ارائه یک سیستم خبره برای تعیین آفات و بیماری‌های درختان میوه دانه‌دار

ابوالفضل کاظمی[1]، مرضیه کریمی[2]، امیرفاتحی کیوی[2]

۱- دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، قزوین، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی ومهندسی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

۲-کارشناس ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، قزوین، ایران

سیستم‌های خبره با هدف در دسترس قرار دادن مهارت های افراد متخصص، برای افراد غیر متخصص طراحی شده اند. این برنامه ها الگوی تفکر و شیوه ی عملکرد انسان را شبیه‌سازی می کنند و باعث نزدیکی عملکرد سیستم‌های خبره با عملکرد انسان یا فرد خبره می شوند. در سال‌های اخیر، سیستم‌های خبره رایانه‌ای گوناگونی برای بخش‌های متنوعی از کشاورزی در جهان توسعه یافته‌اند. در دست بودن رایانه های کم هزینه، دانش کشاورزی و حوزه‌ی فناوری اطلاعات، علت‌های اصلی برای توسعه بسیاری از سیستم‌های خبره کشاورزی هستند. در این پژوهش یک سیستم خبره با هدف بهبود تصمیم‌گیری باغداران طراحی شده است. دانش مورد نظر از ادبیات و کارشناسان به دست آمده است، سپس این دانش در پایگاه دانش سیستم خبره با چند قاعده اگر-آنگاه نشان داده شده است و سیستم خبره طراحی شده با کارشناسان ارزیابی شده است. سیستم خبره طراحی‌شده ابزاری کارآمد در آموزش کشاورزان و دانشجویان کشاورزی است که با تبیین و ارائه اطلاعات دقیق و به‌روز درباره آفات درختان میوه دانه‌دار، امکان یادگیری عملی و مؤثر روش‌های شناسایی و مهار آفات را فراهم می‌سازد. این سیستم با ارتقای سطح دانش و مهارت‌های حرفه‌ای کاربران، نقش مهمی در توانمندسازی آنان ایفا می‌کند. همچنین می‌تواند در کنار آموزش رسمی، به عنوان یک منبع یادگیری خودراهبر به بهبود فرآیندهای آموزشی در حوزه کشاورزی کمک کند.

نمایه واژگان: سیستم خبره؛ قواعد منطقی؛ موتور استنتاج؛ آفات؛ بیماری‌های درختان میوه دانه‌دار.

نویسنده مسئول: مرضیه کریمی

رایانامه: m.karimi@ardakan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷ **تاریخ پذیرش**: ۱۴۰۴/۰۳/۳۱

مقدمه

با گسترش فناوری اطلاعات و توسعه ابزار هوشمند، نظام‌های آموزش و ترویج کشاورزی نیز دستخوش تغییر و دگرگونی های مهم و موثری شده‌اند. از جمله فناوری‌های نوینی که می‌تواند موجب بهبود کیفیت آموزش، ارتقاء دانش بهره‌برداران و انتقال سریع اطلاعات تخصصی در بخش کشاورزی شود، سیستم‌های خبره هستند. این سیستم‌ها به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از هوش مصنوعی، می‌توانند دانش و تجربه‌ی خبرگان را به صورت ساختارمند ثبت کرده و در قالب مشاوره‌های تخصصی به کاربران ارائه دهند (سیاهوشی، ۱۳۹۴).

در زمینه آموزش و ترویج کشاورزی، سیستم‌های خبره می‌توانند نقش مهمی در دسترسی سریع و آسان بهره‌برداران به توصیه‌های فنی به‌ویژه در منطقه‌های روستایی و دورافتاده که حضور فیزیکی کارشناسان دشوار است؛ ایفا کنند. این سیستم‌ها با ارائه دانش تخصصی به زبان ساده و قابل فهم، به افزایش آگاهی کشاورزان، کاهش خطاهای عملیاتی و به‌کارگیری به‌هنگام راهکارهای فنی کمک می‌کنند (صادقی هونجانی، ۱۴۰۳).

یکی از چالش‌های اساسی در باغداری، شیوع آفات و بیماری‌هاست که نیاز به تشخیص سریع و تصمیم‌گیری‌های بهینه و موثری دارد. بهره‌گیری از یک سیستم خبره در این زمینه، می‌تواند ابزاری مؤثر در فرایند آموزش و ترویج کشاورزی باشد. این سیستم ضمن ارائه اطلاعات تخصصی درباره‌ی نوع آفات و بیماری‌ها، راهکارهای مهار و پیشگیری را نیز در اختیار بهره‌برداران قرار می‌دهد (سمیعی زفرقندی و سید علی روته، ۱۴۰۳).

هدف اصلی این پژوهش، طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم خبره نرم‌افزاری برای تشخیص به‌هنگام آفات و بیماری‌های درختان میوه دانه‌دار و ارائه راهکارهای رویارویی با آن‌هاست؛ به‌گونه‌ای که بتواند به عنوان یک ابزار آموزشی-ترویجی، نقش مؤثری در ارتقاء سطح دانش و عملکرد کشاورزان ایفا کند.

