



تشخیص بیماری‌های برگ‌ی درخت سیب با استفاده از تکنیک آنالیز تصویر

الهام عمرانی^{۱*}، سید سعید محتسبی^۲، شاهین رفیعی^۲، سلیمان حسین‌پور^۲، ناهید عقیلی ناطق^۳

۱- کارشناس ارشد رشته بیوسیستم پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران elh.omrani@yahoo.com

۲- استادان و استادیار گروه بیوسیستم پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- دانشجوی دکتری گروه بیوسیستم پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

بیماری‌های گیاهی می‌توانند باعث کاهش کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی شوند. در بعضی از کشورها، کشاورزان زمان قابل توجهی برای مشاوره با گیاه‌پزشکان صرف می‌کنند، در حالیکه زمان عامل مهم در کنترل بیماری می‌باشد؛ بنابراین ارائه روشی آسان، سریع، ارزان و دقیق برای تشخیص بیماری‌های گیاهی لازم به نظر می‌رسد. در این تحقیق، با استفاده از روش پردازش تصویر، سه اختلال درخت سیب (بیماری‌های لکه سیاه سیب، آلترناریا و آفت مینوز) تشخیص داده می‌شوند. پس از جمع‌آوری برگ‌های بیمار و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه، تصاویر برگ‌ها تحت شرایط نور کنترل شده تهیه شده و سپس به کمک الگوریتم طراحی شده در نرم‌افزار *MATLAB*، ابتدا نواحی بیماری روی برگ‌ها با استفاده از روش خوشه‌بندی k -میانگین کلاسیک تشخیص و جداسازی شدند و سپس ویژگی‌های مربوط به رنگ و بافت تصویر نواحی بیماری استخراج شدند. در ادامه چهار مدل توسعه داده شد که مدل اول شامل ویژگی‌های حاصل از ماتریس هم‌رویدادی، مدل دوم شامل ویژگی‌های رنگی، مدل سوم شامل ویژگی‌های استخراج شده از تبدیل‌های موجک و فوریه و مدل چهارم شامل همه‌ی ویژگی‌ها بود و سپس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (*ANN*) بیماری‌های گیاهی طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی به طور موفقیت‌آمیزی توانست لکه‌های بیماری مشخص شده با روش خوشه‌بند k -میانگین کلاسیک را با دقت ۱۰۰٪ طبقه‌بندی کند.

کلمات کلیدی: بیماری‌های گیاهی، پردازش تصویر، شبکه عصبی مصنوعی، خوشه‌بند k -میانگین.

۱ مقدمه

بیماری‌های گیاهی باعث کاهش تولید و خسارت‌های زیاد اقتصادی در بخش کشاورزی می‌شود. پایش کردن سلامتی و تشخیص بیماری در گیاهان و درختان در کشاورزی پایدار حائز اهمیت است. در حال حاضر بیماری‌های گیاهی توسط متخصصین و با چشم غیرمسلح تشخیص داده می‌شوند که این کار به نظارت مستمر کارشناسان نیازمند است که ممکن است در مزارع بزرگ هزینه‌های زیادی را باعث شود. علاوه بر این، در برخی از کشورهای در حال توسعه، کشاورزان ممکن است مجبور به پیمودن مسافت‌های طولانی برای تماس با کارشناسان باشند که این کار بسیار گران و وقت‌گیر می‌باشد. همچنین، کنترل به موقع بیماری‌های گیاهی باعث کاهش تلفات محصول و حداقل استفاده از سموم شیمیایی می‌شود که در نتیجه باعث کاهش آلودگی منابع زیرزمینی می‌شود. فناوری ماشین‌بینایی و پردازش



تصویر قادر است به طور خودکار بیماری‌های گیاهی را تشخیص، تفکیک و طبقه‌بندی کند. طراحی و کاربرد این فناوری‌ها به طور عمده به کاهش کاربرد مواد شیمیایی و کاهش هزینه‌های پرسنلی و افزایش حاصلخیزی و کیفیت محصول کمک می‌کند (Weizheng et al., 2008).

تشخیص سریع و خودکار بیماری‌های گیاهی پژوهشی ضروری است که در نظارت بر زمین‌های بزرگ مزایای زیادی دارد. اطلاعات اولیه سلامتی محصول و تشخیص بیماری می‌تواند از طریق استراتژی‌های مدیریتی مناسب از قبیل کنترل آفت‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و مواد شیمیایی خاص بهره‌وری را تسهیل نماید (Patil and Kumar, 2011).

روش‌های زیادی برای تشخیص بیماری‌های گیاهی وجود دارد ولی اکثر این روش‌ها یا وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشند یا روش‌های مخرب می‌باشند. روش‌های طیفی بسیار گران‌قیمت و زمان‌بر بوده و نیاز به پرسنل آموزش‌دیده دارد. امروزه ابزارهای کامپیوتری بر پایه‌ی پردازش تصویر در حوزه‌ی کشاورزی برای نظارت بر رشد محصول توسعه‌ی زیادی داشته است. تشخیص خودکار بیماری‌های گیاه برای افرادی که اطلاعاتی در مورد روش کشت محصول ندارند، می‌تواند مزایای زیادی داشته باشد (Camargo and Smith, 2009).

