درجه‌بندی گل محمدی با استفاده از ماشین بینایی و شبکه‌ی عصبی فازی

هومن رجبی پور [1*]، احمد بناکار [2]

1. دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تربیت مدرس (hooman.rajabipour@modares.ac.ir)
2. دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تربیت مدرس (ah_banakar@modares.ac.ir)

چکیده

بخش کشاورزی و صنایع مربوط به آن، از شالوده‌های اصلی اقتصاد کشورهای مختلف به‌خصوص جوامع درحال‌توسعه به شمار می‌رود. یکی از زیرمجموعه‌های بخش کشاورزی که به‌طور چشم‌گیری در دنیا درحال‌توسعه می‌باشد صنعت گیاهان دارویی معطر (MAPs) است. در سال‌های اخیر کشاورزان کشور از روش‌های سنتی تولید و بسته‌بندی نهاده‌های معطر و دارویی به سمت درجه‌بندی و دسته‌بندی کیفی و کمی رو آورده‌اند. تنوع‌های ژنتیکی موجود نشان می‌دهد احتمالاً ایران مرکز تنوع ژنتیکی گل محمدی است؛ برای این امر تکنیک پردازش تصویر مبتنی بر هوش مصنوعی برای تعیین کیفیت گل محمدی با دقت قابل قبولی می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. در این پژوهش قابلیت سامانه ماشین بینایی برای ارزیابی ژنوتیپ گل محمدی موردبررسی قرارگرفته است. اطلاعات جمع‌آوری‌شده از سامانه ماشین بینایی به کامپیوتر منتقل و با استفاده از نرم‌افزار Matlab و با کمک شبکه فازی – عصبی تحلیل شد و الگوی آن‌ها استخراج گردید. سپس با نمونه شاهد که از طریق تست پنل انتخاب‌شده است مقایسه و شاخص‌های آماری نظیر دقت، صحت، حساسیت، اختصاصی بودن و سطح زیر منحنی به‌منظور ارزیابی طبقه بندجهت تخمین نوع ژنوتیپ گل محمدی محاسبه شدند که این مقادیر برای طبقه‌بندی به کمک طبقه بند عصبی فازی به ترتیب 83/2، 96/12، 84/79، 95/13 و 85/84 درصد به دست آمد. نتایج این بررسی نشان داد که سامانه پیشنهادی پتانسیل لازم به‌عنوان یک روش آنلاین، سریع و غیر مخرب برای تعیین انواع ژنوتیپ‌های گل محمدی را دار است.

کلمات کلیدی: *گل محمدی – گیاهان دارویی – ماشین بینایی – تعیین کیفیت – شبکه عصبی فازی*

* نویسنده مسئول: hooman.rajabipour@modares.ac.ir

درجه‌بندی گل محمدی با استفاده از ماشین بینایی و شبکه‌ی عصبی فازی

مقدمه

گل محمدی با قدمت کشت و بهره‌برداری طولانی در ایران یکی از انواع گیاهان دارویی است که علاوه بر خواص درمانی فراوان و ارزش غذایی بالا، ازلحاظ اقتصادی هم حائز اهمیت است و یک محصول راهبردی برای تحقق شعار صادرات غیرنفتی تلقی می‌شود. گل محمدی از تیره گل سرخ است و بانام علمی Rosa Damascena شناخته می‌شود و نوعی رز هیبرید چند رگه است. گل محمدی به شکل درختچه‌ای خزان کننده، روی شاخه‌های یک ساله تشکیل‌شده و در اوایل صبح شروع به باز شدن می‌کنند. این گیاه دوره گل‌دهی کوتاهی داشته و معمولاً یک‌بار در سال گل می‌دهد[1]. گل محمدی عمده‌ترین منبع جهت استحصال اسانس و گلاب از گلبرگ به شمار می‌آید که اهمیت اقتصادی و دارویی زیادی دارد. ایران از کهن‌ترین کشورهای تولیدکننده اسانس و گلاب در جهان به شمار می‌رود. گل محمدی به‌عنوان یک گیاه راهبردی درزمینهٔ حمایت از اقتصاد روستاییان، اشتغال‌زایی جوانان با توسعه صنایع کوچک جایگاه خاصی در جهان به خود اختصاص داده است. از گلاب و اسانس گل محمدی در صنایع آرایشی و بهداشتی (پماد و کرم)، دارویی و غذایی استفاده‌ی فراوانی می‌شود. از ترکیبات روغنی فرار یا اسانس موجود در گل محمدی که عطر گل محمدی نام دارد در عطر درمانی به‌عنوان یک مسکن ملایم ضدافسردگی و ضدالتهاب استفاده قرار می‌شود. از گلاب نیز که یک قابض ملایم و یک محلول طبی شستشو دهنده باارزش برای کاهش التهاب و درد چشم است در دردهای رماتیسمی، قلبی، تقویت اعصاب معده و رفع پاره‌ای از سردردها و بیهوشی استفاده می‌شود. علاوه بر موارد فوق از اسانس‌های طبیعی گل محمدی در تهیه‌ی گلاب، مربا و گل خشک جهت مصارف خوراکی نیز استفاده‌های زیادی می‌شود [12]. دو چالش مانع بهره‌مندی صددرصدی از پتانسیل گل محمدی در ایران می‌شود. از یکسو ورود به بازارهای جهانی نیازمند کیفیت بالا و قیمت کم فرآورده‌های گل محمدی ایرانی می‌باشد. از سوی دیگر لزوم جداسازی و انتخاب محصولات کشاورزی بهداشتی و بدون آلودگی‌های بیولوژیک با روش آزمون غیر مخرب به‌شدت نیاز است.