مبانی نظری سیستم‌های خبره

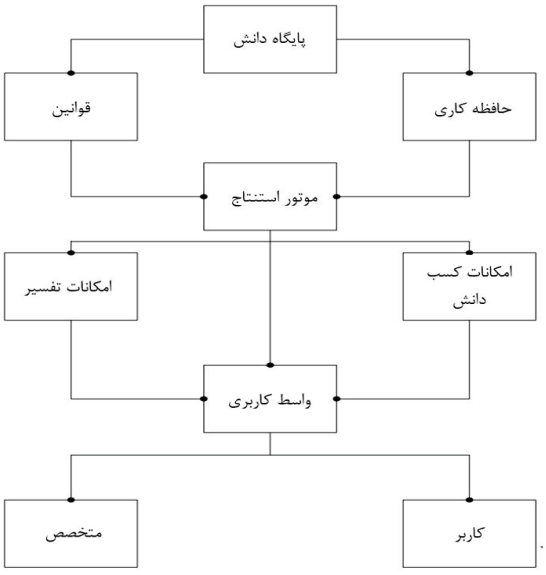
سیستم خودکار اکتساب دانش باعث ایجاد یک رابطه دوستدانه بین کاربر و نرم‌افزار شده است که کارشناسان می‌توانند در آن برای دامنه خاصی از دانش آغاز به ورود، ذخیره سازی و سازماندهی دانش کنند. برای یک محصول خاص بیش از یک کارشناس می‌تواند آغاز به وارد کردن اطلاعات کند ولی در نهایت این نرم افزار خبره است که داده‌ها را ادغام کرده و یک پایگاه دانش سازگار ایجاد می‌کند. هر سیستم خبره‌ای از سه قسمت تشکیل شده است:

۱- پایگاه دانش: متداول‌ترین روش نمایش دانش قواعد هستند. علت‌های بسیاری در استفاده از قواعد وجود دارد که عبارت اند از: سادگی قواعد، وجود روش‌های متنوع استنتاجی و همچنین فراهم آوردن استنتاج غیرقطعی. پایگاه دانش شامل ارتباطات بین داده‌های مسئله می‌باشد. قدرت یك سیستم خبره به پایگاه دانش آن بستگی دارد. سیستم‌های خبره‌ای موفق هستند که در دانش غنی باشند، حتی اگر قابلیت حل مسئله ضعیفی داشته باشند. این دانش به طور گسترده آزمایشی، نامطمئن و قابل داوری نسبی می‌باشد. در حال کلی دانش، به صورت حقایق و قواعد ذخیره می‌شود. اما برای ذخیره اطلاعات (ارایه دانش) از حالت‌های ویژه‌ای استفاده می‌شود. پروسه کسب دانش در یك زمینه خاص و وارد کردن آن در پایگاه دانش به مهندسی دانش شهرت دارد. مهم‌ترین بخش در ساخت یك سیستم خبره کسب دانش می‌باشد.

۲- موتور استنتاج: مغز سیستم خبره موتور استنتاج می‌باشد و از این رو تفسیر کننده قاعده نیز نامیده می‌شود. موتور استنتاج بخشی از سیستم خبره است که عملیات استدلال را با استفاده از محتوای پایگاه دانش با توالی خاص انجام می‌دهد. در سیستم‌های مبتنی بر قاعده موتور استنتاج به این صورت کار می‌کند که یک قاعده را برای آزمون انتخاب و بررسی می‌کند که آیا شرایط این قاعده درست است یا خیر. این شرایط ممکن است از طریق پرسش از کاربر بررسی شود و یا ممکن است از واقعیت‌هایی ناشی شود که در طول مصاحبه به‌دست آمده‌اند.

۳- مدیریت رابط کاربر: وظیفه رابط کاربر این است که اطلاعات کاربر را به شکل قابل قبولی برای سیستم خبره تبدیل کند، یا آنکه اطلاعات فراهم شده از طریق سیستم خبره را برای کاربر قابل فهم سازد. به صورت مطلوب و آرمانی رابط کاربر شامل یك سیستم پردازش زبان طبیعی است که اطلاعات را می‌پذیرد و یا برمی‌گرداند به شکلی که یك متخصص انسانی این عمل را انجام می‌دهد. در حالی که امروزه هیچ سیستم‌ای وجود ندارد که بتواند همه قابلیت‌های زبان طبیعی را داشته باشد. اما سیستم‌های کارآمدی وجود دارند که می‌توانند امکاناتی[1] در استفاده از یك زبان محدود و یك زیر مجموعه از زبان طبیعی را فراهم سازند. رابط کاربر برای سیستم‌های خبره اغلب برای تشخیص حالتی که کاربر کار می‌کند و سطح تخصص کاربر و طبیعت کار به‌کار برده می‌شود. رابط‌های کاربر شامل یك ترمینال، پنجره‌های گرافیکی چندحالته، پنجره‌های متنی[2] می‌باشد.

رابطه اجزای سیستم خبره مبتنی بر قاعده در نگاره ۱ نشان داده شده است (طلوعی اشلقی و محسن طاهری، ۱۳۸۹).



نگاره ۱- رابطه بین اجزای سیستم خبره

هدف از این پژوهش، تولید قواعد منطقی و طراحی سیستم هوشمند تشخیص آفات و بیماری‌های درختان میوه دانه‌دار و ارائه راهکار برای رویارویی و مهار آن‌ها از طریق به‌کارگیری سیستم رایانه‌ای می‌باشد. دستیابی به این هدف با توجه و اعمال موارد زیر امکانپذیر شده است:

۱- قواعد کار: علوم و روش‌هایی که یک کارشناس کشاورزی در جهت تشخیص آفت و روش رویارویی با آن به‌کار می‌برد به صورت مجموعه ای از قواعد تبدیل شده است.

۲- اعتبار قواعد: قواعد به‌دست آمده، ارزیابی شده و اعتبار آن‌ها به طور نسبی ارزیابی و تبیین شده است.

۳- خبره‌گی و تصمیم‌یاری: در سیستم مورد نظر، سازوکار استنتاجی در نظر گرفته شده است که می‌تواند با استفاده از قواعد موجود طرح راه حل رویارویی پیشنهادی را ارائه دهد.

۴- قابلیت استفاده در دفتر کارشناسان کشاورزی: سیستم مورد نظر می‌تواند در دفتر کارشناسان کشاورزی استفاده شده و به آنان در امر تشخیص و مبارزه با آفات و بیماری‌ها یاری رساند و همچنین به خاطر ساختار ساده نرم افزار افراد غیرکارشناس نیز می‌توانند از این سیستم استفاده کنند.

پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر، استفاده از سیستم‌های رایانه‌ای مبتنی بر دانش، به‌ویژه سیستم‌های خبره، به‌منظور شناسایی مسئله‌ها و چالش‌ها و ارائه راهکار در زمینه‌های مختلف علمی، به‌طور چشمگیری گسترش یافته است. بوچانان و شورت لایف (۱۹۸۴)، یک سیستم خبره قاعده‌محور مبتنی بر تصمیم‌گیری سنتی برای شناسایی و تشخیص ناهنجاری‌ها در گیاهان ارائه دادند. در زمینه کشاورزی و باغداری نیز، کمپ و همکاران (۱۹۸۹)، یک سیستم خبره برای تشخیص آفات و اختلال‌های درختان سیب طراحی کردند. پاتر و همکاران (۲۰۰۰)، یک سیستم خبره مبتنی بر وب برای ارزیابی خطر شب‌پره کولی، به‌عنوان یکی از زیانبارترین آفات جنگل‌های شمال آمریکا، توسعه دادند. مهامان و همکاران (۲۰۰۳)، یک سیستم خبره قاعده محور برای مدیریت تلفیقی آفات ارائه دادند. این سیستم به‌عنوان ابزاری برای شناسایی خودکار آفات و ارائه راهکار رویارویی، ویژه افراد غیرخبره، توسعه یافت و سپس با استفاده از روش‌شناسی‌های ارزیابی سیستم‌های خبره مورد سنجش قرار گرفت. پراساد و همکاران (۲۰۰۶) نیز یک سیستم خبره برای تشخیص آفات، بیماری‌ها و اختلال‌ها در درختان انبه هندی معرفی کردند.

پایگاه دانش این سیستم شامل نشانه‌ها و راهکارهای رویارویی با آفات در دوره‌های باردهی و غیر باردهی درختان بود. شهباز و همکاران (۲۰۰۸)، یک سیستم خبره برای تشخیص آفات گندم در پاکستان ارائه دادند. دیز و همکاران (۲۰۰۹) نیز سیستم‌ای برای حفاظت یکپارچه از گیاه فلفل با هدف بهبود تصمیم‌گیری تولیدکنندگان توسعه دادند. چن و همکاران (۲۰۱۰)، یک سیستم خبره مبتنی بر تصویر[۳] برای تشخیص آفات ذرت طراحی کردند. هدف اصلی این سیستم، استفاده ساده‌تر برای کاربران غیرخبره بود و با توجه به شباهت ظاهری بسیاری از آفات، به‌منظور کاهش خطای تشخیص، از روش تصویری بهره بردند. پایگاه دانش این سیستم شامل اطلاعات مرتبط با شناسایی ۱۱ نوع علف هرز، ۲۰ حشره، ۱۴ بیماری، عامل‌های مهارکننده و ۸۷ تصویر و نقشه بود. لی و هانگ (۲۰۱۱)، یک نرم‌افزار سیستم خبره برای میوه درختان پرتقال توسعه دادند که توانایی شبیه‌سازی طرح لقاح سالانه درختان جوان و بالغ را برمبنای موقعیت جغرافیایی و شرایط آب‌وهوایی دارد. استفاده از این سیستم منجر به کاهش هزینه‌های تولید، بهبود کیفیت محصول و افزایش سودآوری می‌شود. یلاپور و کولکارنی، (۲۰۱۲)، در پژوهشی، بر لزوم بهره‌گیری از سیستم‌های خبره در تصمیم‌گیری‌های کلیدی کشاورزی همچون مدیریت آبیاری، کود و آفات تأکید کرده‌اند و نمونه‌هایی از موفقیت این سیستم‌ها را مرور کرده‌اند. دوبی و همکاران (۲۰۱۳)، در مطالعه‌ای مروری، کاربرد منطق فازی در توسعه سیستم‌های خبره کشاورزی طی دو دهه گذشته را بررسی کرده و اهمیت آن را در مدیریت شرایط نامطمئن کشت، آفات و تغذیه گیاهی تبیین کرده‌اند. جوی و سریکومار (۲۰۱۴)، مروری بر نقش سیستم‌های خبره به‌عنوان ابزار هوش مصنوعی در انتقال دانش تخصصی به کشاورزان و حمایت از تصمیم‌گیری‌های مدیریتی ارائه داده است. گانسان و تائورو (۲۰۱۵)، کاربرد منطق فازی ترکیب‌شده با سیستم‌های خبره را در حل چالش‌های کشاورزی بررسی و نشان دادند که این ترکیب، ابزاری کارآمد در محیط‌های دارای عدم‌قطعیت به شمار می‌آید. همچنین کمالی و همکاران (۲۰۱۷)، استفاده از نظر و دیدگاه خبرگان همراه با ارزیابی چندمعیاره را به‌عنوان روشی مؤثر برای سنجش پایداری نظام کشاورزی در شرایط کمبود داده‌ها پیشنهاد کرده‌اند. نواگو و همکاران (۲۰۱۸)، به نقش سیستم‌های خبره در بهینه‌سازی تولید محصول‌های کشاورزی و فناوری‌های حفاظت از گیاه پرداختند و بر ضرورت توسعه این سیستم‌ها برای انتقال دانش تخصصی به کشتزارها تأکید کردند. الشواء و ابوناصر (۲۰۱۹)، نیز سیستم‌ای خبره برای تشخیص بیماری‌های سیب طراحی کردند که افزون بر شناسایی بیماری، راهکار اجرایی نیز ارائه می‌دهد. رودریگز-گارسیا و همکاران (۲۰۲۱)، نخستین گام‌ها را در توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری پیشرفته و کامل برای مدیریت تلفیق آفات برداشته‌اند که با ایجاد پایگاه دانشی از منبع‌های مختلف و ساختار طبقه‌بندی‌شده، در محیط شبیه‌سازی شده با دقت ۹۸،۸٪ارزیابی شده است. سوتوکورنولا و همکاران (۲۰۲۲)، سیستم‌ای خبره برای تشخیص بیماری‌های پس از برداشت سیب ارائه دادند که با ترکیب تعامل تصویری و مکالمه‌ای و استفاده از الگوریتم‌های باندیت چندبازویی، دقت تشخیص را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشیده است. در ادامه در سال ۲۰۲۳، این گروه سیستم خبره‌ای مبتنی بر شبکه‌های بیزی[۴] توسعه دادند که با مشارکت کاربران و کارشناسان، هم دقت تشخیص را افزایش داده و هم توضیح نتایج را برای کاربران قابل درک ساخته است. سیستم DSSApple که در همین راستا معرفی شد، از ترکیب بازخورد کاربر و استدلال بیزی[۵] برای تشخیص بیماری‌های پس از برداشت سیب بهره می‌برد. گوپتا و تریپاتی (۲۰۲۴)، نیز مروری جامع بر پیشرفت‌های اخیر در زمینه تشخیص بیماری‌های میوه‌ها و سبزی‌ها با استفاده از فناوری‌هایی مانند یادگیری ماشین، یادگیری عمیق و اینترنت اشیاء ارائه داده‌اند و به چالش‌های کشاورزی هوشمند در کشتزارهای واقعی اشاره کرده‌اند. در سال ۲۰۲۵، نیاز و همکاران، سیستم‌ای مبتنی بر یادگیری ماشین برای تشخیص ۱۴ بیماری اصلی گندم معرفی کردند که با بهره‌گیری از فناوری‌هایی مانند درخت تصمیم، جنگل تصادفی، SVM و AdaBoost به دقت بالای ۹۹٪ دست یافتند. همچنین فرقون و همکاران (۲۰۲۵)، با طراحی سیستم‌ای برای تشخیص ۱۰ بیماری و آفت موز با

