



کنترل محصولات کشاورزی با استفاده از اینترنت اشیا و تکنیک داده‌کاوی



عبدالنبی انصاری اصل

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول

✉ ANSARIASL@IAUD.AC.IR

احمد بیژنی

دانشجوی کارشناسی ارشد- دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول

✉ AHMAD.BIZHANI@GMAIL.COM

شبکه اینترنت اشياء یک شبکه‌ی هوشمند با تعداد زیادی شی و حسگر است که اطلاعات محیطی را گردآوری و برای ایستگاه پایه ارسال می‌نماید. این فناوری نقش مهمی در توسعه شهرهای هوشمند، خانه‌های هوشمند و کشاورزی دارد. به کمک اینترنت اشياء و حسگرهای متصل به آن می‌توان کشاورزی را هوشمند و میزان بهره‌وری محصول را افزایش داد. یک چالش مهم برای کشاورزی، برآورد موفقیت یا شکست پروژه‌ی کشت یک محصول کشاورزی است. با اطلاعات حسگرها و یادگیری توسط شبکه عصبی مصنوعی، یک برآورد برای آن قابل ارائه است. چالش مهم شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی این مسئله‌ی سخت و دشوار، میزان خطای خروجی آن است. در این مقاله برای رفع این مشکل، روشی ترکیبی پیشنهاد شده‌است. در روش پیشنهادی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه تلاش شده تا این خطا با انتخاب بهینه وزن و بایاس کاهش داده شود. آزمایشات و پیاده‌سازی روی داده‌های کشاورزی نشان می‌دهد که خطای روش پیشنهادی برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی برابر 0.31% است و از طرفی دقت آن نیز برابر 97.86% درصد است. آزمایشات نشان داد که روش پیشنهادی از نظر شاخص‌های خطا، دقت، حساسیت و صحت دارای عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی گفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال است.

کلید واژه‌ها: اینترنت اشياء، حسگر، کشاورزی، الگوریتم بهینه‌سازی پروانه، شبکه‌ی عصبی مصنوعی

برای رسیدن به اهداف مدنظر در پژوهش، کارهای زیر انجام شده است:

- * کنترل محصولات کشاورزی با فناوری اینترنت اشیا و شبکه‌های حسگر بی‌سیم.
- * استفاده از روش‌های داده‌کاوی برای تحلیل اطلاعات مزرعه.
- * بهبود بهره‌وری محصولات کشاورزی با پیش‌بینی وضعیت مزرعه.
- * استفاده‌ی بهینه از اطلاعات حسگرهای اینترنت اشیا و پردازش هوشمندانه‌ی آن‌ها با شبکه‌ی عصبی.

در ادامه نوآوری در قالب دو مورد بیان می‌شود:

۱. در روش پیشنهادی به‌گونه‌ای خلاقانه تلاش شده‌است تا از شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای تحلیل اطلاعات حسگرهای مزرعه استفاده شود و این داده‌ها برای پیش‌بینی وضعیت مزرعه در زمان آینده مورد استفاده قرار گیرد. با پیش‌بینی وضعیت مزرعه (شخیص تنش آبی در آن) می‌توان با اعمال کنترل‌های لازم (آبیاری در زمان مناسب)، کیفیت محصولات کشاورزی را افزایش داد.
۲. در روش پیشنهادی تلاش شده‌است تا از الگوریتم فراابتکاری مانند الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای کاهش دادن خطای شبکه‌ی عصبی مصنوعی استفاده شود تا با دقت بیشتری پیش‌بینی لازم را در مورد محصولات ارائه نمود.

شبکه‌ی اینترنت اشیا، یک شبکه نو ظهور با انواع فناوری‌های جدید است که در کاربردهای مختلف از آن استفاده می‌شود. در شبکه‌ی اینترنت اشیا هر شی هوشمندی که دارای حسگر باشد و توانایی برقراری ارتباط با زیرساخت‌های شبکه و سایر اشیا را داشته‌باشد؛ به‌عنوان عضو این شبکه در نظر گرفته می‌شود [۱]. شبکه‌ی اینترنت اشیا دارای تعداد زیادی حسگر و شی است که توانایی گردآوری اطلاعات و تعامل با محیط را دارند. کاربردهای اینترنت اشیا بسیار متنوع است و در زمینه‌هایی مانند شهرهای هوشمند [۲]، کشاورزی [۳]، صنعت و حمل‌ونقل هوشمند [۴] کاربرد دارد. اینترنت اشیا دارای یک زیرساخت عظیم ارتباطی است. تعداد زیاد گره ناهمگن در این شبکه فعال می‌باشند و از طرفی حجم بالایی از داده‌ها در این شبکه رد و بدل می‌شود که از نوع کلان داده‌است. برای تحلیل داده‌هایی که توسط شبکه اینترنت اشیا ایجاد یا گردآوری می‌شود؛ نیاز به زیرساخت‌های پردازش سریع نظیر محاسبات ابری است [۵]. امروزه دانش زیادی در داده‌های موجود در شبکه اینترنت اشیا به‌خصوص در حوزه‌هایی مانند کشاورزی وجود دارد. یکی از روش‌هایی که می‌توان این دانش را استخراج و برای تصمیم‌گیری استفاده نمود؛ به‌کارگیری روش‌های کشف دانش است. از کشف دانش و تکنیک‌های آن می‌توان در حوزه‌های مختلف مانند کشاورزی استفاده نمود. داده‌های مرتبط با زمین کشاورزی و محصولات را می‌توان تحلیل کرد تا بتوان بهره‌وری را افزایش داد. کشف دانش دارای تکنیک‌های مختلفی برای تحلیل داده‌های کشاورزی است که نمونه آن ماشین بردار پشتیبان [۶]، شبکه‌ی عصبی مصنوعی [۷] و یادگیری عمیق [۸] است.





۲- کاربر، زمان زیادی را صرف تحلیل داده‌های گردآوری شده از مزرعه می‌نماید و این زمان با توجه به تعداد حسگرها می‌تواند قابل توجه باشد.

۳- اطلاعات موجود حسگرها دارای الگوی پنهان بوده و کشف آن‌ها نیاز به روش‌هایی مانند داده‌کاوی دارد که در این پژوهش‌ها استفاده نشده‌است.

اولین مکانیزم شناسایی اشیاء هوشمند که سنگ‌بنای اینترنت اشیاء شد؛ توسط شرکت اتوسنتر انجام شده‌است. در این شرکت به کمک فناوری شناسایی اشیاء یا فناوری RFID یک شبکه‌ی اینترنت اشیاء اولیه ایجاد شد. به گونه‌ای که اشیاء یک شماره منحصر به فرد شناسایی داشتند و می‌توانستند اطلاعات بین یکدیگر را ردوبدل نمایند. اولین وسایل هوشمند خانگی که در توسعه‌ی اینترنت اشیاء نقش مهمی داشت؛ به سال ۲۰۰۰ برمی‌گردد که شرکت ال جی اولین یخچال‌های هوشمند خانگی را ارائه داد. در سال ۲۰۰۵ یک مفهوم جامع توسط ITU-T از اینترنت اشیاء و نحوه‌ی ارتباطات در آن تشریح شد. این فناوری بیشتر مستندسازی شد و فناوری‌های نظیر RFID، به‌عنوان بستر اولیه اینترنت اشیاء معرفی شدند [۱۰]. در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۶، مفهوم اینترنت اشیاء توسط پژوهشگران مورد توجه قرار گرفت و تعدادی پژوهش در مورد این فناوری ارائه و معرفی شد. این مبحث مورد توجه بسیاری از کشورها، به‌خصوص دولت‌مردان قرار گرفت. در اواخر سال ۲۰۰۹، مفهوم شهرهای هوشمند در دنیا برای اولین بار به کار گرفته شد که یک بستر هوشمند ارتباطی بر اساس اینترنت اشیاء می‌باشد [۱۱].