ماشین بینایی شامل استفاده از دوربین برای دریافت سیگنال‌هایی است که تشکیل‌دهنده تصویر یک شی هستند و توسط کامپیوتر یا سایر وسایل پردازش سیگنال برای تفسیر و تحلیل از موضوع موردنظر استفاده می‌شود. بینایی ماشین به روش‌هایی می‌پردازد که به کمک آن‌ها می‌توان معنی و محتوای تصاویر را درک کرد تا از آن‌ها در کارهایی چون رباتیک و محور تصاویر استفاده شود. مهم‌ترین مزایای سیستم‌های بینایی ماشین در صنعت عبارت‌اند از الف)حداقل نمودن ضایعات خط تولید ب)کاهش دوباره‌کاری‌ها ج)حداکثر نمودن قابلیت اطمینان د)تولید محصول و خدمات به‌طور مشابه و یکنواخت ه)اعمال استانداردهای فنی دقیق در فازهای انجام فعالیت‌ها و)امکان کار در محیط‌هایی که برای اپراتور انسانی پرخطر و یا یکنواخت است. پردازش تصویر از هر دو جنبه نظری و عملی پیشرفت‌های چشمگیری داشته است و بسیاری از علوم به آن وابسته‌اند. زمینه‌های مختلف کاربرد پردازش تصویر عبارت‌اند از صنعت، هواشناسی، شهرسازی، کشاورزی، علوم نظامی و امنیتی، نجوم و فضا نوردی، پزشکی، فناوری‌های علمی، باستان‌شناسی، تبلیغات، سینما، اقتصاد، روانشناسی و زمین‌شناسی. در نتایج پژوهشی آمده است که ترکیبات اسانس اغلب در مراحل مختلف گل‌دهی، اجزا مختلف گل و دوره‌های برداشت گوناگون است.

در یک کار تحقیقاتی مغز گردو بر اساس استانداردهای موجود با استفاده از روش پردازش تصویر در چهار گروه مختلف رنگ درجه‌بندی شد. برای عمل درجه‌بندی از روش آماری آنالیز تشخیصی استفاده شد. دقت درجه‌بندی با این روش 91/4

درصد به دست آمد. درنهایت دسته نمونه بر اساس مورد ارزیابی قرار گرفت تا خطای درجه‌بندی مشخص شود. خطای درجه‌بندی 5/83 درصد به دست آمد[4].