استفاده از استنتاج زنجیره جلو و عامل اطمینان، دقت ۹۷٪ را در تشخیص گزارش کردند. پائوزی و همکاران (۲۰۲۵) نیز در بررسی‌های خود به نقش یادگیری عمیق در کشاورزی پرداختند و نشان دادند که این فناوری می‌تواند به‌طور مؤثری در مدیریت آفات، بیماری‌ها و منابع آبی به‌کار گرفته شود و آینده کشاورزی را دگرگون کند.

جمع‌بندی نتایج تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که سیستم‌های خبره توانسته‌اند در تشخیص آفات، بیماری‌ها و مدیریت محصول‌های کشاورزی نقش مهمی ایفا کنند. اغلب این سیستم‌ها برای محصول‌های خاص، در منطقه‌های جغرافیایی مشخص و با تمرکز بر جنبه‌های فنی طراحی شده‌اند. با این حال، کاربرد آن‌ها به‌عنوان ابزار آموزشی و ترویجی کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

از این رو، این پژوهش با هدف پر کردن این خلأ، به طراحی یک سیستم خبره برای تشخیص آفات و بیماری‌های درختان میوه دانه‌دار با رویکرد آموزشی پرداخته است. این سیستم می‌تواند به‌عنوان ابزاری ساده و در دسترس برای بهره‌برداران، کارشناسان و مروجان کشاورزی استفاده شده و به ارتقاء دانش و تصمیم‌گیری در زمینه مدیریت آفات کمک کند.

روش‌شناسی

در این پژوهش، به‌منظور طراحی یک سیستم خبره برای تشخیص آفات و بیماری‌های درختان میوه دانه‌دار و ارائه راهکار رویارویی با آن‌ها، از روش توسعه مبتنی بر دانش استفاده شده است. فرآیند طراحی سیستم شامل سه مرحله اصلی زیر بوده است:

۱. تعریف هدف و دامنه سیستم

در نخستین گام، هدف سیستم یعنی کمک به تشخیص به‌هنگام آفات و بیماری‌ها و تبیین راهکارهای رویارویی با آن‌ها برای درختان میوه دانه‌دار تعیین شد. دامنه کاربردی سیستم نیز به‌گونه‌ای انتخاب شد که هم قابلیت به‌کارگیری در فرایندهای آموزشی-ترویجی داشته باشد و هم توسط بهره‌برداران غیرمتخصص قابل استفاده باشد.

۲. کسب دانش

در این مرحله، دانش تخصصی مورد نیاز سیستم با همکاری کارشناسان گیاه‌پزشکی و مهندسان کشاورزی و از طریق مصاحبه، مشاهده و مرور منبع‌های معتبر علمی (کتاب و مقاله‌های تخصصی) استخراج شد. این دانش شامل:

نوع درختان، وضعیت درخت (باردار یا نابارور)، نشانه‌های آلودگی و محل آسیب (برگ، تنه، میوه و...) و راهکارهای مهار آفات (مکانیکی و شیمیایی) بود که برای پیاده‌سازی در پایگاه دانش، ساختاردهی شد.

۳. طراحی و پیاده‌سازی سیستم

بر اساس ساختار مرسوم سیستم‌های خبره، سیستم طراحی‌شده شامل سه زیرسیستم اصلی است:

۱- زیرسیستم مدیریت پایگاه دانش

۲- زیرسیستم موتور استنتاج

۳- زیرسیستم مدیریت رابط کاربر

برای طراحی این سیستم خبره از زبان برنامه نویسی ویژوال بیسیک استفاده شده است.