در بخش دوم، پیشینه تحقیق آورده می‌شود تا برخی کارهای گذشته در حوزه اینترنت اشیاء، کشاورزی و یادگیری ماشین بررسی شود. در بخش سوم، یک روش پیشنهادی با رویکرد داده‌کاوی برای تحلیل اطلاعات کشاورزی ارائه و معرفی خواهد شد. در بخش چهارم، استفاده از محیط برنامه‌سازی متلب، پیاده‌سازی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و با روش‌های دیگر مقایسه شده‌است. در نهایت نتیجه‌گیری کلی مطالعه مورد مظر بیان شده‌است.

۲. پیشینه تحقیق

شرکت تحقیقاتی ITU در سال ۲۰۱۲ یک تعریف از اینترنت اشیاء ارائه می‌دهد که می‌تواند خدمات فیزیکی و مجازی را در مورد انواع اشیاء یا موجودیت‌ها در نظر بگیرد. در این تعریف که به نظر جامع می‌باشد؛ اشیاء فیزیکی به کمک ارتباطات مجازی می‌توانند با یکدیگر در تعامل باشند [۹]. کنترل اشیاء و وسایل خانه از دیر باز موضوع جالبی برای پژوهشگران بوده است. بسیاری از آن‌ها تلاش کرده‌اند تا از طریق ارتباطات بی‌سیم یا حتی اینترنت، کنترل سطح بالایی به وسایل خانه یا سایر اشیاء پیرامون داشته باشند. کنترل محیط اطراف توسط یک دوربین از طریق اینترنت، در اواخر دهه نود میلادی را می‌توان اولین تلاش در این زمینه در نظر گرفت که ایده‌ی اصلی و اولیه‌ی ظهور اینترنت اشیاء شد. چالش مهم این پژوهش و سایر موارد برای کنترل مزرعه به صورت ذیل است:

۱- اطلاعات حسگرهای مختلف مزرعه در هر لحظه برای مالک مزرعه ارسال شده و این فرد نیاز است که مرتباً به صورت دستی به کنترل مزرعه و حسگرهای آن از راه دور بپردازد.

در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ برای حل مشکل آدرس‌دهی حجم انبوه اشیاء متصل به اینترنت اشیاء، پروتکل آی پی نسخه ۶ ارائه گردید. این نسخه توانایی بالایی برای شناسایی اشیاء دارد و به‌نظر می‌رسد که برای اینترنت اشیاء این چالش را برداشته‌باشد [۱۲]. اینترنت اشیاء با وجود آن‌که عمر آن به بیش از ۱۰ سال نمی‌رسد؛ در حال پیشرفت و تکامل است. ظهور این فناوری باعث شده است که سایر فناوری‌های مرتبط با آن، نظیر داده‌های بزرگ و محاسبات رایانش ابری نیز توسعه یابند [۱۳]. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که رشد تعداد اشیاء هوشمند با قابلیت اتصال به اینترنت مرتباً در حال افزایش است و این پدیده خود یک عامل مهم در توسعه و گسترش اینترنت اشیاء می‌باشد [۱۴]. روند تغییر تعداد کاربران و تعداد وسایل هوشمند با قابلیت اتصال به اینترنت اشیاء به‌خوبی نشان می‌دهد که تعداد کاربران اینترنتی تغییر محسوسی نمی‌نمایند؛ اما تعداد اجزای قابل اتصال به اینترنت اشیاء به‌صورت انفجاری در حال افزایش است. این موضوع نشان می‌دهد که شبکه‌ی اینترنت اشیاء روزبه‌روز در حال توسعه است و بر تعداد گره‌های متصل به آن افزوده می‌شود. افزایش تعداد گره‌های متصل به اینترنت اشیاء نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر بسیاری از وسایل هوشمند در جهت بهره‌وری به اینترنت متصل شده تا اطلاعات ارزشمند این گره‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌شود. توسعه اینترنت اشیاء در بسیاری از بخش‌های مرتبط با سلامت، کشاورزی، صنعت، ایمنی، راه‌آهن، عبور و مرور و بسیاری از بخش‌های دیگر قابل مشاهده است و ظهور این فناوری در هر یک

از این بخش‌ها باعث افزایش بهره‌وری می‌شود [۱۵]. استفاده از فناوری‌های جدید نظیر اینترنت اشیاء باعث افزایش میزان بهره‌وری محصولات کشاورزی می‌شود. مطالعات در مورد نقش اینترنت اشیاء در بهره‌وری محصولات کشاورزی نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر، تعداد قابل توجه‌ای مطالعه در این حوزه آغاز شده‌است که نقش کاربردی اینترنت اشیاء در مباحث کشاورزی را نشان می‌دهد [۱۶]. مطالعات نشان می‌دهد که تعداد مقالات در حوزه کشاورزی و اینترنت اشیاء در بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ روندی افزایشی داشته و این موضوع تأکیدکننده‌ی آن است که نقش اینترنت اشیاء در حوزه‌ی کشاورزی روزبه‌روز در حال گسترش است. اینترنت اشیاء در حوزه‌ی کشاورزی می‌تواند بهره‌وری را افزایش داده و این بهره‌وری باعث افزایش میزان تولید مواد غذایی در سراسر دنیا می‌شود. به‌کارگیری اینترنت اشیاء نیازمند استفاده از یک مدل کاربردی از اشیاء سنسورها است. برای ارائه‌ی کشاورزی مدرن نیاز است که اشیاء هوشمندی در مزارع استفاده شوند تا اطلاعات محصولات و مزارع را جمع‌آوری و در یک محیط پردازش نظیر پردازش ابری مورد محاسبه قرار دهند. از این طریق، الگوی مفید اطلاعات و دانش پنهان موجود در داده‌های خام استخراج می‌شود. ارائه مدل‌های مختلف جهت عملیاتی کردن مفاهیم اینترنت اشیاء در کاربردهای کشاورزی، قابلیت درک این فناوری و نحوه استفاده از آن را افزایش می‌دهد [۱۷].





