تشخیص بیماری‌های برگی درخت بادام با استفاده از سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی

الهام عمرانی[۱*]، سید سعید محتسبی[۲]، شاهین رفیعی[۲]، سلیمان حسین‌پور[۲]

۱- کارشناس ارشد رشته بیوسیستم پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران elh.omrani@yahoo.com
۲-استاد گروه بیوسیستم پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳- استادیار گروه بیوسیستم پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

بیماری‌ها و آفات گیاهی از بزرگترین معضلات بخش کشاورزی هستند که باعث وارد شدن خسارات و کاهش کیفیت محصولات کشاورزی می‌شوند. معمولا کارشناسان گیاه‌پزشکی بیماری‌های گیاهی را مستقیما با چشم تشخیص می‌دهند، که این کار پرهزینه و زمان‌بر بوده و به نظارت مستمر کارشناسان گیاه‌پزشکی نیازمند است. تشخیص خوکار بیماری‌های گیاهی توسط تکنولوژی ماشین بینایی پژوهشی ضروری است که می‌تواند در طراحی سمپاش هوشمند و نظارت بر مزارع و باغات بزرگ کاربرد زیادی داشته باشد. در این تحقیق، با استفاده از روش ماشین بینایی، سه اختلال درخت بادام شامل بیماری‌های لکه غربالی، لکه آجری و کمبود آهن تشخیص داده می شوند. پس از جمع‌آوری برگ‌های بیمار و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه، تصاویر برگ‌ها تحت شرایط نور کنترل شده تهیه شده و سپس به کمک دستور خوشه‌بند c-میانگین فازی و الگوریتم طراحی شده درمحیط نرم‌افزار MATLAB، ابتدا نواحی بیماری روی برگ ها تشخیص داده شدند و سپس ویژگی‌های بافتی و رنگی تصاویر استخراج شدند. در ادامه با استفاده از سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی[۱] (انفیس) بیماری‌های گیاهی تفکیک شدند. نتایج نشان دادند که در حالت کلی الگوریتم پیشنهادی قادر است بیماری‌های برگی را با دقت ۹۶/۶۶ درصد تشخیص و تفکیک نماید.

کلمات کلیدی: بیماری‌های گیاهی، خوشه‌بند c-میانگین فازی، سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی، ماشین بینایی.

مقدمه

سیستم های خبره، برنامه های کامپیوتری هوشمندی هستند که قادر به ارائه ی راه حل ها و یا توصیه های مربوط به مشکلات در یک حوزه ی مشخص، در سطح اطلاعاتی برابری با کارشناسان هستند. یکی از مزایای استفاده از سیستم خبره، توانایی آن برای کاهش اطلاعاتی است که کاربران برای پردازش نیاز دارند. از مزایای دیگر آن می توان به کاهش هزینه های پرسنل، افزایش بازدهی و کارکرد مداوم آن اشاره کرد. فناوری سیستم های خبره‌ی دانش-محور از اوایل دهه ۱۹۸۰ در حوزه ی مشکلات کشاورزی وارد شده است. بسته به نوع مشاهدات کاربر از پدیده های غیر طبیعی، سیستم خبره می تواند اغتشاش و یا اختلال را تشخیص دهد. با این حال اگر تفسیر نهایی کاربر از مشاهدات غیر طبیعی اشتباه باشد و ورودی ها نیز به سیستم اشتباه اعمال

[1] Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

شوند، اختلالات درست تشخیص داده نمی شوند. با ابداع روش تشخیص خودکار داده، اختلالات ناشی از خطای انسانی تا حد زیادی کاهش می یابد و تشخیص دقیق تر خواهد بود. در این مرحله است که پردازش تصویر نقش خود را ایفا می کند و به عنوان یک تکنیک تشخیص خودکار داده وارد سیستم خبره می شود (Abu-naser et al., 2010; Al-Hiary et al., 2011).