زیرسیستم مدیریت پایگاه دانش

با گردآوری اطلاعات مربوط به نوع درخت، وضعیت درخت، محل آسیب آفت (برگ، تنه، شاخه، میوه، ریشه) و همچنین نشانه‌های آسیب آفت در اندام آسیب دیده درخت و در نهایت تشخیص و ارزیابی راهکارهای رویارویی با آفات یا بیماری‌های درختان میوه دانه‌دار، این اطلاعات باید به فرمت یک زبان قابل پردازش توسط ماشین نمایش داده شود. در این راستا همه اطلاعات و روش‌هایی که در تشخیص و رویارویی با آفات استفاده می‌شوند، به صورت قاعده تعریف شده‌اند. همه اطلاعات مربوط به آفات و بیماری‌های درختان میوه دانه‌دار و همچنین روش‌های رویارویی با آن‌ها در دو حافظه‌کاری ثبت شده‌اند که شامل موارد زیر می‌باشند:

حافظه‌کاری اول شامل: ویژگی‌های درخت مانند نام درخت، وضعیت درخت، محل آسیب آفت یا بیماری در اندام درخت، نام آفت.

حافظه‌کاری دوم شامل: نام آفت، ویژگی‌های ظاهری آفت، چگونگی رویارویی مکانیکی و شیمیایی.

دسته اول قواعد مربوط به تعیین نوع آفت هستند، به دلیل زیاد بودن قواعد تنها چند قاعده به‌کار رفته در این نرم‌افزار نوشته می‌شود:

تعیین نوع درخت:

If combo1.text = "سیب" then نوع درخت سیب می باشد

تعیین وضعیت درخت:

If check5.value = 1 then درخت باردار است

تعیین محل آسیب آفت به درخت:

If check1.value = 1 then محل آسیب تنه درخت استا

دسته دوم قواعد، قواعد تعیین نوع آفت و روش رویارویی با آن است که در اینجا یک نمونه نوشته می‌شود:

تعیین نشانه‌های آسیب آفت روی درخت:

If combo1.text = "تشکیل لایه سفید رنگی بر روی تنه، شاخه و برگ، با له کردن لایه‌ها مایع قرمز رنگی از آنها بیرون می‌آید"

Then

Text1.text = "شته مومی یا خونی سیب"

Text2.text = "ویژگی‌های ظاهری"

Text3.text = "روش مهار مکانیکی"

Text4.text = "روش مهار شیمیایی"

دسته سوم از قواعد نیز قواعدی هستند که مختص کارشناس خبره طراحی شده‌اند، این قواعد ترکیبی از حافظه‌کاری اول و دوم می‌باشند که در اینجا نمونه‌ای برای آن نوشته می‌شود:

تعیین نوع درخت:

If combo1.text = "سیب" then نوع درخت سیب است

تعیین نوع آفت:

If combo2.text = "شته مومی یا خونی سیب" then

combo1.text = "تشکیل لایه سفید رنگی بر روی تنه، شاخه و برگ، با له کردن لایه‌ها مایع قرمز رنگی از آنها بیرون می آید"

Text1.text = "شته مومی یا خونی سیب"

Text2.text = "ویژگی‌های ظاهری"

Text3.text = "روش مهار مکانیکی"

Text4.text = "روش مهار شیمیایی"

زیرسیستم موتور استنتاج

موتور استنتاج این نرم‌افزار توسط نرم‌افزار برنامه نویسی ویژوال بیسیک طراحی شده است که در این نرم‌افزار موتور استنتاج با گرفتن اطلاعات اولیه در مورد درخت، محل آسیب و نشانه‌های آسیب، نوع آفت را شناسایی و راه‌های رویارویی با آن را ارائه می‌دهد.

زیرسیستم مدیریت رابط کاربر

در سیستم یادشده برای طراحی واسطه کاربری از نرم‌افزار ویژوال بیسیک که دارای رابطه کاربری بسیار قوی است، استفاده شده است. کاربر در یک فرآیند پرسش و پاسخ با این واسط، اطلاعات لازم را وارد سیستم کرده و در پایان راه حل لازم را برای حل مسئله، توسط سیستم به‌کاربر ارائه می‌شود. چگونگی پرسش‌هایی که سیستم از کاربر می‌پرسد، به شکلی است که در آغاز کاربر باید نوع درخت، وضعیت باردار بودن یا نبودن و سپس محل آسیب دیدگی را تعیین کند، در مرحله بعد با انتخاب نشانه‌های آسیب، نرم‌افزار آفت را شناسایی می‌کند.

ارزیابی اولیه عملکرد سامانه

به‌منظور ارزیابی اولیه عملکرد سامانه، تعامل مستقیم با کارشناسان بخش کشاورزی شهرستان کوثر انجام شد. در این ارزیابی، مجموعه‌ای از نمونه‌های واقعی آفات و بیماری‌های درختان میوه دانه‌دار به سامانه معرفی شد و خروجی‌ها از نظر صحت تشخیص و تناسب توصیه‌های کنترلی با نظر کارشناسان مقایسه گردید. نتایج نشان داد که سامانه در اکثر موارد توانست تشخیص به نسبت دقیقی ارائه کند و پیشنهادهای مناسبی برای مهار آفات و بیماری‌ها عرضه نماید، که این ارزیابی یک سنجش علمی و قابل اعتماد از عملکرد سیستم در شرایط واقعی فراهم نمود.

