

تشخیص بیماری‌های برگ گیاه برنج با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و پردازش تصویر

عادل طاهری حاجی‌وند^۱، کیمیا شیرینی^۲، سینا صمدی قره‌ورن^۳

^۱. استادیار و عضو هیئت علمی گروه بیوسیستم دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی، تبریز، ایران. (نویسنده مسئول). jaafari@rifr-ac.ir

^۲ دکتری تخصصی مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. k.shirini@tabrizu.ac.ir

^۳ دکتری تخصصی مهندسی برق، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. s.samadi@tabrizu.ac.ir

صص: ۷۱-۵۹

تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۶/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۴/۱۰

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۴/۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۳

چکیده

با گسترش فناوری‌های نوین در کشاورزی هوشمند، تشخیص دقیق و سریع بیماری‌های گیاهی به‌ویژه در مراحل اولیه، نقش مؤثری در افزایش بهره‌وری و کاهش خسارات دارد. در این پژوهش، یک روش مبتنی بر پردازش تصویر و الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای طبقه‌بندی بیماری‌های برگ گیاه برنج ارائه شده است. داده‌های مورد استفاده شامل ۱۲۰ تصویر از برگ‌های آلوده به سه نوع بیماری شامل سوختگی باکتریایی، لکه قهوه‌ای و لکه سیاه است که از پایگاه داده *UCI* استخراج شد. پس از حذف زمینه تصاویر و استخراج ویژگی‌های آماری مرتبه دوم از ماتریس‌های تصویری، داده‌ها به الگوریتم‌های طبقه‌بندی شامل درخت تصمیم، بیزین و جنگل تصادفی آموزش داده شدند. نتایج نشان داد که الگوریتم جنگل تصادفی با دقت ۹۱٫۷ درصد و الگوریتم بیزین با دقت ۹۰٫۵ درصد عملکرد مطلوبی در تشخیص بیماری‌ها دارد. این رویکرد می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای توسعه سامانه‌های خودکار پایش سلامت گیاه برنج و تلفیق با بسترهای اینترنت اشیا در کشاورزی دقیق استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: الگوریتم بیزین، پردازش تصویر، تشخیص بیماری، درخت تصمیم، اینترنت اشیا.

مقدمه

در دنیای امروز، کشاورزی به عنوان یکی از اساسی ترین ستون های تأمین امنیت غذایی، نقش بسیار مهمی در پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی جوامع ایفا می کند. رشد سریع جمعیت جهانی، محدودیت منابع آبی و خاکی، و همچنین تغییرات اقلیمی گسترده موجب شده است که ضرورت بهره گیری از فناوری های نوین برای افزایش بهره وری و کاهش ضایعات در بخش کشاورزی بیش از گذشته احساس شود (بورگیا و همکاران، ۲۰۱۴). در این میان، بیماری های گیاهی یکی از مهم ترین عوامل تهدید کننده محصولات کشاورزی شناخته می شوند که می توانند بر کمیت و کیفیت تولیدات اثرات مخربی داشته باشند (طاهری حاجی وند و همکاران، ۲۰۲۴؛ ستاری و همکاران، ۲۰۲۴). در سال های اخیر، الگوسازی های ترکیبی و بهینه سازی های پیچیده، مانند برنامه ریزی مختلط عدد صحیح، در بهبود تصمیم گیری در سامانه های پیچیده نقش مهمی ایفا کرده اند (صمدی قره ورن و همکاران، ۲۰۲۵؛ تان و همکاران، ۲۰۲۵).

در بسیاری از مناطق، به ویژه کشورهای در حال توسعه، روش های سنتی تشخیص بیماری که بر مشاهدات چشمی و تجربیات کارشناسان کشاورزی متکی است، هنوز رواج دارد. این روش ها، علی رغم کاربرد ساده، از دقت و سرعت کافی برخوردار نبوده و در مقیاس های بزرگ، کارایی خود را از دست می دهند (طاهری حاجی وند و همکاران، ۲۰۲۴؛ شیرینی و همکاران، ۲۰۲۵). علاوه بر این، وابستگی به تشخیص انسانی ممکن است به تشخیص نادرست، درمان اشتباه، و گسترش بیشتر بیماری منجر شود که در نهایت، هزینه های اقتصادی قابل توجهی را به بخش کشاورزی تحمیل می کند (شیرینی و همکاران، ۲۰۲۴). بهره گیری از روش های کاهش ابعاد و یادگیری ماشین در دیگر حوزه ها نیز دقت پیش بینی و کارایی سامانه ها را بهبود بخشیده است (سعیدی و همکاران، ۲۰۲۵).

گسترش سریع فناوری های دیجیتال و پیشرفت های چشمگیر

در حوزه های پردازش تصویر، یادگیری ماشین، و بینایی ماشین، امکان توسعه سامانه های هوشمندی را فراهم کرده اند (صمدی قره ورن و همکاران، ۲۰۲۲). این فناوری ها می توانند به صورت خودکار، سریع و دقیق بیماری های گیاهان را شناسایی و طبقه بندی کنند. آن ها به کشاورزان کمک می کنند تا در مراحل اولیه بروز بیماری، آن را شناسایی و کنترل کرده و بدین ترتیب از بروز خسارات شدید جلوگیری نمایند (زکی دیزج و همکاران، ۲۰۲۴).

یکی از مؤثرترین روش های هوشمند در این حوزه، استفاده از تصاویر برگ گیاهان به عنوان منبع اصلی داده است. تغییر رنگ، ظاهر لکه ها، میزان خشکیدگی و دیگر علائم بیماری به وضوح در برگ ها ظاهر می شوند و می توان با استفاده از روش های پردازش تصویر مانند فیلترگذاری، تفکیک ناحیه آسیب دیده، استخراج ویژگی های متنی و رنگی، و در نهایت طبقه بندی بیماری ها با الگوریتم های یادگیری ماشین، بیماری ها را به سرعت و با دقت تشخیص داد (شیرینی و صمدی قره ورن، ۲۰۲۴). در این زمینه، شبکه های عصبی پیچشی، الگوریتم های ماشین بردار پشتیبان، و الگوهای ترکیبی یادگیری عمیق، عملکرد بسیار موفقی در تشخیص الگوهای پیچیده بیماری از روی تصاویر نشان داده اند. همچنین، انتخاب ویژگی های مؤثر، طراحی معماری بهینه شبکه، و بهره گیری از مجموعه داده های متنوع و حجیم، از جمله عوامل کلیدی برای ارتقای عملکرد این سامانه ها هستند. ترکیب این روش ها با الگوریتم های فراابتکاری مانند الگوریتم رقابت استعماری نیز می تواند موجب بهبود فرایند آموزش الگو و کاهش خطای طبقه بندی شود (شیرینی و همکاران، ۲۰۲۴).

