

تشخیص و تعیین شدت بیماری سفیدک داخلی برگ‌های خیار گلخانه‌ای به روش پردازش تصویر

رضا محمدی گل^۱ و عادل بخشی پور زیارتگاهی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۶

۱- گروه آموزشی مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه اراک

۲- گروه آموزشی مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

*مسئول مکاتبه: abakshshipour@shirazu.ac.ir

چکیده

سفیدک داخلی کدوئیان یکی از بیماری‌های مهم خیار در مناطق مرطوب و گلخانه‌ها محسوب می‌شود و اگر به موقع تشخیص داده نشود، می‌تواند منجر به خسارت‌های شدیدی به کمیت و کیفیت محصول شود. در این پژوهش، امکان استفاده از روش تحلیل تصویر در تعیین بیماری سفیدک داخلی خیار گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر از برگ گیاهان آلوده در مراحل مختلف ابتلا به بیماری تهیه شدند و جهت پردازش در جعبه ابزار پردازش تصویر نرم افزار متلب پردازش شدند. تصاویر رنگی به فضاهای رنگی مختلف انتقال داده شدند و مؤلفه‌های رنگی توسط آنالیز تشخیصی مورد بررسی قرار گرفتند. مؤلفه رنگی Cr برای تشخیص لکه‌های بیماری مناسب تشخیص داده شد و برای توسعه الگوریتم مورد استفاده قرار گرفت. دقت الگوریتم تشخیصی در شناسایی نقاط آلوده برگ برابر با ۹۷/۴±۱/۴ درصد بود. برای طبقه‌بندی شدت بیماری نیز از آنالیز تشخیصی استفاده شد. نتایج نشان دادند که پردازش تصویر روشی مناسب برای تشخیص دقیق بیماری سفیدک داخلی برگ خیار گلخانه‌ای است. هم‌چنین آنالیز تشخیصی ابزار مناسبی برای طبقه‌بندی شدت بیماری در تصاویر منته‌جه از پردازش تصویر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز تشخیصی، پردازش تصویر، خیار گلخانه‌ای، سفیدک داخلی

خیار گیاهی یکساله، دو جنسی، یک پایه و دو لپه‌ای و از اقتصادی‌ترین گیاهان متعلق به تیره کدوئیان می‌باشد (رنجیر و همکاران، ۱۳۸۷). از بین تولیدات گلخانه‌ای کشور ایران، خیار بالاترین سطح زیر کشت را دارا است (نصوحی، ۱۳۸۰).

از شایع‌ترین بیماری‌های قارچی در کشت خیار گلخانه‌ای بیماری سفیدک داخلی یا سفیدک دروغی^۳ می‌باشد که عامل آن نوعی قارچ بنام "سدو پرنوسپورا کوبنسیس"^۴ است. این بیماری در سال ۱۸۶۸ در کوبا گزارش گردید (چاپ و شرف^۵، ۱۹۸۰). این بیماری در ایران ابتدا در سال ۱۳۴۲ از روی خیار و خربزه در استان‌های گیلان و مازندران و سپس در مزارع جالیز استان اصفهان مشاهده شد (بهداد، ۱۳۶۹). علائم سفیدک داخلی ابتدا روی سطوح فوقانی برگ‌ها به صورت مناطق کوچک زرد روشن تا کدر ظاهر می‌گردد. زخم‌ها ابتدا روی برگ‌های پیر نزدیک طوقه گیاه بوجود می‌آید و بتدریج به برگ‌های جوان در حال توسعه حرکت می‌کنند. از تعداد ۴۵ رقم داخلی و خارجی که برای

۱- مقدمه

تقاضای جهانی برای محصولات کشاورزی از میزان تولید آن بیشتر است، بنابر این باید مدیریت تولید جهانی محصولات کشاورزی کارآمد تر از پیش باشد (ویتزکه و همکاران^۱، ۲۰۰۸).

کشت گلخانه‌ای یکی از مهمترین روش‌های این نوع کشاورزی می‌باشد و با توجه به پتانسیل‌ها و شرایط موجود کشور رو به افزایش است. از مزایای این روش، تولید محصول بیشتر در واحد سطح است به طوری که در یک سطح برابر نسبت به زراعت‌های معمول میزان محصول می‌تواند تا ده برابر بیشتر باشد (باکر^۲، ۱۹۹۹).

یکی از مهمترین چالش‌های پیش روی تولیدات گلخانه‌ای در ایران علاوه بر مسائل تخصصی و فنی استفاده بی‌رویه از سموم و آفت کش‌های شیمیایی در تولید این محصولات می‌باشد و پی‌آمد این عمل کاهش سلامت محصول و به تبع آن پایین آمدن بازارپسندی آن می‌باشد.