در این مطالعه هدف پردازش تصویر و استخراج اطلاعات رنگی میوه از تصویر آن بوده است. ابتدا تصویر توت‌فرنگی فراخوانی شد، بعد از حذف نوفه و حفره‌های موجود در تصویر، تصویر کاسبرگ جداشده سپس از آن تصویر توت‌فرنگی استخراج و پارامترهای رنگی به دست آمدند. میزان رسیدگی توت‌فرنگی در طی مراحل مختلف رشد با استفاده از سیستم بینایی ماشین با دقت 30 % تشخیص داده شد[2]. در پژوهشی طبقه‌بندی کیفی انجیر با کاربرد روش ظرفیت سنج خازنی (دی‌الکتریک) و شبکه‌های عصبی مصنوعی موردمطالعه قرار گرفت. در این پژوهش روشی هوشمند بر پایه روش خازنی (دی‌الکتریک) و شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) برای تشخیص و طبقه‌بندی کیفی انجیر با استفاده از مقادیر ضرایب دی‌الکتریک (در فرکانس‌های 12، 22، 32، 42، 52 و 62 مگاهرتز) و قطر متوسط تدوین گردید. نتایج نشان داد که روش مذکور دارای دقت بالایی (7/95٪) در طبقه‌بندی کیفی انجیر است [3] . میزان و ترکیب اسانس گلبرگ‌های گل محمدی تحت تأثیر عوامل مختلف قرار می‌گیرد[6]. در ارزیابی اثرات بعضی عوامل محیطی شامل تاریخ برداشت، مدت تخمیر و منطقه جغرافیایی روی میزان و ترکیب اسانس گل محمدی آزمایش‌هایی انجام و نتیجه گرفته شد که زمان‌های مختلف برداشت گل در گل محمدی دارای اثرات معنی‌داری بر میزان و ترکیبات اسانس بوده و بالاترین میزان اسانس از برداشت تاریخ 24 مه به میزان 0/04 درصد به‌دست‌آمده است. مقدار روغن سپس یک کاهش تدریجی در تاریخ‌های بعدی برداشت به میزان 0/032 درصد را نشان داد[11]. پژوهشی به‌منظور به دست آوردن الگوریتمی برای تشخیص عیوب ظاهری و درجه‌بندی محصول گوجه‌فرنگی و ارائه سامانه‌ی کارآمد در این زمینه صورت گرفته است. سامانه با در نظر گرفتن هم‌زمان سه سطح رنگ، اندازه و سلامت، نمونه‌ها را دریکی از دسته‌های تعریف‌شده قرارداد. میزان دقت در هر سطح برای قبل و بعد از آموزش، نشان از ارتقا ده‌درصدی کیفیت تشخیص و درجه‌بندی در شرایط پس از آموزش داشت که این میزان برای درجه‌بندی‌های رنگ، اندازه ، بافت نهایی به ترتیب برابر 89 ٪، 81٪، 95٪ و 81 ٪ می‌باشند [5].

در تمامی پژوهش‌ها و مجموعه فعالیت‌های علمی صورت گرفته تا به امروز که تعدادی از آن‌ها پیش‌تر مرور شد هیچ‌گاه درجه‌بندی گل محمدی با سامانه ماشین بینایی صورت نگرفته است و تنها تلاش‌هایی برای استخراج مواد مؤثره گل محمدی در آزمایشگاه با روش‌های مختلفی که مستلزم صرف وقت و هزینه زیادی می‌باشد انجام‌گرفته است. این در حالی است که درجه‌بندی گل محمدی قبل از ورود به کارخانه‌های فرآوری همواره یکی از دغدغه‌های خریداران بوده است. توجه به همه موارد برشمرده شده مبین این موضوع است که توسعه و ارزیابی سامانه‌ای برای دسته‌بندی گیاه دارویی گل محمدی بر اساس ماشین بینایی ضروری خواهد بود.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

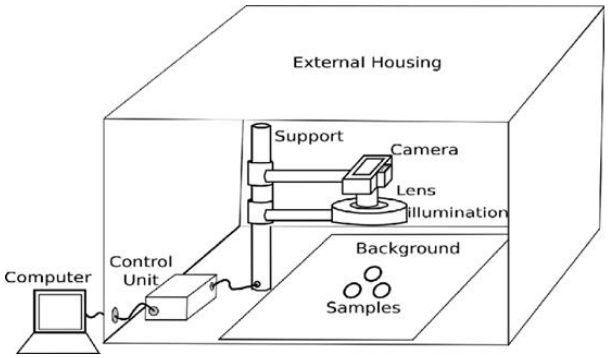
برای اجرای این تحقیق، چهار ژنوتیپ معروف گل محمدی از سطح مزارع گل محمدی استان لرستان جمع‌آوری شد. این چهار ژنوتیپ عبارت‌اند از: کاشان، کرمانشاه ، کرمان و کردستان. گل تازه دارای خواص فیزیکی ناپایداری است و هرچند دقیقه امکان تغییر در ویژگی‌های بافت ابعاد و رنگ آن وجود دارد. لذا برای آن‌که در طول تصویربرداری تمام پارامترهای ظاهری به‌صورت یکسان حفظ گردد گل‌ها در شرایط یکسان و به‌صورت سنتی در مقابل نور آفتاب و مجاورت باد خشک شدند. از هر

