

استفاده از اینترنت اشیاء و تحلیل خطای الگوریتم بهینه سازی پروانه برای کنترل محصولات

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۰

کد مقاله: ۹۹۳۶۲

احمد بیژنی^۱، امید نوروزی انگنایی^{۲*}

چکیده

شبکه اینترنت اشیاء را می‌توان یک شبکه هوشمند با تعداد زیادی شی و حسگر در نظر گرفت که اطلاعات محیطی را گردآوری و برای ایستگاه پایه ارسال می‌نمایند. این فناوری نقش مهمی در توسعه شهرهای هوشمند، خانه‌های هوشمند و کشاورزی دارد. به کمک اینترنت اشیاء 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 پروژه کشت یک محصول کشاورزی است و می‌توان با اطلاعات حسگرها و یادگیری توسط شبکه عصبی مصنوعی یک برآورد برای آن ارایه داد. چالش مهم شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی این مسئله سخت و دشوار میزان خطای خروجی آن است که 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 پیاده سازی ما روی داده‌های کشاورزی نشان می‌دهد که خطای روش پیشنهادی برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی برابر ۰,۰۳۱ است و از طرفی دقت آن نیز برابر ۹۷,۸۶٪ 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 کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال است.

واژگان کلیدی: اینترنت اشیاء، حسگر، الگوریتم بهینه‌سازی پروانه، شبکه عصبی مصنوعی.

۱- فوق لیسانس مهندسی فناوری اطلاعات (شبکه‌های کامپیوتری) (مسئول فاوا کارگاه راه آهن چابهار زاهدان-موسسه پایدارسازان)

۲- فوق لیسانس مهندسی آب و لیسانس مهندسی عمران (مسئول متره و برآورد واحد فنی-موسسه پایدارسازان)

در اینترنت اشیا هر یک از وسایل پیرامون ما دارای مجموعه‌ای از حسگرهای هوشمند^۱ می‌باشند که می‌توانند این اطلاعات را در بستر اینترنت به یکدیگر ارسال نمایند یا در یک محیط محاسبات ابری^۲ مورد پردازش قرار دهند. در واقع اینترنت اشیا را می‌توان اتصال وسایل هوشمند به یکدیگر و گردآوری داده‌های آنها جهت پردازش‌های مفید و کشف دانش در نظر گرفت. اینترنت اشیا یک فناوری جدید برای بهبود زندگی در عصر ارتباطات است و کاربردهای وسیعی دارد که از جمله آنها می‌توان به شهرهای هوشمند^۳، کشاورزی^۴، صنایع غذایی و غیره اشاره نمود (فارووک وهمکاران، ۲۰۱۹)^۵.

کاربرد اینترنت اشیا از آن جهت در کشاورزی مهم است که نقش مهمی در بهره‌وری محصولات و مواد غذایی دارد. استفاده از اینترنت اشیا در بهره‌وری محصولات کشاورزی مستلزم بکارگیری فناوری‌های مختلف بخصوص انواع حسگر تعبیه شده در خاک یا بکارگرفته شده بر روی محصولات کشاورزی است تا کیفیت محصولات ارتقاء یابد. استفاده از بحث اینترنت اشیا در بهره‌وری محصولات کشاورزی یک مطالعه کاملاً جدید است و تاکنون به صورت کامل پیاده‌سازی عملیاتی نشده است و بیشتر مطالعات در این حوزه به صورت امکان‌سنجی این فناوری عمل می‌نمایند. استفاده از اینترنت اشیا در موضوع بهره‌وری محصولات کشاورزی یک مفهوم وسیع را در بر می‌گیرد که شامل کنترل رشد محصولات با استفاده از انواع حسگر است و همچنین می‌تواند در رصد کشت محصولات یک کشور یا دنیا نیز مورد استفاده قرار گیرد. یکی از کاربردهای مهم اینترنت اشیا در حوزه کشاورزی نظیر تشخیص میزان بیماری محصول، میزان تنش آبی محصول و بهره‌وری محصولات کشاورزی است. توسط فناوری اینترنت اشیا می‌توان به کمک حسگرهای مختلف مانند رطوبت سنج، دماسنج و غیره بر ویژگی‌های مهم در بهره‌وری محصولات نظارت کامل را داشت و میزان بهره‌وری محصولات را تخمین و پیش‌بینی نمود. یکی از چالش‌های مهم در استفاده از فناوری اینترنت اشیا در بکارگیری حسگرهای مختلف در مقیاس زیاد است که هزینه طرح را افزایش می‌دهد از این جهت در بسیاری از پژوهش‌ها در این حوزه یا شبیه‌سازی آرایه می‌گردد یا یک مدل توصیفی بیان می‌شود (مندز و داسیگ، ۲۰۲۰)^۶. موضوع اینترنت اشیا در چند سال اخیر به یکی از فناوری‌های کاربردی دنیا تبدیل شده است و در حوزه‌های مختلف رد و اثر آن را می‌توان مشاهده نمود. کشاورزی هوشمند به فرآیندی گفته می‌شود که از تکنولوژی‌های به روز دنیا برای افزایش محصولات با کیفیت استفاده می‌نمایند. یکی از کاربردهای مهم اینترنت اشیا و فناوری شبکه‌های حسگر بیسیم استفاده از این فناوری‌ها در کنترل محصولات کشاورزی با استفاده از رصد اطلاعاتی آنها و پارامترهای موثر در کشاورزی مانند رطوبت خاک و دما و غیره می‌باشد که یک نمونه از این پژوهش در سال ۲۰۱۹، انجام شده است (موانگپراتوب وهمکاران، ۲۰۱۹)^۷. در این نوع از پژوهش‌ها با استفاده از مجموعه‌ای از حسگرها تلاش شده است تا اطلاعات مزرعه توسط مالک مزرعه در یک برنامه کاربردی تحت وب قابل نمایش باشد و مالک مزرعه بر اساس اطلاعات حسگرها در هر لحظه وضعیت خاک، رطوبت، دما و غیره را مورد ارزیابی قرار دهد. یکی از چالش‌های مهم تجزیه و تحلیل اطلاعات مزرعه توسط مالک مزرعه در آن است که این اطلاعات زیاد بوده و پراکنده می‌باشند و برای تصمیم‌گیری فرد مورد نظر باید تلاش زیادی انجام دهد تا الگوی موجود در داده‌ها و اطلاعات گردآوری شده در مزرعه را کشف نمایند اما می‌توان این داده‌ها و اطلاعات را توسط روش‌های داده‌کاوی و یادگیری ماشین مورد تجزیه و تحلیل قرار داد تا الگوی مفید اطلاعات مانند آیا مزرعه نیاز به آبیاری دارد یا نیاز است که مواد شیمیایی یا کود درون آب آزاد شود و غیره آشکارسازی شود. نمی‌توان فقط با گردآوری داده‌های مرتبط با حسگرهای بیسیم و اشیا هوشمند در سطح مزرعه به افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی کمک نمود بلکه نیاز است که این اطلاعات توسط روش‌های داده‌کاوی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شوند که یکی از این روش‌ها شبکه عصبی مصنوعی است و می‌توان ورودی آن را به اطلاعات حسگرها داد و خروجی آن نیز حالت مزرعه را از نظر بهره‌وری مشخص نماید و می‌توان با استفاده از اطلاعات گردآوری شده شبکه عصبی مصنوعی را آموزش داد تا بتوان با داشتن اطلاعات حسگرها میزان بهره‌وری را در زمان فعلی یا آینده پیش‌بینی نمود.