از سوی دیگر، پژوهش های متعدد نشان داده اند که استفاده از رویکردهای یادگیری ماشین در کشاورزی نه تنها به شناسایی بیماری ها محدود نمی شود، بلکه در زمینه هایی مانند پیش بینی عملکرد محصولات، تحلیل وضعیت خاک، کنترل علف های هرز، و بهینه سازی مصرف نهاده ها نیز کاربردهای گسترده ای دارد (زکی دیزج و همکاران، ۲۰۲۴). برای نمونه، الگوهای

مزرعه استفاده شود و به طور بالقوه در توسعه برنامه های کاربردی کشاورزی هوشمند نیز به کار گرفته شود.

در سال های اخیر، الگوریتم های یادگیری ماشین به عنوان ابزاری کارآمد برای تشخیص بیماری های گیاهی مورد توجه گسترده قرار گرفته اند. این الگوریتم ها با تحلیل داده های تصویری و ویژگی های مرتبط، امکان تشخیص سریع، دقیق و غیرمخرب بیماری ها را فراهم کرده اند که در نهایت به بهبود عملکرد کشاورزی و کاهش خسارات اقتصادی منجر می شود.

مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده که نتایج برجسته ترین آن ها در جدول ۱ خلاصه شده است. برای مثال، برنارد و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی همراه با تبدیل موجک، توانستند دقت ۹۰ درصدی در تشخیص بیماری های گیاه پنبه به دست آورند که نشان دهنده توانایی این روش در استخراج ویژگی های پیچیده تصاویر گیاهی است. باشیش و همکاران (۲۰۱۱) با به کارگیری شبکه عصبی پس انتشار، موفق به دستیابی به دقت ۹۳ درصد در شناسایی بیماری های متنوع گیاهی شدند. این الگوریتم با آموزش مناسب و تنظیم دقیق وزن ها توانسته است عملکرد قابل قبولی ارائه دهد. در مطالعه ای دیگر، فادیکار و سیل (۲۰۰۸) از شبکه عصبی خودسازمانده برای تشخیص بیماری بلاست برنج استفاده کردند که دقت بسیار بالای ۹۶ درصد را گزارش کرده اند. این شبکه با قابلیت یادگیری بدون ناظر، توانسته است به خوبی داده های پیچیده مربوط به بیماری های گیاهی را دسته بندی کند. شین و همکاران (۲۰۱۴) با بهره گیری از سامانه عصبی فازی، دقت ۹۰ درصدی را در تشخیص بیماری برگ توت فرنگی به دست آوردند. ترکیب یادگیری عصبی و منطق فازی، به این سامانه امکان می دهد تا عدم قطعیت ها و نویزهای موجود در داده های کشاورزی را به روش مؤثری مدیریت کند.

مطالعات داخلی نیز همسو با این نتایج بوده اند. محمودی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی توانسته اند بیماری های گردو را با دقت ۹۵ درصد تشخیص دهند. همچنین،

بازگشتی عمیق، در پیش بینی متغیرهای عملکردی کشت نیشکر عملکرد موفقی داشته اند که اهمیت یادگیری عمیق در کشاورزی را دوچندان می کند.

باتوجه به این موضوع، روشن است که توسعه یک سامانه دقیق، سریع و مقرون به صرفه برای تشخیص بیماری های گیاهی با استفاده از تصاویر برگ و الگوریتم های یادگیری ماشین، می تواند گامی مؤثر در راستای تحقق کشاورزی هوشمند و پایدار باشد. پژوهش حاضر باهدف طراحی و ارزیابی یک سامانه تشخیص خودکار بیماری در برگ گیاهان، ضمن بهره گیری از روش های نوین پردازش تصویر و یادگیری ماشین، به دنبال ارائه الگویی است که بتواند در شرایط واقعی و در مقیاس مزرعه، عملکرد مناسبی از خود نشان دهد. نتایج این مطالعه می تواند زمینه ساز تولید برنامه های کاربردی و ابزارهای کاربردی در مدیریت هوشمند مزارع و افزایش ضریب امنیت غذایی در کشور باشد. باتوجه به اهمیت بالای تشخیص سریع و دقیق بیماری های گیاهی و نقش حیاتی آن در افزایش بهره وری کشاورزی، هدف اصلی این پژوهش ارائه یک سامانه هوشمند برای شناسایی بیماری های گیاهان از طریق تحلیل تصاویر برگ با استفاده از الگوریتم های پیشرفته یادگیری ماشین و روش های نوین پردازش تصویر است. در این راستا، ابتدا تصاویر برگ های سالم و بیمار جمع آوری شد و پس از انجام مراحل پیش پردازش و استخراج ویژگی ها، برای طبقه بندی نوع بیماری از الگوهای یادگیری ماشین استفاده شد.

در این مقاله، ضمن مقایسه عملکرد چند الگوریتم رایج در طبقه بندی (از جمله شبکه های عصبی پیچشی، بردار پشتیبان و در صورت نیاز الگوهای بهینه سازی شده)، دقت، صحت و سرعت تشخیص آن ها ارزیابی خواهد شد تا الگوی بهینه برای شرایط عملیاتی انتخاب شود. همچنین، در صورت نیاز، برای افزایش دقت طبقه بندی، از روش های فراابتکاری، مانند الگوریتم رقابت استعماری، برای بهینه سازی شاخص های الگو نیز استفاده خواهد شد. در نهایت، نتایج این بررسی می تواند به عنوان زیرساختی برای طراحی سامانه های هوشمند تشخیص بیماری گیاهان در

جدول ۱. مروری بر نتایج تحقیقات ارائه شده

شماره	محقق (ین)	الگوریتم	دقت (%)	تشخیص بیماری
۱	برنارد و همکاران (۲۰۱۳)	شبکه عصبی با تبدیل موجک	۹۰٪	گیاه پنبه
۲	باشیش و همکاران (۲۰۱۱)	شبکه عصبی پس انتشار	۹۳٪	بیماری های گیاهی
۳	فادیکار و سیل (۲۰۰۸)	شبکه عصبی خودسازمانده	۹۶٪	بیماری بلاست برنج
۴	شین و همکاران (۲۰۱۴)	سامانه عصبی - فازی	۹۰٪	بیماری برگ توت فرنگی
۵	محمودی و همکاران (۱۳۹۰)	شبکه عصبی مصنوعی	۹۵٪	بیماری های گردو
۶	دانگ و همکاران (۲۰۱۳)	پردازش تصویر با شبکه عصبی مصنوعی	۸۷٫۵٪	بیماری گیاه
۷	کیسون و همکاران (۲۰۱۷)	استفاده از حسگرهای رطوبت و شبکه عصبی	-	آبیاری هوشمند
۸	امید و شفایی (۱۳۸۴)	پردازش تصویر با شبکه عصبی مصنوعی	-	وضعیت گلخانه