مزایای استفاده از تکنولوژی تصویربرداری، دقیق، غیرمخرب و عملکرد بهتر آن می‌باشد. کاربرد تکنولوژی ماشین بینایی بازدهی صنعت کشاورزی را به وسیله کاهش هزینه‌های کارگری، افزایش خواهد داد.

در حال حاضر زیر مجموعه باغبانی کشور به عنوان ارزآورترین زیرمجموعه بخش کشاورزی ایران محسوب می‌شود. از طرفی تنوع اقلیمی حاکم بر کشور باعث شده تا امکان کشت و کار گونه‌های متفاوتی از درختان باغی در کشور ما وجود داشته باشد، به طوری که از ۲۵ محصول باغی منتخب *FAO*، کشت ۱۶ گونه از آن‌ها در ایران در سطح اقتصادی رواج دارد (کلپایی و همکاران، ۱۳۸۱؛ *FAO*, 2013). طبق گزارش‌های مرکز ملی آمار ایران، تولید سیب در سال ۱۳۸۶ با ۱۳۰،۲۹۱ هکتار سطح زیر کشت میزان ۹۶۸،۵۴۴ تن بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۲) بنابراین سیب یک محصول استراتژیک و صادراتی ایران می‌باشد که تشخیص خودکار بیماری‌های این محصول مزایای زیادی در بهبود کشت این محصول دارد.

آفات و بیماری‌های درخت سیب می‌توانند روی تنه، ریشه، شاخه، برگ، گل یا میوه ظاهر شود. به دلیل اینکه آفات و بیماری‌ها اول برگ و سپس گل و در پایان میوه را درگیر می‌کنند و با کنترل بیماری در مراحل اولیه (به محض ظاهر شدن روی برگ) می‌توان خسارات وارده به درخت را تا حد ممکن کاهش داد، به بررسی آفات و بیماری‌های برگی پرداخته می‌شود. درخت سیب بیماری‌ها و آفات زیادی دارد، در اینجا به دلیل اینکه مینوز لکه گرد، بیماری‌های لکه سیاه سیب و آثرناریا از اختلالاتی هستند که بر تولید تجاری سیب تأثیرگذار بوده و در شهرستان کرج (منطقه مورد مطالعه‌ی) خسارت‌های زیادی وارد می‌کنند، فقط به بررسی این اختلالات می‌پردازیم.

روش‌های تشخیص بیماری را می‌توان به طور گسترده به دو روش مستقیم و غیر مستقیم دسته بندی کرد:



روش‌های مستقیم شامل روش‌های سرولوژیکی، روش‌های مولکولی و روش‌های غیرمستقیم شامل روش‌های مبتنی بر مارکرهای زیستی و روش‌های مبتنی بر ویژگی‌های گیاه مانند تکنیک‌های تصویربرداری (فلوروسانس، فراطیفی) و روش‌های مبتنی بر طیف سنجی (مرئی، فروسرخ، فلوروسانس و باندهای چندطیفی).

پیشرفت‌های اخیر در تکنولوژی کشاورزی تقاضا را برای ابداع روش‌های غیرمخرب برای تشخیص بیماری افزایش داده است. تکنیک‌های طیف سنجی و تصویربرداری تنها روش‌های نظارت هستند که برای تشخیص بیماری و تنش در درختان و گیاهان استفاده می‌شوند.

در دهه گذشته، محققین مختلفی از تکنیک‌های پردازش تصویر جهت بررسی آلودگی در گیاهان استفاده کرده‌اند، از آن قبیل می‌توان شناسایی علف‌های هرز در یک مزرعه، جدا کردن میوه‌ها و سبزیجات آلوده و بیمار و غیره را نام برد. در سال ۲۰۰۶ با استفاده از تکنیک پردازش تصویر و آنالیزهای جداسازی، چهار بیماری مربوط به درخت گریپفروت شناسایی و طبقه‌بندی شد. پردازش تصاویر با استفاده از ماتریس رنگی هم‌اتفاق انجام گرفت و در آن خواص ساختاری رنگ برگ مرکبات در کانال رنگ HSI استخراج شد و سپس با استفاده از آنالیزهای جداسازی بوسیله نرم‌افزار SAS بیماری‌ها با دقت ۹۸/۷۵٪ از هم جداسازی گردیدند (Pydipati et al. 2006). در سال ۲۰۱۱ از روش خوشه‌بندی k - میانگین و شبکه عصبی مصنوعی برای دسته‌بندی بیماری‌های گیاهی استفاده گردید. در این تحقیق پنج نوع بیماری گیاهی مورد بررسی قرار گرفتند که روش کار به این ترتیب بود که ابتدا تصاویر به فضای HSI منتقل می‌شدند و سپس ویژگی‌های حاصل از ماتریس هم‌رویدادی مورد نظر استخراج شده و سپس عمل دسته‌بندی با استفاده از شبکه عصبی انجام می‌پذیرفت. محققین به دقت ۸۴ تا ۹۳ درصد برحسب نوع بیماری دست یافتند (Al-Hiary et al. 2011).