³Downy Mildew

⁴Pseudoperonospora cubensis

⁵Chupp and Sherf

¹Witzke et al

²Bakker

استفاده از تکنولوژی‌های نوین، یک رویکرد امید بخش برای بهینه‌سازی تولید محصولات کشاورزی و زراعی است. مطالعات نشان می‌دهند که می‌توان از روش پردازش تصویر در تشخیص بیماری به طور موفقیت‌آمیزی استفاده نمود (ویژنگ و همکاران، ۲۰۰۸؛ ال-هالی و همکاران^۷، ۲۰۰۴). از تکنولوژی ماشین بینایی در زمینه‌های کپک پودری و تخمین خسارت وارده بر برگ ناشی از کرم‌های عنکبوتی^۸ استفاده شده است (مویا و همکاران^۹، ۲۰۰۵؛ اسکلدوا و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۶).

کامارگو و اسمیت (۲۰۰۹) از پردازش رنگی تصویر برای تشخیص علائم بیماری گیاه استفاده کردند. نتایج نشان دادند که الگوریتم ارائه شده توانایی تشخیص قسمت آسیب دیده گیاه را دارا می‌باشد. پاتیل و بودده^{۱۱} (۲۰۱۱) کاربرد پردازش تصویر را در تشخیص و تعیین شدت بیماری قارچی در سطح برگ نیشکر بررسی کردند. آن‌ها شدت بیماری را با محاسبه نسبت مساحت قسمت آسیب دیده به مساحت کل برگ به دست آوردند و برگ‌ها از لحاظ شدت بیماری در پنج گروه دسته‌بندی شدند. دقت آزمایش به مقدار ۹۸/۶٪ نشان داد که این روش برای محاسبه شدت بیماری برگ سریع و دقیق است. با توجه با نکات ذکر شده هدف کلی این تحقیق عبارت بود از بررسی امکان استفاده از پردازش رنگی تصاویر به منظور تشخیص نقاط آسیب دیده از بیماری سفیدک داخلی در سطح برگ‌های خیار گلخانه‌ای.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

بذور خیار گلخانه‌ای در گلدان‌های کاغذی مخصوص تولید نشاء کاشته شد و در شرایط حرارتی ۱۸ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد و دوره روشنایی ۱۴ ساعته پرورش یافت. پس از رسیدن نشاءها به رشد مناسب تعداد ۲۰ عدد از آنها به محل اصلی انتقال داده شدند. بعد از اینکه گیاه به مرحله ۶ برگگی رسید عملیات آلوده‌سازی انجام شد. به منظور آلوده کردن نمونه‌های آزمایش، عامل قارچی از برگ خیار یکی از گلخانه‌هایی که آلوده به سفیدک داخلی بود گرفته شد. عامل بعد از عبور از پارچه ململ در ارلن مایر جمع‌آوری شد. اسپورانتیوم‌ها به میزان ۵۰۰۰ اسپور در میلی‌لیتر با استفاده از لام هموسیتومتر شمارش شدند. سوسپانسیون فوق به وسیله اسپری دستی روی برگ‌های اول و دوم نمونه بوته‌های

بررسی مقاومت به سفیدک داخلی مورد آزمایش قرار گرفتند، همه ارقام به جز هیبرید ژاپنی به این بیماری حساس بودند (الهی نیا، ۱۳۷۲). از آنجائی که شرایط وقوع و شیوع بیماری (رطوبت و دما) در گلخانه مهیا است، تصمیمات سریع و زود هنگام برای کنترل آفات و بیماری‌ها بمنظور جلوگیری از خسارات جبران ناپذیر ضروری است و در صورت عدم تشخیص اولیه و پیشرفت بیماری، کنترل بیماری مستلزم کاربرد مقدار قابل توجهی قارچکش می‌باشد (لنترن و وُتس^۱، ۱۹۸۸). در حال حاضر پرورش دهندگان خیار گلخانه‌ای برای کنترل این بیماری هر ۵-۷ روز یکبار اقدام به سمپاشی محصول با قارچ‌کش‌های متنوعی مانند ریدومیل ام-زد، زینب، مانب، مانکوزب، اکسی کلرور مس و اکویشن پرو می‌نمایند (ارشاد، ۱۳۴۳؛ اعظمی ساردوئی و همکاران، ۱۳۷۳). هر چه مبتلا شدن گیاه به بیماری در مراحل اولیه تشخیص داده شود به همان نسبت سموم کمتر با راندمان بیشتر مصرف خواهند شد.