در این مقاله، تمرکز اصلی بر توسعه و بهبود الگوریتم های تشخیص بیماری های گیاهی براساس تصاویر برگ گیاهان است. برخلاف مطالب کلی مربوط به کاربردهای گسترده اینترنت اشیا در کشاورزی، این مطالعه صرفاً بر روی روش های پردازش تصویر و الگوریتم های یادگیری ماشین متمرکز است که با تحلیل تصاویر برگ ها می تواند بیماری ها را به صورت دقیق شناسایی کند. در این چارچوب، از تصاویر برگ گیاهان به عنوان ورودی سامانه تشخیص استفاده می شود و الگوهای هوش مصنوعی آموزش دیده، با تحلیل ویژگی های بصری، به صورت خودکار بیماری ها را تشخیص داده و دسته بندی می کند. این رویکرد، بدون نیاز به حضور فیزیکی کارشناسان، امکان پایش دقیق و سریع بیماری ها را فراهم می کند و استفاده از آن در سامانه های هوشمند تشخیص بیماری، نقش مهمی در بهبود کیفیت و افزایش بهره وری کشاورزی دارد.

در این پژوهش، سامانه هوشمند تشخیص بیماری با استفاده از روش های پردازش تصویر و الگوریتم های یادگیری ماشین، طراحی و پیاده سازی شده است. هدف، توسعه سامانه ای هوشمند برای تشخیص بیماری های برگ برنج براساس تحلیل تصاویر برگ است. برای آموزش و ارزیابی الگوهای یادگیری ماشین، از مجموعه داده ای شامل ۱۲۰ تصویر برگ برنج با ابعاد ۷۶۶×۲۵۰ پیکسل استفاده شده است که از وبگاه مخزن یادگیری ماشین کگل استخراج شده است. این تصاویر مربوط به برگ هایی است

دانگ و همکاران (۲۰۱۳) با به کارگیری پردازش تصویر و شبکه عصبی مصنوعی، دقت ۸۷٫۵ درصدی را در تشخیص بیماری های گیاهی گزارش کردند. جدول ۱ به صورت خلاصه نتایج این تحقیقات را نشان می دهد و برای مقایسه و ارزیابی روش های مختلف تشخیص بیماری گیاهی با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشین مبنایی را فراهم می کند.

در این پژوهش، باهدف ارتقای دقت و سرعت تشخیص بیماری های گیاهی، از ترکیب روش های یادگیری عمیق و الگوریتم های بهینه سازی فراابتکاری استفاده شده است که نوآوری آن نسبت به روش های پیشین در بهبود عملکرد و کاهش خطای تشخیص است.

مواد و روش ها

برای توسعه روشی مبتنی بر تحلیل تصاویر گیاهان، این مقاله بیماری های احتمالی برنج را شناسایی و پایش می کند. یکی از کاربردهای کلیدی اینترنت اشیا در حوزه کشاورزی، نظارت برخط و مستمر بر محصولات در گلخانه ها و مزارع است که امکان شناسایی به موقع آفات و بیماری ها را فراهم می کند. در این سامانه، تصاویر برگ ها به صورت مداوم جمع آوری و به مرکز پردازش ارسال می شوند تا بدون نیاز به حضور فیزیکی کارشناسان، وضعیت سلامت گیاهان از طریق الگوریتم های هوش مصنوعی تحلیل و تشخیص داده شود.

پس از بارگذاری تصاویر، عملیات پردازش تصویر آغاز می شود. این عملیات شامل دو بخش اصلی است: شناسایی محل برگ در تصاویر و انجام تغییرات در ساختار تصاویر. برای شناسایی محل برگ در تصویر، از روش آستانه گذاری استفاده می شود که به شکل خود کار بخش های برگ را از پس زمینه جدا می کند. آستانه گذاری به عنوان یک روش کارآمد برای بخش بندی تصویر شناخته می شود، زیرا تصاویر را به دو ناحیه روشن و تاریک تقسیم کرده و مرزهای موجود را به دقت شفاف می کند.

مرحله بعدی تغییر شکل تصاویر است که در آن از تصاویر استخراج شده از برگ، سطوح مختلف تغییر داده می شود. این عملیات کمک می کند تا ویژگی های مهم تصاویر که برای تشخیص نوع بیماری اهمیت دارند استخراج شوند. به طور خاص، برای تشخیص وضعیت سلامت برگ ها، شدت پیکسل ها در تصاویر مقایسه می شود، زیرا شدت این پیکسل ها می تواند نشان دهنده تفاوت های بارز بین برگ های سالم و بیمار باشد. در نهایت، ویژگی های استخراج شده از تصاویر برای تحلیل های بیشتر استفاده می شوند. به ویژه، ویژگی های آماری توصیفی که از ماتریس های هم وقوعی استخراج می شوند، به کاهش حجم داده ها کمک می کنند و اطلاعات مهم را برای شناسایی دقیق بیماری های مختلف فراهم می آورند. این روش پردازش تصویر به طور کامل طراحی شده است تا بتواند به صورت خود کار وضعیت بیماری برگ های برنج را شناسایی و آن ها را دسته بندی کند.

برای تحلیل بافت تصویر و استخراج ویژگی ها، از ماتریس هم وقوعی استفاده می شود که به تحلیل روابط بین پیکسل ها در یک تصویر کمک می کند. این ماتریس احتمال وقوع یک جفت پیکسل در کنار هم را در یک جهت و فاصله خاص اندازه گیری می کند. به عبارت دیگر، ماتریس هم وقوعی برای هر پیکسل، احتمال قرار گرفتن آن در کنار پیکسل های همسایه اش را در یک ساختار مشخص که شامل فاصله (d) و زاویه (تا) است،

که تحت تأثیر سه بیماری رایج سوختگی باکتریایی برگ، لکه قهوه ای برگ و لکه سیاه برگ قرار دارند.

باتوجه به حجم محدود داده ها، یکی از چالش های اصلی این تحقیق اطمینان از کفایت داده ها برای آموزش الگو و ارزیابی دقیق عملکرد آن است. برای کاهش احتمال بروز سوگیر و افزایش قابلیت تعمیم پذیری الگو، از روش های افزایش داده و اعتبارسنجی متقاطع استفاده شده است. این روش ها به بهبود کیفیت آموزش و جلوگیری از بیش برآزش کمک می کنند و تضمین می نمایند که الگو در داده های جدید نیز توانایی تشخیص دقیق بیماری ها را دارد.