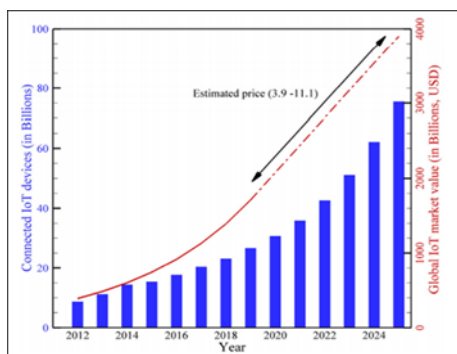
چالش شبکه عصبی مصنوعی چند لایه برای تحلیل اطلاعات مزرعه در آن است که این مسئله دارای پیچیدگی بالایی بوده و نیاز است که برای کاهش دادن خطای پیش‌بینی و تشخیص میزان بهره‌وری خطای شبکه عصبی مصنوعی در تعیین بهره‌وری محصول کاهش داده شود.

در روش پیشنهادی تلاش خواهد شد تا خطای خروجی مدل با روش‌های فراابتکاری مانند الگوریتم بهینه‌سازی پروانه^۸ که در

- 1- Smart sensors
- 2- Cloud Computing
- 3- Smart cities
- 4- Agriculture
- 5- Farooq et al
- 6- Mendez and Dasig
- 7- Muangprathub et al
- 8- Butterfly optimization algorithm

سال ۲۰۱۸ آرایه شده کاهش داده شود و دقت روش پیشنهادی برای تشخیص وضعیت محصولات افزایش پیدا نماید لذا انتخاب پارامترهای یادگیری شبکه عصبی مصنوعی با این الگوریتم انجام می‌شود (آرورا و سینگ ۲۰۱۹). در روش پیشنهادی انتخاب وزن و بایس شبکه عصبی توسط الگوریتم بهینه‌سازی پروانه انجام می‌شود تا خطای خروجی پیش بینی بهره‌وری محصولات کشاورزی کمینه گردد. در روش پیشنهادی، شبکه عصبی مصنوعی چند لایه به صورت یک بردار از اوزان و بایس کدگذاری می‌شود و این بردار و آرایه یک عضو جمعیت الگوریتم بهینه‌سازی پروانه در نظر گرفته می‌شود سپس یک جمعیت تصادفی از این اوزان و بایس که به صورت آرایه کدگذاری شده است به صورت جمعیت اولیه الگوریتم فراابتکاری بهینه‌سازی پروانه ایجاد می‌شود سپس به کمک روابط موجود درسه الگوریتم بهینه‌سازی پروانه اوزان و بایس شبکه عصبی مصنوعی به روزرسانی شده و مجدد متوسط خطای آنها در تشخیص حالت مزرعه هوشمند محاسبه می‌گردد و این خطای پیش بینی و طبقه‌بندی مرتباً با انتخاب بهینه وزن و بایس کاهش داده می‌شود تا خطای شبکه عصبی در تحلیل محصولات کشاورزی کاهش داده شود.

۱-۱- اهمیت موضوع



نمودار ۱- افزایش تعداد اشیاء هوشمند یک فرصت مناسب برای هوشمندسازی محیط (تحسین وهمکاران، ۲۰۲۰)^۲



شکل ۱- استفاده از اشیاء هوشمند در بخش کشاورزی (زامورا-ایزکوردو وهمکاران، ۲۰۱۹)^۳

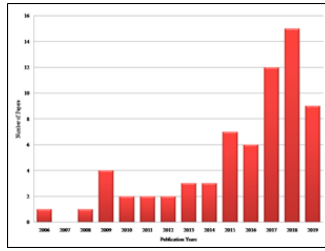
شبکه اینترنت اشیاء و شبکه‌های حسگر بیسیم دارای کاربرد زیادی در حوزه‌های مختلف مانند کشاورزی می‌باشند و امروزه تعداد زیادی از اشیاء هوشمند پیرامون ما وجود دارد که توانایی مناسبی را برای اتصال به شبکه اینترنت اشیاء فراهم می‌نمایند. مطالعات و پژوهش‌ها نشان می‌دهد در چند سال آینده تعداد اشیاء هوشمند پیرامون ما مطابق نمودار (۱)، یک روند رو به افزایش را خواهد داشت و این روند رو به افزایش به افراد این فرصت را می‌دهد که محیط پیرامون خود را هوشمندسازی نمایند و اطلاعات محیطی را در کاربردهای مانند کشاورزی گردآوری و تحلیل نمایند.

با توجه به نمودار ۱ مشاهده می‌شود در سال ۲۰۱۲ فقط ۱۰ میلیارد شی هوشمند در اینترنت وجود داشته است و در سال ۲۰۲۴ و ۲۰۲۵ این تعداد به حدود ۸۰ میلیارد شی بالغ می‌شود. مطالعات در این پژوهش که در سال ۲۰۲۰ انجام شده است نشان می‌دهد ارزش شبکه اینترنت اشیاء در سال ۲۰۲۴ به ۳۰۰۰ میلیارد دلار می‌رسد که یک رقم بسیار زیاد است و نشان می‌دهد این شبکه تا چه اندازه ارزشمند است. امروزه تعداد زیادی از این اشیاء هوشمند در حوزه کشاورزی استفاده می‌شود که یک نمونه از این تجهیزات در یک پژوهش در سال ۲۰۱۹ و در شکل (۱)، نمایش داده شده است.