ژنوتیپ 18 دسته 20 گرمی به‌صورت تصادفی جدا شد و توسط فرد خبره بر اساس رنگ ، بافت گلبرگ و ابعاد ظاهری در سه دسته‌بندی کیفی الف، ب و ج قرار گرفت. این نمونه‌ها به‌عنوان شاهد انتخاب شدند و به ترتیب گروه الف بهترین درجه کیفی و گروه ج کم‌ترین کیفیت را دارا بودند.

ساخت سامانه ماشین بینایی

در این پژوهش از یک سامانه ماشین بینایی استفاده شد که دارای پنج جزء اصلی الف) نورپردازی، ب) دوربین، ج) محفظه تصویربرداری، د)گیرنده تصویر(به‌منظور ذخیره‌سازی تصویر)، ه) سخت‌افزار و نرم‌افزار رایانه‌ای بود . سامانه ماشین بینایی همانند چشم انسان به‌شدت تحت تأثیر سطح و کیفیت نورپردازی قرار می‌گیرد، لذا بخش نورپردازی تأثیر زیادی روی کیفیت و وضوح تصویر می‌گذارد و نیز نقش مهمی در کیفیت و بازده دستگاه ایفا می‌کند[8]. برای جلوگیری از کاهش وضوح تصویر با استفاده از تعداد لامپ LED نورپردازی انجام و از یک فیلتر نوری متناسب استفاده شد. در ماشین بینایی عمل تصویربرداری اغلب با استفاده از یک دوربین CCD انجام می‌شود. در این پژوهش از یک دوربین دیجیتال (Hipeak) برای تصویربرداری از نمونه‌های گل محمدی استفاده شد چراکه تصاویر گرفته‌شده با این دوربین‌ها ویژگی‌های تصویر را با حداقل خطا حفظ می‌کنند. با توجه به اینکه پردازش تصویر و ماشین بینایی از تکنولوژی‌های حال حاضر دنیا می‌باشد، عمده‌ترین کار در این پژوهش استفاده از ماشین بینایی برای استخراج ویژگی‌های نمونه گل محمدی موردنظر در تصاویر دیجیتال با استفاده از این فناوری‌ها است. تصاویر گرفته‌شده در ابعاد 3000*4000 پیکسل و با فرمت jpeg ذخیره شد. تصاویر دیجیتال اخذشده جهت پردازش توسط نرم‌افزار متلب به کامپیوتر انتقال داده شدند.

تصویر 1 – دوربین Hipeak با لنز 3.5-8mm1:1.4 1/3”cs



تصویر 2 – نمایی از اجزا یک سامانه ماشین بینایی

پردازش تصویر و تحلیل داده‌ها

مجموعه عملیات و روش‌هایی که به‌منظور کاهش عیوب و افزایش کیفیت ظاهری تصویر مورداستفاده قرار می‌گیرد، پردازش تصویر نامیده می‌شود. اگرچه حوزه‌های کار با تصویر بسیار وسیع است ولی عموماً محدوده مورد توجه در چهار زمینه‌ی بهبود کیفیت ظاهری (Enhancement)، بازسازی تصاویر مختل شده (Restoration)، فشردگی و رمزگذاری تصویر (Compression and Coding) و درک تصویر توسط ماشین (Understanding) متمرکز می‌گردد. تصاویر ورودی در نرم‌افزار متلب در ابتدا به‌صورت رنگی بودند که برای انجام عملیات پردازشی جهت استخراج اطلاعات، در مرحله اول به تصویر خاکستری درآورده شدند و سپس با آستانه گذاری بر روی تصویر خاکستری، تصویر به‌صورت سیاه‌وسفید (صفر و یک) به نمایش درآمد. شایان‌ذکر است که برای حذف نوفه تصاویر قبل از انجام آنالیز، پیش‌پردازش صورت گرفت. این