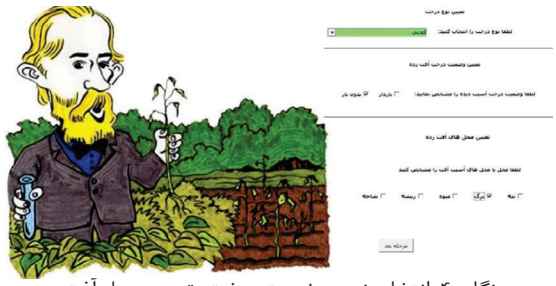
یافته‌ها

سیستم خبره پیشنهادی در دو حالت می‌تواند به یاری یک کارشناس کشاورزی یا فرد غیر کارشناس بشتابد. در حالت اول هنگامی است که کاربر می‌خواهد نوع آفت و روش‌های رویارویی با آن را شناسایی کند، در این هنگام نرم‌افزار خبره از کارشناس با پرسیدن مسئله‌هایی در مورد نام درخت، وضعیت درخت، محل یا محل‌های آسیب آفت و نشانه‌های آسیب آغاز به جستجو برای شناسایی آفت و شیوه‌های رویارویی با آن برمبنای اطلاعات موجود در حافظه کاری ارائه می‌دهد. حالت دوم که تنها مختص فرد خبره است، هنگامی رخ می‌دهد که کارشناس نوع آفت یا بیماری را شناسایی کرده ولی در مورد راهکار رویارویی با آن دچار مشکل می‌باشد، در این حالت نرم‌افزار خبره با گرفتن نام درخت و نام آفت و یا بیماری، اطلاعات مربوط به شکل ظاهری آفت (برای اطمینان کامل کارشناس) و شیوه‌های رویارویی با آن را در اختیار کارشناس قرار می‌دهد. برای آشنایی با چگونگی کارکرد سیستم خبره طراحی شده برای تشخیص آفات درختان میوه دانه‌دار از یک مثال استفاده شده است که در ادامه شرح داده می‌شود: پس از اجرای نرم‌افزار، شکل ۲ ظاهر می‌شود. سپس گزینه شروع انتخاب می‌شود. اگر تشخیص قرار است توسط فرد غیرکارشناس و یا حتی فردکارشناس صورت گیرد. گزینه (تشخیص نرم‌افزار خبره) انتخاب می‌شود که بعد از این انتخاب، نگاره ۳ ظاهر می‌شود.

نگاره ۲- صفحه آغاز به کار نرم افزار تشخیص آفات

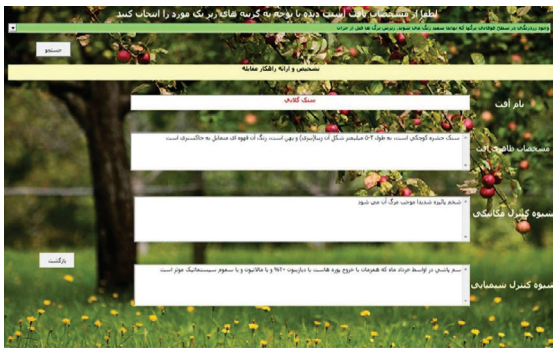
نگاره ۳- مرحله اول تشخیص آفات

آنگاه نوع درخت انتخاب می‌شود، باردار بودن یا نبودن و سرانجام تعیین محل‌های آفت نشانه‌گذاری می‌شوند که در نگاره ۴ دیده می‌شود.



نگاره ۴- انتخاب نوع و وضعیت درخت، تعیین محل آفت

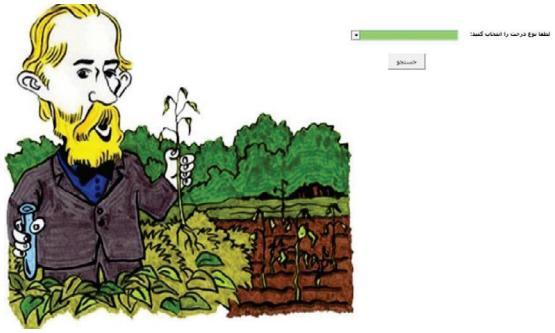
سپس با زدن کلید مرحله بعد، نرم‌افزار وارد مرحله دوم تشخیص شده که در این قسمت نشانه‌های آسیب از بین نشانه‌های مطابق با ویژگی‌های مرحله پیش از حافظه کاری انتخاب می‌شود و نیز بر روی کلید جستجو کلیک کرده، در این هنگام نرم‌افزار نام آفت و یا بیماری، ویژگی‌های ظاهری آفت، شیوه مهار مکانیکی و شیمیایی رویارویی با آفت و یا بیماری را به کاربر نشان خواهد داد و تشخیص پایان می‌یابد که در نگاره ۵ نشان داده شده است.



نگاره ۵- تعیین مشخصات بافت آسیب دیده و تشخیص آفت

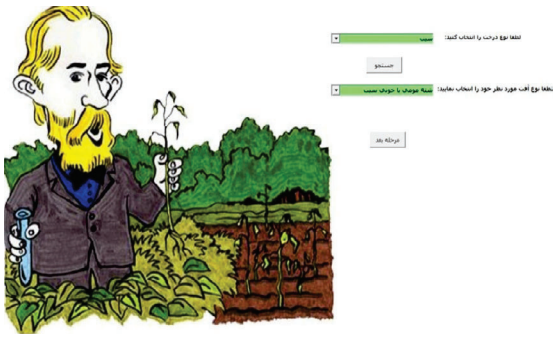
نوع دیگر تشخیص که راه حل رویارویی با آفت و یا بیماری است و توسط کارشناس خبره صورت می‌گیرد، به صورت یک مثال در ادامه بیان خواهد شد:

پس از اجرای نرم‌افزار، گزینه شروع انتخاب می‌شود، چون تشخیص قرار است توسط فرد خبره صورت گیرد، گزینه تشخیص فرد خبره انتخاب می‌شود، که پس از این انتخاب نگاره۶ ظاهر می‌شود.



نگاره ۶- رابط کاربری کارشناس کشاورزی

از بین نام درختان موجود، گزینه مورد نظر را انتخاب می‌شود و آنگاه دکمه جستجو را کلیک کرده و نرم‌افزار همه آفات و بیماری‌های موجود برای درخت مورد نظر را یافته و سپس نوع آفت و یا بیماری توسط فرد خبره انتخاب می‌شود، که در نگاره ۷ دیده می‌شود.