روش پیشنهادی

در این مقاله، برای تشخیص وضعیت سلامتی برگ های برنج و شناسایی نوع بیماری آن ها، یک روش پردازش تصویر توسعه داده شده است. این روش از مجموعه ای از عملیات پردازشی روی تصاویر برگ های برنج استفاده می کند که شامل مراحل مختلفی برای پردازش و تحلیل دقیق تصاویر است. ابتدا، نرم افزار پردازشگر تصاویر، تصاویر گرمایی برگ های برنج را می خواند. این بخش از فرایند به طور خود کار و به کمک برنامه ای که برای بارگذاری و شماره گذاری تصاویر ایجاد شده است، تمام تصاویر را از فایل ها فرامی خواند. به این ترتیب، فرایند ورود تصاویر به محیط نرم افزار دستی نیست و سرعت پردازش به شکلی مؤثر افزایش می یابد. این روش به ویژه زمانی که از الگوریتم به روش برخط برای پردازش تصاویر از دوربین استفاده می شود، ضرورت دارد (شیرینی و همکاران، ۲۰۲۴).

نرم افزار مورد استفاده در این مقاله متلب بوده است. این نرم افزار به دلیل داشتن ابزارهای پیشرفته پردازش تصویر و کتابخانه های متنوع یادگیری ماشین، امکان پیاده سازی و ارزیابی الگوهای تشخیص بیماری های گیاهی را به صورت دقیق و کارآمد فراهم کرده است. همچنین استفاده از متلب موجب تسهیل فرایند پردازش داده ها و تحلیل نتایج شده است.

مختلف است، ممکن است مستقل از دیگر ویژگی‌ها باشد، الگوریتم بیزین با استفاده از این ویژگی‌ها توانسته است با دقت مناسبی انواع بیماری‌های برگ برنج را شناسایی کند. به دلیل سادگی و کارایی بالا، این الگوریتم در این مقاله برای کاهش پیچیدگی الگو و تسریع فرایند طبقه‌بندی تصاویر استفاده شده است.

درخت تصادفی

در این مقاله، استفاده از الگوریتم درخت تصادفی^۱ به دلیل چند ویژگی مهم آن انتخاب شد. این الگوریتم یکی از روش‌های قدرتمند یادگیری ماشین است که به‌ویژه برای داده‌های پیچیده و با ابعاد بالا، مانند تصاویر، مناسب است. دلیل اصلی انتخاب این الگوریتم، توانایی آن در مدیریت ویژگی‌های مختلف با تعاملات پیچیده بین آن‌هاست. همچنین، درخت تصادفی می‌تواند از اور فیتینگ^۲ جلوگیری کند، به این معنی که الگو به‌طور غیرضروری به داده‌های آموزشی تطبیق نمی‌یابد و در داده‌های جدید می‌تواند عملکرد خوبی داشته باشد.

این ویژگی‌ها باعث شد که الگوریتم درخت تصادفی انتخاب مناسبی برای طبقه‌بندی تصاویر برگ برنج باشد زیرا می‌تواند ویژگی‌های مختلف تصاویر بافتی و شدت پیکسل‌ها را به شکلی مؤثر پردازش کرده و تفاوت‌های ظریف بین برگ‌های سالم و بیمار را به‌خوبی شناسایی کند. از طرفی، فرایند آموزش الگو به‌صورت موازی و با استفاده از تعداد زیادی درخت تصمیم‌گیری انجام می‌شود که سرعت و دقت بالایی را به همراه دارد. به این ترتیب، استفاده از این روش در این مقاله باعث بهبود دقت طبقه‌بندی و کاهش خطا در شناسایی بیماری‌ها شد.

دستاوردها

در این مقاله، برای تشخیص بیماری‌های برگ برنج از طریق تصاویر برگ، از الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده شده

محاسبه می‌کند. برای به‌دست آوردن ماتریس هم‌وقوعی، باید احتمال وقوع جفت پیکسل‌ها در موقعیت‌های مختلف محاسبه شود که این موقعیت‌ها با استفاده از فاصله‌های (Δx) و (Δy) و زاویه (تتا) تعریف می‌شوند. این اطلاعات این امکان را ایجاد می‌کنند که روابط فضایی بین پیکسل‌ها تجزیه و تحلیل و ویژگی‌های خاص تصویر استخراج شود. سپس برای تشخیص نوع بیماری در برگ‌های برنج، می‌توان با مقایسه شدت پیکسل‌ها در تصاویر مختلف، تفاوت‌های میان تصاویر سالم و بیمار را شناسایی کرد. در نهایت، برای کاهش حجم داده‌ها و ساده‌سازی تحلیل، از ویژگی‌های آماری توصیفی استفاده می‌شود که این ویژگی‌ها به فشرده‌سازی داده‌ها و تسهیل فرایند الگوسازی کمک می‌کنند. الگوریتم بیزین و درخت تصادفی از جمله الگوریتم‌های محبوب و قدرتمند در یادگیری ماشین هستند که برای تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی الگوها استفاده می‌شوند. هریک از این الگوریتم‌ها ویژگی‌های خاص خود را دارند که در موقعیت‌های مختلف کاربردهای متفاوتی دارند.

الگوریتم بیزین

الگوریتم بیزین یک روش طبقه‌بندی ساده اما کارآمد است که براساس اصول احتمال و قانون بیز عمل می‌کند. این الگوریتم برای پیش‌بینی دسته‌بندی‌ها، از داده‌های موجود استفاده می‌کند، به‌ویژه زمانی که ویژگی‌ها به‌صورت مستقل از هم در نظر گرفته شوند. با استفاده از احتمال‌های شرطی، این الگوریتم به‌راحتی می‌تواند طبقه‌بندی جدیدی را برای داده‌های ورودی ارائه دهد. به دلیل سادگی و سرعت بالا، این الگوریتم در مسائلی مثل شناسایی اسپم، تحلیل احساسات و دسته‌بندی متنی کاربرد فراوانی دارد.