متمرکز استفاده نمودند. در روش پیشنهادی آن‌ها، هر گره شبکه یک ماشین کشاورزی در نظر گرفته می‌شود که اطلاعات موقعیت مکانی آن توسط موقعیت‌یاب جهانی به سیستم مرکزی ارسال می‌شود تا نحوه عملکرد آن و بهره‌وری آن مشخص شود. در مدل ارائه شده توسط آن‌ها، هر خودروی کشاورزی به‌عنوان یک گره اینترنت اشیا در نظر گرفته می‌شود که اطلاعات هر یک از آن‌ها برای استفاده بهینه در مزارع برای یک سیستم مرکزی ارسال می‌شود تا براساس داده‌های نظیر موقعیت گره‌ها، بهترین تصمیم در مورد کارایی این وسایل را اخذ نمود.

پاپویک و همکاران در سال ۲۰۱۷ [۲۰]. تلاش خود را به‌کار بردند تا با ترکیب مفاهیم اینترنت اشیا و فضای ابری محاسبات، یک چارچوب کلی برای استفاده از این فناوری در کشاورزی و محیط‌زیست را ارائه دهند. رویکرد آن‌ها در این پژوهش استفاده از فناوری‌های مختلف برای رصد محصولات کشاورزی برای حفظ کیفیت آن‌ها می‌باشد. رویکرد آن‌ها در این پژوهش استفاده از سخت‌افزار مختلف برای گردآوری اطلاعات مختلف در یک مزرعه است که می‌توان به سنسورهای رطوبت‌سنج و سرعت‌سنج باد اشاره نمود. در این رویکرد آن‌ها می‌توانستند اطلاعات مزرعه را مرتباً از طریق اینترنت رصد نمایند و گره‌های به‌کار رفته در شبکه‌ی اطلاعات لازم و لحظه‌ای مزرعه را ارائه می‌دادند.

لی و همکاران در سال ۲۰۱۵ [۱۸]. یک مقاله در مورد کاربرهای اینترنت اشیا و سرمایه‌گذاری در این حوزه و چالش‌های موجود شرکت‌هایی که از این فناوری استفاده می‌نمایند؛ بیان نمودند. در این پژوهش در ابتدا یک تعریف جامع از اینترنت اشیا که قابل فهم باشد؛ ارائه می‌شود. سپس هر یک از اجزای مهم به‌کار رفته در اینترنت اشیا نظیر ارتباطات بی‌سیم، شبکه‌ی حسگر بی‌سیم مرتبط با آن، لایه‌های نرم‌افزاری، محاسبات توزیع شده‌ی ابری در آن و نرم‌افزارهای کاربردی در اینترنت اشیا مورد بحث قرار گرفته می‌شود. در این پژوهش، یکی از چالش‌های مهم شبکه‌ی اینترنت اشیا در جمع‌آوری داده‌های بزرگ و تجزیه و تحلیل این داده‌ها با الگوریتم‌های جدید داده‌کاوی بحث شده‌است تا اطلاعات به‌کار رفته توسط شرکت‌ها بیشترین فایده و سود را برای آن‌ها داشته باشد. همچنین چالش‌های دیگری برای اینترنت اشیا بیان شده‌است که می‌توان به حوزه‌ی امنیت، هرج و مرج گره‌های در ارتباط، محرمانگی اطلاعات و غیره نیز اشاره نمود. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که با وجود پیشرفت در زمینه‌های مختلف اینترنت اشیا، جنبه‌های مبهم زیادی در آن وجود دارد که می‌توان به ابعاد اجتماعی و اقتصادی این شبکه‌ها اشاره نمود. این موضوع می‌تواند برای شرکت‌های مختلف چندان خوشایند نباشد و از این رو در پذیرش این فناوری با تعلل وارد شوند.

اوک سانیم و همکاران در سال ۲۰۱۶ [۱۹]. برای افزایش بهره‌وری ماشین‌های کشاورزی از ارتباطات راه دور و اتصال ماشین‌های کشاورزی به یک سیستم

اساسی بودند. در پرسش اول امکان‌سنجی استفاده از اینترنت اشیاء در حوزه‌ی کشاورزی و محیط‌زیست را شامل می‌شود؛ سپس در پرسش دوم آن‌ها مطرح می‌کنند که برای بحث کشاورزی و محیط‌زیست به چه زیرساخت‌هایی در اینترنت اشیاء نیاز است. مطالعه‌ی آن در حوزه‌ی مورد نظر نشان می‌دهد که بیشترین بحث اینترنت اشیاء در حوزه‌ی کشاورزی یا محیط‌زیست، سیستم‌های گردآوری اطلاعات و کنترل می‌باشد. مطالعه آن‌ها در مقالات مختلف نشان می‌دهد که بیشتر پژوهش‌ها به ترتیب بر روی مانیتورینگ هوا، خاک، آب و گیاهان اختصاص داده شده است. مطالعه‌ی آن‌ها نشان می‌دهد که با وجود بستر مناسب برای استفاده‌ی اینترنت اشیاء در حوزه‌ی کشاورزی فقط در درصد اندکی از آن‌ها از محاسبات ابری و سیستم‌های توزیع شده استفاده شده است و در عمل در حوزه‌ی اینترنت اشیاء در این زمینه مدل‌سازی مناسبی انجام نشده است. در حوزه‌ی اینترنت اشیاء چهار حوزه‌ی رصد محصولات، کنترل کیفیت محصولات، پیش‌بینی بازده محصولات و پشتیبانی محصولات می‌تواند بیشترین کاربرد ممکن در بحث کشاورزی را داشته باشد.

فاریس و همکاران در سال ۲۰۱۸ [۲۴]. برای کاهش دادن خطای تشخیص و طبقه‌بندی شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه استفاده نمودند. آن‌ها خطای خروجی شبکه‌ی عصبی مصنوعی را با انتخاب بهینه‌ی پارامترهای شبکه‌ی عصبی مصنوعی توسط الگوریتم بهینه‌سازی پروانه کاهش دادند. در روش پیشنهادی آن‌ها هر مجموعه‌ی وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی به‌عنوان یک عضو جمعیت الگوریتم بهینه‌سازی

کاملیا و همکاران در سال ۲۰۱۷ [۲۱]. برای بهبود محصولات کشاورزی پیشنهاد نمودند که از تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ گردآوری شده مزارع کشاورزان استفاده شود. از این طریق میزان نظارت آن‌ها بر محصولات کشاورزی افزایش یافته و محصول بیشتری تولید می‌گردد. در این پژوهش آن‌ها تعداد زیادی مطالعه در مورد داده‌های بزرگ در بحث کشاورزی مورد بررسی قرار دادند که نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد؛ داده‌های بزرگ گردآوری شده از منابع کشاورزی می‌تواند باعث افزایش سوددهی محصولات شود و هزینه‌های تولید را نیز کاهش دهد.

آنتونیکی و همکاران در سال ۲۰۱۸ [۲۲]. برای افزایش بهره‌وری در محصولات کشاورزی از مجموعه‌ای از سنسورهای هوشمند مبتنی بر نانو استفاده نمودند تا از این طریق اطلاعات بارش خاک کشاورزی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهند. مکانیزم به کار رفته در پژوهش آن‌ها برای سنجش انواع یون موجود در خاک می‌تواند استفاده شود. اطلاعات زیادی در مورد ترکیبات خاک قابل دستیابی است تا برای ایستگاه مرکزی ارسال شود و مورد تحلیل دقیق قرار گیرد. با وجود آن‌که سنسورهای زیستی مبتنی بر فناوری نانو به‌تازگی ایجاد شده‌اند و در حال تکامل می‌باشند؛ به‌زودی این سنسورها در بحث اینترنت اشیاء مورد استفاده قرار گیرند.