پایش محصولات برای تشخیص بیماری‌های گیاهی دارای نقشی مهم و کلیدی در یک کشت موفق می‌باشد. استفاده از کارشناسان و تشخیص بیماری با چشم غیر مسلح معمول‌ترین روشی است که در عمل انجام می‌شود (ویژنگ و همکاران^۲، ۲۰۰۸). با این وجود دقت این روش وابسته به شخص انجام دهنده کار بوده، نیاز به تجربه بالایی دارد و در مقیاس بزرگ روشی طاقت فرسا، زمانبر و غیر قابل اجرا است. بنابراین، بررسی یک روش سریع، ارزان قیمت و دقیق برای تشخیص بیماری گیاه از اهمیت بسزایی برخوردار است (کامارگو و اسمیت^۳، ۲۰۰۹). به‌کارگیری ماشین بینایی^۴ و پردازش تصویر در دهه‌های اخیر رشد فزاینده‌ای در زمینه‌های مختلف یافته است. در اواخر دهه ۱۹۷۰ از تکنولوژی ماشین بینایی در تحقیقات کشاورزی استفاده شده و به تدریج افزایش یافته است (مشعشعی و همکاران^۵، ۲۰۰۸). تشخیص بیماری‌های گیاهی توسط ماشین بینایی امکان شناسایی و درمان بیماری در مراحل اولیه آن را فراهم می‌کند (هیلنهوتر و مهلاين^۶، ۲۰۰۸). ماشین بینایی ابزاری است که می‌تواند در تشخیص خصوصیات ظاهری دقیق عمل نماید. در صورتی که ارتباط محکمی بین خصوصیات کیفی با خصوصیات ظاهری وجود داشته باشد می‌توان ماشین بینایی را برای تعیین خصوصیات کیفی محصول نیز به کار گرفت (بخشی پور، ۱۳۸۹).

¹Lenteren, and Woets

²Weizheng *et al*

³Camargo, A. and Smith

⁴Machine vision

⁵Moshashai *et al*

⁶Hillnhuetter and Mahlein

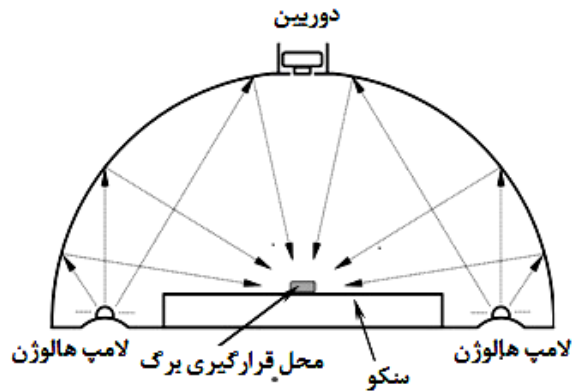
⁷El-Hally *et al*

⁸Spider mites

⁹Moya *et al*

¹⁰Skaloudova *et al*

¹¹Patil and Bodhe



شکل ۱- اتاقک نورپردازی و عکس برداری از برگ خیار گلخانه‌ای



الف



ب

شکل ۲- الف) گلخانه آلوده به بیماری سفیدک داخلی ب) نمونه تصویر تهیه شده از سطح برگ خیار گلخانه‌ای آلوده به بیماری سفیدک داخلی

خیار به اندازه‌ای که سطح برگ خیس شود اما جاری نگردد پاشیده شد (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۷). بعد از ۸ تا ۱۰ روز علائم بیماری سفیدک داخلی بر روی برخی برگ‌ها مشاهده شد. تصاویر در طی چند روز از برگ‌های خیار گلخانه‌ای دارای شدت‌های مختلف آلودگی تهیه شد.

۲-۲- عکس برداری

برای تهیه عکس‌ها از اتاقک نورپردازی با تابش غیرمستقیم که اصطلاحاً آسمان ابری نامیده می‌شود استفاده گردید (شکل ۱). سطح داخلی این اتاقک گنبدی شکل سفید رنگ بوده و نمونه‌های مورد عکس برداری در زیر آن قرار می‌گیرند. لامپ‌ها در محیط اطراف سکوی عکس برداری قرار می‌گیرند. پرتو لامپ‌ها پس از برخورد به سطح داخلی گنبد منعکس شده و بر روی نمونه تابیده می‌شوند. از آنجا که پرتوهای بازتابش شده از همه طرف بر روی سطح برگ تابیده می‌شوند هیچ سایه‌ای در اطراف آن تشکیل نمی‌شود. جهت اخذ تصاویر رنگی از دوربین دیجیتال مدل Canon IXUS 960IS با وضوح ۵ مگاپیکسل استفاده شد که در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری در بالای نمونه‌های مورد آزمایش قرار داده شده بود. تصاویر دیجیتال اخذ شده از سطوح برگ (شکل ۲، ب)، جهت پردازش توسط نرم افزار متلب^۱، به کامپیوتر انتقال داده شد.

۳-۲- پردازش تصویر

تصاویر تهیه شده جهت پردازش تصویر در جعبه ابزار پردازش تصویر نرم افزار متلب فراخوانی شدند. فلوچارت مراحل مختلف پردازش تصویر در این تحقیق، در شکل ۳ نشان داده شده است که در دو قالب کلی انجام شد؛ (۱) جداسازی سطح برگ از زمینه تصویر و (۲) تشخیص و تخمین شدت بیماری سفیدک داخلی در سطح برگ.

