دوره ۱۱ ، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱

مجله مهندسی زیست سامانه

مجله مهندسی زیست سامانه

تعیین میزان ازت برگ خیار گلخانه‌ای به منظور مدیریت مصرف کود به کمک پردازش تصویر

مجید حداد [۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۹

چکیده

تشخیص ظاهری اختلالات تغذیه‌ای ممکن است با علائم ناشی از عوامل غیر تغذیه‌ای نظیر بیماری‌ها، آفات و ترکیبات شیمیایی اشتباه شود، لذا به منظور تأیید تشخیص ظاهری می‌توان از تجزیه برگی استفاده کرد. با مدیریت صحیح ازت می‌توان مقدار مناسب نیتروژن محصول را تأمین کرد و همچنین آلودگی ناشی از آن در خاک و آب را کاهش داد. هدف این پژوهش تعیین قابلیت استفاده از تصاویر رقومی برای تشخیص مقدار نیتروژن موجود در برگ خیارگلخانه‌ای و مقایسه آن با روش تجزیه آزمایشگاهی می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی روش آزمایشگاهی اندازه‌گیری کلروفیل برگ گیاه خیار گلخانه‌ای با دستگاه کلدال و روش پردازش تصویر برای ۵۰ عدد برگ سالم و آسیب‌دیده با یکدیگر مقایسه شد. سپس میزان دقت الگوریتم طراحی شده به منظور تعیین درصد کلروفیل و قسمت آسیب دیده برگ گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت بهترین شبکه عصبی به عنوان دقیق‌ترین مدل انتخاب گردید. نتایج بدست آمده نشان داد میانگین میزان کلروفیل برگ خیار به ترتیب برای روش آزمایشگاهی تقریبا ۷۲/۶۵ درصد و برای روش پردازش تصویر تقریبا ۷۴/۱۴ درصد بدست آمد که نشان دهنده اختلاف کم دقت در این دو روش بوده و استفاده از روش غیرمخرب پردازش تصویر را نسبت به روش آزمایشگاهی مقدور می‌سازد. مدل پیشنهادی به منظور تشخیص میزان کلروفیل و قسمت آسیب دیده برگ با استفاده از تشخیص ناحیه با روش بدون نظارت خوشه‌بندی k-means، دارای شبکه‌ای با دو نرون در لایه مخفی اول و پنج نرون در لایه مخفی دوم و تابع آموزش و تابع انتقال بود و در نتیجه شبکه‌ای با توپولوژی ۱۵-۲-۵-۵ تشکیل شد که دقت ۱۰۰ درصد برای این مدل بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: پردازش تصویر، محتوای نیتروژن برگ، خیار گلخانه‌ای، شبکه عصبی، کلروفیل

مقدمه

علائم برگی سریع‌ترین روش در تشخیص اختلالات تغذیه‌ای گیاهان می‌باشد. گیاهان با نمایش علائم خاص برای هر مشکل به شدت و ضعف هر مشکل پاسخ می‌دهند. لذا با تشخیص به موقع و صحیح این علائم کنترل اختلالات تغذیه‌ای امکان‌پذیر می‌باشد. تشخیص ظاهری اختلالات تغذیه‌ای ممکن است با علائم ناشی از عوامل غیرتغذیه‌ای نظیر بیماری‌ها، آفات و ترکیبات شیمیایی اشتباه شود، لذا به منظور تأیید تشخیص ظاهری باید از تجزیه برگی استفاده شود. در تجزیه برگی غلظت عناصر مورد نظر در برگ اندازه گیری و بر اساس جداول استاندارد تفسیر و در صورت نیاز، مدیریت تغذیه و کودهی اصلاح می‌شود. مشکل این روش

[۱] - کارشناس ارشد، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، تاکستان، ایران

Mhadad1212@gmil.com

کند بودن آن می‌باشد زیرا در اغلب آزمایشگاه‌ها به طور کمینه یک هفته زمان برای اندازه‌گیری و گزارش نتایج مورد نیاز است. (Mollahosseini,2009)

نیتروژن یکی از مواد غذایی ضروری مورد نیاز برای رشد گیاه می‌باشد و فقط با کوددهی متغیر آن در سطح مزرعه می‌توان به محصول فراوان با کمترین هزینه و نیز کمترین اثرات زیست‌محیطی دست یافت. (Auernhammer,et,al 1999) نقش ازت بیشتر مشارکت در ارگان‌هایی رویشی مثل برگ و شاخه‌ها است. مصرف بالای آن باعث رشد رویشی و سبزینگی است. فرم آمونیومی ازت ویژگی رویشی را در گیاه القا می‌نماید. بوته‌های دچار کمبود ازت دارای اندازه کوچک با برگ‌های کوچک هستند. رنگ پریدگی برگ از مشخصه-های ظاهری کمبود ازت است. ازت عنصر پر تحرکی است که علایم کمبود آن به صورت رنگ‌پریدگی و زردبرگی عمومی در سطح برگ‌های پایین بوته مشخص می‌گردد. در صورت شدت کمبود، کل گیاه رنگ پریده می‌گردد و برگ‌های جوان-تر رشدشان متوقف خواهد شد. میوها کوتاه قد شده و در برخی ارقام حساس خاردار و باریک و نازک و به رنگ سبز روشن می‌گرایند. گاهی اوقات میوه، خاردار شده و نوک آن باریک و تیز می‌شود.