پیش‌پردازش شامل حذف کامل پس‌زمینه و داشتن تصویری شفاف و کامل از سطح رویه نمونه می‌باشد. ویژگی‌های مستخرج از تصاویر شامل سه دسته هستند؛ ویژگی‌های اندازه، ویژگی‌های بافت و ویژگی‌های رنگی. برای محاسبه مساحت نمونه‌ها، تصویر سیاه‌وسفید حاصل فراخوانی می‌شوند و با شمارش تعداد پیکسل‌هایی که دارای مقادیر سفید معادل یک باشند، مقدار مساحت محاسبه می‌گردد. در صنعت مواد غذایی تحلیل و اندازه‌گیری رنگ نمونه‌ها ضروری است. بدین منظور تقسیم‌بندی مبتنی بر تست پنل که از تجربیات فرد خبره نشأت می‌گیرد ازلحاظ رنگ ظاهری برای تخمین میزان مرغوبیت گل محمدی یک تقسیم‌بندی را انجام می‌دهد. با استناد به این تقسیم‌بندی که به‌صورت دیداری می‌باشد می‌توان تفسیری از میزان رنگ گل محمدی را در مقابل مرغوبیت آن ارائه کرد. مشخصات رنگی در این مرحله از تصویر به‌صورت میانگین مؤلفه‌های رنگی (RGB) گل محمدی و درصد آن‌ها به دست آمد که در ادامه به ذکر چگونگی این محاسبات پرداخته می‌شود. بر روی تصاویر اخذشده ابتدا باید پردازش‌هایی انجام شود تا بتوان در مرحله‌ی اول نقاطی از تصویر را برجسته کرد که واقعاً جزو نواقص محسوب می‌شوند. بدین منظور ضرایبی بر ترکیب رنگی اعمال گردید که تصویر را به دوبخشی تبدیل کرد که سالم از ناسالم جدا شد. نواقص موردنظر عبارت‌اند از آفت‌زدگی گلبرگ، سیاه شدن و یا کپک زدن گلبرگ، پژمردگی، پاره شدن سطح لطیف گلبرگ و سفیدی حاصل از آب‌زدگی و آفتاب خوردگی.

تصویر 3 –یک نمونه گل محمدی انتهاب شده برای طبقه‌بندی

کانال‌های R ، G و B به ترتیب نشان‌دهنده کانال‌های آبی و قرمز و سبز بوده و به‌طور مستقیم از تصاویر RGB استخراج شدند. در فضای HSI مؤلفه (Hue) رنگ خالص، اما مؤلفه اشباع (Saturation) میزان رقیق شدن رنگ توسط نور سفید را نشان می‌دهد. مزیت اصلی این مدل رنگ مجزا بودن مؤلفه شدت (Intensity) از اطلاعات رنگ در تصویر می‌باشد [9]. که محاسبه کانال‌های I ، H و S با استفاده از معادلات 1الی 4 انجام شد[7]:

$$h = \begin{cases} \theta \text{ if} & B < G \\ 360 - \theta \text{ if} & B \geq G \end{cases} \quad (1)$$

$$\theta = cos^{-1}\left\{\frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2+(R-B)(G-B)]^{\frac{1}{2}}}\right\} \quad (2)$$

$$Saturation(s) = 1 - \frac{3*\min(R.G.B)}{(R+G+B)} \quad (3)$$

$$ntensity(I) = \frac{1}{3}(R + G + B) \qquad (4)$$

در فضای رنگی L*a*b یا CIE LAB، L*، a* و b* به ترتیب معرف روشنایی، دامنه رنگ از سبز به قرمز و دامنه رنگ از آبی به زرد می‌باشد[7]. تصویر مقیاس بندی شده با استفاده از تابع g به مقادیر XYZ tristimulus تبدیل می‌شود.

$$XYZ\begin{pmatrix}0.4124 & 0.3575 & 0.1804\\ 0.2126 & 0.7151 & 0.0721\\ 0.0193 & 0.1191 & 0.9504\end{pmatrix} g(RGB_S)$$

$$g(x) = 100\begin{cases}(\frac{x + 0.055}{1.055})^{2.4} & x > 0.04045\\ \frac{x}{12.92} & x \le 0.04045\end{cases}$$

مقادیر XYZ tristimulus با استفاده از تابع h طبق روابط به مقادیر L*a*b* تبدیل می‌شود.