در سال ۲۰۱۳ روشی برای تشخیص خودکار بیماری‌های گیاه پنبه ارائه شد که از تبدیل موجک برای استخراج ویژگی و از شبکه عصبی ماشین بردار پشتیبان برای دسته‌بندی تصاویر استفاده گردید که در بهترین مدل دقت ۹۰٪ گزارش شد (Bernardes et al. 2013). در سال ۲۰۱۱ نیز بیماری‌های گیاهی با استفاده از شبکه عصبی پس انتشار دسته‌بندی گردیدند. در این تحقیق شش نوع بیماری با شبکه‌ای با ده لایه مخفی تفکیک و دقت ۹۳ درصد گزارش شد (Bashish et al., 2011). محمودی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از روش ماشین بینایی، خواص رنگی و ظاهری برگ‌ها را مورد ارزیابی قرار دادند و از این خواص جهت شناسایی بیماری‌ها استفاده کردند. جهت شناسایی بیماری‌های گردو، دو بیماری لکه برگ گردو (بلایت) و لکه سیاه گردو (آنتراکنوز) و یک نمونه آفت (کنه گال زگیلی برگ گردو) همراه با نمونه‌های برگ سالم به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. دسته‌بندی این بیماری‌ها با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی انجام پذیرفت (محمودی و همکاران، ۱۳۹۰). این محققین در دسته‌بندی بیماری‌های گیاهی به دقت ۹۵٪ دست یافتند.

۲-۱ تهیه‌ی تصاویر برگ‌ها

برای تهیه‌ی تصاویر برگ‌ها از چیدمان موجود در کارگاه طراحی و تحقیق گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران که توسط دولتی و همکاران (۱۳۹۲) ساخته شده است، استفاده گردید. این چیدمان از چهار قسمت اصلی شامل محفظه عکس برداری یا نورپردازی، قسمت قرارگیری نمایشگر رایانه، موس و صفحه کلید، قسمت قرارگیری رایانه و قسمت قرارگیری نمونه‌ها تشکیل شده است (Dowlati et al., 2012). منبع ایجاد نور شامل دو عدد لامپ فلورسنت مونوکروم (مهتابی سفید) با توان ۲۰ وات بود که در پایین محفظه‌ی عکس برداری نصب شد.

دوربین مورد استفاده از نوع Canon EOS kiss x4 دیجیتالی با وضوح ۱۸ مگاپیکسل بود. دوربین در بالای محفظه عکس برداری به صورتی نصب گردیده است که فاصله‌ی عمودی آن از نمونه به راحتی قابل تنظیم باشد. علاوه بر آن به منظور تنظیم دقیق‌تر دوربین نسبت به نمونه مورد عکس برداری پایه اتصال دوربین به گونه‌ای طراحی شده است که دارای حرکت عرضی و دورانی قابل تنظیم باشد. فاصله‌ی عمودی بین لنز و سطح نمونه حدود ۳۰ سانتیمتر انتخاب شد که بهترین فاصله برای عکس برداری در فضای بسته می‌باشد (Dowlati et al. 2013).

با توجه به بررسی تحقیق انجام شده (Dowlati et al. 2012)، رنگ برگ و سایر ویژگی‌های تکنیکی مانند سهولت قطعه بندی، از رنگ زمینه‌ی سیاه به عنوان پس زمینه^۱ استفاده شد.

۲-۲ پیش پردازش تصاویر

پس از تحویل تصاویر، گام بعدی پیش‌پردازش تصویر می‌باشد. مرحله‌ی پیش‌پردازش شامل عملیاتی است که قبل از مرحله‌ی بخش‌بندی و به منظور حذف اثرات ناخواسته در تصویر انجام می‌شود و شامل عملیاتی همچون انتقال تصویر از فضای رنگی به فضای خاکستری، استخراج هیستوگرام تصویر، آستانه‌گیری روی هیستوگرام و تبدیل تصاویر بین فضاهای رنگی می‌باشد.

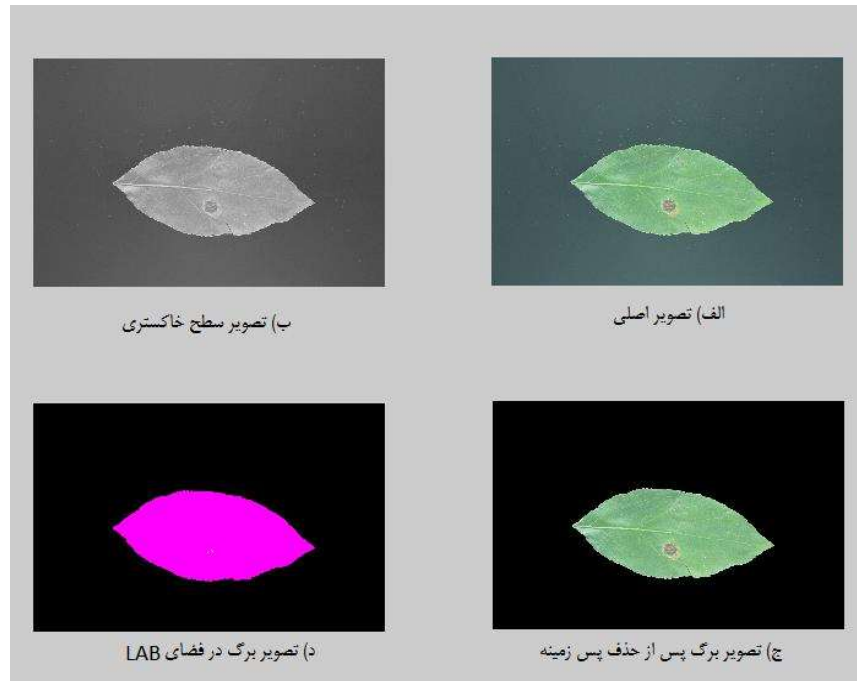
برای انجام عمل بخش‌بندی، تصاویر باید به فضای رنگی مستقل از دستگاه منتقل می‌شوند. در یک فضای رنگی مستقل از دستگاه، مختصات مورد استفاده برای تعیین رنگ، همان رنگ را بدون در نظر گرفتن دستگاه تولیدی مورد استفاده، تعیین می‌کنند و یک فضای رنگی وابسته به دستگاه، فضایی است که در آن رنگ حاصله بستگی به تجهیزات مورد استفاده برای تولید آن دارد. به عنوان مثال روشیابی و کنتراست رنگ حاصله در فضای RGB در دستگاه‌های مختلف تغییر می‌کند، پس فضای رنگی RGB یک فضای رنگی وابسته است (Al-Hiary et al. 2011).