آفات و بیماری‌های درخت بادام 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 (کلیایی و همکاران،۱۳۸۱). درخت بادام بیماری‌ها و آفات زیادی دارد، در اینجا به دلیل اینکه بیماری‌های لکه غربالی و لکه آجری و کمبود آهن از اختلالاتی هستند که بر تولید تجاری بادام تأثیرگذار بوده و در شهرستان کرج (منطقه مورد مطالعه) خسارت‌های زیادی وارد می‌کنند، فقط به بررسی این اختلالات می‌پردازیم.

در سال ۲۰۰۶ با استفاده از تکنیک پردازش تصویر و آنالیزهای جداسازی، چهار بیماری مربوط به درخت گریپ‌فروت شناسایی و طبقه‌بندی شدند. پردازش تصاویر با استفاده از ماتریس هم‌رویدادی انجام گرفت و در آن خواص بافتی برگ مرکبات در فضای رنگی HSI استخراج شدند و سپس با استفاده از آنالیزهای جداسازی بوسیله نرم‌افزار SAS بیماری‌ها از هم جداسازی گردید و نویسندگان گزارش کردند که بالاترین دقت مقدار ۹۸/۷۵ ٪ بدست آمد که مربوط به مدلی بود که در آن هر سه مولفه‌ی فضای رنگی HSI دخالت داده شدند (Pydipati et al., 2006).

برای تشخیص سریع و دقیق بیماری برنج در سال ۲۰۰۹، کاربرد تکنیک پردازش تصویر و ماشین بردار پشتیبان[2] ارائه شد. در این تحقیق لکه‌های بیماری برنج جداسازی شده و ویژگی‌های بافتی نیز استخراج شدند. از آنجا که ویژگی‌های رنگی عمدتاً تحت تاثیر نور خارجی قرار می‌گیرند، لذا ویژگی‌های بافت رنگی و شکل لکه‌ی بیماری به عنوان مقادیر مشخصه‌ی رده بندی انتخاب شدند. نتایج نشان داد روش ماشین بردار پشتیبان به طور موثری می‌تواند این لکه‌های بیماری را با دقت ۹۷/۲ ٪ تشخیص و رده بندی نماید (Yao et al., 2009).

در سال ۲۰۱۱ روش خوشه‌بندی k-میانگین و شبکه عصبی مصنوعی برای دسته‌بندی بیماری‌های گیاهی استفاده شدند. دراین 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. این محققین به دقت ۸۴ تا ۹۳ درصد برحسب نوع بیماری دست یافتند (Al-Hiary et al., 2011).

در سال ۲۰۱۳ نیز روشی برای تشخیص خودکار بیماری‌های گیاه پنبه ارائه گردید که در این تحقیق از تبدیل موجک برای استخراج ویژگی و از شبکه عصبی ماشین بردار پشتیبان برای دسته‌بندی تصاویر استفاده شد که بهترین مدل با دقت ۹۰٪ گزارش گردید (Bernardes et al., 2013).

[2] Support Vector Machine

در طراحی سمپاش مجهز به سیستم ماشین بینایی (سیستم خبره) که سم متناسب با نوع بیماری فقط روی گیاه آلوده پاشیده می‌شود، مهم‌ترین مرحله، تشخیص نوع بیماری می‌باشد که هدف از این تحقیق ارائه‌ی راه‌کاری برای تشخیص و تفکیک بیماری‌ها می‌باشد که در این پژوهش به تشخیص اختلالات برگی درخت بادام پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

شکل (۱) مراحل اصلی الگوریتم پیشنهادی در این تحقیق را نشان می‌دهد. در ابتدا برگ‌های آلوده به بیماری‌های لکه غربالی و لکه آجری و کمبود آهن جمع آوری شده، تصاویر برگ‌ها تحت شرایط نور کنترل شده تهیه شده سپس با استفاده از کد نویسی در محیط نرم افزار MATLAB بیماری‌های گیاهی تشخیص و تفکیک شدند. شرح کامل هرکدام از مراحل در زیر بیان شده است.

