مقدار

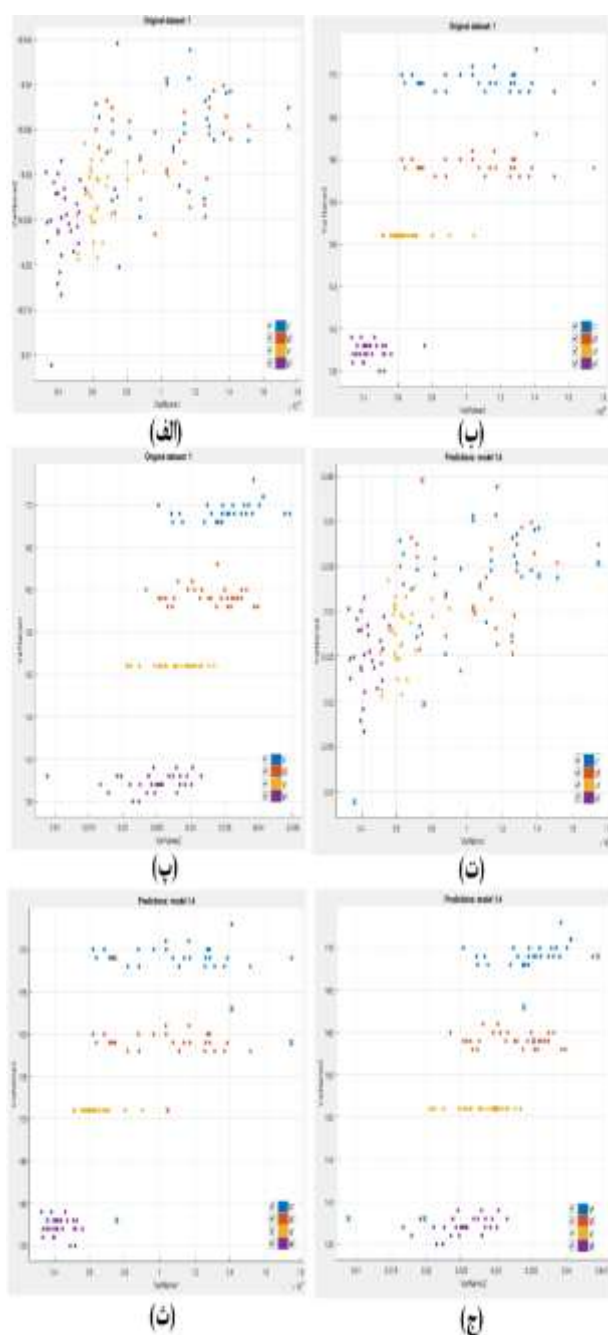
مقدار چولگی مشاهده شده از پاسخ خبرگان برابر ۰/۱۵۶ است و در بازه (۲، -۲) قرار دارد. یعنی از لحاظ چولگی پرسشنامه نرمال بوده و توزیع آن متقارن است. مقدار کشیدگی آن ۰/۶۹۴ است و در بازه (۲، -۲) قرار دارد. این مقدار نشان می دهد توزیع متغیر از کشیدگی نرمال برخوردار است و پاسخها در تست نرمال بودن با موفقیت تأیید شدند. آلفای کرونباخ مقدار ۰/۸۲ به دست آمده است که پس از استانداردسازی به صورت ۰/۸۳ محاسبه شده است. همچنین شناسایی اولویتها و وزن دهی به هر اولویت کیفی به کمی تبدیل گردیده و نتایج حاصل از درجه بندی در یک پایگاه داده جمع آوری و ثبت گردید. براساس جدول (۱) معیار اندازه از بیشترین اهمیت برخوردار است (امتیاز هر گزینه = مجموع حاصل ضرب اولویت آن گزینه براساس معیار ضربدر اولویت آن معیار).