$$L* = 116h\left(\frac{Y}{Y_R}\right) - 16$$

$$a* = 500[h\left(\frac{X}{X_R}\right) - h\left(\frac{Y}{Y_R}\right)]$$

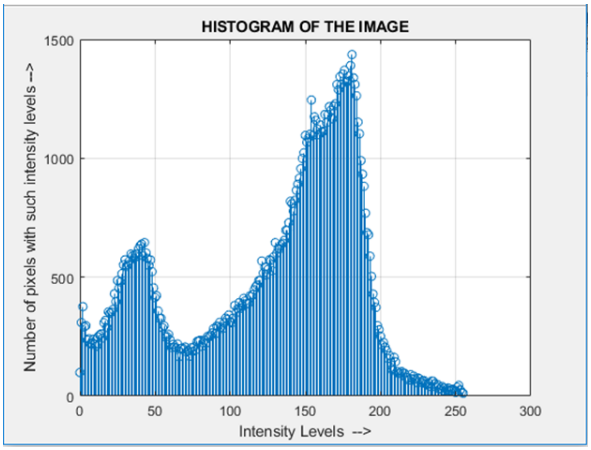
$$b* = 200[h\left(\frac{Y}{Y_R}\right) - h(\frac{z}{z_R})]$$

$$h(x) = \begin{cases}x^{\frac{1}{3}} & x > (\frac{6}{29})^3\\ \frac{1}{3}(\frac{29}{6})^2 x + \frac{4}{29} & x \le (\frac{6}{29})^3\end{cases}$$

ویژگی‌های هیستوگرام بنیادی‌ترین روش استخراج بافت بوده و نمایش‌دهنده اطلاعاتی مرتبط با مشخصات توزیع سطح خاکستری برای تصویر می‌باشد. هیستوگرام نرمال روی تصاویر مقیاس خاکستری از رابطه $p(z_i)$ به دست می‌آید:

$$p(z_i) = \frac{H(z_i)}{N}$$

که در آن Z متغیر تصادفی نشان‌دهنده شدت، $H(z_i)$ هیستوگرام متناظر تصویر ، N تعداد کل درایه‌های موجود در ماتریس تصویر مقیاس خاکستری و $p(z_i)$ هیستوگرام نرمال شده تصویر مقیاس خاکستری می‌باشد[13].



تصویر 4 – هیستوگرام رسم شده از تصویر با نرم‌افزار matlab

ماهیت مستطیلی تصاویر دیجیتال (ماتریس پیکسل‌ها) و شکل نامنظم گلبرگ‌ها موجب شد تا پیکسل‌های پس‌زمینه ناخواسته موجود در تصویر با شدت صفر از هیستوگرام تصاویر حذف گردیدند.

طبقه‌بندی

سیستم ANFIS یک شبکه عصبی چندلایه مبتنی بر سیستم‌های فازی است. درواقع یک تکنیک عصبی- فازی است که از ادغام بین شبکه عصبی و سیستم استنتاج فازی (FIS) ساخته‌شده است. در این مقاله سیستم استنتاج فازی (ANFIS) با استفاده از 72 مجموعه داده برای پیش‌بینی کیفیت گل محمدی استفاده‌شده است. به‌منظور مدل‌سازی شبکه، داده‌ها به‌صورت تصادفی به دو گروه که 70٪ (49 داده) آن برای آموزش و 30٪ (21داده) آن برای ارزیابی مدل‌ها مورداستفاده قرار گرفت. از نرم‌افزار Matlab R2017b برای طراحی شبکه استفاده شد. شاخص‌های کمی بسیاری برای ارزیابی شبکه‌های مورداستفاده و قدرت مدل برای پیش‌بینی کیفیت گل محمدی مورداستفاده قرار گرفت. معیارهایی ازجمله همبستگی (R^2)، شاخص میانگین مربعات در این روابط T_i و T_p مقدار اندازه‌گیری واقعی و خروجی، T_m میانگین مقادیر پیش‌بینی‌شده، N تعداد کل داده‌ها می‌باشد. خطا (MSE)، میانگین خطای نسبی (ε) برای تعیین کیفیت عملکرد شبکه در این پژوهش استفاده شد[10].