¹ background



مشکلی که در تشخیص بیماری‌ها وجود داشت، این بود که در مرحله‌ی بخش‌بندی، لبه‌های برگ‌ها و دم‌برگ‌ها جزو دسته‌ی بیماری

قرار می‌گرفتند، برای رفع این مشکل دستورات شکل‌شناسی قبل از مرحله‌ی بخش‌بندی به تصاویر اعمال شدند.



شکل ۲-۱ تصاویر مربوط به مرحله‌ی پیش پردازش بیماری لکه سیاه سیب

۳-۲ بخش‌بندی تصاویر

به دلیل اینکه تصاویر گرفته شده توسط دوربین در فضای رنگی RGB (که یک فضای رنگی وابسته به دستگاه می‌باشد) ذخیره می‌شدند، پس از حذف پس زمینه (شکل ۲-۱-ت)، تصاویر به فضای رنگی مستقل از دستگاه $(L^*a^*b^*)$ منتقل شدند (شکل ۲-۱-پ). فضای رنگی $L^*a^*b^*$ پیچیده‌ترین فضای رنگی تعریف شده توسط کمیته بین‌المللی روشنایی (CIE) می‌باشد. این فضا کلیه‌ی رنگ‌های قابل مشاهده توسط چشم انسان را توصیف می‌کند و تقریباً مشابه سیستم بینایی بشر طراحی شده است و به عنوان یک مدل مستقل کاربرد دارد به همین دلیل این فضای رنگی برای بخش‌بندی تصاویر انتخاب گردید. فضای رنگی Lab از فضای رنگی اصلی XYZ مشتق شده است (جعفرنژاد قمی، ۱۳۸۹).

برای بخش‌بندی تصاویر با استفاده از روش $-k$ میانگین، پس از حذف پس‌زمینه‌ی تصاویر، تصاویر به فضای رنگی مستقل از دستگاه Lab انتقال داده شدند و سپس برای حذف اثر درخشندگی، مولفه‌ی L^* تصاویر حذف شد و دستوره‌های خوشه‌بندی فقط به مولفه‌های a^*, b^* اعمال شدند (Bashish et al., 2011; Matlab, R2009a).



برای بخش‌بندی تصاویر، تصاویر با پس زمینه و بدون پس‌زمینه امتحان شدند که تصاویر بدون پس زمینه نتایج بهتری در مرحله‌ی بخش‌بندی نشان دادند. در نتیجه تصاویر بدون پس زمینه برای مرحله‌ی بخش‌بندی انتخاب شدند.

برای بخش‌بندی تصاویر با استفاده از روش k - میانگین مبنای خوشه‌بندی، مربعات فاصله اقلیدسی و تعداد دفعات تکرار خوشه بندی، دو انتخاب شد که در صورت وقوع خوشه خالی نیز الگوریتم دورترین نقطه را به عنوان یک خوشه در نظر می‌گرفت.

۲-۴ استخراج ویژگی‌ها

هدف از استخراج ویژگی‌ها، کاهش داده‌های تصویر به وسیله‌ی ویژگی‌های مطمئن یا خواصی از هر ناحیه بخش‌بندی شده مثل رنگ، بافت یا شکل در تصویر می‌باشد. در این تحقیق از ویژگی‌های رنگ، ویژگی‌های حاصل از ماتریس هم‌رویدادی، تبدیل فوریه سریع و تبدیل موجک سریع برای تشخیص بیماری‌ها استفاده شد که ویژگی‌های رنگی شامل میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی و ویژگی‌های بافتی شامل آن‌تروپی، انترژی، کنتراست و همبستگی بودند (Gonzalez et al. 2009; Mollazade et al. 2012). همه‌ی ویژگی‌های مورد استفاده در جدول ۲-۳ ارائه شده است. در بخش‌های زیرین به تشریح کامل هر یک از این ویژگی‌ها می‌پردازیم:

۲-۴-۱ ویژگی‌های حاصل از ماتریس هم‌رویدادی

ماتریس هم‌رویدادی، فرکانس رویداد موقعیت‌های مشخصی از دو پیکسل را نسبت به هم در حوزه مکان نشان می‌دهد. در این تحقیق از فاصله‌ی پیکسلی ۱ و زوایای ۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه در ماتریس هم‌رویدادی استفاده شد که برای حذف اثر زوایای ماتریس هم‌رویدادی از مقادیر ماتریس هم‌رویدادی میانگین گرفته شد و مقدار میانگین نهایی به عنوان ویژگی در محاسبات اعمال شد.