جدول ۱- وزن دهی توسط خبرگان

خبرگان بازار کشور روسیه	بردار ویژه
اندازه	۰/۴۴۷
رنگ	۳۲۷/۰
تخلخل	۰/۲۰۶

شکل (۹-الف) پراکندگی ۴ درجه بندی برای محیط و تخلخل را نشان می دهد که رنگ های آبی، نارنجی، زرد و

بنفش به ترتیب درجه بندی ۱، ۲، ۳ و ۴ است. براساس شکل (۹-الف) خرما ۴ درجه ۴ دارای محیط و عدد تخلخل کمتر بوده و پس از آن درجه بندی ۳ است که بین درجه بندی ۱ و ۲ تفاوت معنی داری وجود ندارد و توزیع محیط و تخلخل آنها دارای پراکندگی یکسان است. براساس شکل (۹-ب) درجه ۴ دارای محیط و عدد رنگ کمتری بوده و حدود ۲۰ واحد از درجه ۳ کمتر است. پس از آن درجه بندی ۳ در محدوده ۱۵۰ قرار دارد است، درجه ۲ در محدوده رنگی ۱۶۰ و درجه بندی ۱ در محدوده رنگی ۱۷۰ قرار دارد. به طور کلی درجه ۱ دارای رنگ تیره تر و درجه ۴ دارای رنگ روشن تر است. براساس شکل (۹-ج) درجه بندی ۴ دارای عدد تخلخل و عدد رنگ کمتر در محدوده ۱۳۵ تا ۱۴۰ بوده و از درجه ۳ کمتر است و پس از آن درجه ۳ در محدوده ۱۵۰ و عدد تخلخل از درجه ۴ بیشتر است، درجه بندی ۲ در محدوده رنگی ۱۶۰ و عدد تخلخل از درجه ۳ بیشتر است و درجه ۱ در محدوده رنگی ۱۷۰ قرار داشته و عدد تخلخل از درجه بندی ۲ بیشتر است. به طور کلی درجه بندی ۱ دارای رنگ تیره تر، عدد تخلخل بیشتر و درجه ۴ دارای رنگ روشن تر و عدد تخلخل کمتر است.



شکل ۹- پراکندگی ۴ درجه‌بندی الف) محیط و تخلخل، ب) محیط و رنگ، ج) تخلخل و رنگ، د) درجه‌بندی محیط و تخلخل براساس کونل گوسین کامل، ه) درجه‌بندی محیط و رنگ براساس کونل گوسین کامل و و) درجه‌بندی تخلخل و رنگ براساس کونل گوسین کامل

نشان می‌دهد. براساس نتایج SVM خطی، کوادراتیک، کوبیک و گوسین متوسط دارای دقت ۱۰۰ درصد، SVM گوسین کامل دارای دقت ۹۵ درصد و گوسین زبر^۲ ۹۹/۲ درصد است.

نتایج SVM خطی، کوادراتیک، کوبیک و گوسین متوسط^۱ دارای دقت ۱۰۰ درصد است، یعنی توانسته است تشخیص طبقه‌بندی به‌طور کامل انجام شود. حال دقت طبقه‌بندی گوسین کامل در پراکندگی‌های طبقه‌بندی که ۱۰۰ درصد نیست بررسی می‌شود. **جدول (۲)** دقت هر کرنل SVM را

^۲ Coarse Gaussian

^۱Medium Gaussian

جدول ۲- دقت طبقه‌بندی توابع کرنل مختلف SVM

نوع کرنل SVM	دقت طبقه‌بندی (درصد)
خطی	۱۰۰
کوادرانتیک	۱۰۰
کوبیک	۱۰۰
گوسین کامل	۹۵
گوسین متوسط	۱۰۰
گوسین زبر	۹۹/۲