۱. جمع آوری نمونه های برگ
۲. گرفتن تصاویر برگ ها
۳. پیش پردازش تصاویر
۴. بخش بندی تصاویر
۵. استخراج ویژگی ها
۶. دسته بندی تصاویر

شکل ۱ مراحل اصلی تشخیص بیماری های گیاه

جمع‌آوری نمونه‌ها

در این تحقیق تعداد ۱۸۰نمونه‌ی مختلف برگ درخت بادام (که ۶۰ عدد از این برگ‌ها آلوده به بیماری لکه غربالی، ۶۰ عدد آلوده به بیماری لکه آجری و ۶۰ عدد کمبود آهن داشتند) با شدت‌های مختلف بیماری از مؤسسه اصلاح نهال و بذر کرج تهیه شدند. نمونه تصاویر این بیماری‌های برگی در شکل‌های (۲) و (۳) و (۴) نشان داده شده است. جهت حفظ رطوبت و جلوگیری از تغییر شکل و رنگ برگ‌ها، از پوشه‌های کاغذی مخصوصی برای حمل و نقل آنها استفاده شد (Pydipati et al., 2006).

تهیه تصاویر

پس از جمع‌آوری نمونه‌ها و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه، 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. در این پژوهش از دوربین Canon EOS Kiss X4,1800 megapixel، پس‌زمینه سیاه و نور

سفید در تهیه‌ی تصاویر استفاده گردید تا بدین ترتیب بهترین تصویر با کمترین نویز آماده شد. تصاویر گرفته شده به کامپیوتر شخصی منتقل گردید (دولتی، ۱۳۹۲).

شکل۲ برگ آلوده به بیماری لکه آجری **شکل ۳** برگ آلوده به بیماری لکه غربالی **شکل۴** کمبود آهن درخت بادام

پیش پردازش

مرحله‌ی پیش پردازش شامل عملیاتی است که قبل از مرحله‌ی بخش بندی و به منظور حذف اثرات ناخواسته در تصویر انجام می-شود. در این مرحله پس از حذف نویز و پس زمینه‌ی عکس، تصاویر از فضای رنگی وابسته به دستگاه RGB به فضای رنگی مستقل از دستگاه (L*a*b*) منتقل شدند. 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 تقریبا 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 (جعفرنژاد قمی، ۱۳۸۹).

۱ـ۱ بخش‌بندی تصاویر

در این مرحله، برای بخش‌بندی تصاویر و استخراج ناحیه‌ی بیماری از خوشه‌بند c– میانگین فازی[3] استفاده شد. الگوریتم خوشه بندی c– میانگین فازی اشیاء تصویر را بر اساس مجموعه ای از ویژگی‌ها به تعداد c مجموعه طبقه بندی می‌کند.

تا بحال روش‌های مختلفی برای قطعه‌بندی تصویر ارائه شده است که از آن‌ها می توان روش‌های آستانه‌گیری، رشد ناحیه، تقسیم و ادغام ناحیه و الگوریتم‌های خوشه‌بندی را نام برد. الگوریتم‌های زیادی جهت خوشه‌بندی معرفی شده‌اند. الگوریتم‌های موجود را می‌توان به دو گروه سلسله مراتبی و تقسیمی دسته‌بندی نمود. در روش‌های تقسیمی، داده ها بر اساس معیار تشابه به تعدادی کلاستر تقسیم‌بندی تقسیم می‌شود. معروفترین الگوریتم در این گروه الگوریتم Fuzzy *C*-means می باشد که داده ها به c خوشه مستقل تقسیم می‌شود. در الگوریتم FCM از مفهوم فازی و نیز تعلق برای انتساب هر پیکسل به کلاس‌ها استفاده می‌شود. هدف اصلی الگوریتم کمینه کردن تابع خطا در روند قطعه بندی تصویر می‌باشد . بخش‌بندی تصویر گام اول در تحلیل و تشخیص الگوی تصویر می‌باشد که این کار بسیار ضروری و مهم و از سخت‌ترین کارها در پردازش تصویر می‌باشد که کیفیت نتایج نهایی تحلیل را تعیین می‌کند. مشکل بخش‌بندی به وسیله‌ی متخصصان با استفاده از هر دو تکنیک کلاسیک و فازی(FCM) تعیین

[3] Fuzzy c-means cluster

می‌شود. روش بخش‌بندی کلاسیک معمولا در مورد نواحی موجدار (حلقه حلقه) به کار می‌رود. مجموعه تئوری‌های فازی یک روش برای نشان دادن ابهامات و نامعلومی‌ها می‌باشد (Ei-Helly et al., 2004).