در اینجا مشاهده می‌شود که یک زمین کشاورزی یا یک گلخانه برای آنکه بتواند بهره‌وری بیشتری داشته باشد نیاز است که تعدادی شی هوشمند مانند روشنایی، دستگاه تهویه هوا، دستگاه تزریق کود، دما سنج، سنسجس PH خاک و غیره را داشته باشد تا بتواند مولفه‌های کشاورزی را تا جای ممکن بهبود داده و یک محصول با کیفیت و با سود زیاد آرایه دهد. امروزه نقش اینترنت اشیاء در کشاورزی در حال افزایش است و به کمک این فناوری تلاش می‌شود تا میزان محصولات و کیفیت آنها افزایش داده شود. مطالعات در حوزه کاربرد اینترنت اشیاء و افزایش بهره‌وری به کمک این فناوری در چند سال اخیر مطابق نمودار (۲)، رشد قابل توجهی داشته است و این موضوع بخوبی نشان می‌دهد که این حوزه در بین پژوهشگران مورد توجه است.

با توجه به نمودار ۲ مشاهده می‌شود که در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ تعداد مطالعات و تحقیقات معتبر در حوزه کاربرد اینترنت اشیاء در کشاورزی رو به افزایش است و این افزایش مطالعات و تحقیقات نشان می‌دهد نقش اینترنت اشیاء در افزایش امنیتی غذایی تا چه اندازه است.

- 1- Arora and Singh
- 2- Tahsien et al
- 3- Zamora-Izquierdo et al



نمودار ۲- افزایش مطالعات و پژوهش های معتبر در حوزه کشاورزی و اینترنت اشیا (فاروق وهمکاران، ۲۰۲۰)

- با توجه به مطالب ارائه شده اهمیت استفاده از فناوری اینترنت اشیا در حوزه کشاورزی در موارد ذیل خلاصه می شود.
- استفاده از اینترنت اشیا نظارت بر محصولات کشاورزی را افزایش داده
 - بکارگیری اینترنت اشیا بهره‌وری محصولات کشاورزی را زیاد می نماید.
 - تحلیل داده‌ها و اطلاعات کشاورزی با روش‌های هوشمند داده کاوی

۲-۱- کاربردهای پژوهش

کاربردهای پژوهش به شرح ذیل است.

- کشاورزی صنعتی و نوین
- کشاورزان
- تولید کنندگان مواد غذایی
- توسعه دهندگان فناوری اینترنت اشیا

۲- مواد و روش

روش انجام این تحقیق و پژوهش بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای انجام شده و شیوه گردآوری اطلاعات نیز به صورت کتابخانه‌ای است و منابع گردآوری اطلاعات به شرح ذیل است.

- اینترنت
- مقالات لاتین و فارسی
- پایان نامه‌های مرتبط
- کتابهای مرتبط با موضوع

در روش مورد نظر برای اعتبارسنجی کیفیت اطلاعات ارائه شده توسط یک یا چند شی متصل به اینترنت سعی می شود میزان اعتماد سایر گره‌های شبکه به آن گره به عنوان ملاک ارزیابی هر گره یا شی در ارسال اطلاعات مد نظر گرفته شود. در واقع اگر بخواهیم به اطلاعات یک شی استناد کنیم در ابتدا بررسی می شود که سایر اشیا موجود در شبکه قبلاً چقدر به گره یا شی مورد نظر اعتماد داشته‌اند. از دیگر نوآوری این پژوهش را می توان ارایه یک زیرساخت پژوهشی برای امکان سنجی استفاده از اینترنت اشیا در حوزه کشاورزی کشورمان در نظر گرفت تا با ارایه مدل کاربردی بتوان بهره‌وری محصولات را افزایش داد. در روش پیشنهادی تلاش شده است تا اطلاعات حسگرهای مختلف به عنوان ویژگی مهم و در ارتباط با میزان بهره‌وری محصول در نظر گرفته شود و یک مدل پیش بینی از بهره‌وری بر اساس اطلاعات حسگرهای مختلف بیان شود از این جهت در روش پیشنهادی اطلاعات مزرعه گردآوری شده و در یک رکورد دوره‌ای قرار داده می شود و توسط ناظر میزان بهره‌وری محصول تایید یا رد می شود و یک رکورد آموزشی برای ایجاد مدل توصیفی از مزرعه ایجاد می شود و مسلماً نیاز است که رکوردهای مختلف از محصول در دوره‌های مختلف گردآوری و آموزش و یادگیری بر اساس آنها اعمال شود. در روش پیشنهادی رکوردهای مرتبط با ویژگی مزرعه به عنوان ورودی تکنیک شبکه عصبی ترکیب شده با الگوریتم بهینه سازی پروانه استفاده می شود تا یک مدل پیش بینی از میزان بهره‌وری محصولات ارایه گردد. با ارایه مدل پیشنهادی می توان بر اساس میزان و مقادیر حسگرها میزان بهره‌وری را پیش بینی نمود و در صورتی که بهره‌وری قابل رضایت نباشد متغیرهای کنترلی مسئله به گونه‌ای تغییر یابد که میزان و مقدار حسگرهای گردآوری اطلاعات به حد نرمال و بدون تنش برسد.

روش پیشنهادی برای تشخیص میزان بهره وری محصولات کشاورزی با استفاده از اطلاعات حسگرها به شرح ذیل است.

۱- اطلاعات حسگرهای مزرعه به عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی انتخاب شده و از آنها برای آموزش شبکه عصبی مصنوعی استفاده می شود تا میزان بهره وری محصول را بر اساس اطلاعات حسگرها پیش بینی نمایند.

۲- برای کاهش دادن خطای تخمین میزان بهره وری محصولات از الگوریتم بهینه سازی پروانه که در سال ۲۰۱۸ ارایه شده و نسبت به بسیاری از الگوریتم ها مانند ژنتیک و ذرات دقت بیشتری دارد برای کاهش دادن خطای شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی میزان بهره وری محصولات استفاده می شود و برای این منظور انتخاب وزن و بایس شبکه عصبی توسط این الگوریتم انجام می شود تا خطای خروجی پیش بینی بهره وری محصولات کشاورزی کمینه گردد.