درجه ۱، در درجه ۳ یک نمونه به اشتباه در درجه ۲ و در درجه ۴ دو نمونه به اشتباه در درجه ۱ طبقه‌بندی شده است. شکل (۱۰-ب) ماتریس اغتشاش به صورت درصد طبقه پیش‌بینی و طبقه واقعی براساس کرنل گوسین کامل را نشان می‌دهد. براساس نتایج درجه ۱ و ۳ در ۹۷ درصد صحیح و درجه ۲ و ۴ در ۹۳ درصد صحیح بوده است، ولی در درجه ۱، ۳ درصد به اشتباه در درجه ۲، در درجه ۲، ۷ درصد به اشتباه در درجه ۱، در درجه ۳، ۳ درصد به اشتباه در درجه ۲ و در درجه ۴، ۷ درصد به اشتباه در درجه ۱ طبقه‌بندی شده است. شکل (۱۰-د) ماتریس اغتشاش مقادیر پیش‌بینی مثبت و درصد کشف اشتباه طبقه پیش‌بینی و طبقه واقعی براساس کرنل گوسین کامل را نشان می‌دهد. براساس نتایج درجه ۱ در ۸۸ درصد پیش‌بینی درست، درجه ۲ در ۹۳ درصد پیش‌بینی درست، درجه ۳ و ۴ در ۱۰۰ درصد پیش‌بینی درست بوده است، ولی در درجه ۱، ۱۳ درصد نرخ کشف اشتباه، در درجه ۲، ۷ درصد نرخ کشف داشته و درجه ۳ و ۴ درصد نرخ کشف اشتباه ندارد.

نتیجه عالی و بدون نقاط اشتباه طبقه‌بندی شده یک زاویه را می‌توان در شکل (۱۰-ج) مشاهده نمود. یک نتیجه ضعیف که بهتر از تصادفی نباشد، یک خط ۴۵ درجه است. منطقه زیر منحنی اندازه‌گیری از کیفیت کلی طبقه‌بندی گر است. شکل (۱۰-ج) ROC براساس کرنل گوسین کامل را نشان می‌دهد که رنگ آبی منحنی ROC، دایره نارنجی طبقه‌بندی کننده فعلی و منطقه آبی کم‌رنگ منطقه زیر منحنی اندازه‌گیری را نشان می‌دهد که عدد FPR، ۰/۰۴ به معنی این است که طبقه‌بندی کننده فعلی ۴ درصد از مشاهده‌ها را به صورت نادرست به طبقه مثبت (طبقه درجه ۱) اختصاص می‌دهد. نرخ مثبت ۰/۹۷ نشان می‌دهد که طبقه‌بندی کننده فعلی ۰/۹۷ از مشاهده‌ها را به درستی به طبقه مثبت اختصاص می‌دهد. شکل (۱۰-و) ROC براساس کرنل خطی را نشان می‌دهد که رنگ آبی منحنی ROC، دایره نارنجی طبقه‌بندی کننده فعلی و منطقه آبی کم‌رنگ منطقه زیر منحنی اندازه‌گیری را نشان می‌دهد که عدد FPR، صفر به معنی این است که طبقه‌بندی کننده فعلی صفر درصد از مشاهده‌ها را به صورت نادرست به طبقه مثبت اختصاص می‌دهد. نرخ

شکل (۹-د) طبقه‌بندی درجه‌بندی‌های مختلف محیط و تخلخل براساس کرنل گوسین کامل را نشان می‌دهد. براساس نتایج دایره‌ها طبقه‌بندی صحیح و ضریب طبقه‌بندی اشتباه را نشان می‌دهد که درجه ۱ در ۴ مورد و درجه ۲ در دو مورد اشتباه درجه‌بندی شده‌اند که باتوجه به توزیع پراکندگی تقریباً یکسان، درجه ۱ و ۲ قابل انتظار بود. شکل (۹-ه) طبقه‌بندی درجه‌بندی‌های مختلف براساس محیط و رنگ براساس کرنل گوسین کامل را نشان می‌دهد که درجه ۱ در ۴ مورد و درجه ۳ در ۱ مورد اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند. شکل (۹-ه) طبقه‌بندی درجه‌بندی‌های مختلف براساس تخلخل و رنگ براساس کرنل گوسین کامل را نشان می‌دهد که درجه ۱ در ۴ مورد و درجه ۲ در دو مورد اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند.