تالوارا و همکاران در سال ۲۰۱۷ [۲۳]. یک مطالعه در مورد کاربرد اینترنت اشیاء در حوزه‌ی کشاورزی صنعتی در انگلیس ارائه و معرفی کردند. با مطالعه‌ی چالش‌ها، راهکارها و معماری سعی نمودند؛ مدل موفق برای کاربرد اینترنت اشیاء در کشاورزی بیان نمایند. آن‌ها در پژوهش خود به دنبال دو پرسش





بیان شود. در تعدادی از پژوهش‌ها، تاریخچه‌ی اینترنت اشیا مورد بحث قرار گرفته‌است و توانایی این شبکه‌ی ارتباطی برای کاربردهای مختلف مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌است. سپس تعدادی از مطالعات در زمینه‌ی اینترنت اشیا، کشاورزی و الگوریتم فرا ابتکاری نظیر پروانه مورد بحث قرار گرفته‌است.

۳. روش پیشنهادی

در روش پیشنهادی چندین مرحله وجود دارد که پیش‌بینی می‌کند آیا یک محصول و کشت با موفقیت به سرانجام می‌رسد یا با شکست مواجه می‌شود. این مراحل که در ادامه توضیح داده می‌شوند به شرح ذیل است:

- پارامترهای پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی مانند تعداد لایه‌های شبکه عصبی، تعداد نورون‌های هر لایه، اندازه‌ی جمعیت و تعداد تکرار الگوریتم بهینه‌سازی پروانه.
- پیش‌پردازش داده‌ها و تقسیم داده‌ها به دو دسته آموزشی و آزمون.
- کاهش دادن خطای طبقه‌بندی و تشخیص نوع محصول و کشت کشاورزی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه.
- تحلیل الگوریتم و خروجی‌ها و مقایسه با روش‌های مشابه.
- تصمیم‌گیری بر اساس نتایج و تغییر در پارامترهای کشاورزی برای بهبود محصول.

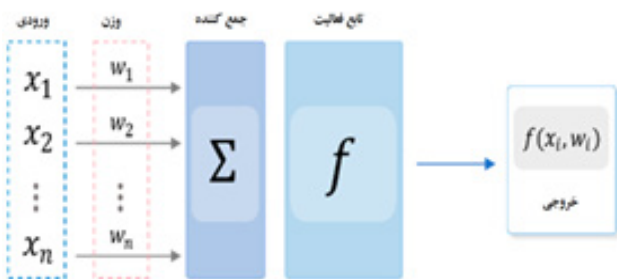
پروانه می‌تواند با انتخاب وزن و بایاس، بهینه‌ی خطای مدل‌سازی و طبقه‌بندی را تا حد امکان کاهش دهد. چالش و عیب روش پیشنهادی آن در این است که برای یادگیری در محیط‌هایی که بلادرنگ می‌باشند این روش زمان اجرای زیادی دارد و کاربرد بالایی ندارد.

آرو و آند در سال ۲۰۱۹ [۲۵]. برای حل مسئله‌ی انتخاب ویژگی از مکانیزم الگوریتم بهینه‌سازی پروانه استفاده نمودند و یک نسخه باینری برای یافتن ویژگی‌های مهم ارائه نمودند. در روش پیشنهادی آن‌ها، یک بردار ویژگی از ۲۱ مجموعه داده‌ی کاربردی در پایگاه داده‌ی UCI به‌عنوان یک پروانه در نظر گرفته می‌شود و هر پروانه یک بردار ویژگی محسوب می‌شود که دارای مؤلفه صفر و یک است. در روش آن‌ها صفر و یک نشان‌دهنده‌ی عدم انتخاب و انتخاب بردار ویژگی است و الگوریتم باینری پیشنهادی آن‌ها بین مقدار صفر و یک تغییر نموده و ویژگی‌های متناظر را انتخاب می‌نماید. در روش پیشنهادی آن‌ها یک مجموعه بردار ویژگی در هر تکرار وجود دارد که به‌عنوان جمعیت پروانه‌ها شناخته می‌شود و در هر تکرار برداری انتخاب می‌شود که حداقل خطای طبقه‌بندی را ارائه نماید. مطالعات و آزمایشات آن‌ها نشان‌دهنده اثربخشی روش آن‌ها در انتخاب ویژگی در یادگیری ماشین است. انتخاب ویژگی در این روش قطعی نبوده و می‌تواند ویژگی‌هایی را انتخاب نماید که در واقع با ویژگی‌های اصلی و مهم تفاوت داشته باشد. از این رو چالش این روش احتمال عدم انتخاب ویژگی‌های مهم است.

در این مقاله تلاش شده تا مطالعات مرتبط با حوزه‌ی اینترنت اشیا و مباحث مرتبط با کشاورزی

۳-۱. پیش پردازش

و یادگیری وزن و بایاس خود را باید بهینه انتخاب نماید. به عبارت دیگر، میزان خطای یک شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی، به انتخاب بهینه‌ی وزن و بایاس به‌کاررفته در آن بستگی دارد. ساختار یک شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه و یک نورون مصنوعی آن برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی در شکل (۱)، نمایش داده شده است. در این شکل، مشاهده می‌شود که ورودی‌ها در مقادیر وزن‌های نورون‌های مصنوعی ضرب شده است. سپس با مقدار بایاس که یک عدد برای هر لایه یا نورون پنهان است؛ جمع شده و این مقادیر قبل از ارسال به خروجی تحویل یک تابع به نام تابع فعالیت می‌شود. نقش این تابع محدود کردن خروجی شبکه عصبی مصنوعی چند لایه است تا هر مقداری را اختیار ننماید.



شکل (۱): ساختار شبکه عصبی و نورون مصنوعی برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی

برای یادگیری شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه می‌توان از تابع فعالیت سیگموئید یا تانژانت سیگموئید جهت کنترل مقدار خروجی شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه استفاده نمود. محدوده‌ی خروجی این دو تابع که معادله‌ی آن‌ها در رابطه (۴) و (۵) نمایش داده شده است؛ به ترتیب در بازه‌ی $[0.1]$ و $[-1.1]$ قرار دارد:

در بیشتر روش‌های یادگیری ماشین نیاز است که داده‌ها برای یادگیری ماشین و داده‌کاوی آماده شوند. مرحله مهم این فرآیند نرمال‌سازی است. در نرمال‌سازی تلاش می‌شود که محدوده تغییرات همه‌ی صفات و ویژگی‌ها در بازه‌ی $[L.U]$ قرار داده شود تا همه‌ی ویژگی‌ها برای یادگیری، دارای اهمیت برای تولید خروجی باشند. برای نرمال‌سازی نمونه‌ها و داده‌ها به‌عنوان فاز مهم پیش‌پردازش از رابطه (۱) استفاده می‌شود:

$$N_{norm} = L + \frac{N - \min}{\max - \min} (U - L) \quad (1)$$

در این رابطه، مقدار یک ویژگی نرمال نشده است و \max و \min به ترتیب مقدار کمینه و بیشینه‌ی یک ویژگی غیرنرمال شده است. از طرفی مقدار نرمال شده‌ی یک داده است. می‌توان بازه $[L.U]$ را دو بازه‌ی استاندارد $[-1.+1]$ یا $[0.1]$ در نظر گرفت که در این حالت، نرمال‌سازی مانند دو رابطه (۲) و (۳) به ترتیب برای این دو بازه انجام می‌شود:

$$N_{norm} = -1 + 2 \times \frac{N - \min}{\max - \min} \quad (2)$$

$$N_{norm} = \frac{N - \min}{\max - \min} \quad (3)$$

۳-۲. شبکه‌ی عصبی بهبود یافته با الگوریتم پروانه

در روش پیشنهادی برای یادگیری و پیش‌بینی از شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه استفاده شده است. این روش یادگیری برای آن که یک طبقه‌بندی با خطای کمینه را ایجاد نماید؛ در حین آموزش





در روش پیشنهادی، بردار ورودی مرتبط با محصول کشاورزی به صورت $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ است. بردار وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه نیز به ترتیب برابر $[w_1, w_2, \dots, w_m]$ و $[\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k]$ تعریف شده و یک پروانه یا عضو الگوریتم بهینه‌سازی پروانه به صورت رابطه (۸)، کدگذاری می‌شود:

$$BOA = \ll [w_1, w_2, \dots, w_m] + [\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k] \gg \quad (8)$$

در این رابطه، w_i و x_j به ترتیب بردارهای وزن و ورودی شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه و θ_i مقادیر بایاس به کار رفته در شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی محصول کشاورزی است. تابع هدف مسئله‌ی مورد نظر در رابطه‌ی (۹)، به صورت خطای طبقه‌بندی محصول از نظر شکست یا موفقیت است. هدف آن است که به کمک الگوریتم بهینه‌سازی پروانه، یک مجموعه‌ی وزن و بایاس بهینه برای کاهش دادن خطای طبقه‌بندی و پیش‌بینی محاسبه گردد:

Cost

$$= \begin{cases} \text{Min: } f = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \|\tilde{y}_i - y_i\| \right) \\ BOA = \ll \mathbf{w}, \boldsymbol{\theta} \gg \\ L \leq w_i \leq U \\ L \leq \theta_i \leq U \end{cases} \quad (9)$$

در این جا مقدار وزن و بایاس را می‌توان در محدوده‌ی $[L, U]$ قرارداد و هر راه‌حل مسئله نیز یک پروانه است که از تعدادی وزن و بایاس تشکیل شده است. هدف آن است که مجموعه‌ای از وزن و بایاس‌ها به گونه‌ای انتخاب شوند که تابع هدف مورد نظر را کمینه نماید.

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp^{-x}} \quad (4)$$

$$f(x) = \frac{\exp^x - \exp^{-x}}{\exp^x + \exp^{-x}} \quad (5)$$

خروجی یک شبکه‌ی عصبی مصنوعی را می‌توان با ضرب ورودی در اوزان و جمع آن با مقادیر بایاس (رابطه ۶) نمایش داد:

$$\bar{y} = \sum_{i \in \text{input}} \sum_{j \in W} w_{ij} \cdot x_j + \sum_{i \in L} \theta_i \quad (6)$$

در این جا خروجی پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی برابر \bar{y} است. مقدار خروجی واقعی داده‌ها نیز به طور معمول برابر y برای یک نمونه‌ی نشان داده‌می‌شود. خطای همه‌ی نمونه‌هایی که شبکه‌ی عصبی مصنوعی پیش‌بینی نموده است به صورت رابطه‌ی (۷) فرموله می‌شود:

$$e = \frac{\sum_{i=1}^n |\bar{y}_i - y_i|^2}{n} \quad (7)$$

در این رابطه، n تعداد نمونه‌های ارزیابی شده در روش پیشنهادی در تشخیص نوع محصول از نظر شکست و موفقیت است. نیز متوسط خطای تشخیص موفقیت یا شکست n نمونه است. برای کاهش دادن این تابع می‌توان وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی را بهینه انتخاب نمود تا خطای پیش‌بینی کاهش داده‌شود. برای کاهش دادن آن در روش پیشنهادی انتخاب بهینه‌ی وزن و بایاس بر عهده‌ی الگوریتم بهینه‌سازی پروانه قرارداد.

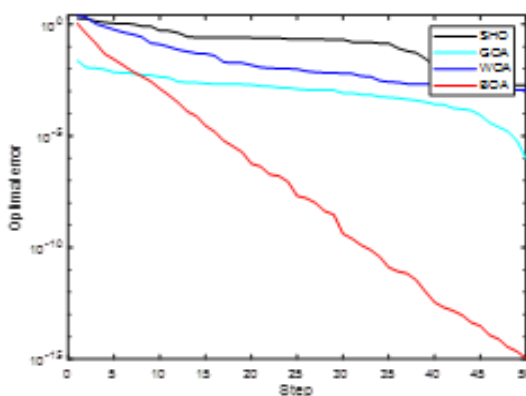
۴. شبیه‌سازی

H	ضریب هم‌گرایی الگوریتم بهینه‌سازی کفتار
Cmin و Cmax	ضریب هم‌گرایی بیشینه و کمینه‌ی الگوریتم ملخ که به ترتیب 0.1 و 0.001 است
B	ضریب حرکت دورانی الگوریتم وال که برابری 0.5 قرض شده است
L	توان حرکت دورانی الگوریتم وال که بین صفر و یک قرض شده است
C	ضریب هم‌گرایی در الگوریتم بهینه‌سازی وال بین 0 تا 2
Run	تعداد آزمایش برای هر حالت که برابری 30 قرض شده است

جدول (۱): پارامترهای پیاده‌سازی روش پیشنهادی

۴-۱. تحلیل خطای الگوریتم بهینه‌سازی پروانه

در پژوهش مورد نظر از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای انتخاب وزن و بایاس‌های شبکه‌ی مصنوعی چند لایه استفاده می‌شود. در قسمت، اهمیت الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای بهبود دقت شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه مشخص می‌شود. برای ارزیابی دقت الگوریتم بهینه‌سازی پروانه، از دو تابع ارزیابی معرف Sphere و ackley برای یافتن بهینه‌ی سراسری مورد پیاده‌سازی قرار گرفته‌است. خطای محاسبه‌ی بهینه بر حسب تکرار به ترتیب در دو نمودار شکل (۲) و (۳) با الگوریتم بهینه‌سازی وال، کفتار، ملخ مقایسه شده‌است:



شکل (۲): کاهش یافتن بیشتر خطای محاسبه‌ی بهینه توسط الگوریتم بهینه‌سازی پروانه روی تابع ارزیابی اول

در این بخش، روش پیشنهادی برای بهبود شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه ارائه و معرفی شده‌است. این الگوریتم وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی باید به گونه‌ای بهینه انتخاب می‌شود که خطای پیش‌بینی آن برای تحلیل موفقیت شکست یا موفقیت یک پروژه‌ی نرم‌افزاری پیش‌بینی می‌شود. روش پیشنهادی با استفاده از محیط پیاده‌سازی متلب، پیاده‌سازی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌است. همچنین نتایج به دست آمده نیز با روش‌های دیگر مورد مقایسه قرار گرفت.