کاربرد فناوری کوددهی متغیر نیتروژن در مزرعه یکی از محورهای اصلی مدیریت دقیق محصول می‌باشد که راندمان کوددهی را افزایش داده و باعث کاهش آلودگی‌های زیست-محیطی می‌گردد. استفاده از این فناوری، نیازمند تعیین دقیق و لحظه‌ای وضعیت نیتروژن گیاه در مزرعه می‌باشد. (Ahmadi Moghadam, 2015) در کشاورزی مرسوم، فرض می‌شود که تمامی خاک مزرعه از نظر حاصلخیزی یکنواخت و همگن است، بنابراین کوددهی به صورت یکنواخت صورت می‌گیرد. اما زمین‌های کشاورزی از این نظر متغیر بوده و نیاز دارند که روش‌های گوناگونی برای مدیریت کود-دهی نقاط مختلف مزرعه اعمال شود. (Kim, et,al,2000) اجرای موثر کوددهی متغیر نیتروژن در سطح مزرعه، بستگی به توانایی تشخیص وضعیت نیتروژن گیاه در هنگام عمل کودپاشی دارد. بنابراین روش‌های غیرمخرب تعیین وضعیت نیتروژن گیاه یک عامل مهم درمدیریت کوددهی است. (Jon, et,al, 2009) گیاهان نیاز به مقدار زیادی ازت دارند و این عنصر، در ساخت کلروفیل (رنگدانه سبز برگ‌ها) یا تبدیل کننده نور خورشید به انرژی مورد نیاز گیاه نقش دارد .کمبود ازت، منجر به کاهش عمل فتوسنتز و تحت تاثیر قراردادن رشد رویشی و در نتیجه تولید میوه می‌شود، به طوری‌که گیاه، ظاهری رنگ پریده پیدا می‌کند، برگ‌های جوان کوچک و سبز رنگ ولی برگ‌های مسن زرد رنگ و سپس می‌میرند و در صورت ادامه کمبود، برگ‌های جوان نیز زرد شده و عملکرد کاهش، میوه‌ها رنگ پریده، کوتاه و ضخیم می‌شوند. (Mollahoss-eini,2009)

کوددهی متغیر نیتروژن یکی از روش‌هایی است که می‌توان برای کاهش اثرات زیست محیطی و افزایش بازده کوددهی استفاده کرد که البته این روش نیازمند تشخیص لحظه‌ای میزان ازت در گیاه و نیز خاک است. چندین روش برای تشخیص کمبود نیتروژن محصولات کشاورزی وجود دارد که شامل آنالیز بافت گیاه، آنالیز نمونه خاک، اندازه-گیری توسط کلروفیل‌سنج و آنالیز تصاویر هوایی می‌باشد. روش‌های آنالیز بافت گیاه و آنالیز نمونه خاک روش‌های دقیقی هستند اما نیاز به زمان و ابزار بیشتری داشته و همچنین پر هزینه‌تر می‌باشند. (Thorp, et,al. 2004) استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج یک روش بسیار سریع و غیرمخرب می‌باشد که به صورت گسترده‌ای توسط پژوهشگران برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل گیاه رایج شده است. در پژوهش-های و نیز توانایی دستگاه کلروفیل‌سنج را برای اندازه‌گیری درصد نیتروژن گیاه نشان دادند. (Blackmer and Sch-epers ,1995) با توجه به اینکه نیتروژن مولفهٔ اصلی مولکول های کلروفیل در برگ گیاه می‌باشد، می‌توان از رنگ برگ که تابعی از مقدار کلروفیل آن می‌باشد برای بررسی وضعیت نیتروژن استفاده کرد. (Liangliang, et,al. 2004)

استفاده از پردازش تصاویر رنگی از جمله روش‌های غیر مخرب در شناسایی و تشخیص میزان کلروفیل گیاه می‌باشد. برای این منظور از نمونه‌ها می‌باید تصاویر رنگی یا RGB تهیه نمود و میزان اطلاعات رنگی تصاویر را مورد هر پیکسل در دو

نمونه برگ سالم و ناسالم مقایسه نمود. مقدار خسارت از رابطه سطح آسیب‌دیده به سطح کل برگ به دست خواهد آمد.

در پژوهشی برای تخمین پوشش سبزی و مقدار ماده خشک گندم از پردازش روی تصاویر رنگی که توسط دوربین رقومی رنگی گرفته شده بود استفاده شد. (Lukina, et,al. 1999) در پژوهشی دیگر گزارش دادند که بهترین ناحیهٔ رنگی که بیشترین همبستگی را با درصد نیتروژن برگ ذرت دارد در ناحیه ۵۳۰ تا ۷۸۰ نانومتر می‌باشد. (Alcha-natis,et,al.2005) در گزارش روش جدیدی مبتنی بر پردازش تصویر برای تعیین کلروفیل موجود در برگ گیاهان ارائه دادند که در این روش با استفاده از خواص رنگ به تعیین وضعیت ازت موجود در برگ پرداختند. (Mahdi, et,al. 2012) در پژوهشی به تخمین سریع مساحت و مقدار کلروفیل برگ سیب رقم زرد و قرمز لبنانی با استفاده از روش‌های مرسوم و تکنیک پردازش تصویر پرداختند که تکنیک پردازش تصویر با دقت بالاتری موفق به تعیین مساحت و کلروفیل موجود در برگ سیب شد. (Ahmadi Moghadam,2015)

هدف این پژوهش تعیین قابلیت استفاده از تصاویر رقومی برای تشخیص مقدار نیتروژن موجود در برگ خیار گلخانه‌ای می‌باشد. در این پژوهش روابطی برای تخمین درصد کلروفیل برگ خیار گلخانه‌ای با استفاده از پردازش روی تصاویر دیجیتالی استخراج شده است که می‌تواند در کاهش هزینه‌های نیروی انسانی و مدیریت مصرف نهاده‌های شیمیایی موثر واقع شود.