نگاره ۷- انتخاب نوع درخت و نوع آفت، توسط کارشناس کشاورزی

پس از آن با زدن کلید مرحله بعد، وارد مرحله دوم تشخیص می‌شویم، نرم‌افزار در این مرحله با توجه به اطلاعاتی که از مرحله پیش گرفته، نام آفت، ویژگی‌های ظاهری آفت، شیوه مهار مکانیکی و شیمیایی رویارویی با آفت را به کاربر نشان خواهد داد و در این مرحله تشخیص راه‌های رویارویی با آفت یا بیماری پایان می‌یابد که در نگاره ۸ نشان داده شده است.

نگاره ۸- ارائه راهکار مقابله با آفت

نتیجه گیری

در این پژوهش، با هدف آسانگری فرآیند تشخیص آفات و بیماری‌های درختان میوه دانه‌دار و ارائه راهکارهای رویارویی، یک سیستم خبره طراحی و پیاده‌سازی شد. این سیستم با تکیه بر دانش مهندسان جهاد کشاورزی (شهرستان کوثر) و اطلاعات گردآوری‌شده از منبع‌های علمی گیاه‌پزشکی، به گونه‌ای طراحی شده که بتواند بدون نیاز به تخصص بالا، تشخیص به نسبت دقیقی از نوع آفت یا بیماری ارائه دهد و راهکارهای رویارویی مناسب را پیشنهاد دهد.

نتایج اولیه حاصل از آزمون سیستم در تعامل با کارشناسان بخش کشاورزی نشان داد که سیستم می‌تواند با دقت قابل قبول، آفات و بیماری‌ها را بر مبنای ویژگی‌های ظاهری و محل آسیب شناسایی کرده و توصیه‌های مهار موثر و مشخصی را ارائه دهد. از این رو می‌توان این سیستم را به‌عنوان یک ابزار کمکی مؤثر در حوزه آموزش، ترویج و حتی مشاوره اولیه برای کشاورزان در نظر گرفت.

از منظر کاربردی، توسعه چنین سیستم‌هایی می‌تواند نقش مؤثری در کاهش وابستگی به کارشناسان حضوری، تسریع در تصمیم‌گیری و افزایش دقت در اقدام‌های مقابله‌ای ایفا کند. همچنین قابلیت به‌کارگیری آن در برنامه‌های آموزشی جهاد کشاورزی و آموزشکده‌های کشاورزی می‌تواند موجب ارتقاء دانش بومی و خودکفایی در مدیریت آفات شود. در نهایت پیشنهادهایی برای انجام تحقیقات آتی به شرح زیر ارائه می‌شود:

- نسخه‌های توسعه‌یافته‌تری از این سیستم برای دیگر درختان میوه، سبزی‌ها و محصول‌های زراعی طراحی شود.

-قابلیت‌هایی مانند تحلیل تصویری[6] برای شناسایی آفات و اتصال به پایگاه‌های داده آنلاین برای به‌روزرسانی اطلاعات آفات، می‌تواند دقت سیستم را افزایش دهد.

- انجام پژوهش‌هایی برای ارزیابی کارایی سیستم در کشتزارهای واقعی و مقایسه عملکرد آن با کارشناسان خبره می‌تواند اثربخشی نهایی آن را مشخص سازد.

- در نهایت یک اپلیکیشن موبایلی بر پایه این سیستم طراحی شود تا کاربران نهایی، به‌ویژه کشاورزان، دسترسی آسان‌تری به این ابزار داشته باشند.

پی‌نوشت:

1- Facilities
2- Character
3- Image-Based Expert System
4- Bayesian Networks
5- Bayesian Reasoning
6- Image Processing

منبع‌ها

سیاه‌وشی، شقایق، (۱۳۹۴)،کاربرد سیستم خبره در صنعت کشاورزی، سومین کنفرانس بین المللی پژوهشهای کاربردی در علوم کشاورزی، تهران.

صادقی هونجانی، سعیده، (۱۴۰۳)، نقش آموزش و ترویج در زمینه کشاورزی هوشمند، نهمین همایش بین المللی علوم محیط زیست، کشاورزی، منابع طبیعی و صنایع غذایی، همدان.

سمیعی زفرقندی، سبحان و سید علی روته، سید محمد امین، (۱۴۰۳)، مروری بر تشخیص آفت در کشاورزی هوشمند با استفاده از هوش مصنوعی، بیست و پنجمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، بابل.

طلوعی اشلقی، عباس و محسن طاهری، سوده. (۱۳۸۹)، طراحی یک سیستم خبره برای تشخیص و پیشنهاد در مورد شیوه درمان سرطان خون، مدیریت سلامت، ۱۳ (۴۰).

Al-Shawwa, M., & Abu-Naser, S. S. (2019). Knowledge based system for apple problems using CLIPS. International Journal of Academic Engineering Research (IJAER), 3(3), 1-11.

Buchanan, B. G., & Shortliffe, E. H. (1984). Rule based expert systems: the mycin experiments of the stanford heuristic programming project (the Addison-Wesley series in artificial intelligence). Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.

Chen, L. J., Bo, M., kun, L.S., ru, W.K., zhi, X.R. And ju, G. S. (2010). An Image-Based Diagnostic Expert System for Corn Diseases. Agricultural Sciences in China:1221-1229.

Diaz, L.G., Jimenez, P.M., Bastida, F. And Andujar, J. L. G. (2009). Expert system for integrated plant protection in pepper (Capsicum annuun L.). Expert Systems with Applications 36: 8975–8979.