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^{N}(T_i - T_m)^2] - [\sum_{i=1}^{N}(T_i - T_P)]}{[\sum_{i=1}^{N}(T_i - T_m)^2]}$$

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(T_i - T_p)^2$$

$$\varepsilon = \frac{100}{N}\sum_{i=1}^{N}(Ti_T_P)$$

ماتریس اغتشاش شامل اطلاعات مطلوب و یا واقعی و اطلاعات تخمین زده‌شده توسط طبقه بند می‌باشد. تصویر 5 ماتریس اغتشاش یک طبقه بند 3 دسته‌ای را نشان می‌دهد که ستون‌ها نشان‌دهنده دسته‌های مطلوب و ردیف‌ها دسته‌های تخمین زده داده توسط طبقه بند می‌باشند .

$C \backslash S$	S_1	S_2	...	S_l	Sums
C_1	n_{11}	n_{12}	...	n_1	a_1
C_2	n_{21}	n_{22}	...	n_2	a_2
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮	⋮
C_k	n_{k1}	n_{k2}	...	n_{kl}	a_k
Sums	b_1	b_2	...	b_l	

تصویر 5 – جدول ماتریس اغتشاش برای این پژوهش به‌صورت پارامتری

ماتریس اغتشاش روشی برای ارزیابی عملکرد طبقه‌بندی در تشخیص داده‌ها یا مشاهدات دسته‌های مختلف می‌باشد.
شاخص‌های آماری نظیر دقت، صحت، حساسیت، اختصاصی بودن و سطح زیر منحنی به‌منظور ارزیابی طبقه بند جهت تخمین نوع ژنوتیپ گل محمدی از طریق روابط الی محاسبه شدند :

$$\text{Accuracy}=\frac{ntp+ntn}{ntp+ntn+npn}$$

$$Sensitivity = \frac{ntp}{ntp + nfn}$$

$$Specification = \frac{ntn}{ntn + nfp}$$

$$Precision = \frac{ntp}{ntp + nfp}$$

n_{ks} : مشخص‌کننده تصاویری است که توسط طبقه بند C_k در دسته k ام طبقه‌بندی‌شده‌اند .

tp : تصمیمات مثبت صحیح

fp : تصمیمات مثبت ناصحیح

tn : تصمیمات منفی صحیح

fn : تصمیمات منفی ناصحیح

نتایج و بحث :

در این پژوهش نمونه‌های گل محمدی با روش سنتی خشک شدند. با استفاده از یک روش استاندارد از آن‌ها تصویربرداری شد. سپس عملیات پیش‌پردازش، تغییر فضاهای رنگ و استخراج ویژگی‌های بافت و مساحت رویه گلبرگ‌های خشک‌شده از کانال‌های مختلف فضاهای رنگی به دست آمد. این مقاله یک مطالعه تجربی و کاربردی برای تعیین کیفیت گل محمدی با 4 ژنوتیپ مختلف است. برای بهینه‌سازی ساختار شبکه نیز از سه تابع فعال‌سازی ، تابع سیگموئید لگاریتمی (LOGSIG)، تابع خطی (PURLIN) و تانژانت هایپربولیک سیگموئید (TANSIG) استفاده شد. در تجزیه‌وتحلیل ANFIS ، مانند سایر مدل‌های مورداستفاده، بهترین معماری باید طراحی شود. برای دستیابی به این هدف، مدل‌های مختلف ANFIS با استفاده از روش آزمون‌وخطا طراحی‌شده‌اند تا تعداد قوانین فازی در خروجی تعیین شود. این مدل از سه تابع عضویت trimf ، Gaussmf و trapmf استفاده کرد. تعداد قوانین تابع عضویت‌ها از 3 تا 5 متغیر بود. تابع عضویت گاوسی به‌عنوان یک تابع عضویت به‌طور

گسترده در مدل‌سازی این پژوهش مورداستفاده قرار گرفت. مشاهده شد که نوع گاوسی (Gaussmf) که با توجه به مقادیر MSE و R^2 نسبت به انواع تابع عضویت‌ها بسیار مناسب است. در جدول (1) نتایج ANFIS برای کیفیت‌سنجی نمونه‌ها آورده شده است.