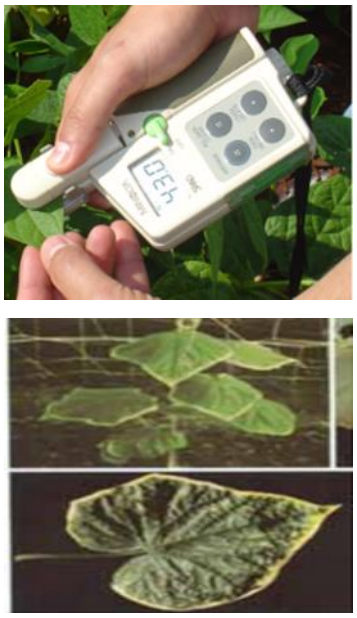
مواد و روش‌ها

تعیین میزان کلروفیل به روش آزمایشگاهی

پس از خشک نمودن نمونه‌های برگ خیار گلخانه‌ای، میزان نیتروژن با استفاده از کلدال دستی اندازه‌گیری شد. شکل ۱ و ۲ مراحل انجام آزمایش کلدال را نشان می‌دهد. اساس این روش، واکنش رنگی بین آمونیوم و باز ضعیف (ترکیبی از سدیم سالیسیلات و منلع کاری مثل سدیم هیپوکارلیت یا دی کلر و ایزوسیانورات) است. شدت رنگ سبز به خوبی توسط بکارگیری سدیم نیتروپروساید افزایش می‌یابد. سدیم تارتارات برای حذف رسوب هیدورکسید فلزات سنگین که ممکن است در فرآیند هضم وجود داشته باشد، استفاده می‌شود. زیرا کاتالیزورهای استفاده شده در این روش فلزات سنگینی مثل جیوه و سلنیم هستند.

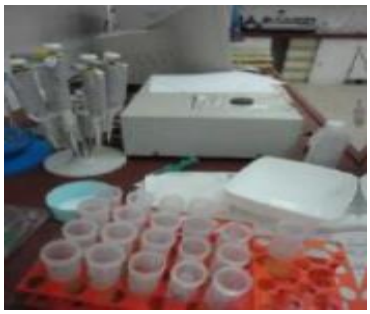
شکل ۱- مراحل کار آزمایشگاه: نمونه‌ها در ابتدا، اندازه‌گیری کلروفیل در وسط و خشک کن نمونه در آون در آخر

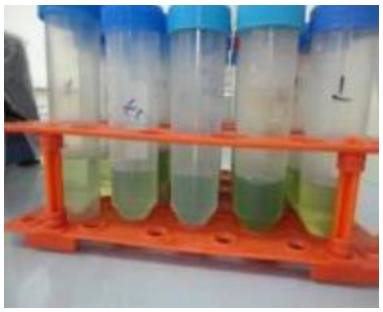
Fig 1- Laboratory steps: First, chlorophyll measurement in the middle and sample dryer in the oven at the end

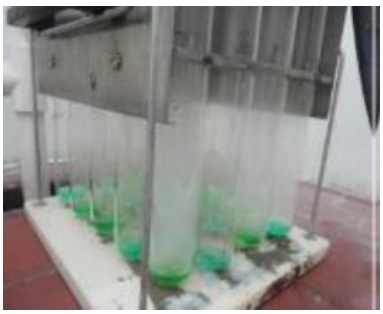


شکل ۲- مراحل آزمایش کلدال در شکل اول، مرحله قبل از خواندن در وسط و مرحله خواندن نیتروژن با دستگاه در پایین

Fig 2 - Chaldeal test In the first figure, pre-reading stage in the middle and nitrogen reading stage with the device on the right





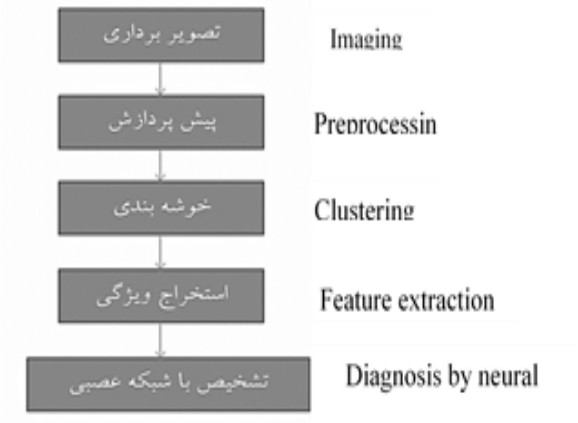


شکل ۳- چند نمونه برگ آزمایش شده با میزان کلروفیل ۹۲- ۸۱- ۴۳ درصد به ترتیب از راست به چپ

Fig 3- Several samples of leaves tested with chlorophyll content of 92-41-43% from right to left, respectively