۴-۲- جداسازی برگ از زمینه تصویر

تصاویر رنگی (سبز-آبی-قرمز)^۲ در جعبه ابزار پردازش تصویر نرم افزار متلب فراخوانی شدند. با توجه به تفاوت آشکار رنگ زمینه سفید رنگ با قسمت‌های مربوط به سطح برگ گیاه در تصویر در مؤلفه آبی تصویر، این مؤلفه از تصویر اولیه استخراج شد و سپس با استفاده از مقدار حد آستانه مناسب، برگ از زمینه تصویر جدا شد. سپس تصاویر به حالت سیاه و سفید تبدیل شدند. در تصویر به دست آمده، نقاط مربوط به برگ به رنگ سیاه و نقاط مربوط به زمینه تصویر به رنگ سفید بود.

¹MATLAB

²RGB (Red-Green-Blue)

حذف اشیاء^۲ ناخواسته در تصاویر انجام گردید و پس از آن با پر کردن داخل محدوده برگ، تصویر سیاه و سفیدی به دست آمد که برای محاسبه مساحت کل برگ از این تصاویر سیاه و سفید استفاده شد.

۲-۵- تشخیص و تخمین شدت بیماری سفیدک داخلی در سطح برگ

در ابتدا با استفاده از عملیات AND منطقی بین تصویر سیاه و سفید حاصله و تصویر اولیه، تصویری به دست آمد که مقادیر عددی رنگی در زمینه تصویر برابر با صفر و مقادیر شدت رنگی مربوط به سطح برگ در این تصویر برابر با همان تصویر رنگی اولیه بود.

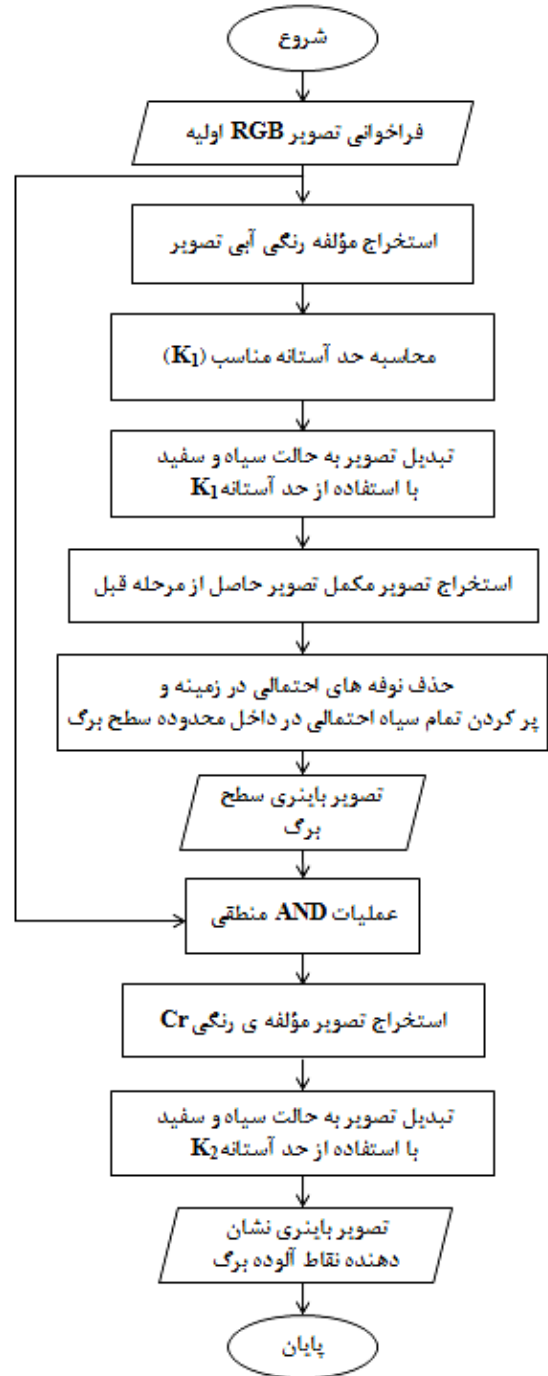
به منظور استخراج بهترین ویژگی رنگی برای تشخیص قسمت‌های سالم از قسمت‌های آلوده گیاه از آنالیز تشخیصی استفاده شد. به این ترتیب که از درون عکس‌های رنگی گرفته شده در گلخانه، و از هریک از قسمت‌های سالم و آسیب دیده سطح برگ‌ها تعداد ۱۸۰ قطعه با ابعاد ۱۰×۱۰ پیکسل جدا شدند. بنابراین در کل تعداد ۱۸۰۰۰=۱۸۰×۱۰×۱۰ پیکسل متفاوت از هر کدام از قسمت‌های سالم و بیمار سطح برگ جدا شدند. این قطعات کوچک علاوه بر فضای رنگی RGB به فضاها رنگی HSV و YCrCb نیز انتقال داده شدند و مقادیر مؤلفه‌های رنگی در سه فضای رنگی فوق از پیکسل‌های تشکیل‌دهنده قطعات استخراج شدند. در نهایت از هر یک از قسمت‌های سالم و بیمار سطح برگ تعداد ۱۸۰۰۰ داده رنگی برای هر کدام از مؤلفه‌های رنگی R, G, B, H, S, V, Cr, Cg, Cb و به دست آمد.