Dubey, S., Pandey, R. K., & Gautam, S. S. (2013). Literature review on fuzzy expert system in agriculture. International Journal of Soft Computing and Engineering, 2(6), 289-291.

Durkin, J., & Durkin, J. (1998). Expert systems: design and development. Prentice Hall PTR.

Furqon, M. A., Poertantono, L. D., & El Maidah, N. (2025). Banana Pest And Disease Expert System Using Forward Chaining and Certainty Factor. Journal of Research in Artificial Intelligence for Systems and Applications, 1(1), 1-10.

Ganesan, N., & Tauro, C. J. (2015). A study of applications of fuzzy logic in various domains of agricultural sciences. International Journal of Computer Applications, 975, 8887.

Gupta, S., & Tripathi, A. K. (2024). Fruit and vegetable disease detection and classification: Recent trends, challenges, and future opportunities. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 133, 108260.

Joy, D., & Sreekumar, K. (2014). A survey on expert system in agriculture. International journal of computer science and information technologies, 5, 7861-7864.

Kamali, F. P., Borges, J. A., Meuwissen, M. P., de Boer, I. J., & Oude Lansink, A. G. (2017). Sustainability assessment of agricultural systems: The validity of expert opinion and robustness of a multi-criteria analysis. Agricultural systems, 157, 118-128.

Kemp, R. H., Stewart, T. M., & Boorman, A. (1989). An expert system for diagnosis of pests, diseases, and disorders in apple crops. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 17(1), 89-96.

Mahaman, B. D., Passam, H. C., Sideridis, A. B. And Yialouris, C. P. (2003). DIARES-IPM: a diagnostic advisory rule-based expert system for integrated pest management in Solanaceous crop systems, Agricultural Systems 76: 1119–1135.

Niaz, A. A., Ashraf, R., Mahmood, T., Faisal, C. N., & Abid, M. M. (2025). An efficient smart phone application for wheat crop diseases detection using advanced machine learning. PloS one, 20(1), e0312768.

Nwagu, C. K., Omankwu, O. C., & Inyiama, H. (2018). A review of expert systems in agriculture. International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS), 16(4), 126-9.

Pauzi, N. A. M., Mustaza, S. M., Zainal, N., Zaman, M. H. M., & Moubark, A. M. (2025). Artificial Intelligence in precision agriculture: A review. Jurnal Kejuruteraan, 37(2), 1025-1047.

Potter, W. D., Deng, X., Li, J., Xu, M., Wei, Y., Lappas, I., Twery, M. J. And Bennett, D.J. (2000). A web-based expert system for gypsy moth risk assessment. Computers and Electronics in Agriculture 27: 95–105.

Prasad, R., Ranjan, K. R. And Sinha, A. K. (2006). AMRAPALIKA: An expert system for the diagnosis of pests, diseases, and disorders in Indian mango. Knowledge-Based Systems 19: 9–21.

Rodríguez-García, M. Á., García-Sánchez, F., & Valencia-García, R. (2021). Knowledge-based system for crop pests and diseases recognition. Electronics, 10(8), 905.

Shahbaz, F., Razzaq, S., Irfan, K., Maqbool, F., Farid, A., Illahi, I. And amin, T. (2008). A Web-based Expert System for Diagnosis of Diseases and Pests in Pakistani Wheat. Proceedings of the World Congress on Engineering. Vol I: 555-557.

LI, Y. S., & HONG, L. F. (2011). Development of a non-pollution orange fruit expert system software based on ASP. NET. Agricultural Sciences in China, 10(5), 805-812.

Sottocornola, G., Baric, S., Nocker, M., Stella, F., & Zanker, M. (2022). Picture-based and conversational decision support to diagnose post-harvest apple diseases. Expert Systems with Applications, 189, 116052.

Sottocornola, G., Baric, S., Nocker, M., Stella, F., & Zanker, M. (2023). DSSApple: A hybrid expert system for the diagnosis of post-harvest diseases of apple. Smart Agricultural Technology, 3, 100070.

Sottocornola, G., Baric, S., Stella, F., & Zanker, M. (2023). Development of a knowledge-based expert system for diagnosing post-harvest diseases of apple. Agriculture, 13(1), 177.

Yelapure, S. J., & Kulkarni, R. V. (2012). Literature review on expert system in agriculture. International Journal of Computer Science and Information Technologies, 3(5), 5086-5089.

Presenting an expert system for pests and diseases of pome fruits

Abolfazl Kazemi[1], Marzieh Karim[2] , Amir Fatehi Kivi[3]

1- Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Qazvin Branch, Qazvin, Iran

2- Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Ardakan University, Ardakan, Iran

3- Master of Science, Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Qazvin Branch, Qazvin, Iran

Abstract

Expert systems are designed to make expert-level knowledge accessible to non-experts by simulating human thinking and decision-making processes. These systems aim to replicate the reasoning patterns of specialists and bring computer-based performance closer to that of human experts. In recent years, a wide range of expert systems have been developed worldwide for various agricultural applications. The availability of low-cost computers, agricultural knowledge, and information technology has driven this trend. This paper presents the design of an expert system intended to support decision-making among orchardists. The knowledge base was developed using information gathered from literature and domain experts, and was encoded into a set of IF-THEN rules. The system was then evaluated in collaboration with agricultural specialists. Additionally, the designed expert system serves as an effective educational tool for farmers and agricultural students by providing accurate and up-to-date information on pests affecting pome fruit trees. It enables users to learn practical methods of pest identification and control, enhances their knowledge and professional skills, and supports both formal education and self-directed learning in agricultural training contexts.

Index Terms: Expert system, Rules of logic, Inference engine, Pests, Pome fruits.

Corresponding Author: Marzieh Karim

Email: m.karimi@ardakan.ac.ir

Received: 2025/03/17 **Accepted:** 2025/06/21