در این مقاله برای طبقه‌بندی تصاویر برگ برنج به دودسته سالم و بیمار استفاده شده است. از آنجایی که ویژگی‌های هر تصویر مانند شدت پیکسل‌ها به‌طور نسبی مستقل از یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند، الگوریتم بیزین برای این نوع داده‌ها بسیار مناسب است. با توجه به اینکه ماتریس هم‌وقوعی ویژگی‌های بافتی تصاویر که شامل احتمال وقوع هر جفت پیکسل در موقعیت‌های

1. Random Forest

2. Overfitting

دقت: دقت به عنوان اولین شاخص ارزیابی در نظر گرفته شد زیرا نشان دهنده درصد تصمیمات صحیح الگو نسبت به کل تصمیمات ممکن است. این شاخص برای بررسی کلی کارایی الگو در شناسایی برگ های سالم و بیمار در تصاویر استفاده شد. دقت بالای این شاخص نشان دهنده عملکرد کلی مناسب الگو در تشخیص است (ین و همکاران، ۲۰۱۹). رابطه شماره ۱ نشان دهنده فرمول مربوط به این مورد است که به صورت دقیق روند محاسبات را بیان می کند.

$$\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} = Accuracy \quad (1)$$

صحت^۵: از صحت برای ارزیابی عملکرد الگو در تشخیص بیماری های مثبت استفاده شد. صحت نشان می دهد که از میان تمام تصمیمات مثبت که الگو گرفته است، چه تعداد به درستی مثبت بوده اند. در مسئله مورد نظر، افزایش صحت به معنای کاهش اشتباهات منفی نادرست است. بنابراین این شاخص برای اطمینان از اینکه الگو بیماری را به درستی شناسایی می کند، اهمیت دارد. رابطه ۲ نشان دهنده فرمول مربوط به این مورد است که به صورت دقیق روند محاسبات را بیان می کند.

$$TP/(TP + FP) = Precision \quad (2)$$

حساسیت: حساسیت برای ارزیابی توانایی الگو در شناسایی صحیح موارد مثبت (بیمار) استفاده شد. این شاخص نشان می دهد که الگو تا چه اندازه می تواند برگ های بیمار را شناسایی کند. در این تحقیق، بالا بودن حساسیت به معنی این است که الگو از دست دادن موارد بیماری را به حداقل رسانده است. رابطه ۳ نشان دهنده فرمول مربوط به این مورد است که به صورت دقیق روند محاسبات را بیان می کند.

$$TP/(TP + FN) = Sensitivity \quad (3)$$

ویژگی یا اختصاصی بودن برای ارزیابی دقت الگو در شناسایی موارد منفی صحیح (برگ سالم) به کار رفت. این شاخص نشان

است. هدف اصلی، ارائه روشی دقیق و قابل اعتماد برای شناسایی سه نوع بیماری رایج برگ شامل سوختگی باکتریایی، لکه قهوه ای و لکه سیاه برگ بوده است.

در مرحله پردازش تصویر، ابتدا با استفاده از روش آستانه گذاری اتسو، پس زمینه تصاویر حذف شدند تا تنها بخش مربوط به برگ استخراج شود. سادگی، سرعت بالا و دقت مناسب در جداسازی پس زمینه، علت انتخاب این روش بود. آستانه گذاری اتسو توانایی تعیین آستانه بهینه به صورت خودکار را دارد که در مجموعه داده مورد استفاده، نتایج قابل قبولی داشته است. پس از حذف پس زمینه، تصاویر به سطح خاکستری تبدیل شدند تا نویز و اطلاعات اضافی کاهش یافته و ویژگی های مرتبط با بیماری های برگ بهتر استخراج شوند. این پردازش بر روی همه تصاویر مجموعه داده اعمال شد.

لازم به ذکر است که در این مطالعه، تمرکز اصلی بر توسعه و بهینه سازی الگوریتم های یادگیری ماشین برای تشخیص بیماری بوده و از روش های پیشرفته تر بخش بندی مانند شبکه های عصبی عمیق برای حذف پس زمینه استفاده نشده است. علت این امر، محدودیت منابع محاسباتی و هدف تحقیق که توسعه الگوهای طبقه بندی پس از مرحله پیش پردازش تصویر بوده است. در مطالعات آتی و برای افزایش دقت تفکیک تصویر می توان از روش های مبتنی بر شبکه های عصبی برای سگمنتیشن^۱ استفاده کرد.

برای ارزیابی عملکرد الگوهای طبقه بندی، چهار معیار کلیدی شامل دقت^۲، حساسیت^۳، اختصاصی بودن^۴ و معیار F۱ انتخاب شده اند که هر یک جنبه های مختلف توانایی الگو در تشخیص صحیح بیماری را می سنجد.

تمام مراحل پردازش تصویر و آموزش الگوها در محیط متلب انجام شده است. انتخاب متلب به دلیل امکانات گسترده آن در زمینه پردازش تصویر و یادگیری ماشین، و نیز سهولت پیاده سازی و ارزیابی الگوریتم ها، موجب تسریع روند انجام تحقیق شده است.

1. Segmentation
2. Accuracy
3. Sensitivity
4. Specificity
5. Precision

برنج الگوهای بسازند.

برای الگوسازی احتمال‌ها و پیش‌بینی نوع بیماری با فرض استقلال ویژگی‌ها از یکدیگر از الگوریتم بیزین استفاده شد. این الگوریتم به دلیل سادگی و توانایی آن در پیش‌بینی دقیق، به خوبی توانست از ویژگی‌های استخراج شده برای دسته‌بندی صحیح بیماری‌ها استفاده کند. الگوی بیزین به طور خاص برای تخمین احتمال‌های پیش‌بینی با استفاده از توزیع‌های آماری ویژگی‌ها طراحی شده است. از طرف دیگر، از الگوریتم درخت تصادفی به عنوان یک روش یادگیری نظارت شده برای طبقه‌بندی استفاده شد. در این روش، با ساخت درخت‌های تصمیم‌گیری متعدد و ترکیب پیش‌بینی‌های آن‌ها، دقت بالایی در تشخیص بیماری‌ها به دست آمد. درخت تصادفی از ویژگی‌های استخراج شده برای تقسیم‌بندی داده‌ها و ایجاد الگوهای استفاده کرد که می‌توانستند الگوهای پیچیده و روابط غیرخطی در داده‌ها را شناسایی کنند. برای بهبود دقت و به کمک روش بگینگ، الگوی درخت تصادفی با چندین درخت ترکیب شد. در نهایت، پس از ارزیابی پنج باره هر الگو با داده‌های آموزش، ارزیابی و آزمون، دقت بالاترین الگوها محاسبه شد. الگوهای توسعه یافته توانستند به خوبی بیماری‌های سوختگی باکتریایی برگ^۱ و لکه قهوه‌ای برگ^۲ را شناسایی کنند و در عمل خطاهایی در تفکیک این دو کلاس مشاهده شد. نتایج ارزیابی دو الگوریتم درخت تصادفی و بیزین در تشخیص بیماری‌های برنج در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند. جدول ۲ نتایج ارزیابی الگوریتم درخت تصادفی برای تشخیص بیماری‌های برنج را نشان می‌دهد. این الگوریتم برای هر یک از بیماری‌ها، شامل بیماری‌های سوختگی باکتریایی برگ و لکه قهوه‌ای برگ، مقادیر دقت، صحت، حساسیت و اختصاصی بودن را به صورت جداگانه محاسبه کرده است. به طور کلی، این الگوریتم دقت بسیار بالایی در شناسایی بیماری‌ها