شکل ۴- مراحل انجام کار الگوریتم تشخیص میزان کلروفیل برگ

Fig 4- Steps to perform the work of leaf chlorophyll algorithm

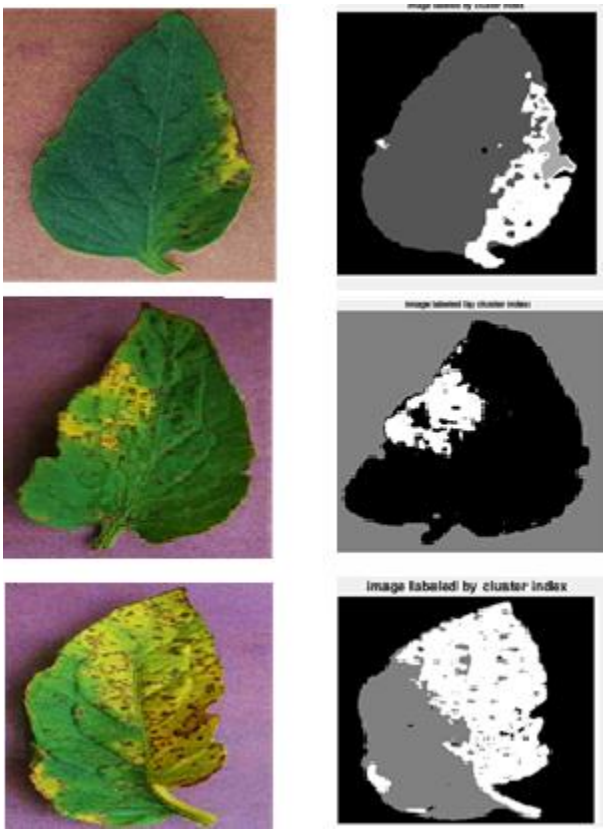


به منظور حذف اغتشاش، تصاویر بدست آمده از تصویر-برداری برگ‌ها از روش‌های مرسوم (فیلتر میانه) استفاده شد (شکل ۵) و سپس به مرحله بعد که همان پردازش و انتخاب بهترین ویژگی‌ها از تصویر است ارسال شدند. قبل از بدست آوردن ویژگی‌های بیماری از تکنیک یادگیری بدون نظارت K-means به منظور خوشه‌بندی استفاده شد تا رنگ‌ها در چند زمینه در گیاه قابل تمایز گردد. خوشه‌بندی k-means روشی در کمی‌سازی بردارهاست که در اصل از پردازش سیگنال گرفته شده و برای آنالیز خوشه‌بندی در داده کاوی محبوب است. خوشه‌بندی k-means با هدف تجزیه n مشاهدات به k خوشه است که در آن هر یک از مشاهدات متعلق به خوشه‌ای با نزدیک ترین میانگین آن است، این میانگین به عنوان پیش‌نمونه استفاده می‌شود. این به پارتیشن‌بندی داده‌ها به یک دیاگرام ورونوی تبدیل می‌شود.

استخراج ویژگی فرایندی است که در آن با انجام عملیاتی بر روی داده‌ها، ویژگی‌های بارز و تعیین کننده آن مشخص می-شود. در این پژوهش اطلاعات بافت تصویر تک باند با استفاده از ماتریس رخداد همزمان GLCM استخراج شده است. پژوهشگران مختلف از تبدیل موجک به دو صورت استفاده می کنند. برخی از تجزیه موجک برای بدست آوردن جزییات و اطلاعات بیشتر درباره موج اصلی استفاده می‌کنند و سپس با استفاده از روش‌های داده کاوی اطلاعات موردنظر خود را استخراج می‌کنند و برخی دیگر تنها از انرژی سیگنال‌های تجزیه شده بهره می‌گیرند و در واقع از تبدیل موجک به عنوان روش‌های داده کاوی استفاده می‌کنند که در پژوهش حاضر روش دوم مورد استفاده قرار گرفت. برای استخراج ویژگی‌های موجک لکه‌های آسیب رنگی دیده، 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 آنتروپی و انرژی تبدیل موجک گسسته در سه جهت عمودی، افقی و شعاعی استخراج گردید.

شکل ۵- تصویر حذف اغتشاش و فیلتر شده با استفاده از فیلتر میانه

Fig 5 - Noise removal and filtered image using the middle filter



تشخیص با شبکه عصبی

تصاویر بدست آمده از نمونه، بعد از آنکه مراحل پردازش را سپری کرد، می‌باید وارد فضای تصمیم‌گیری[۲]شود. فضای تصمیم‌گیری با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی[۳] و یا ماشین بردار پشتیبان[۴]درباره تصاویر تصمیم می‌گیرد و سعی در شناسایی میزان آسیب به برگ بر اساس داده‌های بدست آمده از وضعیت تصاویر پردازش شده از برگ‌های گیاه دارد. در پژوهش حاضر برای تفکیک و طبقه‌بندی تصاویر از جعبه ابزار شبکه عصبی مصنوعی نرم افزار MATLAB 10.8.0.347(R2020) استفاده شد. برای این منظور با استفاده از روش شبکه عصبی، الگوریتمی در برنامه MATLAB توسعه داده شد که بر اساس این الگوریتم، شبکه پیشخور شامل تعداد مشخص ورودی (بسته به نوع مدل) و سه خروجی، روش آموزشی پس انتشار، 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 ۲۰۰ 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 لایه ورودی به تعداد ویژگی‌های ورودی (که بر اساس مدل استفاده شده این تعداد متفاوت است) نرون وجود داشت که هر کدام بیان کننده یک ویژگی انتخابی بودند. با توجه به اینکه ایده اصلی از این طرح، کاربرد آن در طبقه-بندی است، لذا شبکه هر چقدر با تعداد Epoch یا تکرار کمتر به میزان خطای مورد نظر نزدیک شود بهتر خواهد بود. بنابراین جهت افزایش سرعت یادگیری، سیستمی با دو لایه مخفی برای شبکه در نظر گرفته شد. لایه خروجی با توجه به انواع بیماری‌های مورد مطالعه شامل دو نرون است که برگ آسیب دیده با عدد ۱ و برگ سالم با عدد ۲ نمایش داده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از مقایسه دو روش آزمایشگاهی و پردازش تصویر

همانطور که در شکل ۶ دیده می‌شود نمودار میزان کلروفیل برگ در روش آزمایشگاهی و روش بینایی‌ماشین در ۲۰ نمونه دارای شیب تقریبا یکسانی نسبت به یکدیگر می‌باشند.کمینه مقدار اندازه‌گیری شده برای میزان کلروفیل اندازه‌گیری شده در دو روش به ترتیب ۴۷ و ۴۸/۳ درصد برای روش آزمایشگاهی و پردازش تصویر و بیشینه مقدار اندازه‌گیری شده در دو روش به ترتیب ۹۸/۳ و ۹۹/۹۹ درصد برای روش آزمایشگاهی و پردازش تصویر می‌باشد. همچنین میانگین این دو نمودار برای تعیین میزان کلروفیل برگ خیار نیز به ترتیب برای روش آزمایشگاهی تقریبا ۷۲/۶۵ درصد و برای روش پردازش تصویر تقریبا ۷۴/۱۴ درصد بدست آمد که نشان دهنده اختلاف کم دقت در

[۲]-Decision Making

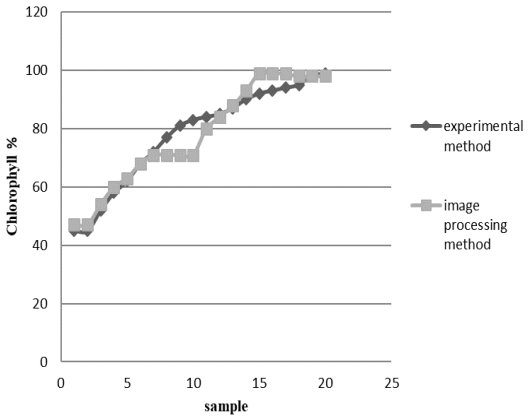
[۳]Artificial Neural Networks (ANN)

[۴] Support Vector Machine (SVM)

این دو روش نسبت به یکدیگر بوده و جایگزینی استفاده از روش غیر مخرب پردازش تصویر را نسبت به روش آزمایشگاهی مقدور می‌سازد. بنابراین تعیین میزان کلروفیل به منظور مدیریت مصرف کود با روش پردازش تصاویر برگ خیار گلخانه‌ای امکان‌پذیر است.