۲-۴-۲ ویژگی‌های رنگی

ویژگی‌های رنگی استخراج شده از تصاویر شامل پارامترهای آماری مانند: میانگین، چولگی، کشیدگی و واریانس تصویر ناحیه‌ی موردنظر بودند. که در این تحقیق این ویژگی‌های رنگی برای مولفه‌ی قرمز و تصویر سطح خاکستری استخراج شد (تقدمی، ۱۳۹۱؛ *El-Helly, 2004; camargo and smith, 2009a*).

جدول ۱ ویژگی‌های استخراج شده از برگ

معادله مربوطه	نام ویژگی	نوع ویژگی
$\sum_{i=1}^k z_i p(z_i)$	میانگین شدت خاکستری	ویژگی‌های آماری
$R = 1 - \frac{1}{1 + \sigma^2}$	هموار بودن	
$\sum_{i=1}^k (z_i - m)^2 p(z_i)$	گشتاور سوم	
$\sum_{i=1}^k p^2(z_i)$	یکنواختی	



$e = - \sum_i \sum_j P_d(i, j) \log P_d(i, j)$	آنتروپی	ویژگی‌های حاصل از ماتریس هم‌رویدادی
$\sum_i \sum_j (i - j)^2 P_d(i, j)$	کنتراست	
$\sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (i + j)^2} P_d(i, j)$	همبستگی	
$\sum_i \sum_j \{P_d(i, j)\}^2$	انرژی	
$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \frac{p_{ij}}{1 + i - j }$	همگنی ^۲	
$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^k (h(x) - \mu)^2}{k}$	واریانس	ویژگی‌های رنگی
$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^k h(x)}{k}$	میانگین	
$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^k (h(x) - \mu)^3}{k\sigma^3}$	چولگی ^۳	
$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^k (h(x) - \mu)^4}{k\sigma^4} - 3$	کشیدگی ^۴	
$\frac{\sum_{i=1}^k FFT^2}{k}$	انرژی تبدیل فوریه	تبدیل فوریه سریع
$E(s) = s_1^2 \log(s_1^2)$	آنتروپی	تبدیل موجک
$\frac{\sum_{i=1}^k p_{ij}^2}{k}$	انرژی	

۲-۳- تبدیل موجک

محققان مختلف از تبدیل موجک به دو صورت استفاده می‌کنند، برخی از تجزیه موجک برای بدست آوردن جزئیات و اطلاعات بیشتر در باره موج اصلی استفاده می‌کنند و سپس با استفاده از روش‌های داده‌کاوی اطلاعات موردنظر خود را استخراج می‌کنند و برخی دیگر تنها از انرژی سیگنال‌های تجزیه‌شده بهره می‌گیرند و در واقع از تبدیل موجک به عنوان روش‌های داده‌کاوی استفاده می‌کنند. که در پژوهش حاضر روش دوم مورد استفاده قرار گرفت (باقری، ۱۳۸۹).

² homogeneity
³ skewness
⁴ kurtosis



برای استخراج ویژگی‌های موجک لکه‌های بیماری، ابتدا ضرایب تبدیل موجک گسسته محاسبه گردید. تجزیه موجک در سه سطح و با استفاده از موجک مادر دابوچی درجه سه ($db3$) انجام شد و ویژگی‌های آنروپی و انرژی تبدیل موجک گسسته در سه جهت عمودی، افقی و شعاعی استخراج گردید.

۲-۴- تبدیل فوریه

یک تبدیل فوریه سریع، تجزیه یک رشته از مقادیر به مولفه‌هایی با فرکانس‌های متفاوت است. در این پژوهش از ویژگی تبدیل فوریه سریع استفاده شده است. بدین صورت که پس از استخراج لکه بیماری، دستور FFT روی تصویر لکه اعمال شده است و سپس انرژی تبدیل فوریه به عنوان یک ویژگی در دسته‌بندی تصاویر استفاده شده است.

۲-۵- تفکیک و طبقه‌بندی تصاویر بیماری‌ها

در پژوهش حاضر برای تفکیک و طبقه‌بندی تصاویر بیماری از جعبه‌ابزار شبکه عصبی مصنوعی نرم‌افزار متلب ($MATLAB$) ($7.8.0.347(R2009a)$) استفاده شد که در بخش‌های بعد به توصیف هر کدام از این روش‌ها می‌پردازیم.