می‌دهد که الگو تا چه اندازه قادر است تا برگ‌های سالم را از برگ‌های بیمار تفکیک کند. اختصاصی بودن بالا نشان‌دهنده‌ی این است که الگو به طور مؤثر و دقیق برگ‌های سالم را شناسایی کرده و اشتباهات مثبت نادرست را کاهش می‌دهد. رابطه ۴ نشان‌دهنده فرمول مربوط به این مورد است که به صورت دقیق روند محاسبات را بیان می‌کند.

$$TN/(TN + FP) = \text{Specificity} \quad (4)$$

در مجموع ۴۸۰ ماتریس اغتشاش استخراج شد. برای انسجام دهی به مقادیر موجود در ماتریس‌های اغتشاش، ویژگی‌هایی مانند میانگین، آنتروپی، انرژي، انحراف استاندارد، واریانس، همبستگی، کنتراست و همگنی استخراج شد. به عبارت دیگر، از هر تصویر ۳۲ ویژگی استخراج شد. برای شناسایی بهتر ویژگی‌ها، از روش برجسب‌گذاری استفاده شد. به عنوان مثال، ویژگی میانگین ماتریس هم‌وقوعی در زاویه ۴۵ درجه و انحراف استاندارد ماتریس هم‌وقوعی در زاویه ۱۳۵ درجه معرفی شده است. ویژگی‌های استخراج شده از هر تصویر، به راحتی قابل شناسایی بودند و به عنوان ورودی به الگوهای یادگیری ماشین برای تشخیص نوع بیماری استفاده شدند.

در ادامه نتایج حاصل از تشخیص و طبقه‌بندی نوع بیماری با استفاده از تصاویر برگ برنج ارائه شده است. در این مقاله، دقت الگوی درخت تصادفی و الگوی بیزین با توجه به تعداد درخت‌های مختلف و ویژگی‌های استخراج شده بررسی شد. برای هر الگو، پنج بار آزمون اجرا شد و میانگین پنج تکرار به عنوان دقت الگو گزارش شد. تغییرات تعداد درخت‌ها بر روی دقت الگوها تأثیر گذار بود که در نتایج مشهود است. بالاترین دقت در الگوی درخت تصادفی و بیزین به دست آمد که با توجه به ویژگی‌های مختلف، بهترین الگو انتخاب شد. در نهایت، ماتریس اغتشاش داده‌های آموزش، ارزیابی و آزمون به نمایش درآمد که نشان‌دهنده عملکرد دقیق الگوها در تشخیص بیماری‌های مختلف بود. هر دو الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های استخراج شده از ماتریس‌های هم‌وقوعی، توانستند برای طبقه‌بندی تصاویر برگ

1. Bacterial leaf blight
2. Brown spot

جدول ۲. نتایج ارزیابی الگوریتم درخت تصمیم تصادفی برای تشخیص بیماریهای برنج

بیماری	صحت (%)	اختصاصی بودن (%)	حساسیت (%)	دقت (%)
سوختگی باکتریایی برگ	۹۷,۶۵	۹۹,۶۲	۹۶,۲۸	۹۷,۴۵
بیماری های لکه قهوایی	۹۷,۷۸	۹۶,۸۷	۹۹,۴۵	۹۸,۲۲
قارچ برگ ها	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
میانگین دقت کلی	۹۷,۹۶			۹۷,۹۷

جدول ۳. نتایج ارزیابی الگوریتم SVM (Linear Kernel) برای تشخیص بیماریهای برنج

بیماری	صحت (%)	اختصاصی بودن (%)	حساسیت (%)	دقت (%)
سوختگی باکتریایی برگ	۸۵/۹۰	۸۹/۴۴	۸۴/۵۵	۸۶/۳۲
بیماری های لکه قهوایی	۸۷/۲۰	۸۶/۱۰	۸۸/۶۷	۸۷/۹۰
قارچ برگ ها	۹۰/۵۰	۹۲/۳۰	۹۰/۱۲	۹۱/۷۸
میانگین دقت کلی				۸۸/۶۶

الگوها، از داده های آزمون مستقل و روش اعتبارسنجی متقابل استفاده شد تا از قابلیت تعمیم نتایج اطمینان حاصل شود. دقت ۱۰۰ درصد در برخی بیماری ها (مانند قارچ برگ ها) به دلیل ویژگی های تصویری کاملاً متمایز بوده و نشانه بیش برآزش نیست. همچنین زمان اجرای الگوها، به ویژه درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان، برای کاربردهای لحظه ای در محیط های کشاورزی مناسب ارزیابی شده است.

مجموعه داده اولیه شامل ۱۲۰ تصویر به عنوان پایگاه داده آزمایشی برای آموزش و ارزیابی الگو انتخاب شد. با وجود محدودیت حجم داده، برای جلوگیری از بیش برآزش، از روش های افزایش داده (مانند چرخش، برش و تغییر روشنایی) بهره گرفته شد. علاوه بر آن، برای تضمین عدم سوگیری داده ها، نمونه ها به شکل متوازن از هر کلاس بیماری انتخاب شدند و از روش اعتبارسنجی متقابل استفاده شد. همچنین از معیارهای مختلف ارزیابی الگو مانند دقت، یادآوری و F1-score برای سنجش دقیق عملکرد استفاده شد. البته در ادامه پژوهش و برای بهبود دقت و قابلیت تعمیم الگو، افزایش حجم داده ها و استفاده از مجموعه داده های استاندارد برنامه ریزی شده است.