شکل ۶- مقایسه نتایج روش آزمایشگاهی و روش پردازش تصویر در میزان کلروفیل (درصد)

Fig 6- Comparison of the results of experimental method and image processing method in chlorophyll content (percentage)

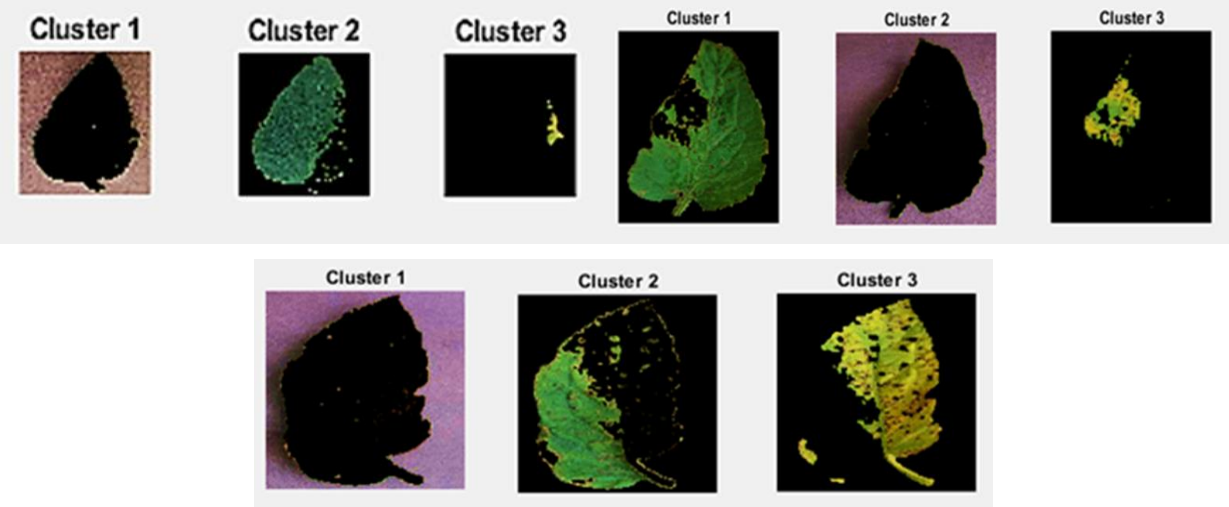


نتایج حاصل از خوشه‌بندی k-means

در این تحقیق تعداد خوشه‌بندی‌های مختلف برای خوشه بند K-means کلاسیک مورد آزمون قرار گرفت که تعداد خوشه سه، بهترین نتیجه را در برداشت. پس از خوشه‌بندی تصاویر، تصاویر به دو ناحیه تقسیم شدند. ناحیه سالم برگ و ناحیه آسیب دیده برگ، که تصویر مربوط به این مراحل در شکل ۷ آمده است. این شکل نشان دهنده مراحل تشخیص ناحیه آسیب دیده توسط خوشه-بندی بدون نظارت K-means می‌باشد. به منظور تعیین میزان درصد ناحیه آسیب دیده در خوشه‌بندی، میزان این ناحیه را بر سطح کل برگ تقسیم کرده و نتایج حاصل با نتایج تعیین آزمایشگاهی کلروفیل و آزمایش کلدال مقایسه گردید.

شکل ۷- تشخیص ناحیه آسیب دیده توسط خوشه‌بندی بدون نظارت K-means

Fig 7 - Identification of the affected area by unsupervised clustering of K-means



نتایج حاصل از شبکه عصبی

شبکه‌های استفاده شده در این پژوهش از نوع شبکه‌های عصبی مصنوعی چند لایه با روش یادگیری پس انتشار خطا بوده است. به منظور دستیابی به بهترین ساختارANN ، تعداد مختلفی از ساختارها با یک و دو لایه مخفی آموزش داده شده و آزمون شدند.

ساختار با دو لایه مخفی نتایج بهتری را نشان داد. همانگونه که قبلا 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 R2020a بهره گرفته شده است.

نتایج حاصل از شبکه عصبی اعمال شده بر برگ‌های دسته‌بندی شده به روش K-means

پس از اجرای برنامه، برای مدل شبکه عصبی موجود، بهترین شبکه با بیشترین R^2 و کمترین RMSE تعیین شد و مدلی که دارای بالاترین دقت بود انتخاب گردید. خطای هریک از شبکه‌های منتخب در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱- ضرایب حاصل از شبکه عصبی انواع مدل‌ها