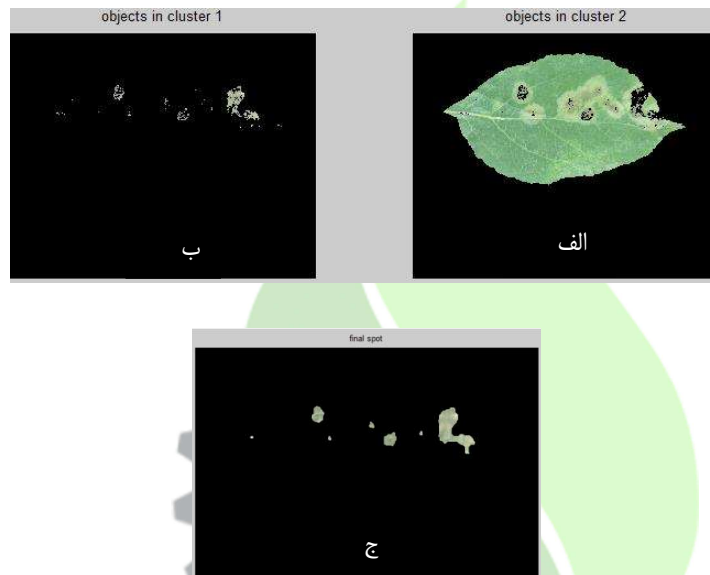
در تحقیق حاضر، برای دسته‌بندی بیماری‌ها با استفاده از روش شبکه عصبی، الگوریتمی در برنامه متلب توسعه داده شد که بر اساس این الگوریتم، شبکه‌ی پیشخور شامل تعداد مشخص ورودی (بسته به نوع مدل) و سه خروجی، روش آموزشی پس‌انتشار، دو لایه مخفی و تابع آموزش $'trainlm'$ و تابع انتقال $'tansig'$ بود، تعداد نرون‌های لایه‌های مخفی توسط الگوریتم تعیین می‌شد به این ترتیب که برنامه حدود ۳۰۰ بار با تعداد نرون‌های مختلف برای هر دو لایه اجرا شد و خروجی برنامه در آخر شبکه‌ای بود که دارای کمترین $RMSE$ و بیش‌ترین R^2 باشد.

در لایه‌ی ورودی به تعداد ویژگی‌های ورودی (که بر اساس مدل استفاده شده این تعداد متفاوت است) نرون وجود داشت که هر کدام بیان‌کننده‌ی یک ویژگی انتخابی بودند. با توجه به اینکه ایده اصلی از این طرح، کاربرد آن در طبقه‌بندی بیماری‌های گیاهی است، لذا هر چقدر با تعداد $epoch$ یا تکرار کمتر به میزان خطای مورد نظر نزدیک شویم بهتر خواهد بود. لذا جهت افزایش سرعت یادگیری، سیستمی با دو لایه مخفی برای شبکه در نظر گرفته شد. لایه‌ی خروجی با توجه به انواع بیماری‌های مورد مطالعه شامل سه نرون است که هریک از این بیماری‌ها با یک عدد (۱، ۲ یا ۳) تعریف شدند که عدد "۱" بیانگر بیماری لکه سیاه سیب، عدد "۲" بیانگر بیماری آلترناریا و عدد "۳" بیانگر آفت مینوز می‌باشد.

در این تحقیق از الگوریتم‌های آموزش لونیگ-مارکوارت^۵ برای بهنگام‌سازی وزن‌های شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد که از الگوریتم‌های پرکاربرد می‌باشند؛ چون آموزش شبکه را بسیار سریع انجام داده و سطح خطای موجود را حداقل می‌سازند.

⁵- Levenberg- Marquardt

در این تحقیق تعداد خوشه‌بندی‌های مختلف برای خوشه‌بند k - میانگین کلاسیک امتحان شد که تعداد خوشه‌ی دو، بهترین نتیجه را داشت. پس از خوشه‌بندی تصاویر، تصاویر به دو ناحیه تقسیم شدند: ناحیه‌ی سالم برگ و ناحیه‌ی آلوده‌ی برگ، که تصویر مربوط به این مراحل در شکل ۳-۱ آمده است. پس از این مرحله، به دلیل اینکه لکه بیماری، سطح کمتری نسبت به سطح برگ داشت، انتخاب شد و بقیه عملیات پردازش که شامل استفاده از دستورات ساییدگی^۶ و انبساط^۷ بود روی تصویر اعمال گردید و در پایان تصویر لکه بیماری استخراج شد.



شکل ۳-۱ تصویر مربوط به مرحله‌ی خوشه‌بندی بیماری لکه سیاه سیب با استفاده از خوشه‌بند k - میانگین (الف) خوشه‌ی مربوط به برگ سالم (ب) خوشه‌ی بیانگر بیماری (ج) تصویر لکه‌ی بیماری پس از پردازش

۳-۱ نتایج حاصل از شبکه عصبی

در این قسمت به منظور دسته‌بندی بیماری‌های درخت سیب، از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده و نتایج به دست آمده ارائه شده است. شبکه‌های استفاده شده در این تحقیق از نوع شبکه‌های عصبی مصنوعی چند لایه با روش یادگیری پس انتشار خطا بوده است. به منظور دستیابی به بهترین ساختار ANN ، تعداد مختلفی از ساختارها با یک و دو لایه مخفی آموزش داده شده و تست شده‌اند به

⁶ imerode
⁷ imdilate



این وسیله ساختار با دو لایه مخفی نتایج بهتری را نشان داد. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، در صورت انتخاب ساختار مناسب، یعنی تعداد نرون‌ها، لایه‌های مخفی و توابع فعال‌سازی مناسب، این شبکه‌ها قادر هستند هر رابطه بین ورودی و خروجی را با دقت دلخواه تخمین بزنند. در کاربرد این روش نیز از نرم‌افزار *MATLAB R2009a* بهره گرفته شده است.