برای بهبود شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی وضعیت مزرعه می توان از الگوریتم بهینه سازی پروانه به شرح ذیل استفاده نمود.

۱- یک شبکه عصبی مصنوعی چند لایه برای تشخیص حالات مزرعه هوشمند به کمک داده های دریافت شده از حسگرها در نظر گرفته می شود.

۲- شبکه عصبی مصنوعی چند لایه به صورت یک بردار از اوزان و بایس کدگذاری می شود و این بردار و آرایه یک عضو جمعیت الگوریتم بهینه سازی پروانه در نظر گرفته می شود.

۳- یک جمعیت تصادفی از این اوزان و بایس که به صورت آرایه کدگذاری شده است به صورت جمعیت اولیه الگوریتم فراابتکاری بهینه سازی پروانه ایجاد می شود.

۴- میزان شایستگی هر عضو جمعیت الگوریتم بهینه سازی پروانه توسط تابع هدف که متوسط خطای تشخیص حالت در مزرعه هوشمند است محاسبه می گردد.

۵- به کمک روابط موجود در الگوریتم بهینه سازی پروانه اوزان و بایس شبکه عصبی مصنوعی به روزرسانی شده و مجدد متوسط خطای آنها در تشخیص حالت مزرعه هوشمند محاسبه می گردد.

۶- مراحل الگوریتم مرتباً تکرار شده و اوزان و بایس نیز تغییر می نمایند تا خطای خروجی شبکه عصبی مصنوعی مرتباً کاهش داده شود.

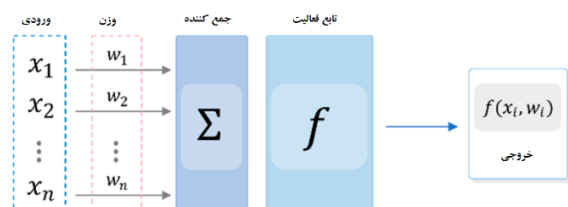
۷- در نهایت شایسته ترین عضو الگوریتم بهینه سازی پروانه که دارای حداقل خطای تشخیص حالات مزرعه هوشمند است به عنوان وزن و بایس شبکه عصبی مصنوعی بهینه در نظر گرفته می شود.

۸- شبکه عصبی مصنوعی بهینه که دارای وزن و بایس بهینه است توسط داده های آزمون مورد ارزیابی قرار گرفته می شود تا میزان کارایی آن در تشخیص حالات مزرعه مشخص گردد.

۹- با استفاده از شاخص های ارزیابی مانند دقت و صحت کارایی مدل مورد سنجش قرار می گیرد.

۲-۱- شبکه عصبی بهبود یافته با الگوریتم پروانه

در روش پیشنهادی برای یادگیری و پیش بینی از شبکه عصبی مصنوعی چند لایه استفاده شده است و این روش یادگیری برای آنکه بتواند یک طبقه بندی با خطای کمینه را ایجاد نماید نیاز است که در حین آموزش و یادگیری وزن و بایس خود را بهینه انتخاب نماید. به عبارت بهتر میزان خطای یک شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی و طبقه بندی به انتخاب وزن و بایس بکار رفته در آن بستگی دارد. ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی چند لایه و یک نورون مصنوعی آن برای پیش بینی و طبقه بندی در شکل (۲)، نمایش داده شده است.



شکل ۲- ساختار شبکه عصبی و نورون مصنوعی برای پیش بینی و طبقه بندی

در این شکل مشاهده می شود که ورودی ها در مقادیر وزن های نورون های مصنوعی ضرب شده و سپس با مقدار بایس که یک عدد برای هر لایه یا نورون پنهان است جمع شده و سپس این مقادیر قبل از ارسال به خروجی تحویل یک تابع به نام تابع فعالیت شده که نقش آن محدود نمودن خروجی شبکه عصبی مصنوعی چند لایه است تا هر مقداری را اختیار ننماید.

برای یادگیری شبکه عصبی مصنوعی چند لایه می‌توان از تابع فعالیت سیگموئید یا تانزانت سیگموئید برای کنترل مقدار خروجی شبکه عصبی مصنوعی چند لایه استفاده نمود و محدوده خروجی این دو تابع که معادله آنها در رابطه (۱) و (۲) نمایش داده شده است به ترتیب در بازه $[0,1]$ و $[-1,1]$ نمایش داده شده است.

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

$$f(x) = \frac{\exp^x - \exp^{-x}}{\exp^x + \exp^{-x}} \quad (2)$$

خروجی یک شبکه عصبی مصنوعی را می‌توان با ضرب ورودی در اوزان و جمع آن با مقادیر بایاس به مانند رابطه (۳)، نمایش داد.

$$\bar{y} = \sum_{i \in \text{input}} \sum_{j \in w} w_{ij} \cdot x_j + \sum_{i \in L} \theta_i \quad (3)$$

در این جا خروجی پیش بینی شبکه عصبی مصنوعی برابر \bar{y} است و مقدار خروجی واقعی داده‌ها نیز به طور معمول برابر y برای یک نمونه نشان داده می‌شود. می‌توان خطای همه نمونه‌های که شبکه عصبی مصنوعی پیش بینی نموده است به صورت رابطه (۴)، فرموله نمود.

$$e = \frac{\sum_{i=1}^n |\bar{y}_i - y_i|^2}{n} \quad (4)$$

در این رابطه، n تعداد نمونه‌های ارزیابی شده در روش پیشنهادی در تشخیص نوع محصول از نظر شکست و موفقیت بوده و e نیز متوسط خطای تشخیص موفقیت یا شکست n نمونه است. برای کاهش دادن این تابع می‌توان وزن و بایاس شبکه عصبی مصنوعی را بهینه انتخاب نمود تا این خطای پیش بینی کاهش داده شود و برای کاهش دادن آن در روش پیشنهادی انتخاب بهینه وزن و بایاس بر عهده الگوریتم بهینه‌سازی پروانه قرار دارد.