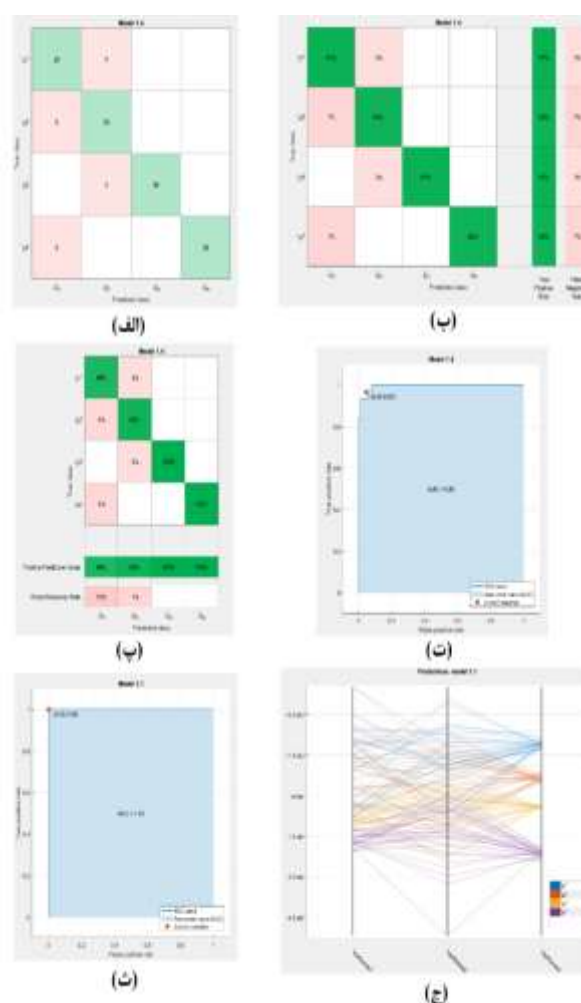
در شکل (۱۰-الف) تا (۱۰-د) سطرها طبقه واقعی را نشان می‌دهند و ستون‌ها طبقه پیش‌بینی شده را نشان می‌دهند. سلول‌های مورب نشان می‌دهند که طبقه واقعی و طبقه پیش‌بینی شده با چه مواردی مطابقت دارند. اگر این سلول‌ها سبز باشند و درصد بالایی نشان دهند، طبقه‌بندی به خوبی انجام شده است. با بررسی سلول‌های خارج از مورب که درصد بالایی از خود نشان می‌دهند و قرمز رنگ هستند، مناطقی می‌باشند که طبقه‌بندی کننده ضعیف عملکرده است. هرچه درصد بالاتر باشد، رنگ سلول روشن‌تر است. در سلول‌های قرمز، طبقه واقعی و پیش‌بینی شده مطابقت ندارند. شکل (۱۰-الف) ماتریس اغتشاش طبقه پیش‌بینی محور افقی و طبقه واقعی در محور عمودی براساس کرنل گوسین کامل را نشان می‌دهد. براساس نتایج درجه ۱ در ۲۹ نمونه، درجه ۲ در ۲۸ نمونه، درجه ۳ در ۲۹ نمونه و درجه ۴ در ۲۹ نمونه درست طبقه‌بندی شده است. ولی در درجه ۱ یک نمونه به اشتباه در درجه ۲، در درجه ۲ دو نمونه به اشتباه در

¹True Class Percent

²False Discovery Rate

مثبت ۱ نشان می‌دهد که طبقه‌بندی‌کننده فعلی ۱۰۰ درصد از مشاهده‌ها را به درستی به طبقه مثبت (طبقه درجه‌بندی ۱) اختصاص می‌دهد. برای بررسی ویژگی‌ها، از طرح مختصات موازی استفاده شد. برای دیدن الگوهای دوبعدی می‌توان داده‌ها را با ابعاد بالا در یک طرح واحد تصویر کرد. طرح مختصات موازی برای درک محدوده کمی تغییرات ویژگی‌های هر طبقه‌بندی کمک می‌نماید (Behera, Rath, 2020).