داده‌های رنگی استخراج شده به نرم افزار SPSS انتقال داده شدند و با استفاده از آنالیز تشخیصی مؤثرترین مؤلفه‌های متمایز کننده لکه از قسمت سالم برگ مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج آنالیز تشخیصی، مؤلفه رنگی Cr برای انجام عملیات قطعه‌بندی تصویر و جداسازی قسمت‌های آلوده از سالم سطح برگ انتخاب گردید. بنابراین، مؤلفه مذکور برای انجام عملیات قطعه‌بندی تصویر و جداسازی قسمت‌های آلوده از سطح سالم برگ استفاده شدند. نگاشت تصویر از فضای رنگی RGB به فضای رنگی YCrCb و استخراج مؤلفه Cr از طریق روابط زیر می‌باشد (میشل^۳، ۱۹۹۴):

$$Y = 0.3R + 0.6G + 0.1B \quad (1)$$

$$Cr = R - Y \quad (2)$$

پس از استخراج مؤلفه Cr، با تعیین حد آستانه مناسب، تصاویر به حالت سیاه و سفید تبدیل شدند. در تصویر حاصل، مقادیر سفید



شکل ۳- نمودار روندنمای مراحل مختلف الگوریتم

در مرحله بعد قرینه (مکمل^۱) این تصویر ایجاد شد و سپس برای اطمینان از عدم وجود هرگونه نوفه و قسمت ناخواسته، یک مرحله

²Object

³Mitchell

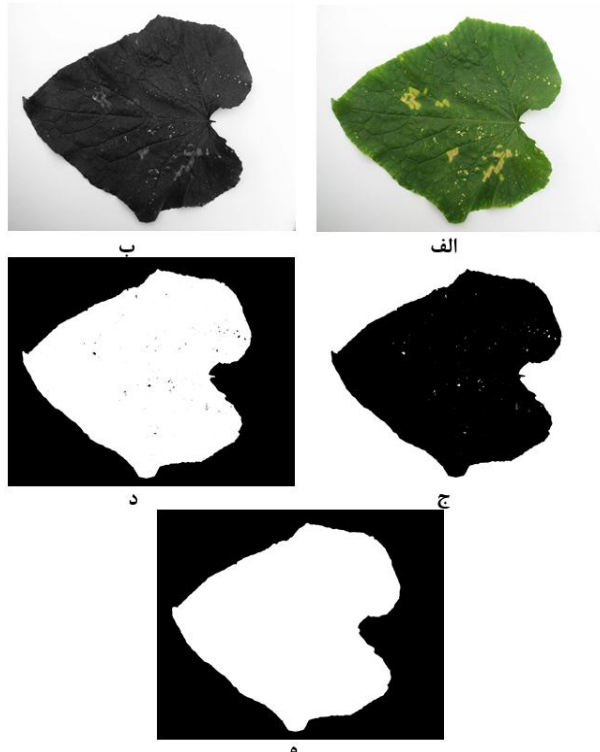
¹Complement

در کل تعداد ۲۱۷ تصویر از برگ گیاهان تهیه شد. با توجه به تقسیم‌بندی تصاویر براساس شدت بیماری برگ، حداقل تعداد اعضای گروه‌های فوق از ۱۸ عضو (در گروه ۱۱) تا ۲۴ عضو (در گروه ۸) متغیر بود.

۳- نتایج و بحث

تصاویر مربوط به مراحل مختلف جداسازی برگ از زمینه تصویر با استفاده از مؤلفه آبی در شکل ۴ نشان داده شده‌اند. همانطوری که مشاهده می‌شود، الگوریتم ارائه شده در جداسازی برگ از زمینه تصویر موفق بوده است.

همانطور که از جدول ۱ مشخص است، بیشترین مقدار طبقه‌بندی صحیح در مورد جداسازی قسمت‌های سالم و آلوده در هنگام استفاده از مؤلفه رنگی Cr به عنوان ملاک طبقه‌بندی به دست آمد. از میان ۱۸۰۰۰ داده رنگی که از پیکسل‌های مربوط قسمت‌های آلوده سطح برگ استخراج شده بودند و در آنالیز تشخیصی وارد شدند، تعداد ۱۷۹۶۴ داده رنگی توانسته‌اند در گروه خود قرار بگیرند که معادل نرخ تشخیص درستی برابر با ۹۹/۸ درصد برای لکه‌های بیماری بوده است.



شکل ۴- گالری مراحل مختلف پردازش تصویر؛ الف) تصویر رنگی اولیه، ب) تصویر مؤلفه رنگی آبی (ج) تصویر سیاه و سفید بدست آمده از تصویر (ب)، د) تصویر مکمل حاصله از تصویر قسمت (ج)، ه) تصویر سیاه و سفید نهایی

نشان دهنده لکه‌های بیماری و نقاط سیاه نماینده زمینه تصویر و قسمت سبز رنگ برگ‌ها بودند.