در روش پیشنهادی بردار ورودی مرتبط با محصول کشاورزی به صورت $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ در نظر گرفته شده و بردار وزن و بایاس شبکه 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 (۵)، کدگذاری می‌شود.

$$BOA = \ll [w_1, w_2, \dots, w_m] + [\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k] \gg \quad (5)$$

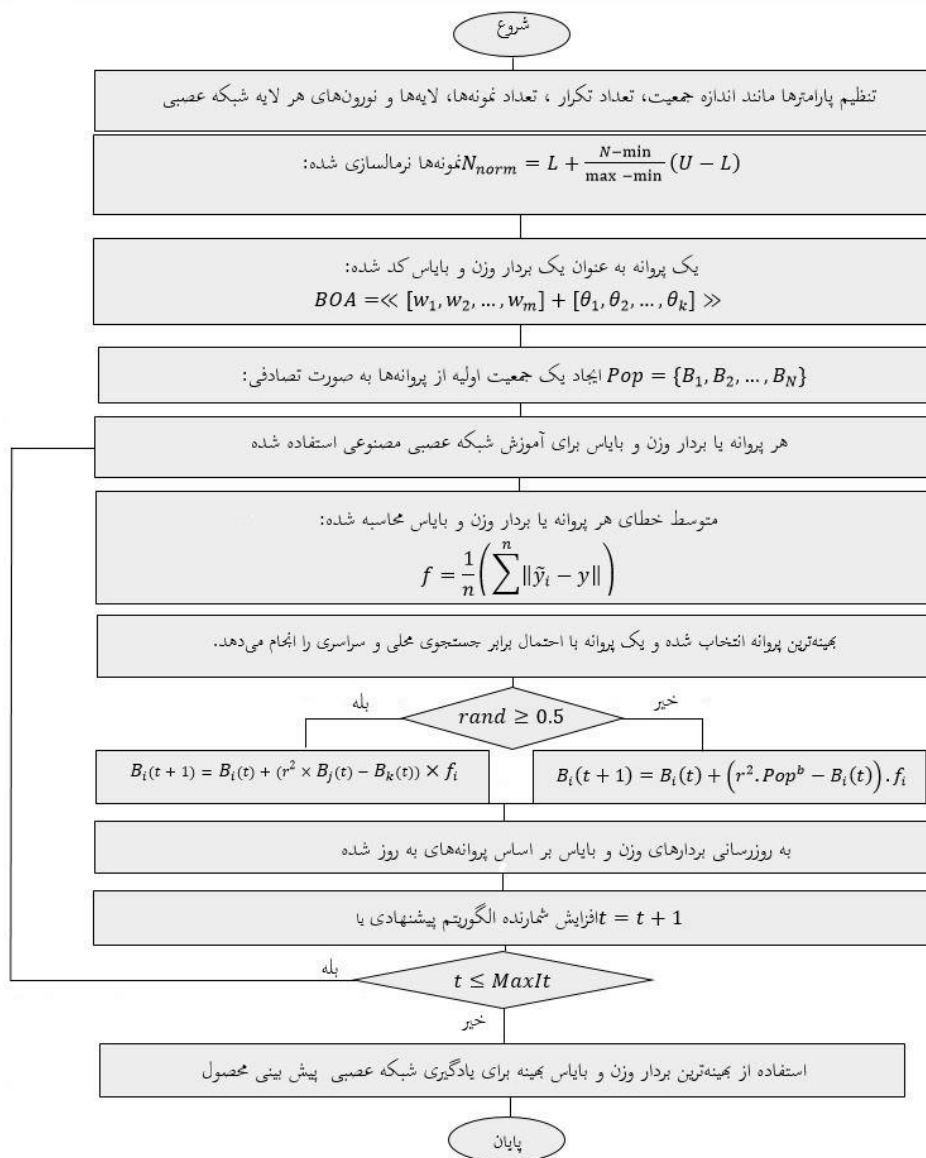
در این رابطه، w_i و x_j به ترتیب بردارهای وزن و ورودی شبکه عصبی مصنوعی چند لایه و θ_i مقادیر بایاس بکار رفته در شبکه عصبی مصنوعی چند لایه برای پیش بینی و طبقه‌بندی محصول کشاورزی است. تابع هدف مسئله مورد نظر در رابطه (۶) به صورت خطای طبقه‌بندی محصول از نظر شکست یا موفقیت در نظر گرفته شده است که هدف آن است به کمک الگوریتم بهینه‌سازی پروانه یک مجموعه وزن و بایاس بهینه برای کاهش دادن خطای طبقه‌بندی و پیش بینی محاسبه گردد:

$$Cost = \begin{cases} \text{Min: } f = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \|\bar{y}_i - y_i\| \right) \\ BOA = \ll \mathbf{w}, \boldsymbol{\theta} \gg \\ L \leq w_i \leq U \\ L \leq \theta_i \leq U \end{cases} \quad (6)$$

در اینجا مقدار وزن و بایاس را می‌توان در محدود $[L, U]$ قرار داد و هر راه‌حل مسئله نیز یک پروانه است که از تعدادی وزن و بایاس تشکیل شده است و هدف آن است مجموعه‌ای از وزن و بایاس‌ها به گونه‌ای انتخاب شود که تابع هدف مورد نظر را کمینه نماید.

۲-۲- فلوجارت روش پیشنهادی

فلوجارت روش پیشنهادی برای کاهش دادن خطای طبقه‌بندی و پیش بینی شبکه عصبی مصنوعی در محصول کشاورزی در شکل (۳)، نمایش داده شده است و طبق این فلوجارت برای آنکه خطای پیش بینی و تحلیل محصول کشاورزی از نظر شکست و موفقیت کمینه شود مراحل ذیل برای آن ارائه می‌شود.



شکل ۳- روش پیشنهادی برای پیش بینی و طبقه بندی محصول و کشت کشاورزی

- داده‌ها و نمونه‌ها به عنوان ورودی پیش پردازش شده و پارامترهای الگوریتم بهینه‌سازی پروانه مانند ضریب جذابیت و توان جذابیت و اندازه جمعیت مقاردهی می‌شود.
- یک شبکه عصبی مصنوعی چند لایه در نظر گرفته شده و به عنوان یک عضو الگوریتم بهینه‌سازی پروانه کدگذاری شده به گونه‌ای که هر پروانه یک بردار وزن و بایاس است.
- تعدادی بردار تصادفی وزن و بایاس به عنوان جمعیت اولیه الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای آموزش شبکه عصبی مصنوعی ایجاد می‌شود.
- خطای پیش بینی و طبقه‌بندی شبکه عصبی برای پیش بینی محصول کشاورزی توسط هر بردار وزن و بایاس یا پروانه محاسبه شده