استخراج ویژگی‌ها

در این تحقیق از ویژگی‌های آماری، ویژگی‌های حاصل از ماتریس همرویدادی و ویژگی‌های رنگی استفاده شده است(Gonzalez et al.,2009; Mollazade et al., 2012). جدول ۱ تمام ویژگی‌های مورد استفاده و معادلات مربوطه را نشان می‌دهد.

ماتریس همرویدادی، فرکانس رویداد موقعیت‌های مشخصی از دو پیکسل را نسبت به هم در حوزه مکان نشان می‌دهد. در این تحقیق از فاصله‌ی پیکسلی ۱و زوایای ۰، ۴۵، ۹۰و ۱۳۵ درجه در ماتریس همرویدادی استفاده شد.

جدول۱ ویژگی‌های استخراج شده از برگ

نوع ویژگی	نام ویژگی	معادله مربوطه
ویژگی‌های آماری	میانگین شدت خاکستری	$\sum_{i=1}^{k} z_i p(z_i)$
	هموار بودن	$R = 1 - \frac{1}{1+\sigma^2}$
	گشتاور سوم	$\sum_{i=1}^{k} (z_i - m)^3 p(z_i)$
	یکنواختی	$\sum_{i=1}^{k} p^2(z_i)$
ویژگی‌های حاصل از ماتریس همرویدادی	آنتروپی	$-\sum_{i}\sum_{j} P_d(i,j)\log P_d(i,j)$
	کنتراست	$\sum_{i}\sum_{j} (i-j)^2 P_d(i,j)$
	همبستگی	$\sum_{i}\sum_{j} \frac{1}{1+(i+j)^2} P_d(i,j)$
	انرژی	$\sum_{i}\sum_{j} \{P_d(i,j)\}^2$

	همگنی[۴]	$\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{k}\frac{p_{ij}}{1+\lvert i-j\rvert}$
ویژگی‌های رنگی	واریانس	$\sigma=\frac{\sum_{i=1}^{k}(h(x)-\mu)^2}{k}$
	میانه	$\sigma=\frac{\sum_{i=1}^{k}h(x)}{k}$
	چولگی[۵]	$\sigma=\frac{\sum_{i=1}^{k}(h(x)-\mu)^3}{k\sigma^3}$
	کشیدگی[۶]	$\sigma=\frac{\sum_{i=1}^{k}(h(x)-\mu)^4}{k\sigma^4}-3$

دسته‌بندی تصاویر

برای دسته‌بندی و تفکیک بیماری‌ها از سیستم استنتاج فازی–عصبی تطبیقی استفاده شد. هرکدام از سیستم‌های فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی دارای مزایا و نواقصی می‌باشند. سیستم فازی قادر به استفاده از زبان بشری می‌باشد و می‌تواند از تجربیات بشری و افراد متخصص و خبره استفاده کند درحالیکه قادر به یادگیری نمی‌باشد. به عبارت دیگر با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای نمی‌توان سیستم فازی را آموزش داد. اما شبکه‌های عصبی با استفاده از مجموعه داده‌ها، قابلیت خودآموزی دارند. در عین حال شبکه‌های عصبی غیر صریح هستند و قادر به استفاده از زبان بشری نمی‌باشند. اولین بار جانگ[۷] در سال ۱۹۹۳ توانست از قدرت زبانی سیستم های فازی و آموزش شبکه‌های عصبی استفاده نماید و سیستمی تحت عنوان سیستم‌های فازی بر پایه‌ی شبکه عصبی تطبیقی ارائه نمایدکه این سیستم‌ها به سیستم های انفیس معروف شدند. این روش به صورت گسترده‌ای در این جعبه ابزار مورد توجه است. انفیس به کمک مجموعه‌ای از داده‌های ورودی/ خروجی یک سامانه استنتاج فازی (FIS) ایجاد می‌کند. پارامترهای توابع عضویت این سامانه از طریق الگوریتم پس انتشار یا ترکیب آن با روش حداقل مربعات تنظیم به سامانه‌های فازی اجازه می‌دهد تا ساختار خود را از مجموعه داده‌ها فرابگیرد. سرعت آموزش بالا، الگوریتم یادگیری موثرتر و سادگی نرم‌افزار از مزایای این روش نسبت به روش‌های دیگر است (کشاورزمهر، ۱۳۹۱).