این طرح می‌تواند در درک روابط بین ویژگی‌ها کمک کند و پیش‌بینی‌کننده‌های مفید برای جداکردن طبقه‌ها را مشخص کند. شکل (۱۰-ه) طرح مختصات موازی برای ۴ طبقه‌بندی با ۳ ویژگی محیط، تداخل و رنگ و میانگین و انحراف معیار را نشان می‌دهد. از آنجاکه ۳۰ تصویر برای SVM استفاده شده است برای هر طبقه ۳۰ خط به تفکیک رنگ آبی، نارنجی، زرد و بنفش به ترتیب برای طبقه‌بندی ۱ تا ۴ را نشان می‌دهد.



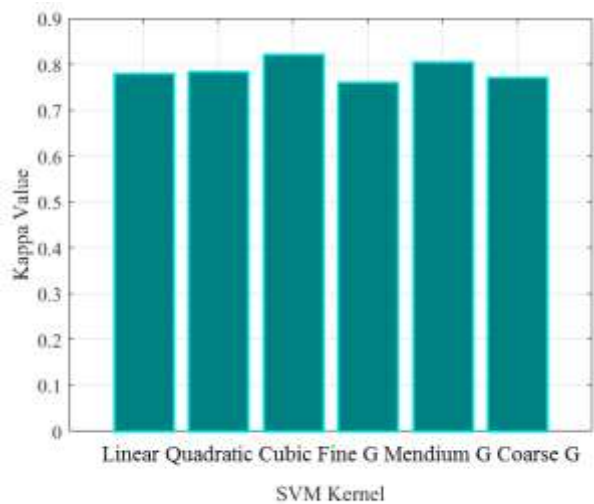
شکل ۱۰- ماتریس اغتشاش (الف) طبقه پیش‌بینی و واقعی براساس کرنل گوسین، (ب) درصد طبقه پیش‌بینی و طبقه واقعی، (ج) ماتریس اغتشاش طبقه پیش‌بینی محور افقی و طبقه واقعی در محور عمودی براساس کرنل گوسین (ب) ماتریس اغتشاش به صورت درصد طبقه پیش‌بینی محور افقی و طبقه واقعی در محور عمودی برای براساس کرنل گوسین (پ) ماتریس اغتشاش مقادیر پیش‌بینی مثبت، درصد کشف اشتباه طبقه پیش‌بینی محور افقی و طبقه واقعی محور عمودی برای براساس کرنل گوسین کامل (ت) ROC براساس کرنل گوسین کامل (ث) ROC براساس کرنل خطی (ج) طرح مختصات موازی

میزان همبستگی نتایج مشاهدات افراد خیره از ضریب توافق کاپا و بررسی میزان همبستگی نتایج مشاهدات افراد

صحت‌سنجی

تصویر اخذ شده از ۴ درجه خرما نشان دهنده موفقیت آمیز بودن تصویربرداری است که در غیر این صورت مقادیر بالایی به دست می‌آید. ویژگی‌های استخراج شده وارد آموزش SVM شده است. نتایج SVM خطی، کوادراتیک، کوئیک و گوسین متوسط دارای دقت ۱۰۰ درصد است یعنی توانسته است تشخیص طبقه‌بندی به طور کامل انجام شود. برای درک چگونگی عملکرد طبقه بندی شده انتخابی، از طرح ماتریس اغتشاش استفاده شده است. براساس نتایج، خرما ۱ درجه در بیست و نه نمونه، ۲ درجه در بیست و هشت نمونه، ۳ درجه در بیست و نه نمونه و ۴ درجه در بیست و نه نمونه درست طبقه‌بندی شده است. در مرحله آخر از نظر خبرگان نیز برای صحت سنجی استفاده شده است. نمونه‌های مورد آزمایش بایناریانسان با توجه به استانداردهای مرسوم و تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌ها 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 کوئیک 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 طبقه‌بندی خرما را با ویژگی‌های استخراج شده دارد که می‌تواند به صورت اتوماتیک با دقت بالایی خرما را درجه‌بندی نماید.

خبره با نتایج حاصل از پردازش تصویر استفاده گردید. شکل ۱۱ ضریب کاپا برای ۶ تابع کرنل SVM را نشان می‌دهد. همه‌ی مقادیر کاپا بزرگتر از ۰/۶ بوده و دارای پایداری است همچنین بیشترین کاپا مربوط به کوئیک بیش از ۰/۸ و کمترین مربوط به گوسین کامل با مقدار ۰/۷۶ است.