- بهینه‌ترین پروانه یا بردار وزن و بایاس بهینه در هر تکرار محاسبه شده
 - یک مجموعه وزن و بایاس یا یک عضو الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای به روزرسانی یک عدد تصادفی تولید نموده و اگر این عدد تصادفی کمتر از ۰.۵ باشد آنگاه بر اساس جستجوی محلی وزن و بایاس‌ها را به روز رسانی می‌نماید و اگر بیشتر باشد بر اساس مکانیزم جستجوی سراسری این وزن و بایاس‌ها به روز رسانی می‌شود.
 - در اینجا با استفاده از جستجوی محلی و سراسری همه اعضای جمعیت با بردارهای وزن و بایاس به روزرسانی شده و یک واحد به شمارنده الگوریتم پروانه اضافه می‌شود.
 - پارامترهای الگوریتم تنظیم مجدد شده و الگوریتم تا تعداد تکرار مشخص اجراء شده و بردارهای وزن و بایاس آن مرتباً به روزرسانی می‌شود.
 - در تکرار آخر از بردار وزن و بایاس بهینه برای ایجاد شبکه عصبی مصنوعی چند لایه بهینه برای پیش بینی و طبقه‌بندی محصول کشاورزی از نظر موفقیت یا شکست استفاده می‌شود.
 - با استفاده از نمونه‌های آزمون بردار وزن و بایاس بهینه برای پیش بینی محصول کشاورزی مورد ارزیابی از نظر شاخص دقت و خطا قرار گرفته می‌شود.
- در الگوریتم پیشنهادی برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی می‌توان بهترین پروانه مانند رابطه (۷) محاسبه نمود که در واقع جذاب‌ترین پروانه جمعیت یا بهترین بردار وزن و بایاس را نشان می‌دهد:

$$Pop^b = \min\{f(B_1), f(B_2), \dots, f(B_N)\} \quad (7)$$

در این رابطه، f تابع هدف یا متوسط خطای پیش بینی برای ارزیابی پروانه‌ها یا راه‌حل‌های اولیه مسئله، N اندازه جمعیت پروانه‌ها، B_i نیز یک پروانه یا یک بردار وزن و بایاس بوده از Pop^b جذاب‌ترین پروانه جمعیت در نظر گرفته می‌شود. هر پروانه یا بردار وزن و بایاس شبکه عصبی مصنوعی چند لایه در ابتدا می‌تواند دو حرکت جستجوی محلی و سراسری را بر اساس پروانه بهینه یا دو پروانه دلخواه مطابق رابطه (۸) و (۹) انجام دهد.

$$B_i(t+1) = B_i(t) + (r^2 \times Pop^b - B_i(t)) \times f_i \quad (8)$$

$$B_k(t+1) = B_k(t) + (r^2 \times B_j(t) - B_k(t)) \times f_i \quad (9)$$

در این روابط، $B_i(t+1)$ موقعیت جدید پروانه $B_i(t)$ ، f_i نیز میزان جذابیت یک بردار وزن و بایاس پروانه و از طرفی $B_k(t)$ و $B_j(t)$ موقعیت دو پروانه یا دو بردار وزن و بایاس شبکه عصبی مصنوعی است و r یک عدد تصادفی در بازه صفر تا یک است. با تکرار متوالی الگوریتم پیشنهادی در نهایت در تکرار آخر بهینه‌ترین وزن و بایاس شبکه عصبی مصنوعی چند لایه انتخاب شده و برای پیش بینی و طبقه‌بندی محصول کشاورزی استفاده می‌شود.

۳- نتیجه گیری و بحث

۳-۱- پیاده‌سازی و تحلیل

برای پیاده‌سازی و تحلیل الگوریتم پیشنهادی در پیش بینی و طبقه‌بندی محصول کشاورزی در این فصل در ابتدا مجموعه داده معرفی شده و در ادامه نیز شاخص‌های ارزیابی معرفی شده و سپس پارامترهای مورد استفاده در روش پیشنهادی و سایر الگوریتم‌هایی که مقایسه با آن انجام شده است نیز معرفی و مقادیر پیشنهادی آنها بیان می‌شود. برای پیاده‌سازی روش پیشنهادی نیاز است که در ابتدا دلیل استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه اثبات شود که برای این منظور چند آزمایش روی توابع ارزیابی انجام داده تا میزان دقت آن برای تحلیل و ارزیابی مشخص گردد و سپس در ادامه الگوریتم مورد نظر برای پیش بینی و طبقه‌بندی محصول کشاورزی استفاده شده و تلاش می‌شود تا عملکرد شبکه عصبی مصنوعی چند لایه به کمک این الگوریتم برای پیش بینی محصولات کشاورزی بهبود داده شود. برای پیاده‌سازی روش پیشنهادی در این پژوهش از محیط برنامه‌نویسی متلب استفاده شده و آزمایشات در این محیط انجام شده و سپس بر اساس آزمایشات متوسط تلاش می‌شود تا خطای طبقه‌بندی پیش بینی را کاهش داد.

۳-۲- مجموعه داده

برای پیاده‌سازی و تحلیل روش پیشنهادی از مجموعه داده مرتبط با محصولات کشاورزی استفاده شده است (موانگ پراتوب و همکاران، ۲۰۱۹). در این مجموعه داده اطلاعات مختلفی از داده‌ها و حسگرهای مانند رطوبت سنج، سنجش دما، اطلاعات نور، اطلاعات مرتبط با دمای خاک، ترکیبات شیمیایی، سنجش باد و غیره در نظر گرفته شده و دارای مجموعه‌ای از رکوردها است که یک رکورد آن در واقع یک حالت از یک پروژه کشاورزی و بهره‌وری محصول را نشان می‌دهد.