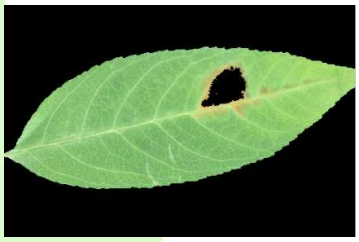
در این مطالعه برای تفکیک و دسته‌بندی بیماری‌ها از سیستم استنتاج فازی- عصبی نوع سوگنو[۸] استفاده شد. در این قسمت برای بدست آوردن یک نتیجه‌ی کلی، تمام مقادیر بدست آمده از قسمت استنتاج با هم ترکیب می‌شوند. قوانین فازی مختلف نتایج مختلفی خواهند داشت. بنابراین ضروری است تا همه‌ی قوانین در نظر گرفته شوند. به همین دلیل در پژوهش حاضر همه‌ی ترکیب‌ها برای توابع ورودی و خروجی و روش آموزش امتحان شد تا بهترین حالت انتخاب شود.

[۴] homogeneity
[۵] skewness
[۶] kurtosis
[۷] Jang
[8] sugeno

نتایج و بحث

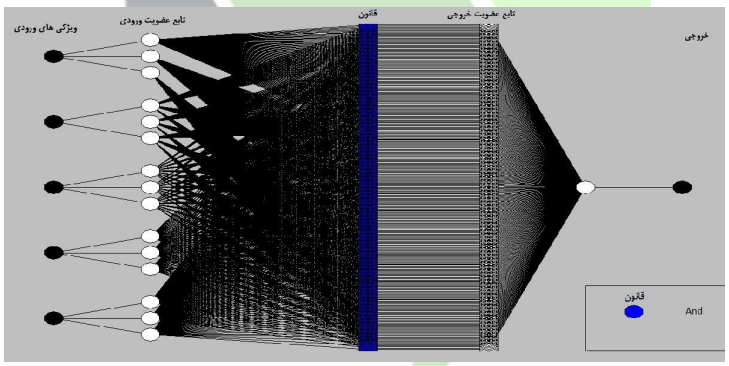
در این تحقیق سه اختلال درخت بادام شامل: لکه آجری، لکه غربالی و کمبود آهن با استفاده از برنامه‌ی نوشته شده در نرم‌افزار MATLAB R2009a و خوشه‌بند c- میانگین فازی تشخیص داده شد. برای بخش‌بندی تصاویر، تصاویر با پس زمینه و بدون پس‌زمینه امتحان شدند که تصاویر بدون پس زمینه نتایج بهتری در مرحله‌ی بخش‌بندی نشان دادند. در نتیجه تصاویر بدون پس زمینه برای مرحله‌ی بخش‌بندی انتخاب شدند.

تعداد خوشه‌بندی‌های مختلف برای خوشه‌بند c- میانگین فازی امتحان شد که تعداد خوشه‌ی دو، بهترین نتیجه را داشت. پس از خوشه‌بندی، تصاویر به دو ناحیه تقسیم شدند: ناحیه‌ی سالم برگ و ناحیه‌ی آلوده‌ی برگ، که تصاویر مربوط به این مراحل در شکل‌های ۵ و ۶ آمده است.