نرخ طبقه‌بندی صحیح عملیات آنالیز تشخیصی قسمت‌های سالم در برابر لکه‌های حاصل از بیماری سفیدک داخلی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج طبقه‌بندی قسمت‌های آلوده در برابر قسمت‌های

سالم سطح برگ		
MCR	CCR	مؤلفه رنگی
۵/۱	۸۴/۷	R
۸/۲	۷۰/۵	G
۷/۴	۷۱/۴	B
۴/۶	۹۵	H
۱۳	۵۴/۱	S
۶/۲	۸۲/۹	V
۰/۱	۹۹/۸	Cr
۰/۳	۹۸/۳	Cg
*	*	Cb

* این مؤلفه رنگی به دلیل اینکه در هر دو قسمت سالم و آلوده سطح برگ تقریباً یکسان بود توسط نرم‌افزار برای انجام آنالیز تشخیصی غیر مناسب تشخیص داده شد.

دو معیار برای انتخاب مؤثرترین مؤلفه رنگی در نظر گرفته شدند: CCR^۱: عبارتست از تعداد پیکسل‌های لکه بیماری که به درستی بعنوان لکه در نظر گرفته شده‌اند به تعداد کل پیکسل‌های لکه‌ها. MCR^۲: عبارتست از تعداد پیکسل‌های قسمت‌های سالم برگ که در هنگام تبدیل تصویر به حالت سیاه و سفید به اشتباه به عنوان لکه‌های بیماری در نظر گرفته شده‌اند به تعداد کل پیکسل‌های سبز (سالم).

در مرحله پایانی، با تعیین مساحت نقاط مربوط به بیماری و تقسیم آن به مساحت کل برگ‌ها، شدت بیماری (S) به صورت درصدی از سطح برگ تعیین شد و نمونه‌ها بر اساس این درصد سطح آلوده، در گروه‌های چهارده‌گانه مختلف: (۰)، (۱=>S>۰)، (۱=>S>۱)، (۳=>S>۱)، (۵=>S>۳)، (۱۰=>S>۵)، (۲۰=>S>۱۰)، (۳۰=>S>۲۰)، ... ، (۸۰=>S>۹۰) و (۱۰۰=>S>۹۰) قرار گرفتند (گانت^۳، ۱۹۸۷).

^۱Correct Classification Rate

^۲Misclassification Rate

^۳Gaunt

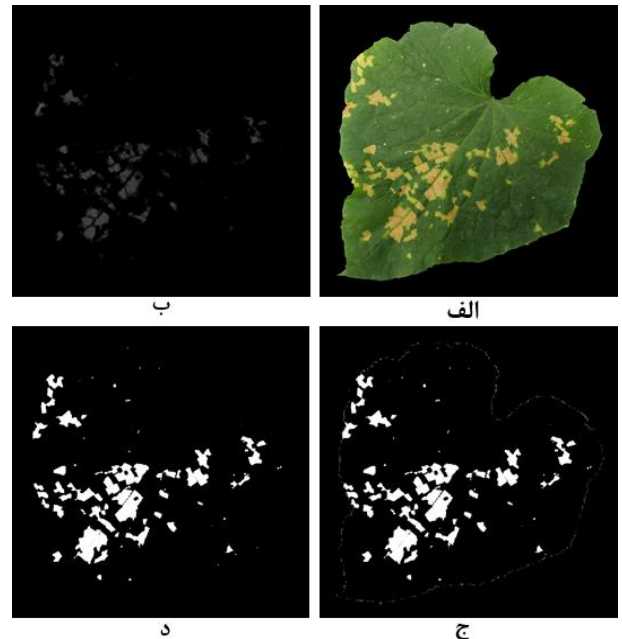
نتایج طبقه‌بندی میزان شدت بیماری توسط آنالیز تشخیصی در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. در این طبقه‌بندی ۱۴ گروه مجزا از لحاظ شدت گسترش بیماری در نظر گرفته شد. چنانکه از جدول ۲ مشاهده می‌شود، از میان ۲۱۷ داده مربوط به سطوح مختلف بیماری که به آنالیز تشخیصی وارد شده‌اند، ۲۰۷ داده توانسته‌اند در گروه خود قرار بگیرند که معادل نرخ تشخیص درستی برابر با ۹۵/۴ درصد بوده است. این نشان می‌دهد سیستم تصمیم‌گیری آنالیز تشخیصی در طبقه‌بندی سطوح بیماری موفق بوده و دقت بالایی از طبقه‌بندی را منتج شده است.

جدول ۲- نتایج طبقه‌بندی میزان شدت بیماری سفیدک داخلی در گروه‌های چهارده‌گانه

گروه	دقت طبقه‌بندی (%)													
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

نرخ تشخیص درست کل، برابر با ۹۹/۸۵ بود به این معنی که از بین ۳۶۰۰۰ داده رنگی (۱۸۰۰۰ داده رنگی مربوط به قسمت‌های سالم و ۱۸۰۰۰ داده رنگی مربوط به قسمت‌های آلوده سطح برگ) وارد شده به آنالیز تشخیصی، تنها ۵۴ داده در گروه مربوط به خود قرار نگرفتند. این نکته بیانگر تفاوت بین قسمت‌های سالم و آلوده سطح برگ از لحاظ رنگ Cr است. تصاویر مربوط به چگونگی جداسازی لکه از سطح برگ با استفاده از مؤلفه Cr در شکل ۵ نشان داده شده‌اند. این شکل دقت بالای الگوریتم جداسازی را نشان می‌دهد.