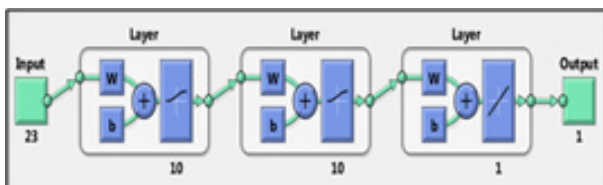
در پیاده‌سازی روش پیشنهادی نیاز است که پارامترهای مرتبط با داده‌ها و اندازه آن‌ها محاسبه و تنظیم شود. سپس پارامترهای مرتبط با الگوریتم بهینه‌سازی، الگوریتم بهینه‌سازی وال، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، تنظیم و مقداردهی اولیه شوند. این مقادیر در جدول (۱) نمایش داده شده‌است:

پارامتر	مقدار
nPop	اندازه‌ی جمعیت الگوریتم‌های قرالتکاری بین 10 تا 20
MaxIt	حداکثر تعداد تکرار الگوریتم پیشنهادی و سایر روش‌ها بین 40 تا 50
P	ضریب جدایی در الگوریتم پروانه که برابری 0.01 است.
Max	حداکثر مقدار برای انتخاب وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی برابری 5
Min	حداقل مقدار برای انتخاب وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی برابری -5
pow	ضریب جدایی الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برابری 0.1 است.



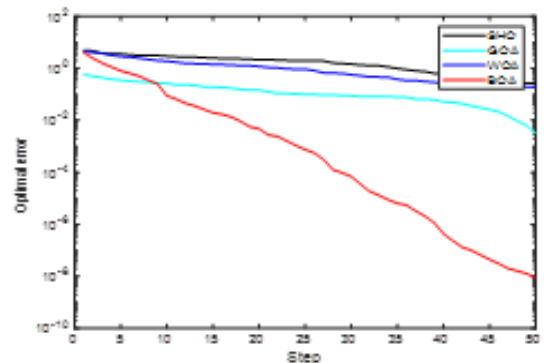
۲-۴. کاهش دادن خطای شبکه‌ی عصبی برای پیش‌بینی محصول

ساختار شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه در پیاده‌سازی‌ها مورد استفاده قرار گرفته می‌شود. در این روش شبکه‌ی عصبی مصنوعی دو لایه استفاده شده است که در هر لایه‌ی آن ۱۰ نورون قرار داده شده‌است. علت استفاده از این مقادیر آن است که افزایش تعداد لایه و تعداد نورون‌ها بیش از این مقدار باعث افزایش زمان پیاده‌سازی‌ها داده می‌شود. در مقابل، دقت افزایش قابل توجه‌ای نخواهد داشت و با آزمون و خطا بهترین مقدار برای پارامترهای شبکه‌ی عصبی در حدود دو لایه و هر لایه حدود ۸ تا ۱۲ نورون است که در اینجا ۱۰ نورون انتخاب شده‌است.



شکل (۴): ساختار شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه در پیاده‌سازی

در اینجا ۲۳ ویژگی ورودی مرتبط با زمین کشاورزی و محصول کشاورزی در یک گلخانه وجود دارد. خروجی آن نیز یک عدد بوده که مشخص می‌نماید محصول مورد کشت به بهره‌وری و موفقیت می‌رسد یا بهره‌وری آن اندک بوده و به موفقیت نمی‌رسد. در آزمایشات، جمعیت اولیه برابر ۱۰ و تعداد تکرار را نیز برابر ۴۰ است. میزان خطای طبقه‌بندی و دقت پیش‌بینی نوع محصول کشاورزی در یک آزمایش به ترتیب در شکل (۵) و (۶) نمایش داده شده‌است:



(۳): کاهش یافتن بیشتر خطای محاسبه‌ی بهینه توسط الگوریتم بهینه‌سازی پروانه روی تابع ارزیابی دوم

در نمودارهای مورد نظر محور افقی، تعداد تکرار الگوریتم‌های فراابتکاری بوده و نمودار عمودی آن میزان خطای محاسبه‌ی بهینه سراسری است. از طرفی هم برای پیاده‌سازی الگوریتم‌ها اندازه‌ی جمعیت برابر ۱۰ و تعداد تکرار آن‌ها برابر ۵۰ فرض شده‌است. تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که خطای محاسبه‌ی بهینه بر حسب تکرار، مرتباً کاهش یافته‌است. این کاهش در الگوریتم بهینه‌سازی پروانه بیشتر از الگوریتم‌های الگوریتم بهینه‌سازی وال، الگوریتم بهینه‌سازی گفتار و الگوریتم بهینه‌سازی ملخ است. به عبارت دیگر، الگوریتم پروانه در تکرار آخر، خطای کمتری برای محاسبه‌ی بهینه‌ی سراسری نسبت به سایر الگوریتم‌ها ارائه می‌دهد و جمعیت خود را با شتاب بیشتری به سمت نقاط بهینه سوق می‌دهد. دلیل این برآورد، جستجوی هم‌زمان از نوع جستجوی سراسری و جستجوی محلی است. از این جهت، این الگوریتم دارای کارایی بیشتری برای بهینه‌سازی وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای طبقه‌بندی پروژه محصول کشاورزی و پیش‌بینی موفقیت یا شکست آن است.

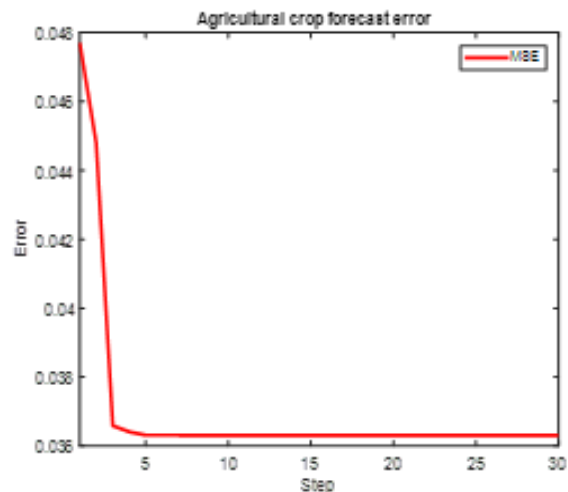
واقع مرتبط با شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه بدون الگوریتم پروانه است. الگوریتم پروانه این خطا را تا حدود ۰/۰۳۶ کاهش می‌دهد و به عبارت بهتر شبکه‌ی عصبی مصنوعی در این آزمایش در حدود ۲۵ درصد خطا را کاهش داده است. نمودار دقت نیز بر حسب آموزش و یادگیری الگوریتم بهینه‌سازی پروانه و شبکه‌ی عصبی مصنوعی یک روند رو به افزایش است؛ زیرا وزن و بایاس‌ها را الگوریتم بهینه‌سازی پروانه بهینه انتخاب می‌نماید. این دقت در این آزمایش از ۹۵/۲ درصد به حدود ۹۶/۴ درصد رسیده است. می‌توان آزمایشات را تکرار نمود و شاخص‌های طبقه‌بندی مانند دقت و خطا را متوسط‌گیری نمود. برای محاسبات پارامترها به شرح ذیل تنظیم شده است:

- اندازه جمعیت الگوریتم یا بردارهای وزن و بایاس برابر ۱۰.
- تعداد تکرار الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برابر ۴۰.
- تعداد آزمایشات برای متوسط‌گیری برابر ۳۵ عدد.