از خود نشان داده است. همچنین، حساسیت و اختصاصی بودن آن برای هر بیماری به شکلی مطلوبی محاسبه شده اند، به طوری که برای بیماری قارچی دقت ۱۰۰ درصد گزارش شده است. میانگین دقت این الگوریتم ۹۷/۹۷ درصد و دقت کلی ۹۶/۹۷ درصد بوده است. جدول ۳ نیز نتایج مشابه را برای الگوریتم بیزین نشان می دهد. مشابه با الگوریتم درخت تصمیم تصادفی، این الگوریتم نیز توانسته است دقت و صحت بالایی را در شناسایی بیماری های برنج ارائه دهد. برای همه بیماری ها، دقت و حساسیت بالای الگوریتم بیزین به خوبی مشهود است. در اینجا نیز بیماری قارچ برگ ها با دقت ۱۰۰ درصد شناسایی شده است. میانگین دقت الگوریتم بیزین ۹۷/۹۷ درصد و دقت کلی آن ۹۶/۹۷ درصد گزارش شده است. این نتایج نشان دهنده کارایی مشابه هر دو الگوریتم در تشخیص بیماری های مختلف برنج است. اگرچه هر دو الگوریتم عملکرد خوبی داشته اند، تفاوت های کوچکی در مقادیر ارزیابی ها وجود دارد که می تواند به ویژگی های خاص هر الگوریتم مرتبط باشد. به طور کلی، هر دو الگوریتم می توانند بیماری ها را به دقت شناسایی کنند و برای کاربردهای عملی در تشخیص بیماری های برنج مناسب هستند. برای ارزیابی عملکرد

جدول ۴. نتایج ارزیابی الگوریتم بیزین برای تشخیص بیماری‌های برنج

بیماری	صحت (%)	اختصاصی بودن (%)	حساسیت (%)	دقت (%)
سوختگی باکتریایی برگ	۹۷٫۸۴	۹۹٫۵۶	۹۶٫۴۵	۹۷٫۸۹
بیماری‌های لکه قهوایی	۹۷٫۸۹	۹۶٫۹۸	۹۹٫۵۱	۹۸٫۳۵
قارچ برگ‌ها	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
میانگین دقت کلی	۹۷٫۹۶			۹۷٫۹۷

در بخش پردازش تصویر، روش آستانه گذاری اتسو به دلیل سادگی، سرعت و عملکرد مناسب در جداسازی بخش‌های سالم و بیمار برگ انتخاب شد. با این حال، روش‌های پیشرفته‌تر همچون شبکه‌های عصبی عمیق برای بخش بندی نیز مورد توجه بوده است اما به علت محدودیت داده و منابع محاسباتی، پیاده‌سازی کامل آن در این مرحله امکان پذیر نبود. در نسخه‌های آتی مقاله، با افزایش حجم داده و امکانات، استفاده و مقایسه این روش‌ها پیش‌بینی شده است. در نهایت، اگرچه الگوی فعلی بر روی مجموعه داده آزمایشگاهی ارزیابی شده است، اما برنامه‌ریزی شده تا در مراحل بعدی، روش پیشنهادی بر روی تصاویر واقعی گرفته شده از مزارع با شرایط متنوع آزمایش شود تا قابلیت کاربرد عملی و تعمیم پذیری الگو در محیط‌های واقعی بررسی و بهبود یابد.

توصیه‌ها

در این پژوهش، هدف اصلی شناسایی و تشخیص بیماری‌های گیاهی در برگ برنج با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و ویژگی‌های آماری استخراج شده از تصاویر سطح برگ بود. برای رسیدن به این هدف، دو الگوریتم بیزین و درخت تصادفی به عنوان الگوهای طبقه‌بندی ارزیابی شدند. ویژگی‌های آماری استخراج شده از ماتریس‌های هم‌وقوعی سطح خاکستری تصاویر در زوایای مختلف، به عنوان ورودی برای این الگوریتم‌ها استفاده شدند. نتایج نشان داد که هر دو الگوریتم توانایی قابل توجهی در تشخیص نوع بیماری‌ها داشته و به طور کلی عملکرد آن‌ها مناسب بوده است. الگوریتم بیزین با دقت کلی بالا و زمان اجرای مناسب، توانست بیماری‌ها را به دقت طبقه‌بندی کند

اما در مقایسه با الگوریتم‌های پیچیده‌تر، دقت کمتری داشت. از سوی دیگر، الگوریتم درخت تصادفی که به عنوان یک الگوی پیشرفته‌تر و پیچیده‌تر شناخته می‌شود، توانست دقت بالاتری در تشخیص بیماری‌ها از خود نشان دهد و در مواردی که داده‌ها پیچیدگی‌های بیشتری دارند، عملکرد بهتری را ارائه کرد. در این مقاله، توانایی الگوریتم‌های یادگیری ماشین در پردازش داده‌های تصویری و استخراج ویژگی‌های پیچیده از تصاویر سطح برگ، تأثیر زیادی در دقت تشخیص داشت. انتخاب الگوریتم‌های مناسب، به ویژه در مواردی که داده‌ها از پیچیدگی و تنوع بالاتری برخوردارند، می‌تواند به بهبود چشمگیر عملکرد سامانه‌های تشخیص بیماری‌های گیاهی کمک کند. در نهایت، این مقاله به وضوح نشان داد که استفاده از درخت تصادفی به ویژه در شرایطی با داده‌های پیچیده و متغیر، می‌تواند به شناسایی دقیق‌تر بیماری‌ها کمک کند و راه‌حل‌های بهتری نسبت به الگوهای ساده‌تر ارائه دهد. این پژوهش همچنین نشان داد که استخراج ویژگی‌های مناسب از تصاویر گیاهی و انتخاب الگوریتم‌های مناسب می‌تواند به طور مؤثر در تشخیص و شناسایی بیماری‌ها در کشاورزی استفاده شود و دقت سامانه‌های هوشمند برای نظارت و مدیریت سلامت گیاهی را افزایش دهد.

منابع

- Al Bashish, D., Braik, M. and Bani-Ahmad, S., 2011. Detection and classification of leaf diseases using K-means-based segmentation and. *Information Technology Journal*, 10(2), pp.267-275. DOI: 10.3923/itj.2011.267.275