به‌منظور ارزیابی الگوریتم جداسازی نیز مقادیر MCR و CCR محاسبه شدند. به این صورت که ابتدا هر یک از قسمت‌های سالم و آلوده سطح برگ از روی تصویر نتیجه، بطور دستی با استفاده از نرم‌افزار فوتوشاپ نسخه CS6 جدا شدند. به‌همین ترتیب پیکسل‌های مربوط به قسمت‌های سالم و آلوده سطح برگ شمارش گردید سپس با تقسیم مقادیر به‌دست آمده از تصاویر دودویی نتیجه بر مقادیر به‌دست آمده از تصویر اصلی، MCR و CCR محاسبه شدند. در بین ۳۰ تصویری که به این صورت آزمایش شدند مقادیر MCR و CCR بترتیب برابر با $96/3 \pm 1/8$ درصد و $3/2 \pm 0/9$ درصد بدست آمدند. بنابراین، دقت جداسازی برابر با $97/4 \pm 1/4$ به‌دست آمد که میزان بسیار بالایی می‌باشد.



شکل ۵- مراحل مختلف تشخیص لکه از سطح برگ: الف)

تصویر حاصل از AND منطقی تصویر اولیه و تصویر باینری کل برگ، ب) تصویر مؤلفه Cr از مستخرج تصویر الف، ج) تصویر ارتفاع داده شده (اشباع نقاط غیر صفر)، د) تصویر سیاه و سفید نهایی پس از حذف نقاط مرزی

استفاده قرار گرفت. نتایج نشان دادند که می‌توان با استفاده از تکنیک-های پردازش تصویر، قسمت‌های آلوده برگ را با دقت بسیار بالایی مشخص نموده و شدت پیشرفت بیماری را معین کرد. به نظر می‌رسد با توجه به اینکه بیماری‌های گیاهی به صورت منطقه‌ای در مزرعه شیوع می‌یابند، کاربردی نمودن این روش می‌تواند منجر به حذف مشکلات مربوط به روش‌های سنتی و خطاهای انسانی ناشی از آن شود و به کشاورزان کمک می‌کند تا با تشخیص و اقدام به موقع بتوانند با تصمیم‌گیری سریع و صحیح و استفاده بهینه از آفت-کش‌ها و مواد شیمیایی، علاوه بر جلوگیری از افزایش خسارت به محصول، در وقت و هزینه نیز صرفه‌جویی نمایند. هم‌چنین می‌توان با به-کارگیری یک عملگر متصل به سامانه تشخیصی، گیاهانی که در شدت-های بالای بیماری هستند را به صورت خودکار حذف نمود تا به سایر گیاهان صدمه وارد نشود.

آنالیز تشخیصی در مورد داده‌های بسیار نزدیک به نواحی مرزی دو سطح آلودگی دارای مقدار بسیار جزئی خطا می‌باشد. دلیل این اتفاق زیاد بودن تعداد سطوح بیماری بود که باعث نزدیک بودن گروه‌های مجاور به هم شده و در نتیجه دقت طبقه‌بندی آنالیز تشخیصی با افزایش گروه‌های طبقه‌بندی کاهش می‌یابد.

۴- نتیجه‌گیری نهایی

در این تحقیق توانایی روش پردازش تصویر در تشخیص و تعیین شدت بیماری سفیدک داخلی برگ خیار گلخانه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. با استفاده از حد آستانه مناسب در مؤلفه رنگی آبی، برگ از زمینه تصویر جدا شده و مساحت آن اندازه‌گیری گردید. سپس با استفاده از آنالیز تشخیصی بهترین مؤلفه رنگی برای تشخیص بیماری در سطح برگ معین شد و برای جداسازی نقاط آلوده برگ مورد

منابع مورد استفاده

- ارشاد، ج. ۱۳۴۳. سفیدک دروغی جالیز. بیماری‌های گیاهی، جلد ۱.
- اعظمی ساردوئی، ذ. ع. شریفی تهرانی و ن. جلیانی. ۱۳۷۳. بررسی اثر چند قارچ‌کش بر روی سفیدک داخلی خیار و شناسایی سایر میزبان‌های آن در منطقه جیرفت. گزارش پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت و بم.
- الهی نیا، ع. ۱۳۷۲. بررسی مقاومت ارقام مختلف خیار نسبت به بیماری سفیدک داخلی جالیز در گیلان. یازدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران. دانشگاه گیلان.
- بخشی پور، ع. ۱۳۸۹. کاربرد ماشین بینایی و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای تعیین میزان رطوبت و زمان خشک شدن میوه (مطالعه موردی: ورقه‌های میوه به). پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. ۱۰۲ صفحه.
- بهداد، ا. ۱۳۶۹. بیماری‌های گیاهان زراعی ایران. انتشارات نشاط اصفهان.
- رنجبر، ع. د. شهریاری و ر. دافضی. ۱۳۸۷. ارزیابی مقاومت ژرم پلاسما خیار نسبت به بیماری سفیدک داخلی کدوئیان ناشی از *Pseudoperonospora cubensis*. مجله حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۲، شماره ۲.
- نصوحی، غ. ۱۳۸۰. خیار داربستی، انتشارات صنوبر.