۳-۱-۱ نتایج حاصل از شبکه عصبی اعمال شده بر برگ‌های دسته بندی شده به روش k -میانگین

پس از اجرای برنامه‌ی تشریح شده در فصل قبل برای همه‌ی مدل‌ها، بهترین شبکه‌ها با بالاترین R^2 و کمترین $RMSE$ تعیین شدند و از میان این چهار مدل، مدل چهارم دارای بالاترین دقت بود که مقادیر دقت و خطای هر یک از شبکه‌های منتخب در جدول ۲ قابل مشاهده است. این مدل (مدل چهارم) دارای شبکه‌ای با سه نرون در لایه‌ی مخفی اول و چهار نرون در لایه‌ی مخفی دوم و تابع آموزش *'trainlm'* و تابع انتقال *'tansig'* بود و در نتیجه شبکه‌ای با توپولوژی ۳-۳-۳ تشکیل شد. در واقع بهترین مدل دارای یک لایه‌ی ورودی با ۳۳، دو لایه‌ی مخفی با ۳ و ۴ نرون در هر لایه و یک لایه‌ی خروجی با سه نرون است که دقت ۱۰۰٪ برای این مدل بدست آمد.

پس از تست شبکه با داده‌های آزمایشی، داده‌های واقعی با نتایج شبکه مطابقت داده شدند. همان‌طور که از جدول ۳-۴ مشهود است داده‌های آزمایشی پس از آموزش شبکه با داده‌های واقعی تطابق صد در صد دارد و این توانایی روش استفاده شده، جهت پیش‌بینی داده‌ها را نشان می‌دهد.

پیداپاتی و همکاران (۲۰۰۶) بیماری‌های برگ‌ی درخت گریپ‌فروت را با استفاده از خوشه‌بند k -میانگین در فضای رنگی HSI با استفاده از شبکه عصبی پس‌انتشار تشخیص و تفکیک کردند. آن‌ها برای تفکیک از ویژگی‌های حاصل از ماتریس هم‌رویدادی استفاده کردند. این محققین به این نتیجه رسیدند که شبکه‌ی دارای دو لایه‌ی مخفی که هر کدام دارای ۱۰ نرون در هر لایه‌ی مخفی هستند دارای بالاترین دقت است. آن‌ها بالاترین دقت تفکیک بیماری‌ها را ۹۸/۷۵٪ گزارش کردند.

کیم^۸ و همکاران (۲۰۰۹) بیماری‌های پوست گریپ‌فروت را با استفاده از ویژگی‌های حاصل از ماتریس هم‌رویدادی تشخیص دادند. آن‌ها گزارش کردند که در فضای رنگی HSI بالاترین دقت زمانی حاصل می‌شود که از همه‌ی مولفه‌های این فضای رنگی برای طبقه بندی بیماری‌ها استفاده شود. این محققین بالاترین دقت را ۹۶/۷٪ گزارش کردند.

محمودی و همکاران (۱۳۸۷) بیماری‌های برگ‌ی درخت گردو را با استفاده از دستورات جداسازی ناحیه مورد نظر (ROI) تشخیص دادند و از ویژگی‌های حاصل از ماتریس هم‌رویدادی و شبکه پس‌انتشار خطی برای تفکیک بیماری استفاده کردند که به دقت ۹۵٪ دست یافتند.

⁸ Kim

⁹ Region of Interest



در تحقیق حاضر دقت دسته‌بندی بیماری‌ها با استفاده از ویژگی‌های حاصل از ماتریس هم‌رویدادی (مدل اول) ۹۸/۴۲٪ بدست آمد که نسبت به کارهای انجام شده تا حال بالاترین دقت را داشت. همانط
-۳-
۱۱-۴ می‌باشد.

نتایج حاصل از جدول ۲ بیانگر این است که ویژگی‌های مستخرج از مدل اول (ویژگی‌های حاصل از ماتریس هم‌رویدادی) و مدل سوم (ویژگی‌های تبدیل موجک و تبدیل فوریه) سهم زیادی در بالا بودن دقت مدل چهارم داشتند.

جدول ۳ ماتریس ضرایب حاصل از شبکه عصبی انواع مدل‌ها

مدل	ساختار	نوع بیماری	لکه سیاه سیب	آلترناریا بیماری	آفت مینوز	دقت (%)	دقت کلی (%)
مدل اول	۱۱-۴-۳-۳	بیماری لکه سیاه سیب	۴۸	۱	۰	۹۷/۹۱۶۷	۹۸/۴۲
		بیماری آلترناریا	۰	۲۸	۱	۹۶/۵۵۱۷	
		آفت مینوز	۰	۰	۲۲	۹۸/۱۵۷۳	
مدل دوم	۸-۵-۱-۳	بیماری لکه سیاه سیب	۴۹	۰	۰	۱۰۰	۹۸/۴۲
		بیماری آلترناریا	۱	۲۸	۰	۹۶/۵۵۱۷	
		آفت مینوز	۰	۱	۲۱	۹۵/۴۵۴۵	
مدل سوم	۱۴-۵-۴-۳	بیماری لکه سیاه سیب	۴۹	۰	۰	۱۰۰	۹۸/۴۲
		بیماری آلترناریا	۱	۲۸	۰	۹۶/۵۵۱۷	
		آفت مینوز	۰	۰	۲۲	۹۸/۱۵۷۳	
مدل چهارم	۳۳-۳-۴-۳	بیماری لکه سیاه سیب	۴۹	۰	۰	۱۰۰	۹۸/۴۲
		بیماری آلترناریا	۰	۲۹	۰	۱۰۰	
		آفت مینوز	۰	۰	۲۲	۱۰۰	

۴ منابع

باقری، ب، ۱۳۸۹، پایش وضعیت آکوستیک گیربکس تراکتور مسی فرگوسن 285 و طبقه بندی عیوب آن بر اساس شبکه عصبی، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

کلیایی، ر.، خباز جلفائی، ح.، میر کمالی، ح.، ۱۳۸۱ "راهنمای آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز." نشر آموزش کشاورزی.