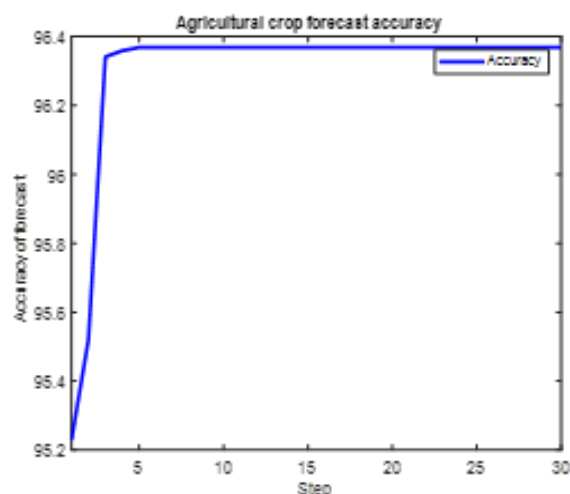
مقدار	شاخص
۰/۰۳۱	خطا
۹۷/۸۶٪	دقت
۹۷/۵۲٪	حساسیت
۹۷/۲۴٪	تشخیص
۹۷/۷۳٪	صحت

جدول (۲): متوسط شاخص‌های روش پیشنهادی

تحلیل و ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که شاخص خطا، دقت، حساسیت، تشخیص و صحت در روش پیشنهادی به ترتیب برابر ۰/۰۳۱، ۹۷/۸۶، ۹۷/۵۲، ۹۷/۲۴ و ۹۷/۷۳ درصد است.



شکل (۵): کاهش یافتن پیش‌بینی و طبقه‌بندی نوع محصول کشاورزی در روش پیشنهادی



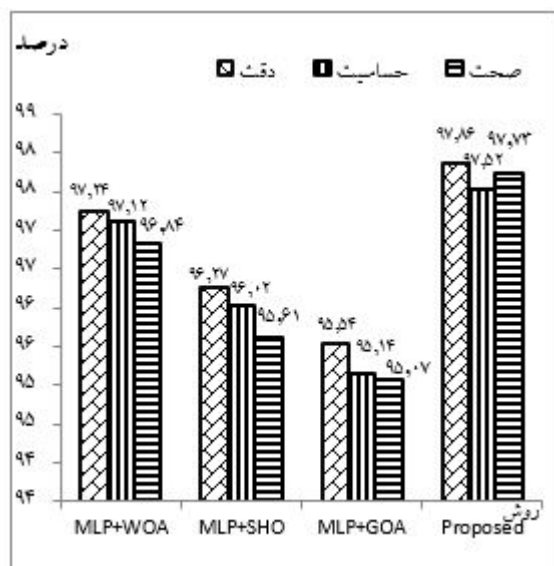
شکل (۶): افزایش یافتن پیش‌بینی و طبقه‌بندی نوع محصول کشاورزی در روش پیشنهادی

تحلیل و ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که خطای پیش‌بینی و طبقه‌بندی نوع محصول و کشت مزرعه بر حسب تکرار الگوریتم بهینه‌سازی پروانه یا روش پیشنهادی، یک روند رو به کاهش است. در نتیجه بردار وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه در حال بهینه‌شدن است. این موضوع باعث می‌شود که خطای پیش‌بینی کاهش یابد. در این‌جا مشاهده می‌شود که خطای اولیه‌ی سیستم برای پیش‌بینی در حدود ۰/۰۴۸ بوده و این خطا در





ملخ است. نمودار دقت نیز نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در طبقه‌بندی محصول کشاورزی از نظر موفقیت کشت یا عدم موفقیت از نظر دقت از روش‌های الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال ترکیب شده‌است و با شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه کارایی بیشتری دارد. به‌عنوان نمونه شاخص دقت در روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال، به ترتیب برابر 97/86٪، 97/54٪، 96/27٪ و 97/24٪ است. روش پیشنهادی در شاخص‌های حساسیت و صحت، مقادیر بیشتر و بهتری را نشان می‌دهد.

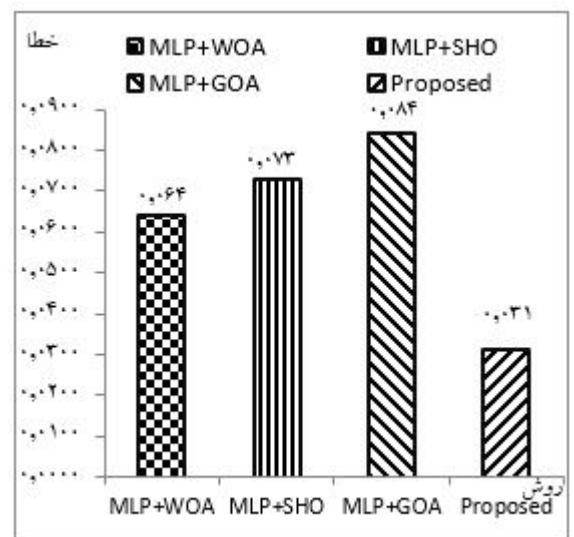


شکل (۸): مقایسه‌ی دقت، حساسیت و صحت روش پیشنهادی و روش‌های مشابه

شاخص حساسیت در روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال به ترتیب برابر 97/52٪، 95/14٪، 96/02٪ و 97/12٪ است. شاخص صحت در روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال

۳-۴. مقایسه با سایر روش‌ها

برای تحلیل و ارزیابی، روش پیشنهادی با روش‌های فرابتکاری نظیر الگوریتم‌های بهینه‌سازی وال، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ (با شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه ترکیب شده‌است)، در شاخص خطا مطابق نمودار شکل (۷) و در شاخص‌های طبقه‌بندی مطابق نمودار شکل (۸)، مورد مقایسه قرار گرفت:



شکل (۷): مقایسه خطای طبقه‌بندی محصول در روش پیشنهادی و روش‌های مشابه

تجزیه و تحلیل خطای طبقه‌بندی و پیش‌بینی محصولات کشاورزی در روش پیشنهادی و سایر روش‌ها نشان می‌دهد که خطای روش پیشنهادی از سایر روش‌ها کمتر بوده و این موضوع هوشمندی الگوریتم پیشنهادی را نشان می‌دهد. آزمایشات نشان می‌دهد که خطای روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال، به ترتیب برابر 0/031، 0/084، 0/073 و 0/064 است. در رتبه‌ی دوم الگوریتم وال قرار دارد و بدترین عملکرد از نظر خطا مرتبط با الگوریتم بهینه‌سازی