شکل ۱۱- ضریب کاپا برای ۶ تابع کرنل SVM محور افقی نام تابع کرنل SVM محور عمودی مقدار کاپا

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

منابع

- Aghbashlo, M., Hosseinpour, S., & Ghasemi-Varnamkhasti, M. (2014). Computer vision technology for real-time food quality assurance during drying process. *Trends in Food Science & Technology*, 39(1), 76-84. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.06.003>
- Alrajeh, K. M., & Alzohairy, T. A. (2012). Date fruits classification using MLP and RBF neural networks. *International Journal of Computer Applications*, 41(10).
- Amiryousefi, M. R., Mohebbi, M., & Khodaiyan, F. (2012). Surface Analysis of Ostrich Meat Plates During Deep-fat Frying Using Image Analysis and Fractal Dimension. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 8(2), -. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v8i2.17276>
- Behera, S. K., Rath, A. K., & Sethy, P. K. (2020). Fruit Recognition using Support Vector Machine based on Deep Features. *Karbala International Journal of Modern Science*, 6(2), 16.

- de Oliveira, E. M., Leme, D. S., Barbosa, B. H. G., Rodarte, M. P., & Pereira, R. G. F. A. (2016). A computer vision system for coffee beans classification based on computational intelligence techniques. *Journal of Food engineering*, 171, 22-27. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.10.009>
- Doosti Irani, O., Golzarian, M., Aghkhani, M. H., & Sadrnia, H. (2015). Study of temporal variations of color and temperature on bruised apples from thermal and visible images. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11(5), 677-693. doi:<https://doi.org/10.22067/iftstrj.v0i0.37029>
- El-dosuky, M. A., Oliva, D., & Hassanien, A. E. (2020). *An Artificial Intelligence System for Apple Fruit Disease Classification Based on Support Vector Machine and Cockroach Swarm Optimization*. Paper presented at the AICV.
- Gong, A., Yu, J., He, Y., & Qiu, Z. (2013). Citrus yield estimation based on images processed by an Android mobile phone. *Biosystems engineering*, 115(2), 162-170. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.03.009>
- Hawkins, D. I., Best, R. J., & Coney, K. A. (2004). *Consumer Behavior: Building Marketing Strategy*: McGraw-Hill Irwin.
- Hussain Hassan, N. M., & Nashat, A. A. (2019). New effective techniques for automatic detection and classification of external olive fruits defects based on image processing techniques. *Multidimensional Systems and Signal Processing*, 30(2), 571-589. doi:<https://doi.org/10.1007/s11045-018-0573-5>
- Mehrabi, H., Pakravan, M. R., & Shakibaie, A. (2010). Study of Comparative Advantage and Trading Map of Date Exports in Iran. *Agricultural Economics*, 4(2(2)), 63-81.
- Memarian Sorkhabi, O., Asgari, J., & Amiri Simkooei, A. (2021). Analysis of Greenland mass changes based on GRACE four-dimensional wavelet decomposition. *Remote Sensing Letters*, 12(5), 499-509. doi:<https://doi.org/10.1080/2150704X.2021.1903608>
- Muhammad, G. (2015). Date fruits classification using texture descriptors and shape-size features. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 37, 361-367. doi:<https://doi.org/10.1016/j.engappai.2014.10.001>
- Nouri-Ahmadabadi, H., Omid, M., Mohtasebi, S. S., & Firouz, M. S. (2017). 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*, 4(4), 333-341.
- Nouri-Ahmadabadi, H., Omid, M., Mohtasebi, S. S., & Soltani Firouz, M. (2017). 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*, 4(4), 333-341. doi:<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.06.002>
- Omid, M., Firouz, M. S., Nouri-Ahmadabadi, H., & Mohtasebi, S. S. (2017). Classification of peeled pistachio kernels using computer vision and color features. *Engineering in agriculture, environment and food*, 10(4), 259-265. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eaef.2017.04.002>
- Patil, J. K., & Kumar, R. (2011). Advances in image processing for detection of plant diseases. *Journal of Advanced Bioinformatics Applications and Research*, 2(2), 135-141.
- Rashidi, M., Seyfi, K., & Gholami, M. (2007). Determination of kiwifruit volume using image processing. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 2(6), 17-22.
- Shahpouri, A., Ghorbani, M., Dourandish, A., & Kohansal, M. (2014). Organic saffron position in the future household consumption basket and effective structures (Case study). *Saffron agronomy and technology*, 2(2), 107-114. doi:<https://doi.org/10.22048/jsat.2014.6870>
- Sorkhabi, O. M. (2021). Deep learning of total electron content. *SN Applied Sciences*, 3(7), 685. doi:<https://doi.org/10.1007/s42452-021-04674-6>
- امیریوسفی، م.، محبی، م.، & خدائیان، ف. (۱۳۹۱). استفاده از تحلیل تصویر و شاخص بعد بر خالی در آنالیز سطح قطعات گوشت شترمرغ، حین سرخ شدن به روش عمیق. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۲۸(۲)، ۱-۲. doi:<https://doi.org/10.22067/iftstrj.v8i2.17276>