جدول 1- نتایج آرایش‌های مختلف ANFIS در برآورد کیفیت

نوع توابع عضویت برای هر ورودی	تعداد توابع عضویت برای هر ورودی	MSE	R^2	ε
Gaussmf	3-3-3	0/0029	0/9915	2/61
trimf	3-3-3	0/0041	0/9902	2/74
trapmf	3-5-3	0/0084	0/8989	2/01

نتیجه‌گیری :

در این پژوهش با به‌کارگیری تکنیک پردازش تصویر در ترکیب با سامانه استنتاج عصبی فازی ، کیفیت گل محمدی ارزیابی شد. بدین ترتیب که در شرایط استاندارد از 72 نمونه گل محمدی خشک‌شده عکس‌برداری شد. پس از انجام عملیات پیش‌پردازش، تصاویر به فضاهای رنگی *RGB* ، *HSI* و *L*a*b** انتقال یافت و پس از استخراج ویژگی‌های آماری بافت تصاویر از هر یک از کانال‌های مذکور، طبقه‌بندی تصاویر به کمک سامانه ANFIS انجام شد. ضریب تبیین برای هر نمونه محاسبه و موردبررسی قرار گرفت. دقت عملکرد ANFIS (R^2=0/9915) به دست آمد. بنابراین استفاده از تکنیک پردازش تصویر مبتنی بر هوش مصنوعی برای تعیین ژنوتیپ گل محمدی با دقت قابل قبولی می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد.

منابع

1. حاجی زاده، مهدی، 1387. درجه‌بندی میوه گردو با استفاده از ماشین بینایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
2. سلطانی کاظمی، مریم و سامان آبدانان مهدی زاده، ۱۳۹۵. ساخت، توسعه و ارزیابی سامانه جداکننده توت‌فرنگی با استفاده از تکنولوژی بینایی، دومین همایش ملی مکانیزاسیون و فناوری‌های نوین در کشاورزی، اهواز، موسسه عالی سیمای دانش، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان،
3. شجاعیان, مینا؛ تیمور توکلی هشجین؛ احمد بناکار و سهامه شفیعی، ۱۳۹۶، طبقه‌بندی کیفی انجیر با کاربرد روش ظرفیت سنج خازنی (دی‌الکتریک) و شبکه‌های عصبی مصنوعی، اولین همایش ملی صنایع فرآوری محصولات کشاورزی، کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان
4. مهدی زاده برزکی, زهرا و هما بهمدی، ۱۳۹۸، گل محمدی خواص، کاربردها، چالش ها، ششمین همایش ملی گیاهان دارویی طب سنتی وکشاورزی ارگانیک، همدان-مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، انجمن علمی پژوهشی دانش پژوهان بوعلی سینا - مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان.
5. Arakeri, M.P, Lakshmana. (2016). Computer-Vision-Based Fruit Grading System for Quality Evaluation of Tomato in Agriculture industry. Procedia Computer Science, 45(79), 426-433.
6. Baydar, H., Baydar, N.G., 2004. The effects of harvest date, fermentation duration and Tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (Rosa damascena Mill.). Industrial crops and products 21, 251–255.

7. Chaudhary, P. Chaudhari, A. K. Dr. Cheeran, A. N and Godara. Sh. (2012). Color Transform Based Approach for Disease Spot Detection on Plant Leaf., International journal of computer science and telecommunications, 3:6, 65-70
8. Duran, C., Baldovino, D. (2009). Monitoring System to Detect the Maturity of Agro-industrial Products Through of an Electronic Nose. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 1(13), 1-8.,3:11
9. El Barbri, N. Halimi, A and Rhofir, K. (2014). A Nondestructive Method Based on an Artificial Vision for Beef Meat Quality Assesement., International journal of innovative research in electrical, electronics, instrumentation and control engineering. 2:10, 2060-2063.
10. Gonzalez, R.C., Woods, R.E. and Eddins, S.L. (2002). Digital Image Processing (2nd ed.). Prentice Hall:New Jersey
11. Mahboubifar, M., Shahabipour, S., Javidnia, K. (2014). Evaluation of the Valuable Oxygenated Componentsin Iranian Rose Water. International Journal of ChemTech Research, 6, 42-48.
12. Moazeni, M.; Larki, s.; Saharkhiz, M. J.; Oryan, A., Ansari Lari, M., Mootabi Alavi, A. (2014). In vivo study of the efficacy of the aromatic water of Zataria multifloraon hydatid cysts.
13. Taheri-Garavand, A. Ahmadi, H. Omid, M. Mohtasebi, S.S. Mollazade, K. Russell Smith, A. J. and Charlemagne, G. M. (2015). An intelligent approach for cooling radiator fault diagnosis based oninfrared thermal image processing technique. Applied Thermal Engineering, 87, 434-443