محمودی، م.، خزایی، ج.، وحدتی، ک.، طالب، م.، ۱۳۹۰، "شناسایی بیماری‌های گردو با استفاده از تکنیک‌های ماشین بینایی، اولین کنگره ملی علوم و

فناوری‌های نوین کشاورزی

مرکز آمار ایران، سالنامه‌ی آماری، دریافت شده از سایت <http://www.amar.org.ir/Default.aspx?tabid>

- Al-Hiary, H., S. Bani-Ahmad, M. Reyalat, M. Braik and Z. ALRahamneh (2011). "Fast and Accurate Detection and Classification of Plant Diseases." *International Journal of Computer Applications* 17(1): 31-38.
- Bashish, D. A., M. Braik and S. Bani-Ahmad (2011). "Detection and Classification of Leaf Diseases using K-means-based Segmentation and Neural-networks-based Classification " *information technology journal* 10(2): 257-266
- Bernardes, A., J. Rogeri, R. Oliveira, N. Marranghello, A. Pereira, A. Araujo and J. S. Tavares (2013). Identification of Foliar Diseases in Cotton Crop. *Topics in Medical Image Processing and Computational Vision*. 8: 67-85.
- Camargo, A. and J. Smith (2009a). "An image-processing based algorithm to automatically identify plant disease visual symptoms." *Biosystems Engineering* 102(1): 9-21.
- Dowlati, M., M. de la Guardia and S. S. Mohtasebi (2012). "Application of machine-vision techniques to fish-quality assessment." *Trac Trends in Analytical Chemistry* 40(0): 168-179.
- Ei-Helly, M., A. Rafea, S. El-Gamal and R. A. E. Whab (2004). "Integrating Diagnostic Expert System with Image Processing via Loosely Coupled Technique." *Agricultural Research Center*. available at: http://www.arc.sci.eg/narims_upload/claesfiles/3916.pdf.
- FAO. (2013). "Statistical Databases. Available at <http://www.fao.org/home/en/>.
- Gonzalez, R. C. and R. E. Woods (2008). *Digital Image Processing*, Pearson/Prentice Hall.
- Kim, M. S., J. E. McMurtrey, C. L. Mulchi, C. S. T. Daughtry, E. W. Chappelle and Y.-R. Chen (2001). "Steady-state multispectral fluorescence imaging system for plant leaves." *applications-centered research in optics* 40(1): 157-166.
- 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(0): 124-131.
- Patil, J. K. and R. Kumar (2011). "advances in image processing for detection of plant diseases." *Journal of Advanced Bioinformatics Applications and Research* 2(2): 135-141.
- Pydipati, R., T. F. Burks and W. S. Lee (2006). "Identification of citrus disease using color texture features and discriminant analysis." *Computers and Electronics in Agriculture* 52(1-2): 49-59.
- Pydipati, R., T. F. Burks and W. S. Lee (2005). "Statistical And Neur Network Classifiers For Citrus Disease Detection Using Machine Vision." *American Society of Agricultural Engineers* 48(5): 2007-2014.
- Weizheng, S., W. Yachun, C. Zhanliang and W. Hongda (2008). "Grading Method Of Leaf Spot Disease Based On Image Processing." *International Conference On Computer Science And Software Engineering* 6: 491 - 494.

Apple leaf diseases detection using image analysis techniques

Elham Omrani^{*1}, Seyed Saeid Mohtasebi², Shahin Rafiee², Soleiman Hosseinpour³, Nahid Aghili Nategh⁴

1- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University Of Tehran, elh.omrani@yahoo.com

2, 3- professors and Assistant professor, Department of Biosystem Engineering, University Of Tehran

4- Ph.D Student, Department of Biosystems Engineering, University Of Tehran

Abstract

Plant diseases cause significant reduction in quality and quantity of agricultural products. In some countries, farmers may have to spend considerable time to see the experts, whereas time is an important factor in controlling the diseases. Therefore; looking for a fast, automatic, inexpensive and accurate method to detect plant disease is important and it can provide significant benefits in monitoring large fields of crops, and thus it can provide detecting the symptoms of diseases automatically as soon as disease symptoms appear on plant leaves. In this study, three different apple diseases that appear on leaves (*Alternaria*, *VenturiaInaequalis* and *Phyllonrycterturanica* disasters) were chosen to be investigated via image processing technique. After sampling, infected leaves were transferred to the laboratory, then the images of leaves were captured under controlled light, and after that the algorithms were designed in MATLAB. For diagnosis, at first, disease region on leaves with using K-means clustering and fuzzy c-mean clustering were detected and then color and texture features were extracted. Four models were developed, which include co-occurrence matrix features, color features, extracted features of wavelet transform and Fourier transform, and the fourth model includes all the features. Artificial Neural network (ANN) was used for diseases classification. The results showed that the ANN was able to successfully Segment leaves with classical k-means clustering method with 100% accuracy.

Keywords: plant disease, Image processing, Artificial Neural network (ANN), K-means clustering.