دوستی ایرانی، ا.، گلزاریان، م.، آق‌خانی، م.، & صدرنیا، ح. (۱۳۹۴). بررسی تغییرات رنگی و دمایی بافت لهیده شده سیب در طول زمان با استفاده از پردازش تصاویر مرئی و نقشه های گرمایی. نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۱(۵)، ۶۷۷-۶۹۳. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v0i0.37029>

شاپوری، ا.، قربانی، م.، دوراندیش، آ.، & کهنسال، م. (۱۳۹۳). جایگاه زعفران ارگانیک در سبب مصرفی آتی خانوارها و عوامل موثر بر آن. علمی پژوهشی زراعت و فناوری زعفران، ۲(۲)، ۱۰۷-۱۱۴. doi:<https://doi.org/10.22048/jsat.2014.6870>

مهرابی‌بشرآبادی، ح.، پاک‌روان، م.، & شکیبایی، ع. (۱۳۸۹). بررسی مزیت نسبی و نقشه‌ریزی تجاری صادرات خرماي ایران. اقتصاد کشاورزی، ۴(۲)، ۶۳-۸۱.

Study on the possibility of physical assessment and grading of Mazafati dates using digital image processing and Support vector machines

Meghdad Takallouzadeh¹, Mohebbat Mohebbi^{*2}, Masoud Taghizadeh³

1- PhD. Student, Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Professor, Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding author (m-mohebbi@um.ac.ir)

3- Associate Professor, Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

The traditional methods of grading dates, due to the lack of specific characteristics, are causing incorrect grading and wasting both time and money. Date grading based on the classification algorithms could reduce seller and buyer disagreement. It also allows the product to be sold at the right price. In this research, identification of some qualitative characteristics of Mazafati dates and its classification into four categories (grades 1, 2, 3, and 4) has been done according to the opinions extracted from experts. Support vector machine (SVM) is used to compare the quality of dates and mobile image processing application in Matlab environment. Support Vector Machine (SVM) has been used between the quality of the dates and the mobile image processing in the Matlab environment. The results of linear, quadratic, cubic, and medium Gaussian SVMs are 100% accurate, meaning that the classification has been successful. The ROC curve provides a positive classification rate versus a false positive rate for selecting classification training. A grade 1 positive rate of 0.97 indicates that the current classifier allocates 97% of the observations correctly to the positive class (primarily rank). In order to make the final verification, the Kappa coefficient has been used. All Kappa values are greater than 0.6 and have sufficient stability. Also, the highest Kappa coefficient is related to the cubic method by more than 0.8 and the lowest is related to fine Gaussian with a value of 0.76. Due to the accuracy and precision of implementation with SVM, this method with high efficiency is capable of grading dates.

Keywords: Digital image processing, Qualitative features of Mazafati dates, grading, SVM, Matlab

Accepted Article