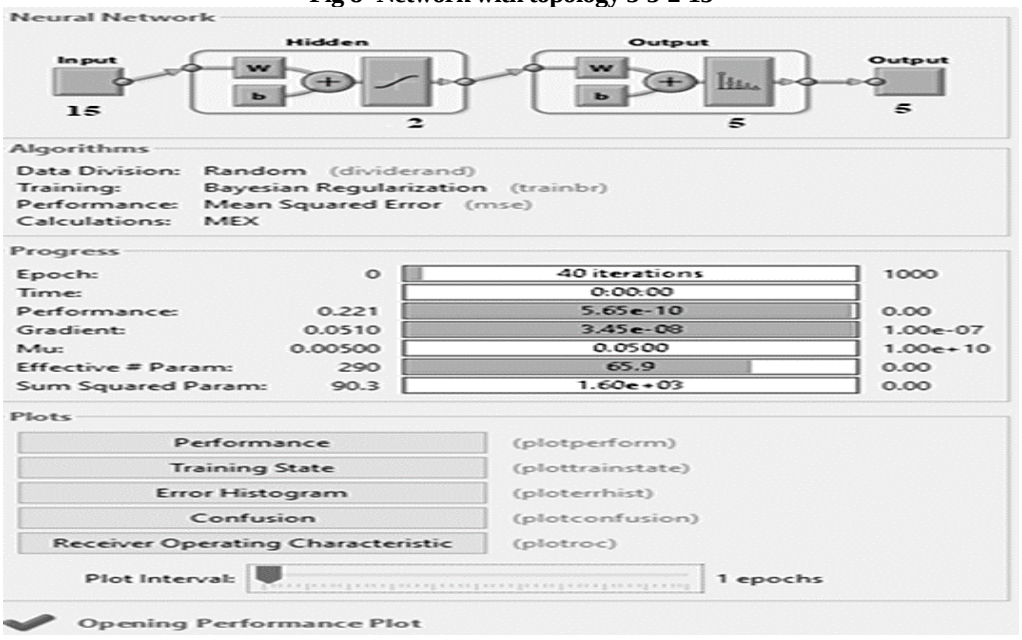
Table 1- Coefficients obtained from neural network of various models

مدل Model	ساختار Structure	نوع برگ Leaf type	سالم Healthy	آسیب دیده Hurt	دقت (درصد) (٪) Accuracy	دقت کل (درصد) (٪)Total accuracy
مدل۱ Model 1	11-2-3-5	سالم Healthy	23	2	94.68	96.46
		آسیب دیده hurt	1	24	98.25	
مدل۲ Model 2	17-3-5-5	سالم Healthy	24	1	98.25	98.25
		آسیب دیده hurt	1	24	98.25	
مدل۳ Model 3	14-4-3-5	سالم Healthy	23	2	94.68	94.68
		آسیب دیده hurt	2	23	94.68	
مدل۴ Model 4	15-2-5-5	سالم Healthy	25	0	100	100
		آسیب دیده hurt	0	25	100	

از میان مدل‌های موجود بهترین مدل دارای شبکه‌ای با دو نرون درلایه مخفی اول و پنج نرون درلایه مخفیی دوم و تابع آموزش 'trainlm'و تابع انتقال 'tansig' بود و در نتیجه شبکه‌ای با توپولوژی ۱۵-۲-۵-۵ تشکیل شد (شکل۸). در واقع بهترین مدل دارای یک لایه ورودی با ۱۵، دو لایه مخفی با ۲ و ۵ نرون در هر لایه و یک لایه خروجی با ۵ نرون است که دقت ۱۰۰ درصد برای این مدل بدست آمد. (شکل۹)

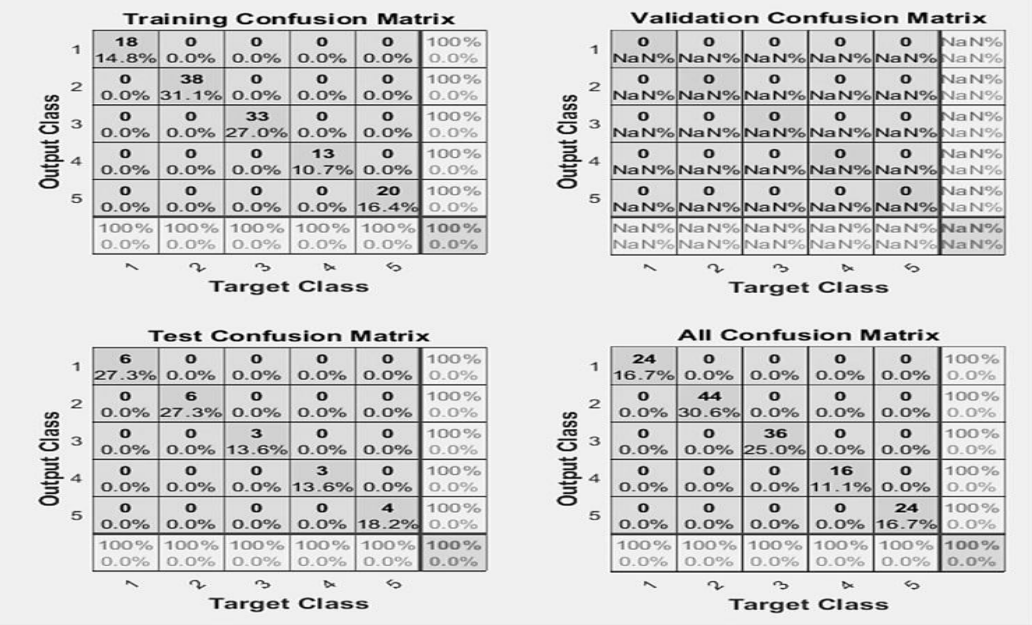
شکل ۸- شبکه با توپولوژی ۵-۵-۲-۱۵

Fig 8- Network with topology 5-5-2-15



شکل ۹- دقت شبکه عصبی پیشنهادی در این پژوهش

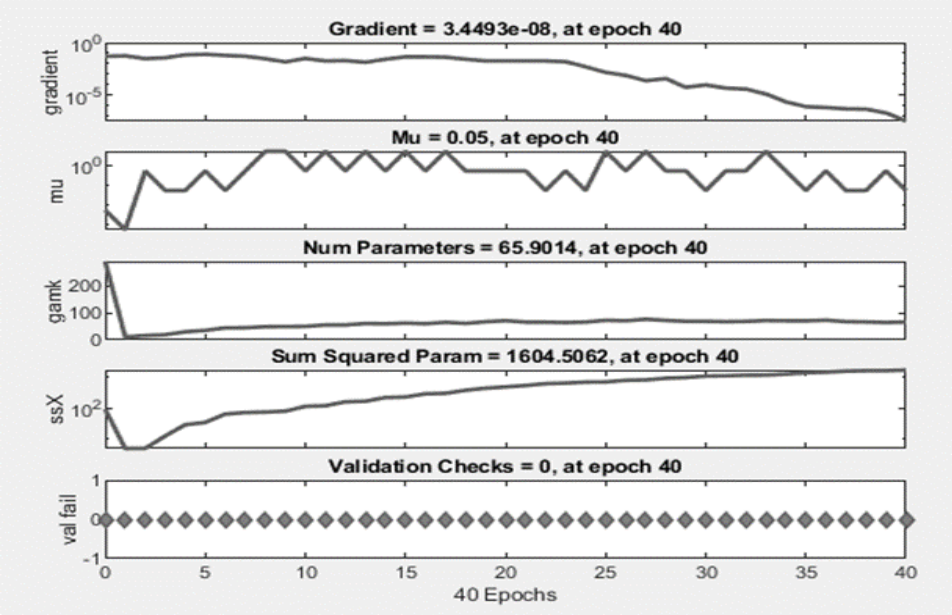
Fig 9 - The accuracy of the neural network proposed in this study