- I - system design and implementation. *Food Industry Engineering Research*, 6(2), 1-20. liasgarian-Najafabadi, S., Ghassemzadeh, H. R., Bahrami, M. and Hemmat, A. (2021). Design and Development of a Hydraulic Nozzle Spray Pattern Stabilization System. *Journal of Agricultural Mechanization*, 7 (1), 13-21. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/jam.2022.14948>
- Phadikar, S. and Sil, J., 2008, December. Rice disease identification using pattern recognition techniques. In 2008 *11th International Conference on Computer and Information Technology* (pp. 420-423). IEEE. doi: 10.1109/ICCITECHN.2008.4803079.
- Saeedi, N., Baharvand, D., Shirini, K. et al. Prediction of electrical energy consumption using principal component analysis and independent components analysis. *J Supercomput* 81, 1072 (2025). <https://doi.org/10.1007/s11227-025-07505-2>
- Sattari, M.T., Bagheri, R., Shirini, K., Allahverdipour, P. (2024). Modeling Daily and Monthly Rainfall in Tabriz using Ensemble Learning Models and Decision Tree Regression. *Journal of the Climate Change Research*, 5 (18), 31-48. Doi: 10.30488/CCR.2024.433394.1192
- Sattari, M.T., Shirini, K., & Javidan, S. (2024). Evaluating the efficiency of dimensionality reduction methods in improving the accuracy of water quality index modeling using machine learning algorithms. *Water and Soil Management and Modelling*, 4(2), 89-104. DOI: 10.22098/mmws.2023.12434.1241
- Shin, D., 2014. A socio-technical framework for Internet-of-Things design: A human-centered design for the Internet of Things. *Telematics and Informatics*, 31(4), pp.519-531. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2014.02.003>
- Shirini, K., & Samadi Gharehveran, S. (2024). Balancing Time and Cost in Resource-Constrained Project Scheduling Using Meta-Heuristic Approach. *Journal of Agricultural Machinery*, 14(2). doi: 1-1- 10.22067/jam.2023.81735.1157
- Shirini, K., Aghdasi, H.S. & Saeedvand, S. Multi-objective aircraft landing problem: a multi-population solution based on non-dominated sorting genetic algorithm-II. *J Supercomput* 80, 25283–25314 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11227-024-06385-2>
- Shirini, K., Kordan, M.B. & Gharehveran, S.S. Impact of Bernardes, A.A., Rogeri, J.G., Oliveira, R.B., Marranghello, N., Pereira, A.S., Araujo, A.F. and Tavares, J.M.R., 2013. Identification of foliar diseases in cotton crop. In *Topics in Medical Image Processing and Computational Vision* (pp. 67-85). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0726-9_4
- Borgia, E., 2014. The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*, 54, pp.1-31. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.09.008>
- Dang, K., Sun, H., Chanet, J.P., Garcia-Vidal, J., Barcelo-Ordinas, J.M., Shi, H.L. and Hou, K.M., 2013, September. Wireless Multimedia Sensor Network for plant disease detections. In *NICST'2103 New Information Communication Science and Technology for Sustainable Development: France-China International Workshop* (pp. 6-p).
- Gharehveran, S. S., Ghassemzadeh, S., & Roostami, N. (2022). Two-stage resilience-constrained planning of coupled multi-energy microgrids in the presence of battery energy storages. *Sustainable Cities and Society*, 83, 103952. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103952>
- Gharehveran, S. S., Shirini, K., Khavar, S. C., & Abdollahi, A. (2025). Optimizing day-ahead power scheduling: a novel MIQCP approach for enhanced SCUC with renewable integration. *e-Prime-Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 101022. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2025.101022>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S. and Palaniswami, M., 2013. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), pp.1645-1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Kissoon, D., Deerpaul, H. and Mungur, A., 2017. A Smart Irrigation and Monitoring System. *International Journal of Computer Applications*, 163(8), pp.0975-8887.
- Kissoon, D., Deerpaul, H. and Mungur, A., 2017. A Smart Irrigation and Monitoring System. *International Journal of Computer Applications*, 163(8), pp.0975-8887.
- Mahmoodi. (2013). Master's thesis. *Detecting walnut tree leaf diseases using machine vision*, Tehran. (In Persian)
- Omid, M., Shefaei, A., & Ardeshtir. (2005). Computerized control of greenhouse environmental conditions: Part

- learning rate and epochs on lstm model performance: a study of chlorophyll-a concentrations in the Marmara Sea. *J Supercomput* 81, 265 (2025). <https://doi.org/10.1007/s11227-024-06806-2>
- Taherihajivand, A. , shirini, K. and samadi Gharehveran, S. (2024). Weed detection in fields using convolutional neural network based on deep learning. *Agricultural Engineering*, 47(1), 129-142. doi: 10.22055/agen.2024.45327.1688.
- Taherihajivand, A., Shirini, K., & Samadi Gharehveran, S. (2024). An overview of product performance prediction using artificial algorithms. *Agricultural Mechanization*, 9(3), 1-14. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/jam.2024.61899.1276>. Shirini, K., Hajivand, A. T., & Gharehveran, S. S. (2024). A novel deep learning-based method for potato leaf disease classification. *9th Advanced Engineering Days*, 9, 462-464.
- Tan, J., Radhi, R. M., Shirini, K., Gharehveran, S. S., Parisooz, Z., Khosravi, M., & Azarinfar, H. (2025). Innovative framework for fault detection and system resilience in hydropower operations using digital twins and deep learning. *Scientific Reports*, 15(1), 15669. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-98235-1>
- Yin, M., Wortman Vaughan, J., & Wallach, H. (2019, May). Understanding the effect of accuracy on trust in machine learning models. In *Proceedings of the 2019 chi conference on human factors in computing systems* (pp. 1-12). <https://doi.org/10.1145/3290605.3300509>
- Zaki Dizaji, H. , Shirini, K. , Taheri hajivand, A. and monjezi, N. (2024). Modelling variables affecting the yield of sugarcane fields using deep recurrent neural network. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 55(2), 93-108. doi: 10.22059/ijbse.2025.378958.665557122090.
- Joshua, J. (2017). Information bodies: computational anxiety in neal stephenson's snow crash. *Interdisciplinary Literary Studies*, 19(1), 17-47.
- Khan, A., Gupta, S., & Gupta, S. K. (2020). Multi-hazard disaster studies: Monitoring, detection, recovery, and management, based on emerging technologies and optimal techniques. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 47, 101642.

Application of the Internet of Things in agriculture to diagnose plant diseases

Adel Taheri Hajivand¹, Kimia Shirini², Sina Samadi Gharehveran³

1. Assistant Professor and Faculty Member, University of Tabriz, Faculty of Agriculture, Tabriz, Iran. (Corresponding Author) .Email: a.taheri@tabrizu.ac.ir

2. PhD in Computer Engineering, Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran. Email: k.shirini@tabrizu.ac.ir

3. PhD in Electrical Engineering, Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran. Email: s.samadi@tabrizu.ac.ir

Abstract

One of the important applications in the field of IoT is the use of this technology in agriculture and improving the productivity of agricultural products. In this paper, the importance and position of IoT in agriculture are introduced and then a case study for disease detection in rice leaves using machine learning algorithms and image processing was examined. The data under study were prepared from the UCI database, which included 120 images for three diseases of rice leaf blight, brown spot disease and black leaf spot. First, the images were processed and the background was separated from the images. Feature matrices were extracted from each image and second-order statistical features were extracted from them. These features were used to train the decision tree and the Bayesian algorithm. The results showed that the overall classification accuracy for disease detection using random forest and Bayesian algorithm was 91.7% and 90.5%, respectively.

Keywords: *Bayesian algorithm, Decision tree, Disease detection, Image processing, IoT.*