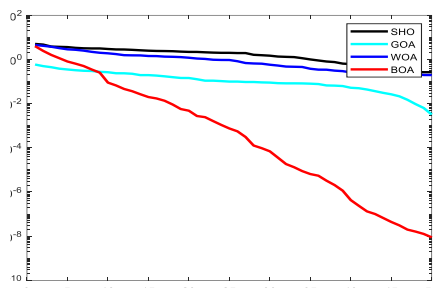
در پیاده‌سازی روش پیشنهادی نیاز است که پارامترهای مرتبط با داده‌ها و اندازه آنها محاسبه شود و تنظیم شود و سپس در ادامه تلاش می‌شود که پارامترهای مرتبط با الگوریتم بهینه‌سازی پروانه و سایر الگوریتم‌های فراابتکاری مانند الگوریتم بهینه‌سازی وال، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ تنظیم و مقداردهی اولیه شوند که این مقادیر در جدول (۱)، نمایش داده شده است:

جدول ۱- پارامترهای پیاده‌سازی روش پیشنهادی

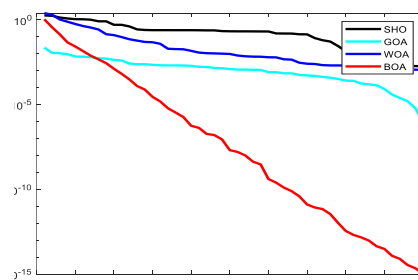
پارامتر	مقدار
nPop	اندازه جمعیت الگوریتم‌های فراابتکاری بین ۱۰ تا ۲۰
MaxIt	حداکثر تعداد تکرار الگوریتم پیشنهادی و سایر روشها بین ۴۰ تا ۵۰
P	ضریب جدایی در الگوریتم پروانه که برابر ۰,۰۱ است.
Max	حداکثر مقدار برای انتخاب وزن و بایاس شبکه عصبی مصنوعی برابر ۵
Min	حداقل مقدار برای انتخاب وزن و بایاس شبکه عصبی مصنوعی برابر ۵-
Pow	ضریب جذابیت الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برابر ۰,۱ است.
H	ضریب همگرایی الگوریتم بهینه‌سازی کفتار
Cmin و Cmax	ضریب همگرایی بیشینه و کمینه الگوریتم ملخ که به ترتیب ۰,۱ و ۰,۰۰۱ است
B	ضریب حرکت دورانی الگوریتم وال که برابر ۰,۵ فرض شده است
L	توان حرکت دورانی الگوریتم وال که بین صفر و یک فرض شده است
C	ضریب همگرایی در الگوریتم بهینه‌سازی وال بین ۰ تا ۲
Run	تعداد آزمایش برای هر حالت که برابر ۳۰ فرض شده است

۳-۳- تحلیل خطای الگوریتم بهینه‌سازی پروانه

در پژوهش مورد نظر تلاش شده تا از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای انتخاب وزن و بایاس‌های شبکه مصنوعی چند لایه استفاده شود و در اینجا پاسخ این پرسش مهم داده می‌شود که چرا از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای بهبود دقت شبکه عصبی مصنوعی چند لایه استفاده شده است. برای ارزیابی دقت الگوریتم بهینه‌سازی پروانه این الگوریتم روی دو تابع ارزیابی معرف Sphere و ackley برای یافتن بهینه سراسری مورد پیاده‌سازی قرار گرفته شده است و خطای محاسبه بهینه بر حسب تکرار به ترتیب در دو نمودار (۳) و (۴) با الگوریتم بهینه‌سازی وال، کفتار، ملخ مقایسه شده است.



نمودار ۴- کاهش یافتن بیشتر خطای محاسبه بهینه توسط الگوریتم بهینه‌سازی پروانه روی تابع ارزیابی دوم



نمودار ۳- کاهش یافتن بیشتر خطای محاسبه بهینه توسط الگوریتم بهینه‌سازی پروانه روی تابع ارزیابی اول

در نمودارهای مورد نظر محور افقی تعداد تکرار الگوریتم‌های فراابتکاری بوده و نمودار عمودی آن میزان خطای محاسبه بهینه سراسری بوده و از طرفی هم برای پیاده‌سازی الگوریتم‌ها اندازه جمعیت برابر ۱۰ و تعداد تکرار آنها برابر ۵۰ فرض شده است. تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد خطای محاسبه بهینه بر حسب تکرار مرتباً کاهش یافته است و این کاهش در الگوریتم بهینه‌سازی پروانه بیشتر از الگوریتم‌های الگوریتم بهینه‌سازی وال، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ است. به عبارت بهتر

الگوریتم پروانه در تکرار آخر توانسته است خطای کمتری برای محاسبه بهینه سراسری نسبت به سایر الگوریتم‌ها ارائه دهد و جمعیت خود را با شتاب بیشتری به سمت نقاط بهینه سوق دهد که دلیل آن می‌تواند جستجوی همزمان از نوع جستجوی سراسری و جستجوی محلی باشد و از این جهت این الگوریتم نسبت به این روش‌ها حداقل دارای کارایی بیشتری برای بهینه‌سازی وزن و بایاس شبکه عصبی مصنوعی برای طبقه‌بندی پروانه محصول کشاورزی و پیش بینی موفقیت یا شکست آن است.

شاخص حساسیت در روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال به ترتیب برابر ۹۷٫۵۲٪، ۹۵٫۱۴٪، ۹۶٫۰۲٪ و ۹۷٫۱۲٪ است و شاخص صحت در روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال به ترتیب برابر ۹۷٫۷۳٪، ۹۵٫۰۷٪، ۹۵٫۶۱٪، ۹۶٫۸۴٪ است که می‌توان مشاهده نمود روش پیشنهادی دارای شاخص حساسیت و صحت بیشتری برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی از نظر موفقیت و شکست است.

۳-۴- بحث

موفقیت یا شکست محصول و کشت کشاورزی در این فصل با استفاده از روش پیشنهادی مورد طبقه‌بندی و پیش بینی قرار گرفته شده است. تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد خطای طبقه‌بندی روش پیشنهادی از روش‌های الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال کمتر است و روش پیشنهادی برای طبقه‌بندی و پیش بینی از این روش‌ها دارای شاخص دقت، حساسیت و صحت بیشتری است. در فصل پنجم نتایج بدست آمده از این تحقیق خلاصه شده و پیشنهادات آتی نیز بیان می‌گردد.