همانطور که در شکل ۹ و ۱۰ دیده می‌شود در این شبکه تعداد Epoch برای همگرایی شبکه ۴۰ و زمان همگرایی برابر ۰۰/۰۰ بوده و نرخ آموزش (MU) برابر ۰/۰۵ می‌باشد.

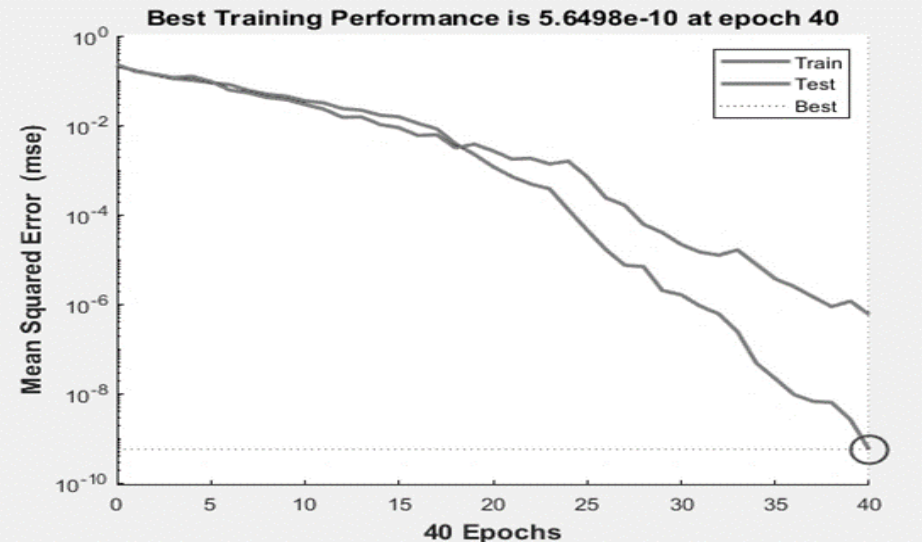
شکل ۱۰- نمودار متغیرهای بدست آمده از شبکه عصبی

Fig 10 - Chart of variables obtained from the neural network



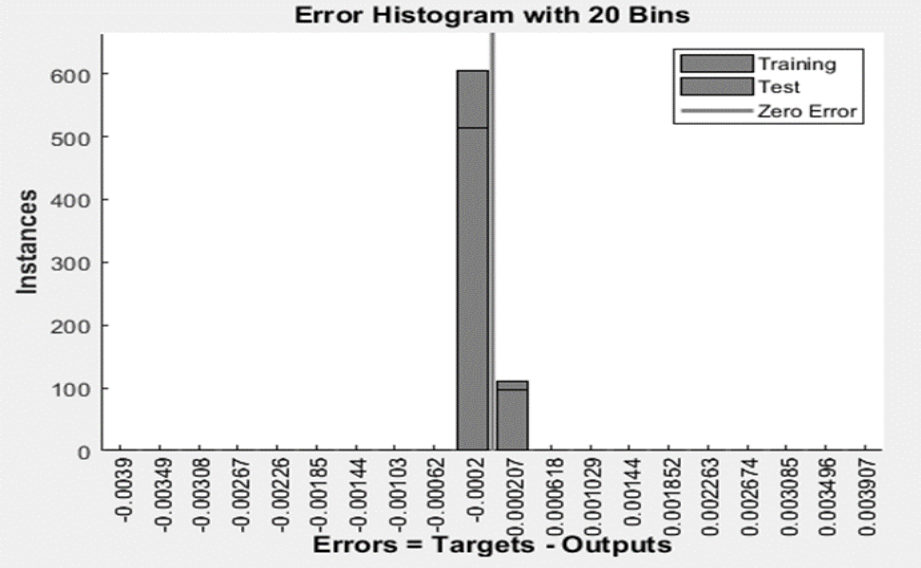
در نمودار شکل ۱۱ مقدار MSE به ازاء هر Epoch برای داده‌های آموزش و آزمون، نمایش داده شده است. بهترین مقدار در این نمودار هنگامی می‌باید باشد که نمودارهای موجود در شکل به همگرایی نسبت به یکدیگر برسند. با توجه به شکل این مقدار در Epoch 40 انجام شده است.

شکل ۱۱- نمودار همگرایی داده‌های آموزش و آزمون
Fig 11- Convergence diagram of training and test data



همانطور که در نمودار Historgam Error (شکل ۱۲) نشان داده شده است (این نمودار نشان دهنده میزان خطا با توجه داده‌های شبکه عصبی می‌باشد) تعداد خطاها با مقدار ۰/۰۰۰۲ به میزان ۶۰۰ مرتبه بیشتر اتفاق افتاده‌اند. این میزان خطا به دلیل آنکه کمترین فاصله را با مقدار صفر دارد عملکرد خوب شبکه عصبی را نشان می‌دهد. البته باید این نکته را خاطر نشان کرد که در عملکرد شبکه‌های عصبی هدف رسیدن به خطای صفر نیست بلکه نزدیک شدن به خطای صفر برای شبکه عصبی می‌باشد.