Bakker, R. 1999. **The Effect of Greenhouse Construction on Future Energy Consumption in Greenhouse**. Rapport for Landbouw Economisch Institute. LEI, Den Haag, the Netherlands.

Camargo, A. and J. S. Smith. 2009. **An Image Processing Based Algorithm to Automatically Identify Plant Disease Visual Symptoms**. Biosystems Engineering. 102(1): 9-21.

Chupp, C. and A. Sherf. 1980. **Vegetable Disease and Their Control**. Roland Press Company, New York.

- El-Hally, M., A. Refea, S. Al-Gamal and R. A. Al-Whab. 2004. **Integrating Diagnostic Expert System with Image Processing via Loosely Coupled Technique**. 2nd International Conference on Information and Systems. Cairo, Egypt.
- Gaunt, R. E. 1987. **Measurement of Disease and Pathogens**. In: P. S. Teng (ed.) Crop Loss Assessment and Pest Management. St. Paul, MN, USA: APS Press, 6–18.
- Hillnhuetter, C. and A. K. Mahlein. 2008. **Early Detection and Localization of Sugar Beet Diseases: New Approaches**. *Gesunde Pflanzen*. 60: 143–149.
- Lenteren, J. C. and J. Woets. 1988. **Biological and Integrated Pest Control in Greenhouses**. *Annual Review of Entomology*. 33: 239-269.
- Mitchell, J. 1994. **MPEG: An Image Compression Standard**. EngleWood Cliffs, N. J. Prentice Hall.
- Moshashai, K., M. Almasi, S. Minaei and A. M. Borghei. 2008. **Identification of Sugarcane Nodes Using Image Processing and Machine Vision Technology**. *International Journal of Agricultural Researches*. 3: 357-364.
- Moya, E. A., L. R. Barrales, and G. E. Apablaza. 2005. **Assessment of the Disease Severity of Squash Powdery Mildew Through Visual Analysis, Digital Image Analysis and Validation of These Methodologies**. *Crop Protection*. 24(9): 785–789.
- Patil, S. B. and S. K. Bodhe. 2011. **Leaf Disease Severity Measurement Using Image Processing**. *International Journal of Engineering and Technology*. 3(5): 297-301.
- Skaloudova, B., V. Krivan, and R. Zemek. 2006. **Computer-Assisted Estimation of Leaf Damage Caused by Spider Mites**. *Computer and Electronics in Agriculture*. 53(2): 81–91.
- Weizheng, S., W. Yachun, C. Zhanliang, and W. Hongda. 2008. **Grading Method of Leaf Spot Disease Based on Image Processing**. In Proceedings of the 2008 international Conference on Computer Science and Software Engineering.
- Witzke, H., S. Noleppa, and G. Schwarz. 2008. **Global Agricultural Market Trends and Their Impacts on European Agriculture**. Humboldt University, Berlin.

Detecting and Severity Measurement of Downy Mildew Disease in Greenhouse Cucumber Leaves Using Image Processing Technique

R. Mohammadigol¹ and A. Bakhshipour^{2*}

Receive: 1 Jan 2015

Accept: 27 Dec 2015

¹Department of Mechanical Engineering Biosystems, Arak University, Arak, Iran

²PhD scholar, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Shiraz University, Shiraz, Iran

*Corresponding Author: abakhshipour@shirazu.ac.ir

Abstract

Downy Mildew of cucurbits is one of the most important diseases of cucumber in humid areas and greenhouses. It can lead to significant damages to the quality and quantity of the product, if not diagnosed on time. In this study, the possibility of using image processing for determining the downy mildew of greenhouse cucumber was investigated. The captured images from cucumber leaves at several stages of disease severity were processed in Image Processing toolbox of MATLAB programming software. Color images were transferred to several color spaces and then color components were examined by discriminant analysis. Cr color component was determined to be suitable to detect disease spots in leaf and was used to develop the recognition algorithm. The accuracy of algorithm in terms of identify the infected areas of leaves was 97.4 ± 1.4 percent. Discriminant analysis was also used to classify the severity of the disease. Results revealed that image processing is a suitable method for accurate diagnosis of downy mildew in greenhouse cucumber leaves. Discriminant analysis is also a useful tool to classify disease severity in images resulted from image processing.

Keywords: Discriminant Analysis, Downy Mildew, Greenhouse Cucumber, Image Processing