چالش مهم برای شبکه عصبی مصنوعی چند لایه آن است که خطای آن می‌تواند قابل توجه باشد برای آنکه بتوان خطای پیش بینی موفقیت یا شکست را کاهش داد می‌توان از الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده نمود. در روش پیشنهادی از الگوریتم بهینه‌سازی پروانه برای کاهش دادن خطای پیش بینی شبکه عصبی مصنوعی چند لایه در تعیین موفقیت یا شکست پروانه‌های کشاورزی استفاده شده است. نقش الگوریتم بهینه‌سازی پروانه کاهش دادن خطای شبکه عصبی مصنوعی چند لایه با استفاده از انتخاب بهینه وزن و بایاس بکار رفته در شبکه عصبی مصنوعی چند لایه است. روش پیشنهادی هر بردار وزن و بایاس شبکه عصبی مصنوعی چند لایه را به عنوان یک عضو الگوریتم بهینه‌سازی پروانه در نظر گرفته و توسط این الگوریتم تلاش دارد تا مقدار بهینه برای آنها محاسبه و خطای شبکه عصبی مصنوعی چند لایه را کاهش دهد. مجموعه آزمایشاتی که در این پژوهش در محیط متلب انجام شده نتایج مختلفی را ارائه می‌دهد که به شرح ذیل است.

- خطای محاسبه بهینه الگوریتم بهینه‌سازی پروانه از الگوریتم‌های الگوریتم بهینه‌سازی وال، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ کمتر است.
 - الگوریتم بهینه‌سازی پروانه با شیب تند خطای یافتن بهینه را کاهش می‌دهد.
 - خطای پیش بینی 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 شبکه عصبی مصنوعی را بهینه نموده تا خطای طبقه‌بندی آن کاهش داده شود.
 - خطای روش پیشنهادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی به ترتیب برابر ۰٫۰۳۱، ۰٫۰۸۴، ۰٫۰۷۳ و ۰٫۰۶۴ است.
 - بهترین عملکرد برای پیش بینی 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 کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال برای طبقه‌بندی محصول کشاورزی به ترتیب برابر ۹۷٫۸۶٪، ۹۵٫۵۴٪، ۹۶٫۲۷٪ و ۹۷٫۲۴٪ است.
- روش پیشنهادی برای پیش بینی و طبقه‌بندی محصول کشاورزی در شاخص‌های حساسیت و صحت مقادیر بیشتر و بهتری را نسبت به الگوریتم بهینه‌سازی ملخ، الگوریتم بهینه‌سازی کفتار و الگوریتم بهینه‌سازی وال نشان می‌دهد.

تشکر و قدردانی

این مقاله با حمایت و مشاوره اعضای موسسه پایدارسازان به سرانجام رسیده است که نویسندگان این پژوهش از مهدی مقدم، مهدی حاجی هاشمی، اسماعیل لرستانی و مرتضی بیژنی کمال تشکر و قدردانی را داریم. امید است که با همدلی و استفاده از دانش جمعی، برای آبادانی هرچه بیشتر ایران عزیز گام برداریم.

1. Ahmed, E., Yaqoob, I., Hashem, I. A. T., Khan, I., Ahmed, A. I. A., Imran, M., & Vasilakos, A. V. (2017). The role of big data analytics in Internet of Things. *Computer Networks*, 129, 459-471.
2. Antonacci, A., Arduini, F., Moscone, D., Palleschi, G., & Scognamiglio, V. (2017). Nanostructured (Bio) Sensors For Smart Agriculture. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*.
3. Antony, A. P., Leith, K., Jolley, C., Lu, J., & Sweeney, D. J. (2020). A Review of Practice and Implementation of the Internet of Things (IoT) for Smallholder Agriculture. *Sustainability*, 12(9), 3750.
4. Aparna, M., & Radha, D. (2018, May). Detection of weed using visual attention model and SVM classifier. In *International Conference on ISMAC in Computational Vision and Bio-Engineering* (pp. 243-253). Springer, Cham.
5. Arora, S., & Anand, P. (2019). Binary butterfly optimization approaches for feature selection. *Expert Systems with Applications*, 116, 147-160.
6. Arora, S., & Singh, S. (2019). Butterfly optimization algorithm: a novel approach for global optimization. *Soft Computing*, 23(3), 715-734.
7. Bayat, H., Asghari, S., Rastgou, M., & Sheykhzadeh, G. R. (2020). Estimating Proctor parameters in agricultural soils in the Ardabil plain of Iran using support vector machines, artificial neural networks and regression methods. *Catena*, 189, 104467.
8. 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.
9. Bragagnolo, L., da Silva, R. V., & Grzybowski, J. M. V. (2020). Artificial neural network ensembles applied to the mapping of landslide susceptibility. *Catena*, 184, 104240.
10. Burhan, M., Rehman, R. A., Khan, B., & Kim, B. S. (2018). IoT elements, layered architectures and security issues: A comprehensive survey. *Sensors*, 18(9), 2796.
11. Dhiman, G., & Kumar, V. (2017). Spotted hyena optimizer: a novel bio-inspired based metaheuristic technique for engineering applications. *Advances in Engineering Software*, 114, 48-70.
12. Escamilla-García, A., Soto-Zarazúa, G. M., Toledano-Ayala, M., Rivas-Araiza, E., & Gastélum-Barrios, A. (2020). Applications of Artificial Neural Networks in Greenhouse Technology and Overview for Smart Agriculture Development. *Applied Sciences*, 10(11), 3835.
13. Faris, H., Aljarah, I., & Mirjalili, S. (2018). Improved monarch butterfly optimization for unconstrained global search and neural network training. *Applied Intelligence*, 48(2), 445-464.
14. Farooq, M. S., Riaz, S., Abid, A., Abid, K., & Naeem, M. A. (2019). A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming. *IEEE Access*, 7, 156237-156271.
15. Farooq, M. S., Riaz, S., Abid, A., Umer, T., & Zikria, Y. B. (2020). Role of IoT Technology in Agriculture: A Systematic Literature Review. *Electronics*, 9(2), 319.
16. Ganchev, I., Ji, Z., & O'Droma, M. (2014). A generic IoT architecture for smart cities.
17. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660.
18. Guo, L. G., Huang, Y. R., Cai, J., & Qu, L. G. (2011, July). Investigation of architecture, key technology and application strategy for the Internet of Things. In *Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference (CSQRWC), 2011* (Vol. 2, pp. 1196-1199). IEEE.
19. Jiao, L., Dong, S., Zhang, S., Xie, C., & Wang, H. (2020). AF-RCNN: An anchor-free convolutional neural network for multi-categories agricultural pest detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105522.
20. Jin, X. B., Yu, X. H., Wang, X. Y., Bai, Y. T., Su, T. L., & Kong, J. L. (2020). Deep learning predictor for sustainable precision agriculture based on internet of things system. *Sustainability*, 12(4), 1433.
21. Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23-37.
22. Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 58(4), 431-440.