شکل ۱۲- نمودار میزان خطا در شبکه عصبی تشکیل شده
Fig 12 - Diagram of the amount of error formed in the neural network



نتیجه‌گیری

از آنجایی‌که تعیین نیازهای کودی گیاه به صورت دقیق و به موقع به منظور افزایش بازده‌هی ضروری است، لذا توسعه روش‌های نوین برای تشخیص علائم و آثار کمبود عناصر اصلی و ریزمغذی‌ها در گیاهان بسیار موثر خواهد بود. در این پژوهش هدف مقایسه روش آزمایشگاهی و بینایی ماشین در تشخیص

محتوای کلروفیل برگ خیار گلخانه‌ای و در نتیجه تعیین میزان ازت بوده است. نتایج بررسی این دو روش نشان داد که اختلاف داده‌ها در دو روش فوق کم بوده، بنابراین می‌توان روش پردازش تصویر و مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی را برای تعیین کلروفیل و متوای ازت برگ به کار برد. این نتیجه با نتایج پژوهش Kisalaei, et,al. 2016 در مورد محتوای ازت برگ گیاه گوجه‌فرنگی مطابقت دارد. اگرچه در این پژوهش از روش پردازش تصاویر حاصل از دوربین‌های رقومی استفاده شده است اما پیشنهاد می‌شود روش‌های دیگری نظیر دوربین‌های فراطیفی، فلوروسنس و دوربین حرارتی و نیز سنجش از دور به منظور تعیین میزان کلروفیل برگ مورد ارزیابی قرار بگیرد. با توجه به ماهیت روش پردازش تصویر و نیز شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توان نتایج این پژوهش را در تشخیص میزان و نوع بیماری-ها و آفات گیاهی نیز بکار برد اگرچه در این مورد بررسی و ارزیابی مدل‌های شبکه به نظر ضروری می‌رسد.

Refferences

- Ahmadi Moghadam,P.,2015.Rapid estimation of area and amount of chlorophyll in apple leaves, Iranian Journal of Agricultural Research, first edition.

- Alchanatis V, Schmilovitch Z and Meron M, 2005. In field assessment of single leaf nitrogen status by spectral reflectance measurements. Precision Agriculture 6: 25-39.

- Auernhammer M, Demmel FX, Maidl U, Schmidnalter T and Wagner P, 1999. An farm communication system for precision farming with nitrogen real-time application. ASAE Paper No 99-1150, ASAE St. Joseph, MI.

- Blackmer TM and Schepers JS, 1995. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. Journal of Production Agriculture 8(1): 56-60.

- Jon T, Biermacher FM, Epplin B, Wade B, John B, William S and Raun R, 2009. Economic feasibility of site specific optical sensing for managing nitrogen fertilizer for growing wheat. Precision Agric 10: 213-230.

- Kim YS, Reid F, Hansen A and Zhang Q, 2000. On-field crop stress detection system using multi-spectral imaging sensor. Agri and Biosys Eng 1(2): 88-94.

- Kisalaei, A., Rasouli Sharbiani,V.,and Golmohammadi, A. 2016. Application of image processing to detect the nitrogen content of tomato leaves. Master Thesis. Mohaghegh Ardabili University.

- Liangliang Jia, Chen X, Zhang F, Andreas B and Volker R, 2004. Use of digital camera to assess nitrogen status on winter wheat in the northern china plain. Journal of Plant Nutrition 27(3): 441-450.

- Lukina E, Stone M and Raun W, 1999. Estimating vegetation coverage in wheat using digital images. Journal of Plant Nutrition 22: 341-350.

- Mahdi M.Ali, Ahmed Al-Ani, Derek Eamus and Daniel K.Y. Tan, 2012. A New Image Processing Based Technique to Determine Chlorophyll in Plants. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 12 (10): 1323-1328.

- Mollahosseini, H., 2009. Optimal use of nutrients and greenhouse cucumber, Isfahan Jihad Agricultural Organization Publications.

- Thorp KR, Tian L, Yao H, and Tang L, 2004.Narrow-band and derivative-based vegetation indices for hyperspectral data. Trans ASAE 47(1): 291-299.

- Tumbo SD, Wagner DG, and Heinemann PH, 2002. On-the-go sensing of chlorophyll status in corn. Trans ASAE 45(4): 1207-1215.

مجله مهندسی زیست سامانه

Determining the amount of nitrogen in greenhouse cucumber leaves in order to manage fertilizer consumption by image processing

Majid Hadda
M.Sc, Department of Biosystems Engineering, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran

Received: 12 Oct 2021
Accept:29 Nov 2021

Abstract

The external diagnosis of nutritional disorders may be confused with symptoms caused by non-nutritional factors such as diseases, pests and chemical compounds, therefore leaf analysis can be used to confirm the external diagnosis. With proper nitrogen management, it is possible to provide the right amount of nitrogen to the product and also reduce the pollution caused by it in soil and water. The purpose of this research is to determine the possibility of using digital images to determine the amount of nitrogen in greenhouse cucumber leaves and compare it with the laboratory analysis method. The results obtained from the evaluation of the laboratory method of measuring the chlorophyll of greenhouse cucumber leaves with the Keldal apparatus and the image processing method for 50 healthy and damaged leaves were compared with each other. Then the accuracy of the algorithm designed to determine the percentage of chlorophyll and the damaged part of the plant leaf was evaluated and finally the best neural network was selected as the most accurate model. The results showed that the average amount of chlorophyll in cucumber leaves was approximately 72.65% for the laboratory method and approximately 74.14% for the image processing method, which indicates the low accuracy difference in these two methods and the use of non-destructive image processing method. compared to the laboratory method. The proposed model in order to detect the amount of chlorophyll and the damaged part of the leaf by using the area detection with unsupervised k-means clustering method, has a network with two neurons in the first hidden layer and five neurons in the second hidden layer and the training function and It was a transfer function, and as a result, a network with 5-5-2-15 topology was formed, and 100% accuracy was obtained for this model.

Keywords: image processing, leaf nitrogen content, greenhouse cucumber, neural network, chlorophyll