شکل۵ خوشه‌ی مربوط به ناحیه سالم برگ

شکل۶ خوشه‌ی مربوط به ناحیه آلوده‌ی برگ



شکل ۷ ساختار انفیس به کار رفته به منظور تشخیص بیماری گیاهی

پس از استفاده از روش تجزیه‌ی مؤلفه‌های اصلی (PCA) و کاهش تعداد داده‌های ورودی به پنج ورودی و تصادفی کردن داده‌ها، ۷۰٪ داده‌ها برای آموزش و ۳۰٪ داده‌ها برای آزمایش انتخاب شدند. ترکیبات مختلف توابع عضویت (نظیر *'trimf'* ، *'trapmf'* ، *'gbellmf'* ، *'gaussmf'*)، روش آموزش (پس انتشار خطا[۹] و مرکب[۱۰]) و ایجاد سیستم استنتاجی[۱۱](پارتیشن‌بندی[۱۲] و

[۹] **Back propagation**
[۱۰] **Hybrid**
[۱۱] **Generate FIS**

خوشه‌بندی کاهشی[۱۳]) برای دسته‌بندی بیماری‌ها امتحان شدند. شکل ۷ ساختار ساختار انفیس به کار رفته به منظور تشخیص بیماری‌های گیاهی را نشان می‌دهد.

نتایج نشان داد که سیستم با تابع عضویت ورودی و خروجی به ترتیب مثلثی و خطی ، روش آموزش هیبرید در هر دو حالت پارتیشن‌بندی و خوشه‌بندی کاهشی بالاترین دقت را داشت. نتایج حاصل از ترکیب این توابع عضویت ورودی و خروجی، روش آموزش و حالت ایجاد سیستم استنتاجی در جدول ۲ ارائه شده است. همانطور که از این جدول مشخص است بالاترین دقت این سیستم‌های استنتاجی برای داده‌های آموزشی ۱۰۰٪ و برای داده‌های آزمایشی ۹۶/۶۶ ٪ به‌دست آمده است.

پس از تست سیستم استنتاجی با داده‌های آزمایشی، داده‌های واقعی با نتایج سیستم استنتاجی مطابقت داده شدند که ماتریس اغتشاش و دقت سیستم استنتاجی منتخب در جدول ۳ قابل مشاهده است. همانطور که از این جدول مشخص است فقط دو مورد از برگ‌ها درست طبقه‌بندی نشده‌اند و دقت سیستم استنتاجی ۹۶/۶۶ ٪ تعیین شده است. این نتایج مبین این حقیقت هستند که سیستم استنتاج فازی–عصبی دارای دقت بسیار بالایی بوده و برای طبقه‌بندی و تفکیک برگ‌های آلوده گیاه می‌توان از این روش‌ها استفاده کرد.

زنگ و همکاران در سال ۲۰۱۱ کوفتگی‌های توت‌فرنگی را با استفاده از انفیس تشخیص دادند. آن‌ها توابع عضویت مختلف را برای این کار امتحان کردند و در پایان گزارش کردند که تابع عضویت "gauss2mf" بالاترین دقت را نسبت به بقیه توابع عضویت داشت مقدار دقت تشخیص را برای توت‌فرنگی‌های سالم و کوفته شده به ترتیب ۱۰۰٪ و ۷۸/۵۷ ٪ گزارش کردند (Zheng et al., 2011).

همان طور که از مباحث قبلی معلوم است دقت تحقیق حاضر نسبت به مطالعات قبلی بالاتر است و این احتمالا به‌دلیل استفاده همزمان ویژگی‌های آماری و طیفی در آنالیز بافت و انتخاب ویژگی‌های مناسب و حذف ویژگی‌هایی است که در عمل طبقه‌بندی تاثیری ندارند. یعنی انجام عملیات داده‌کاوی در عمل طبقه‌بندی (تفکیک) بیماری‌های تاثیر بسزایی داشته است.