در محصولات کشاورزی، امنیت غذایی جامعه افزایش پیدا می‌کند. یکی از چالش‌های مهمی که کشاورزان در طول کشت و کار با آن مواجه هستند، بهره‌وری و سوددهی بالا است. بنابراین کشاورزان باید یک برآورد از موفقیت یا شکست محصول خود را داشته‌باشند. اگر کشاورزان در حین کشت متوجه شوند که محصول آن‌ها بازدهی بالایی نخواهد داشت و به شکست منجر می‌شود؛ متغیرهای محصول را باید بازبینی نمایند و آن‌ها را تغییر دهند. به‌عنوان مثال: کاهش یا افزایش مدت زمان آبیاری، کاهش یا افزایش دمای گلخانه و در مواردی افزایش مواد شیمیایی به خاک، به بهره‌وری محصول کمک می‌کند. یک روش برای پیش‌بینی بهره‌وری موفق، گردآوری پارامترهای مرتبط با محصول از طریق حسگرهای شبکه حسگر بی‌سیم یا شبکه‌ی اینترنت اشیا است. سپس این اطلاعات دوره‌ای، برای آموزش شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه در نظر گرفته‌شود. چالش مهم شبکه عصبی مصنوعی چند لایه آن است که خطای آن قابل توجه باشد. برای کاهش خطای پیش‌بینی موفقیت یا شکست، می‌توان از الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده نمود. در روش پیشنهادی از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای کاهش دادن خطای پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی چند لایه در تعیین موفقیت یا شکست پروژه‌های کشاورزی استفاده شده‌است. نقش الگوریتم بهینه‌سازی پروانه کاهش دادن خطای شبکه عصبی مصنوعی چند لایه با استفاده از انتخاب بهینه‌ی وزن و بایاس به‌کار رفته در شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه است. روش پیشنهادی هر بردار، وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه را به‌عنوان یک عضو الگوریتم بهینه‌سازی پروانه در نظر گرفته و

به‌ترتیب برابر 97/73٪، 95/07٪، 95/61٪ و 96/84٪ است. روش پیشنهادی دارای شاخص حساسیت و صحت بیشتری برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی از نظر موفقیت و شکست است. جدول زیر مقایسه الگوریتم بهینه‌سازی پروانه با سایر روش‌ها را به‌صورت خلاصه بیان می‌کند:

جدول (۳): مقایسه الگوریتم بهینه‌سازی پروانه با سایر روش‌ها

شاخص	الگوریتم بهینه‌سازی ملخ	الگوریتم بهینه‌سازی کفتار	الگوریتم بهینه‌سازی وال	الگوریتم بهینه‌سازی پروانه
خطا	۰۰/۸۴	۰/۰۷۳	۰/۰۶۴	۰/۰۳۱
دقت	۹۵/۵۴٪	۹۶/۲۷٪	۹۷/۲۴٪	۹۷/۸۶٪
حساسیت	۹۵/۱۴٪	۹۶/۰۲٪	۹۷/۱۲٪	۹۷/۵۲٪
صحت	۹۵/۰۷٪	۹۵/۶۱٪	۹۶/۸۴٪	۹۷/۷۳٪

موفقیت یا شکست محصول و کشت کشاورزی در این مقاله با استفاده از روش پیشنهادی مورد طبقه‌بندی و پیش‌بینی قرار گرفته است. تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که خطای طبقه‌بندی روش پیشنهادی از روش‌های الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال کمتر است. روش پیشنهادی برای طبقه‌بندی و پیش‌بینی از این روش‌ها دارای شاخص دقت، حساسیت و صحت بیشتری است.

۵. نتیجه‌گیری

مروزه از فناوری برای افزایش بازدهی محصولات در کشاورزی استفاده زیادی می‌شود تا میزان محصول و بهره‌وری افزایش یابد. با افزایش بهره‌وری





گزیده ی منابع :

- [1] Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Diamantoulakis, P., Liopa-Tsakalidi, A., Barouchas, P., Salahas, G., ... & Goudos, S. K. (2020). Internet of Things (IoT) and Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Smart Farming: A Comprehensive Review. *Internet of Things*, 100187.
- [2] Marcu, I., Suci, G., Bălăceanu, C., Vulpe, A., & Drăgulinescu, A. M. (2020). Arrowhead Technology for Digitalization and Automation Solution: Smart Cities and Smart Agriculture. *Sensors*, 20(5), 1464.
- [3] Panda, C. K., & Bhatnagar, R. (2020). Social internet of things in agriculture: an overview and future scope. In *Toward Social Internet of Things (Slot): Enabling Technologies, Architectures and Applications* (pp. 317-334). Springer, Cham.
- [4] Puri, V., Jagdev, S. S., Tromp, J. G., & Van Le, C. (2020). Smart Bicycle: IoT-Based Transportation Service. In *Intelligent Computing in Engineering* (pp. 1037-1043). Springer, Singapore.
- [5] Sheikh, J. A., Cheema, S. M., Ali, M., Amjad, Z., Tariq, J. Z., & Naz, A. (2020, July). IoT and AI in Precision Agriculture: Designing Smart System to Support Illiterate Farmers. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 490-496). Springer, Cham.

برای مشاهده ی ادامه ی منابع ذکر شده در متن به ادرس QR کد مراجعه فرمایید.



SCAN ME

توسط این الگوریتم تلاش دارد تا مقدار بهینه برای آن‌ها محاسبه و خطای شبکه‌ی عصبی مصنوعی چند لایه را کاهش دهد.

مجموعه آزمایشات این پژوهش در محیط متلب انجام شد و نتایج مختلف آن به شرح ذیل است:

- خطای محاسبه‌ی بهینه الگوریتم بهینه‌سازی پروانه از الگوریتم‌های الگوریتم بهینه‌سازی وال، الگوریتم بهینه‌سازی گفتار، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ کمتر است.
- الگوریتم بهینه‌سازی پروانه با شیب تند خطای یافتن بهینه را کاهش می‌دهد.
- خطای پیش‌بینی و طبقه‌بندی نوع محصول و کشت مزرعه بر حسب تکرار الگوریتم بهینه‌سازی پروانه یا روش پیشنهادی یک روال رو به کاهش است.
- الگوریتم بهینه‌سازی پروانه مرتباً وزن و بایاس شبکه‌ی عصبی مصنوعی را بهینه نموده تا خطای طبقه‌بندی آن کاهش داده‌شود.
- خطای روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی گفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی به ترتیب برابر 0/031، 0/084، 0/073 و 0/064 است.
- بهترین عملکرد برای پیش‌بینی محصول کشاورزی بر اساس شاخص خطا، مرتبط با روش پیشنهادی بوده و بدترین عملکرد هم از نظر خطا مرتبط با الگوریتم بهینه‌سازی ملخ است.
- دقت در روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی گفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی، به ترتیب برابر 97/86٪، 95/54٪، 96/27٪ و 97/24٪ است.
- روش پیشنهادی برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی محصول کشاورزی در شاخص‌های حساسیت و صحت، مقادیر بیشتر و بهتری را نسبت به الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی گفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال نشان می‌دهد.