[۱۲] **Grid Partition**
[۱۳] **Sub. Clustering**

جدول ۲ نتایج انفیس

خروجی	خطی															
حالت ایجاد انفیس	زیرخوشه ای								پارتیشن بندی							
حالت آموزش انفیس	Back prop.				hybrid				Back prop.				hybrid			
تابع عضویت ورودی	gaussmf	gbellmf	trapmf	trimf	gaussmf	gbellmf	trapmf	trimf	gaussmf	gbellmf	trapmf	trimf	gaussmf	gbellmf	trapmf	trimf
نتایج آموزش	۰	۰	۰	۰	۹۸	۷۷.۳۸	۷۷.۸۳	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۹۷	۹۹.۰۵	۹۸.۱۱	۱۰۰
نتایج تست	۰	۰	۰	۰	۹۴/۶۵	۸۰	۸۰	۹۶/۶۶	۰	۰	۰	۰	۹۲	۹۳	۹۳	۹۶/۶۶

خروجی	ثابت															
حالت ایجاد انفیس	زیرخوشه ای								پارتیشن بندی							
حالت آموزش انفیس	Back prop.				hybrid				Back prop.				hybrid			
تابع عضویت ورودی	gaussmf	gbellmf	trapmf	trimf	gaussmf	gbellmf	trapmf	trimf	gaussmf	gbellmf	trapmf	trimf	gaussmf	gbellmf	trapmf	trimf
نتایج آموزش	۰	۰	۰	۹۶	۸۰.۶۶	۹۸.۱۱	۷۴.۵۲	۹۵	۰	۰	۰	۰	۸۵	۹۸.۱۱	۷۸.۷۷	۹۷
نتایج تست	۰	۰	۰	۹۴/۴۵	۷۷	۹۴	۶۵	۹۰	۰	۰	۰	۰	۸۳	۹۴	۷۴	۹۵

جدول۳ ماتریس اغتشاش برگ‌های دسته بندی شده به روش **c**- میانگین فازی

نوع بیماری	بیماری لکه آجری	کمبود آهن	بیماری لکه غربالی	دقت(٪)
بیماری لکه آجری	۱۹	۰	۱	۹۵
کمبود آهن	۰	۲۰	۰	۱۰۰
بیماری لکه غربالی	۱	۰	۱۹	۹۵
دقت(٪)	۹۵	۱۰۰	۹۵	۹۶/۶۶

منابع

جعفرنژاد قمی، ع. ۱۳۸۹. "پردازش تصویر دیجیتال" ، علوم رایانه.

دولتی، م. ۱۳۹۲. " تشخیص بیماری‌های ماهی با استفاده ماشین بینایی و شبکه عصبی"، رساله‌ی دکتری، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران.

کشاورزمهر، م. ۱۳۹۱. "شبکه‌های عصبی، منطق فازی و الگوریتم ژنتیک"، نورپردازان.

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

Abu-naser, S., A. Kashkash and M. Fayyad (2010). "Developing An Expert System For Plant Disease Diagnosis." journal of Artificial Intelligence **3**(4): 269-275.

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.

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. J. M. R. S. Tavares and R. M. Natal Jorge, Springer Netherlands. **8:** 67-85.

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.

Gonzalez, R. C., R. E. woods and S. L.Eddins (2009). "Digital image processing using MATLAB ".

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.

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.

Yao, Q., Z. Guan, Y. Zhou and JianTang (2009). "Application of support vector machine for detecting rice diseases using shape and color texture features." International Conference On Engineering Computation: 79-83.

Zheng, H., B. Jiang and H. Lu (2011). "An adaptive neural-fuzzy inference system (ANFIS) for detection of bruises on Chinese bayberry (Myrica rubra) based on fractal dimension and RGB intensity color." Journal of Food Engineering **104**(4): 663-667.

Almond leaf disease detection using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

Plant pathologists usually detect the diseases directly by their eye, which might be time consuming and also very expensive in large farms, however, this action requires continuous monitoring of the pathologists. Automatic disease detection using machine vision technique is essential research topic that can be very useful in Design of intelligent sprayer and monitoring of large farms. In this study three Almond disasters that appear on leaves (wilsonomyses, carpophilus, iron deficient) 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 fuzzy c-mean clustering was detected and then color and texture features were extracted. Adaptive neuro–fuzz inference system (ANFIS) was used for diseases classification. The results showed that the ANFIS was able to successfully Segment leaves with fuzzy c-means clustering method with 96.66 % accuracy.

Keywords: machine vision, plant disease, fuzzy c-means clustering, Adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS).