مجله مهندسی مکانیک و ارتعاشات، بهار ۱۴۰۱، دوره ۱۳، شماره ۱، ص‌ص ۱۹-۳۲

فصلنامه

مهندسی مکانیک و ارتعاشات

jvibme.semnaniau.ac.ir

بهبود کارایی تبدیل انرژی در محیطهای شبکه حسگر بی سیم تشخیص دهنده آفت با به کارگیری برنامه نویسی ژنتیک در تجمیع داده ها

محمد احمدی نیا[1*]، فهیمه اعظم پور [2]

۱- استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد کرمان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، کرمان، ایران

۲- گروه مهندسی کامپیوتر، واحد کرمان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، کرمان، ایران

* کرمان، ahmadinia@iauk.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل

دریافت:۱۳ آبان ۱۴۰۰

پذیرش: ۲۸ دی ۱۴۰۰

ارائه در سایت: ۱۲ اردیبهشت ۱۴۰۱

کلیدواژگان

شبکه های حسگر بی سیم

کارایی تبدیل انرژی

تجمیع داده ها

برنامه نویسی ژنتیک

تشخیص آفات

چکیده

شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN) کاربردهای متعددی در کشاورزی از جمله جهت شناسایی آفات دارند. از طرفی، بهینه‌سازی انرژی یک چالش بزرگ برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم می باشد. برای پرداختن به این چالش، در این مقاله، یک رویکرد جدید برای بهبود کارایی تبدیل انرژی در این شبکه ها برای تشخیص آفات در محیط‌های کشاورزی، با استفاده از تجمیع داده‌های مبتنی بر برنامه نویسی ژنتیک پیشنهاد می گردد. رویکرد پیشنهادی در نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی شده است و نتایج با کارهای قبلی مقایسه گردیده است تا اثربخشی آن در بهبود راندمان تبدیل انرژی تایید شود. با بهینه‌سازی تبدیل انرژی، رویکرد پیشنهادی می‌تواند دقت و اثربخشی تشخیص آفات را افزایش دهد و در عین حال مصرف انرژی را به حداقل برساند، طول عمر گره‌های حسگر را افزایش دهد و از شیوه‌های کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست حمایت کند.

Improving Energy Conversion Efficiency in Pest-Detector WSN Environments Using Genetic Programming-Based Data Aggregation

Mohammad Ahmadinia[1*], Fahimeh Azampoor [2]

1,2- Department of Computer Engineering, Kerman Branch, **Islamic Azad University**, Kerman, Iran
*Kerman, Iran, ahmadinia@iauk.ac.ir

Article Information

Original Research Paper
Received 4November 2021
Accepted 18 January 2022
Available Online 2 May 2022

Keywords

Wireless Sensor Network
Energy Conversion Efficiency
Data Aggregation
Genetic Programming
Pest Detection

ABSTRACT

Wireless Sensor Networks (WSNs) have numerous applications in agriculture, including pest detection to ensure high crop yields. However, energy optimization is a major challenge for WSNs, particularly with regard to the energy consumption of sensor nodes. To address this challenge, in this paper, is proposed a novel approach for improving energy conversion efficiency in WSNs for pest detection in agriculture environments, using genetic programming-based data aggregation. The proposed approach is implemented in MATLAB software, and the results are compared with previous works to validate its effectiveness in improving energy conversion efficiency. By optimizing energy conversion, the proposed approach can enhance the accuracy and effectiveness of pest detection while minimizing energy consumption, prolonging the lifespan of sensor nodes, and supporting sustainable and eco-friendly agriculture practices.

Please cite this article using:

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

M. Ahmadinia, F. Azampoor, Improving Energy Conversion Efficiency in Pest-Detector WSN Environments Using Genetic Programming-Based Data Aggregation *Journal of Mechanical Engineering and Vibration*, Vol.13,. No1 , pp19-32. (In Persian)

۱- مقدمه

پیشرفت روزافزون شبکه های کامپیوتری و نیاز به دستیابی به اطلاعات بیشتر و دقیق تر بدون دخالت مستقیم منابع انسانی و فیزیکی موجب توسعه کاربردهای بیسیم و موبایل شده است بطوریکه هم اکنون میتوانیم توسط ارتباطات بیسیم با سراسر جهان بدون آنکه اتصال فیزیکی سیمی داشته باشیم، داده و اطلاعات خود را به مقصدهای مورد نظر ارسال نماییم لذا تلاش بشر در این راستا منجر به ظهور تکنولوژی شبکه های حسگر بیسیم [1] شده است . یک شبکه ی حسگر بیسیم سامانه ای از تعداد زیادی گره های حسگر است که در محیط مورد نظر به طور گسترده و با تراکم بالا پخش شده اند. معمولا هر گره نیز از چندین حسگر تشکیل شده است. در واقع همین حسگرها هستند که وظیفه جمع آوری داده از محیط مورد بررسی را به عهده دارند. حسگرها تغییرات فیزیکی و شیمیایی پارامترهای مورد تحقیق را به سیگنال های الکترونیکی تبدیل و طی عملیات مسیریابی به گره های دیگر و در نهایت گره مرکزی ارسال میکنند. اندازه کوچک، هزینه پایین، ارتباطات بی سیم و بسیاری از مزایای دیگر باعث اقبال بیش از پیش صنایع مختلف به این شبکه ها شده است.

حسگر ها محدودیت هایی در محاسبات، ظرفیت و خصوصا توان مصرفی دارند. مقدار توان مصرفی هر گره حسگر و طول عمر آن توسط باطری تعیین می شود که به میزان قابل توجهی ارتباط میان حسگرها را تحت تاثیر قرار می دهد. از این رو عمده ترین چالش ها در این شبکه ها مصرف انرژی است که رابطه مستقیم با طول عمر شبکه دارد[۱] یکی از مسائل مهم در حوزه کاربرد شبکه های حسگر بیسیم درکشاورزی، پرورش و نظارت از راه دور بر رشد محصولات می باشد.

بخشی از کاربرد شبکه های حسگر بیسیم در زمینه کشاورزی عبارتند از:

حس کردن خواص خاک: بافت، ساختمان و حالت فیزیکی خاک، رطوبت خاک و مواد غذایی خاک اندازه گیری شده و مورد استفاده قرار می گیرد.

حس کردن گیاهان: جمعیت گیاهان، تنش و موقعیت غذایی گیاه در شرایط مختلف اندازه گرفته شده و در زمان های مورد نیاز از آن استفاده می شود.

سامانه‌های نظارت بر محصول: محصول گیاه، رطوبت ساقه و برگ و ریشه محصول اندازه گرفته شده و از آن موارد در امور مختلف استفاده می گردد.

نظارت بر پارامترهای آب و هوایی: دما، رطوبت هوا، سرعت باد، جهت باد، روشنایی و ... مورد نیاز می باشند[1] .

در این پژوهش برای تشخیص آفات محصولات کشاورزی از محصول هندوانه به عنوان نمونه کاربردی استفاده و با توجه به نوع هر آفت حسگرهای مرتبط را انتخاب می شود. نقش شبکه‌های حسگر بی سیم در اینجا پردازش و جمع‌آوری اطلاعات می باشد. هر گره با توجه به وظیفه ای که دارد (پردازش نور، خاک، دما، رطوبت و ...) اطلاعات را دریافت می کند. داده های حس شده از ناحیه مورد مطالعه توسط حسگرها جمع آوری می شوند و برای ایستگاه مرکزی ارسال می گردند. جهت تشخیص آفات محصول باید بر روی اطلاعات گردآوری شده از طریق شبکه حسگر بیسیم تجزیه و تحلیل انجام شود. اما همواره بخشی از این اطلاعات حس شده تکراری و یا اضافی هستند. انتقال اطلاعات افزونه به ایستگاه مرکزی پردازش بسیار زیادی را در آنجا به دنبال خواهد داشت. این پردازش های اضافه منجر به افزایش استفاده حسگر از انرژی می شوند بنابراین به دلیل اینکه با چالش محدود بودن انرژی گره ها مواجه هستیم برای حل این مسئله از روش تجمیع داده ها[2] با استفاده از برنامه نویسی ژنتیک[3] جهت جلوگیری از افزونگی در انتقال داده ها و نیز کاهش ترافیک شبکه استفاده می گردد.

سازماندهی مقاله بدین صورت می باشد که در بخش دوم، کارهای انجام گرفته به صورت مختصر توضیح داده می‌شود. بخش سوم به روش پیشنهادی می پردازد. در بخش چهارم،

[1] Wireless Sensor Network

[2] Data aggregation
[3] Genetic Programming

ارزیابی روش پیشنهادی و نتایج آزمایشات بیان می گردد. در نهایت، بخش پنجم، جمع بندی کار را شامل می شود.

۲- کارهای انجام گرفته

جهت تجمیع داده ها و کاهش مصرف انرژی و در نتیجه افزایش طول عمر در شبکه های حسگر بیسیم کارهای متعددی صورت گرفته است. در[۲] مساله انرژی و دوره زندگی گره ها در شبکه بررسی شده است و برای این منظور جهت افزایش طول عمر گره ها از روش توازن بار در بین گره های شبکه می باشد، استفاده شده است. در [۳] جهت بهبود کارآیی و کاهش میزان مصرف انرژی گره ها از روش انتشار اطلاعات در شبکه های حسگر بی سیم از طریق تجمیع اطلاعات استفاده شده است. در [۴] برای تجمیع داده ها، یک طرح دانه بندی داده های امن با انرژی کارآمد برای شناسایی جمع آوری های داده های مخرب در شبکه های حسگر بی سیم ارائه شده است. هدف از این طرح این است که مطمئن شویم که نه تنها نتایج ایستگاه پایه درتجمع جعلی را قبول نمی کنیم، بلکه جمع آوری مخرب نتایج متوسط را می توان شناسایی کرد و پس از تشخیص، می توان آنها را از شبکه بیرون کرد، از این رو کاهش آسیب های جمع آوری کننده های مخرب در تجزیه و تحلیل نظری و شبیه سازی های گسترده برای ارزیابی طرح انجام شده است. نتایج نشان می دهد که روش پیشنهادی امن و با انرژی کارآمد می باشد. در [۵] الگوریتم های تقریبی برای حداقل تاخیر تجمع داده ها در شبکه های حسگر بی سیم با آنتن جهت دار استفاده شده است که زمان واقعی جمع آوری داده ها یکی از مهمترین مسائل در شبکه های حسگر بی سیم است. با استفاده از آنتن های جهت دار برای انتقال داده ها باعث صرفه جویی انرژی و کاهش تداخل می شود. در این مقاله، حداقل پوشیدگی مشکل تجمع داده ها با توجه به دو مدل آنتن جهت دار (پرتو فرمان و پرتو سوئیچ) در مدل تداخل پروتکل مورد مطالعه قرار داده شده است و یک تقریب جهت الگوریتم جمع آوری داده ها برای انتقال داده ها در دو مدل آنتن جهت دار پیشنهاد می شود. سربار ارتباط یک مسئله مهم در داده های شبکه های حسگر بی سیم است که در [۶] تجمیع می تواند سربار ارتباطی و مصرف انرژی را کاهش دهد، که نتیجه آن گسترش طول عمر شبکه های حسگر بی سیم است. تجمیع داده ها از روش امیدوار کننده برای کاهش مصرف انرژی و جلوگیری از ازدحام در شبکه گیرنده بی سیم است. کسترین و همکارانش در [۷] سعی کرده اند که داده های یک نود در یک بازه زمانی را با یک معادله درجه سوم تخمین زده و به جای ارسال خود داده ها, ضرایب چند جمله ای را به نود سینک ارسال نمایند. داسگوپتا و همکارانش در [۸] فرض کرده اند که هرنود در شبکه حسگر توانایی تجمیع داده ها را دارد و بر پایه این فرض روشی جهت افزایش طول عمر شبکه ارائه داده اند. آنها طول عمر شبکه را تا از بین رفتن اولین نود در شبکه در نتیجه تخلیه انرژی تعریف کرده اند. این روش سعی می کند که یک درخت تجمیع که نود سینک در ریشه آن قرار دارد و تمام حسگرها را می پوشاند پیدا کند که عمر شبکه را بیشینه می نماید. بدین منظور آنها تمام درختهای تجمیع را پیدا می کنند و سپس از یک روش هیوریستیک جهت یافتن درختی که طول عمر شبکه را ماکزیمم می کند استفاده می نماید. بیور و شرف در [۹] الگوریتمی را پیشنهاد داده اند که سعی می کند مسیری به یک گروه یکسان از حسگرها (حسگرهایی که داده های یکسان تولید می کنند) بیاید. این الگوریتم با ارسال یک بسته (ساخت مسیر) به شبکه توسط نود سینک آغاز می گردد. هر گره با دریافت این بسته برای اولین بار بسته را به همسایگانش ارسال می نماید. و فرستنده را به عنوان والد مشخص می نماید. اگر یک نود چنین بسته ای را دوباره دریافت نماید, بررسی می کند که آیا فرستنده متعلق به گروه خودش است یا خیر. اگر اینگونه باشد, این نود فرستنده جدید را به عنوان والد انتخاب می کند. در این روش هر مسیر تا نود سینک, شامل نودهای متعلق به گروه یکسانی می باشد و بنابراین نرخ تجمیع در طول مسیر افزایش می یابد. در[۱۰]انتشار مستقیم به عنوان یک پروتکل تجمع داده برای شبکه های حسگر پیشنهاد شده است که هدفش نظارت بر رویدادهایی است که معمولا با استفاده از تعداد کمی از نودها حس می گردند. یک مثال از این سناریو ردیابی گروههای

حیوانات در یک ناحیه جغرافیایی خاص است. tag [۱۱] یک سیستم پرس و جوی شبکه های حسگر است که یک سینتکس شبیه sql بکار می برد و از تجمیع داده ها به عنوان یک پرس و جو که در شبکه صورت می گیرد استفاده می کند.

در [۱۲]جهت تجمیع داده ها در شبکه های حسگر بیسیم با استفاده از آتوماتاهای یادگیر سلولی پیشنهاد گردیده است که با شناسایی تشابه محیطی در این شبکه ها از ارسال داده های اضافی در شبکه جلوگیری کرده و مصرف انرژی شبکه صرفه جویی به عمل می آورد.

در [۱۳]یک روش فیلتر خطی مبتنی بر بافر (BFL) برای تجمیع داده ها پیشنهاد گردیده است که با توجه به وابستگی بین داده ها، میزان انتقال داده ها را کاهش داده و کارایی را افزایش می دهد.

کار ارائه شده در[۱۴] یک الگوریتم تجمیع داده ها به نام SCADA می باشد. در این کار یک پروتکل مسیریابی مبتنی بر خوشه بندی با استفاده از تکنیکهای یادگیری ماشین با هدف افزایش کیفیت سرویس در شبکه های WSN ارائه گردیده است.

در [۱۵] با ارائه یک شیوه خوشه‌بندی آگاه از داده و تشخیص رویدادهای غیرعادی، یک تجمیع داده آگاه از شباهت با استفاده از رویکرد c-means فازی برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم پیشنهاد شده است.

در [۱۶] روشهایی برای تجمیع داده ها با استفاده از پروتکل های LMSTو L_PEDAP در شبکه های حسگر ارائه گردیده است. در این کار بدین گونه عمل شده است که در LMST که یک پروتکل مبتنی بر موقعیت است یک ساختار درختی وجود دارد و برای ارسال اطلاعات به سرخوشه، از روش کوچکترین درخت فراگیر محلی استفاده می شود و داده ها در کوتاهترین مسیر درختی به مقصد ارسال می شوند و این باعث استفاده کمتر از حسگرها و در نتیجه کمتر هدر رفتن انرژی حسگرها می شود و در L_PEDAP از طریق ترکیب LMST با RNG جهت تجمیع داده ها از روش به هم وصل کردن خوشه ها و ایجاد مسیر بهینه استفاده می شود و در نهایت با ایجاد مسیریابی بهینه منجر به کاهش انرژی مصرفی در شبکه حسگر می شود.

۳- روش پیشنهادی

همانطور که قبلا ذکر شد در این مقاله هدف تجمیع داده های جمع آوری شده توسط شبکه حسگر بیسیم است. کاربری شبکه حسگر در اینجا در زمینه ی کشاورزی و تشخیص آفات محصولات و به طور ویژه هندوانه می باشد .در حقیقت هر گره از شبکه ی حسگر بیسیم طبق وظیفه ای که دارد میبایست اطلاعات مربوطه و خواسته شده(رطوبت هوا و خاک ،دمای هوا ، میزان ابر و ...) را جمع آوری کرده و ارسال نماید. اما مساله اینجاست که همواره بخشی از اطلاعاتی که ما برای کاربرد مورد نظرمان در حال جمع آوری آنها هستیم بلا استفاده هستند و جایگاهی در دستیابی به هدف از پیش تعیین شده ندارند و فقط سربار مضاعف برای شبکه ایجاد میکنند. برنامه نویسی ژنتیک راه حلی است که میتواند داده ها را تجمیع کرده و این مشکل را مرتفع سازد. تجمیع داده ها به کمک برنامه نویسی ژنتیک بدین صورت است که با توجه به نوع هر آفت، داده های حسگری مربوط به همان آفت انتخاب و ارسال می شوند. در این شرایط از ارسال اطلاعات اضافی و ایجاد سربار مضاعف در شبکه جلوگیری به عمل می آید.

از آنجایی که پارامترهایی که در زمینه کشاورزی و اهداف مختلف آن استفاده می شوند متعدد هستند لذا باید از بین همه ی این حسگرها ، آنهایی را جهت جمع آوری داده انتخاب کنیم که به اطلاعاتشان نیاز داریم. به عنوان هدف، برنامه نویسی ژنتیک وظیفه حذف همین پارامترهای اضافه و اعلام فرمول مناسب جهت تشخیص هر نوع آفت را به عهده دارد. دخیل کردن پارامترهای متعدد و غیرضروری در برنامه از سرعت و دقت فرایند تشخیص می کاهد. به عنوان اولین کار باید با توجه به اطلاعاتی که از طریق تحقیقات قبلی و کارشناسان مربوطه کسب می شود، تعدادی از پارامترهایی که در ایجاد آفات محصول هندوانه دخیل هستند، انتخاب گردند. هر کدام از این پارامترها، به عنوان یک متغیر ورودی برای شروع کار برنامه نویسی ژنتیک خواهند بود. در این کار چهار پارامتر تاثیرگذارِ دمای هوا، رطوبت هوا، رطوبت خاک و میزان پوشش ابر، به برنامه نویسی ژنتیک ارسال می شوند. با اجرای برنامه نویسی ژنتیک و بر اساس مقادیر مختلف این پارامترها در شرایط مختلف، مشخص می شود که کدام پارامتر واقعا تاثیر گذار بوده و باید فقط همان ها به مرکز کنترل فرستاده شوند. نتیجتا

فرمول مناسب برای تشخیص آفت بر اساس همین پارامترهای تاثیرگذار توسط برنامه نویسی ژنتیک مشخص می گردد.

جهت استفاده از برنامه نویسی ژنتیک برای تجمیع داده ها مراحل زیر انجام می گیرد:

۱-۳- تعیین مجموعه ترمینال ها

ترمینال یا پایانه ها شامل مجموعه ای از متغیرها و ثوابت اند که به صورت زیر تعیین می شوند[۱۷و۱۸]:

- مقادیر ثابت: این مقادیر همان اعداد و ارقام احتمالی و مرزی هستند که از طریق اطلاعات قبلی و مشورت با نخبگان بدست می آیند. به عبارت دیگر اینها همان اطلاعاتی هستند که در رابطه با هر آفت از قبل می دانیم و در اختیار داریم. به عنوان مثال با توجه به اطلاعات حدس میزنیم که کدام آفت در چه درجاتی از حرارت و چه میزان هایی از رطوبت خاک احتمال بروز دارد. پس همین مقادیر احتمالی، مقادیر ثابت برای تشخیص این آفت هستند. تعداد مقادیر ثابت محدود و بر اساس نوع آفت و بیماری متفاوت می باشند. این مقادیر ثابت به عنوان برگ های سمت راست درخت ژنتیک ظاهر می شوند.
- متغیر ها: باید از بین مجموعه حسگرهای موجود در زمینه کشاورزی (حسگر فشار هوا،رطوبت هوا،دمای هوا،رطوبت خاک ، دمای خاک ، میزان باد،میزان ابر و...)، تعدادی که مربوط به مسئله مورد نظر هستند را انتخاب و به عنوان ورودی به برنامه نویسی ژنتیک وارد کرد. مجموعه ای از متغیرهایی که در برنامه نویسی ژنتیک به منظور تشخیص آفات محصول هندوانه به کار می روند به این شرح می باشند [۱۹]:

• رطوبت خاک[1] (S_m) : رطوبت خاک عبارتست از نسبت وزن آب موجود در یک توده خاک به وزن خشک همان توده خاک که بصورت درصد بیان می گردد. مقادیر رطوبت خاک برای هر بیماری و یا آفت ممکن است متفاوت باشد. حسگر رطوبت سنج همواره در حال حس کردن رطوبت خاک و مقدار دادن به متغیر S_m است. برنامه نویسی ژنتیک در واقع S_m (که بیانگر میزان رطوبتی از خاک است که در آن میزان از رطوبت احتمال بروز آفت و یا بیماری مربوطه می باشد) را از بین اطلاعاتی که از قبل برای این پارامتر می دانیم تشخیص میدهد و همچنین رابطه ی بین S_m و سایر پارامترها را در صورت وجود. طی یک فرمول به عنوان جواب نشان می دهد.به عنوان نمونه نتیجه گیری میکند که اگر رطوبت خاک بیشتر از x درصد باشد و دمای هوا y مقدار شد احتمال بروز و رشد آفت مربوطه وجود دارد. متغیر S_m به عنوان برگ سمت چپ درخت ژنتیک و مجموعه ای از مقادیر ثابتی که برای آن محتمل است به عنوان برگ سمت راست درخت ژنتیک در نظر گرفته می شود.

• رطوبت هوا[2] (H) : به میزان بخار آب موجود در هوا رطوبت گفته می شود. اشباع شدن رطوبت هوا و یا کمبود شدید آن به محصول خسارت می زند. به عنوان مثال نوسانات شدید رطوبی هوا موجب اختلاف زیاد دمای درون و پیرامون محصول هندوانه شده و موجب بروز پدیده ی ترکیدگی پوست هندوانه می شود. متغیر H یکی دیگر از ترمینال هایی است که به عنوان ورودی به برنامه نویسی ژنتیک داده می شود ومجموعه مقادیری که احتمالا به آن تعلق می گیرند در برگ سمت راست درخت میگنجند.

• دمای هوا [3] (T):دمای هوا همان دمایی است که در محیط کشت وجود دارد و محدوده ای از آن برای تکامل و رشد گیاه ضروری است. مانند سایر متغیرها این متغیر هم برگ سمت چپ درخت و مقادیر آن در برگ سمت راست درخت جای میگیرند.

• میزان پوشش ابر[4] (C) : از عوامل تاثیرگذار بر روند رشد گیاه روزهای گرم و آفتابی و شب های مهتابی است.آسمانِ صاف ، نور مستقیم خورشید و عدم ایجاد سایه بر روی گیاه باعث می شود آفت و یا بیماری شرایط بروز را پیدا نکند.در اینجا نیز بر اساس اطلاعاتی که از قبل جمع آوری شده است، برنامه باید بتواند از بین مقادیری که برای این متغیر محتمل هستند، مقدار C را تشخیص داده و رابطه آن با سایر پارامترها را مشخص کند. مطابق جدول ۱

[1] Soil Moisture

[2] Humidity
[3] Temperature
[4] Cloud

جدول ۱ مجموعه ترمینال های مورد استفاده در روش پیشنهادی

مجموعه ترمینال ها		
مقادیر ثابت	مقادیر مرزی احتمالی برای هر متغیر از طریق منابع علمی و ...	برگ سمت راست درخت ژنتیک
متغیر ها	S_m ، H ،T، C	برگ سمت چپ درخت ژنتیک

۲-۳- تعیین مجموعه عملگرها

مجموعه عملگرها و توابعی که در برنامه نویسی ژنتیک به کار می روند ممکن است برای مسائل مختلف متفاوت باشند. از توابع منطقی و رابطه ای گرفته تا سینوسی و مثلثاتی و... .در حل مسئله ی تشخیص آفات محصولات کشاورزی، از ترکیبی از عملگرهای رابطه ای و منطقی استفاده می کنیم. به کار بردن این عملگرها باید به گونه ای باشد که جواب مساله را بتوان با همین مجموعه از عملگرها و ترمینال ها بدست آورد. مطابق جدول ۲

جدول ۲ مجموعه عملگرهای مورد استفاده در روش پیشنهادی

مجموعه عملگرها		
رابطه ای	<، >، <=، >= ، = ، !=	برگ های میانی درخت ژنتیک
منطقی	AND ,OR ,NOT	

۳-۳- تعیین تابع برازندگی

برای اینکه بتوان در هر مرحله کروموزوم های بهتر را درون جمعیت تشخیص داد، بایستی معیاری را تعریف کرد که بر اساس آن کروموزوم ها یا راه حل ها را ارزیابی کرد.

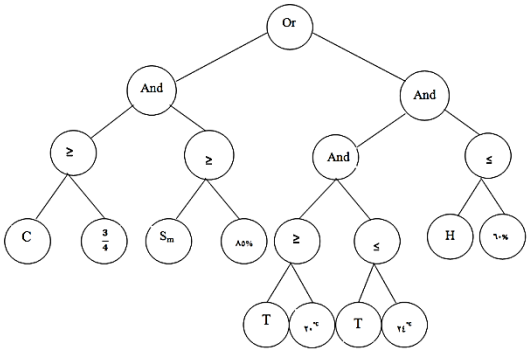
با توجه به مجموعه اطلاعات کشاورزی که در اختیار است، می توان رابطه هایی که از درخت ژنتیک بدست می آوریم را روی داده های قبلی اعمال نمود و با توجه به پارامترهای مطرح شده در رابطه های بدست آمده از درخت ژنتیک معیارهای ارزیابی مختلفی ارائه و محاسبه کرد. در این کار از معیار F-measure جهت ارزیابی کروموزوم ها استفاده می گردد[۱۸].

۴-۳-جهش و تقاطعبرنامه نویسی ژنتیک بر اساس مقدماتی که در ابتدای کار برایش تعریف شد در مرحله اول یک سری کروموزوم (درخت ژنتیک یا فرمول یا عبارت) به طور تصادفی تولید می کند. این درخت ها ممکن است کاملا بی شباهت با جواب مورد انتظار باشند. و مقدار تابع برازندگی محاسبه شده مناسب نباشد. از اینجا به بعد برنامه نویسی ژنتیک موظف است عملگرهای ژنتیک را آنقدر بر روی این جمعیت از کروموزوم های اولیه اعمال کند تا اینکه به شرط توقف برسد(رسیدن به مقدار مشخصی از تابع برازندگی و یا رسیدن به تعداد تکرار مشخص) و بهینه ترین و برازنده ترین جواب را به عنوان خروجی برنامه نمایش دهد. در برنامه نویسی ژنتیک، تقاطع به این صورت است که کروموزوم های بهتر به عنوان والد انتخاب شده و از یک نقطه که به صورت تصادفی مشخص میگردد عمل تقاطع انجام می شود وحاصل آن دو فرزند است که خصوصیات والدین را به ارث برده اند. در انتخاب از بین عناصر میانی درخت یا برگ ها، تعصبی وجود ندارد. در عمل جهش نیز یک نقطه ی تصادفی، با یک درخت جدید که آن هم به صورت تصادفی متشکل از توابع و ترمینال هاست، جایگزین می شود[۱۸].

در پایان اجرای الگوریتم، درختی که بیشترین مقدار برازندگی را دارد به عنوان پاسخ در نظر گرفته می شود و از این درخت جهت تجمیع و ارسال اطلاعات در شبکه حسگر استفاده می گردد.

با دقت در نحوه ی آرایش درخت شکل ۱ می توان به چگونگی تجمیع داده ها در این شبکه از حسگرهای بی سیم پی برد ؛ به عنوان مثال اگر زیر درخت سمت چپ درخت ژنتیک مربوط به بیماری سفیدک سطحی جالیز برآورده شود نیازی به بررسی زیر درخت سمت راست درخت نمی باشد و به این ترتیب از ارسال داده های اضافی در شبکه جلوگیری به عمل می آید.

برای بیماری سفیدک سطحی جالیز، زیر درخت سمت چپ می گوید اگر حسگر میزان پوشش ابر بیانگر این باشد که $\frac{3}{4}$ از مزرعه تحت سایه ابر قرار گرفته است و حسگر رطوبت خاک پای بوته به مدت طولانی عددی بالاتر از ۸۵ درصد را نشان دهد در نتیجه احتمال ایجاد بیماری سفیدک سطحی جالیز وجود دارد. زیر درخت سمت راست می گوید اگر حسگر دمای هوا عددی بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد را گزارش کند و رطوبت هوا نیز کمتر از ۶۰ درصد باشد و به وجود هوای خشک در مزرعه دلالت کند، احتمالا بیماری سفیدک سطحی جالیز رخ خواهد داد. بنابراین اگر زیر درخت سمت چپ برآورده شود دیگر نیازی به بررسی زیر درخت سمت راست نیست و برنامه نویسی ژنتیک ازین طریق توانسته از ارسال داده های اضافی درشبکه جلوگیری کند و باعث افزایش طول عمر شبکه شود.



شکل۱ درخت ژنتیک عوامل ایجاد کننده بیماری سفیدک سطحی جالیز[۱۸]

۴- پیاده سازی و ارزیابی

برای شروع پیاده سازی روش پیشنهادی در نرم افزار متلب، باید مراحل ذکر شده در بخش قبل را دنبال کرد. برای این منظور ابتدا طبق تحقیقاتی که در زمینه کشاورزی صورت گرفته است، عوامل دخیل در شیوع آفت را لیست نموده و از بین آنها تعدادی که در ایجاد آفتهای مورد بررسی، تاثیر گذار هستند را انتخاب و به برنامه نویسی ژنتیک ارسال می کنیم. این عوامل که دمای هوا، رطوبت هوا، رطوبت خاک و میزان ابرهستند در برنامه نویسی ژنتیک به عنوان متغیر در نظر گرفته می شوند.

اندازه جمعیت یکی از پارامترهایی است که مقدار آن را ۲۰ در نظر گرفتیم به این معنا که در هر دور از تکرار برنامه ۲۰ جواب تولید می شود. دومین پارامتر شرط خاتمه برنامه است که اجرای برنامه به ازای ۱۰۰مرتبه تکرار در نظر گرفته شده است. با اتمام اجرای برنامه در مرتبه ی صدم، برنامه خاتمه پیدا میکند. پارامترها و مقادیر مورد استفاده در شبیه سازی مطابق جدول ۳ می باشد.

جدول ۳ المان های مورد استفاده در روش پیشنهادی

تعداد تکرار برنامه(شرط خاتمه)	۱۰۰
متغیرها	T,H,C,S_m
عملگر	=، <، >، NOT، OR ،AND و =!
اندازه جمعیت	۲۰
روش انتخاب والدین برای تقاطع و جهش	تورنمنت
روش تقاطع	انتخاب تصادفی یک نقطه ای
روش جهش	جایگزینی تصادفی یک زیر درخت
انتخاب جمعیت جدید	انتخاب بهترین ها

جدول ۴ بازه ی مقداردهی متغیرها[۱۷]

نام متغیر	بازه ی مقداردهی
میزان ابر (C)	۰ و $\frac{1}{8}$ و $\frac{2}{8}$ و $\frac{3}{8}$ و $\frac{4}{8}$ و $\frac{5}{8}$ و $\frac{6}{8}$ و $\frac{7}{8}$ و $\frac{8}{8}$
رطوبت خاک(S_m)	۳۰،۳۵،۴۰،۴۵،۵۰،۵۵،۶۰،۶۵،۷۰،۷۵،۸۰،۸۵، ۹۰،۹۵،۱۰۰
دمای هوا(T)	۱۰،۱۵،۲۰،۲۵،۳۰،۳۵،۴۰،۴۵،۵۰
رطوبت هوا(H)	۱۰،۲۰،۳۰،۴۰،۵۰،۶۰،۷۰،۸۰،۹۰،۱۰۰

بازه مقداردهی متغیرهای برنامه نویسی ژنتیک، طبق جدول ۴ تنظیم شده است. مقادیر ممکن برای متغیر c به صورت اعداد صحیح بین صفر تا ۸ در برنامه نشان داده می شوند. برای مثال اگر C=۸ باشد نشان دهنده ی آسمان ابری

است. سایر متغیرها نیز به همین صورت بازه ی مقداردهی آن ها به صورت حداقل و حداکثر ممکن مشخص شده است.

علاوه بر مواردی که در بالا شرح داده شد، لازم است به داده های مورد استفاده در روش پیشنهادی نیز اشاره ای گردد. در این کار جهت محاسبه تابع برازندگی، از داده های موجود در سازمان هواشناسی استان کرمان، مرکز تحقیقات کشاورزی استفاده شده است. این داده ها مربوط به سال ۲۰۱۵ شهرستان ارزوئیه و شاهماران (از مراکز اصلی کشت هندوانه) می باشند که در تناوب های ۱۰ دقیقه ای سنجش و ذخیره شده اند. مدت یک ماه(ماه مِی) از این داده ها جهت تزریق به برنامه نویسی ژنتیک مورد تحلیل قرار داده شده اند. در ضمن از مشورت مهندسین سازمان جهاد کشاورزی و کشاورزان منطقه نیز جهت تعیین مقادیر ثابت مرزی بهره گرفته شده است. شبیه سازی برای سه بیماری مربوط به گیاه هندوانه صورت گرفته است و در ادامه نتایج آورده شده اند.

۵- نتایج

۵-۱-نتایج برای بیماری سفیدک سطحی جالیز

پس از اتمام اجرای برنامه، به ازای هر تکرار یک عبارت تولید می شود که در حقیقت بهترین پیشنهادی است که برنامه نویسی ژنتیک برای عوامل آفت بیماری سفیدک سطحی جالیز داده است. برای مثال در تاریخ ۲۰۱۵/۰۵/۳۰ و در ساعت ۱۰:۴۰ صبح مقادیر متغیرهای مورد استفاده در این روش به نحوی است که آسمان ابری(۷ = c) ، رطوبت خاک۸۹/۴۵ درصد، دمای هوا ۴۱/۲ درجه سانتی گراد و رطوبت هوا۸/۹ درصد بوده است. در این شرایط فرمول (۱) را که مشخص کننده ی عوامل شیوع این بیماری است بر این داده ها اعمال کرده و مشاهده می شود که جواب عبارت شرطی مثبت شد و بیماری سفیدک سطحی جالیز رخ خواهد داد.

IF(OR(AND(C>= 6
،S_m>=85)؛AND(AND(T>=20 ؛
T<=25)؛H<=60))؛"Positive"؛"Negative") (۱)

در اینجا چون مقدار متغیرهای C و S_m به گونه ای بود که جواب AND یک شد، بدیهی است که جواب OR نهایی نیز یک می شود و دیگر نیازی به بررسی قسمت دوم عبارت شرطی نیست. بنابراین IF مقدار مثبت (صفر، وقوع بیماری) را برمی گرداند.ب ا دقت در این بخش متوجه می شویم که از چهار متغیر فقط دو تای آنها مورد تحلیل قرار گرفت و درواقع نیمی از داده هایی که حسگرها جمع آوری کرده بودند تجمیع شده و نیاز به ارسال ندارند.

تعدادی از جواب هایی که برنامه تولید کرده به همراه میزان شایستگی هر جواب،میزان تجمیع داده ها، میزان دقت جواب و متغیرهای موثر در تشخیص بیماری در شکل ۲ آورده شده اند.در هر کدام از جواب ها x1 ، x2 ، x3 و x4 به ترتیب نمایانگر متغیرهای C، S_m ، T و H هستند.

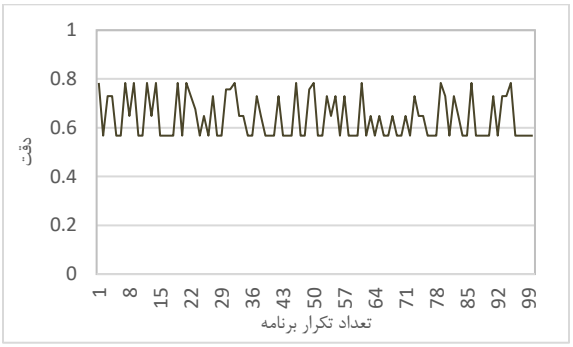
ستون اول در شکل ۲ فرمول یا عبارتی را نشان می دهد که در یک دور از اجرای برنامه به عنوان بهترین خروجی معرفی شده است. هر کدام ازین فرمول ها از نظر پارامترهایی سنجیده شدند که مقادیر عددی آنها در ستون های بعدی قابل ملاحظه است. ستون دوم متغیر ها یا همان حسگرهایی را نشان میدهد که در عبارات موجود در ستون اول هستند و جمع آوریِ داده های آنها توسط برنامه جهت تشخیص بیماری لازم دانسته شده است.به عبارتی از بررسی داده های سایر حسگرها صرف نظر کردیم و با این کار به هدف اصلی روش پیشنهادی که تجمیع داده ها و کاهش پردازش ها و ارسال های غیر ضروری است دست پیدا می کنیم. ستون سوم میزان دقت جواب ها یا میزان تشخیص درست به هنگام وقوع بیماری را نشان می دهد که به طور میانگین۶۵ درصد می باشد. پس نتایج این شبیه سازی ها زمانی قابل اطمینان هستند که تا حد زیادی به اطلاعاتی که ما از زمینه کشاورزی در اختیار داریم نزدیک باشند. ستون چهارم میزان شایستگی هر جواب را مشخص می کند که به طور میانگین ۵۵ درصد است. با توجه به اینکه متغیرهای درخت می توانند چندین مقدار مختلف داشته باشند، هر فرمول به ازای تمام مقادیر ممکن ارزیابی شده و خروجی ایجاد شده با خروجی مورد انتظار مقایسه و بر اساس تابع f-measure میزان شایستگی این عبارت تعیین می شود. ستون پنجم در جدول بیانگر میزان تجمیع داده هاست. حاصل تفریق تعداد حسگرهای انتخاب شده از تعداد کل حسگرهای مورد استفاده در روش پیشنهادی این میزان را نشان می دهد.

شکل۳ میزان دقت پاسخ های برنامه نویسی ژنتیک را در تشخیص وقوع بیماری سفیدک سطحی جالیز نشان میدهد. بر طبق این نمودار به طور میانگین در حدود ۶۵ درصد مواقعی که

به طور واقعی این بیماری در مزرعه شیوع پیدا می کند برنامه هم موفق به تشخیص درست آن شده است.

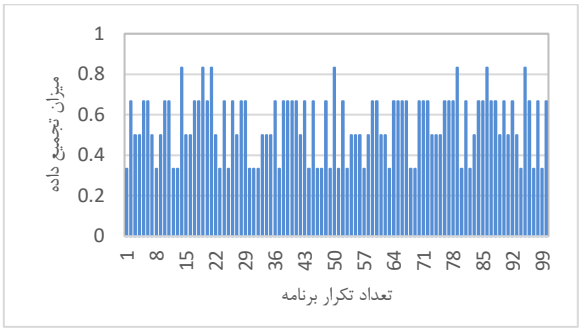
iteration	'This is Calculation Expresion: X1:C,X2:Sm,X3:T,X4:H'	variables	precision	f-measure	Data Aggregation'
1	'ne(X1,lt(lt(X2,andmy(notmy(X1),X2)),ge(ne(gt(X2,X4),lt(X3,X2)),X3)))'	'C,Sm,T,H,'	0.783784	0.597938144	'0.33333'
2	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567568	0.518518519	'0.66667'
3	'le(ormy(X3,X2),ormy(X3,X1))'	'C,Sm,T,'	0.72973	0.580645161	' 0.5'
4	'ne(notmy(myif(ne(ge(X2,X2),gt(X1,X1)),notmy(gt(X2,X3)),X1)),X1)'	'C,Sm,T,'	0.72973	0.580645161	' 0.5'
5	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.567568	0.518518519	'0.66667'
6	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.567568	0.518518519	'0.66667'
7	'lt(gt(X3,X3),ormy(notmy(notmy(notmy(X1))),X4))'	'C,T,H,'	0.783784	0.58	' 0.5'
8	'andmy(X2,ormy(le(X2,gt(gt(X3,X1),lt(X2,X3))),ne(X3,myif(X2,ne(X2,X3),eq(X1,X4)))))'	'C,Sm,T,H,'	0.648649	0.551724138	'0.33333'
9	'ge(ge(X3,X2),lt(X2,X4))'	'Sm,T,H,'	0.783784	0.585858586	' 0.5'
10	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567568	0.518518519	'0.66667'
11	'le(ormy(X2,X3),X3)'	'Sm,T,'	0.567568	0.518518519	'0.66667'
12	'ormy(gt(andmy(X2,X3),gt(X2,X1)),gt(X2,X4))'	'C,Sm,T,H,'	0.783784	0.597938144	'0.33333'
13	'andmy(notmy(X3),ne(gt(andmy(le(X1,X2),ormy(X2,X4)),andmy(andmy(X1,X1),myif(X1,X4,X1))),lt(eq(ge(X3,X2),lt(X2,X3)),X3)))'	'C,Sm,T,H,'	0.648649	0.551724138	'0.33333'
14	'ge(X4,X4)'	'H,'	0.783784	0.58	'0.83333'
15	'lt(lt(ormy(lt(gt(X3,X2),ge(X4,X2)),X3),X2),gt(X4,lt(notmy(ne(X3,X4)),X4)))'	'Sm,T,H,'	0.567568	0.518518519	' 0.5'
16	'le(andmy(ge(gt(X1,andmy(X2,X3)),lt(ormy(le(notmy(X1),ge(X1,X3)),X1),eq(X1,X2))),notmy(X3)),le(X2,X3))'	'C,Sm,T,'	0.567568	0.518518519	' 0.5'
17	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.567568	0.518518519	'0.66667'
18	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.567568	0.518518519	'0.66667'
19	'eq(X1,X1)'	'C,'	0.783784	0.58	'0.83333'
20	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567568	0.518518519	'0.66667'
21	'eq(X2,X2)'	'Sm,'	0.783784	0.58	'0.83333'
22	'ne(X1,eq(X3,le(eq(ormy(X2,X1),myif(X2,X1,X1)),lt(X3,lt(X1,X2)))))'	'C,Sm,T,'	0.72973	0.580645161	' 0.5'

شکل ۲ نتایج حاصل از اجرای برنامه برای بیماری سفیدک سطحی جالیز



شکل ۳ میزان دقت خروجی ها برای بیماری سفیدک سطحی جالیز

شکل ۴ میزان تجمیع داده ها را نشان می دهد. برای بیماری سفیدک سطحی جالیز این میزان ۵۶ درصد بوده است. معیار تجمیع داده ها متناسب با میزان کاهش مصرف انرژی در شبکه حسگر بیسیم و افزایش طول عمر آن است. به طوریکه هرچه میزان تجمیع داده ها در شبکه حسگر بیسیم افزایش یابد به همان نسبت انرژی کمتری از شبکه صرف پردازش شده و منجر به افزایش طول عمر شبکه می شود.



شکل ۴ میزان تجمیع داده ها برای بیماری سفیدک سطحی جالیز

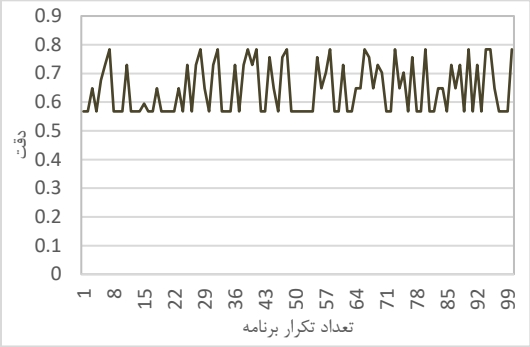
در رابطه با سایر آفات و بیماری های مطرح شده در این پژوهش نیز ساختار برنامه به همین ترتیب پیش می رود و نتایج آن در ادامه آورده شده است.

۲-۵- نتایج برای آفت پوسیدگی گلگاه

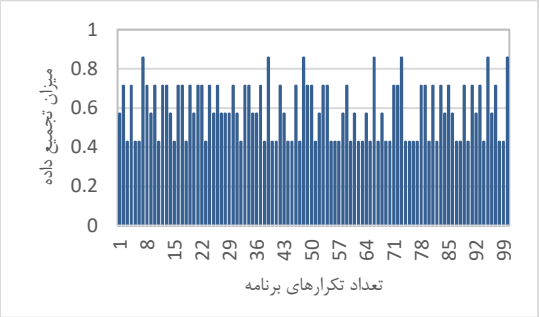
تعدادی از نتایج برنامه برای بیماری نوع دوم به صورت شکل ۵ می باشند. نتایج حاصل از اجرای برنامه برای تشخیص بیماری پوسیدگی گلگاه حاکی از آن است که برنامه توانسته در ۶۶ درصد مواقع تشخیص درستی داشته باشد و ۵۹ درصد از داده ها را تجمیع کند. این نتایج در اشکال ۶ و ۷ قابل مشاهده هستند.

iterations	'This is Calculation Expresion: X1:C,X2:Sm,X3:T,X4:H'	varibales	precision	f-measure	Data Aggregation
1	'ge(X3,notmy(ormy(eq(X4,ormy(ne(X3,X3),gt(X3,X3))),notmy(X2)))'	'Sm,T,H,'	0.5675676	0.5185185	'0.57143'
2	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.71429'
3	'ne(gt(X2,ge(gt(andmy(X3,X2),ne(X1,X2)),myif(gt(X1,X2),X2,eq(X4,X2)))),X3)'	'C,Sm,T,H,'	0.6486486	0.5517241	'0.42857'
4	'andmy(X2,ge(X3,X2))'	'Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.71429'
5	'ge(ne(ormy(X3,lt(X1,ge(X4,X4))),andmy(X1,myif(notmy(X3),ne(X2,X3),lt(X4,X1)))),ne(andmy(X4,notmy(notmy(X4))),X1))'	'C,Sm,T,H,'	0.6756757	0.5555556	'0.42857'
6	'ge(ormy(ormy(ormy(andmy(X3,X3),lt(X2,X4)),X1),eq(ne(X2,myif(X4,X3,X3)),notmy(lt(X1,X1)))),X2)'	'C,Sm,T,H,'	0.7297297	0.5806452	'0.42857'
7	'le(X4,X4)'	'H,'	0.7837838	0.58	'0.85714'
8	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.71429'
9	'le(andmy(notmy(ne(myif(X1,X3,X1),X1)),X2),X3)'	'C,Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.57143'
10	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.71429'
11	'andmy(gt(X1,myif(le(ne(X3,X2),X4),andmy(ormy(X4,X2),lt(X3,X2)),lt(le(X4,X1),ormy(X2,X1)))),X4)'	'C,Sm,T,H,'	0.7297297	0.5806452	'0.42857'
12	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.71429'
13	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.71429'
14	'andmy(X4,ge(X3,X2))'	'Sm,T,H,'	0.5675676	0.5185185	'0.57143'
15	ne(ne(andmy(X2,X3),X2),myif(ge(le(X1,le(X3,X3)),myif(X3,gt(X3,X4),andmy(X4,X3))),le(lt(myif(X1,X2,X3),le(X2,X2)),X2),notmy(notmy(andmy(X3,X1))))'	'C,Sm,T,H,'	0.5945946	0.5301205	'0.42857'
16	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.71429'
17	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.71429'
18	'ne(X3,ne(le(ge(myif(X4,lt(X2,X3),X3),X1),ormy(andmy(ge(X3,X2),lt(X2,X3)),andmy(X2,le(X4,X3)))),X2))'	'C,Sm,T,H,'	0.6486486	0.5517241	'0.42857'
19	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.71429'
20	'le(ormy(ge(ne(notmy(X1),myif(X3,X3,X1)),notmy(notmy(X3))),ormy(X2,lt(andmy(X1,X1),ormy(X3,X1)))),X3)'	'C,Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.57143'
21	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.71429'
22	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.5675676	0.5185185	'0.71429'

شکل ۵ نتایج حاصل از اجرای برنامه برای بیماری پوسیدگی گلگاه



شکل۶ میزان دقت خروجی ها برای بیماری پوسیدگی گلگاه



شکل ۷ میزان تجمیع داده ها برای بیماری پوسیدگی گلگاه

۳-۵- نتایج برای آفت سرخرطومی جالیز

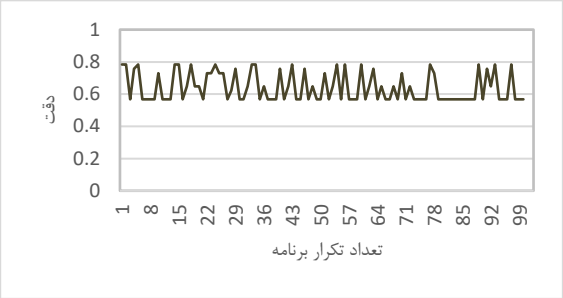
با استفاده از مقادیر محتمل در ایجاد این نوع آفت که از داده های کشاورزی سال های اخیر بدست آمده اند، به قانون زیر دست پیدا می کنیم.

IF(OR(AND(C>=6؛Sm>=85)؛AND(AND(T>=25؛T<=30)؛H<=60))؛"Positive"؛"Negetive") (۲)

iteration	'This is Calculation Expresion: X1:C,X2:Sm,X3:T,X4:H'	variables	precision	f-measure	Data Aggregation
1	'gt(X1,andmy(eq(X3,X1),gt(X2,ormy(ormy(myif(X2,X1,le(X4,X1)),myif(myif(X3,X4,X2),notmy(X4),le(X4,X1))),le(ormy(X4,gt(X2,X4)),X1)))))'	'C,Sm,T,H,'	0.783783784	0.585859	' 0'
2	'le(X4,X4)'	'H,'	0.783783784	0.58	'0.75'
3	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.518519	' 0.5'
4	'ge(andmy(X3,ne(lt(X3,X2),X3)),le(X2,X4))'	'Sm,T,H,'	0.756756757	0.589474	'0.25'
5	'eq(X1,X1)'	'C,'	0.783783784	0.58	'0.75'
6	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.518519	' 0.5'
7	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.518519	' 0.5'
8	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.518519	' 0.5'
9	'eq(ge(ormy(X1,X2),andmy(ormy(notmy(X2),ormy(X2,X4)),X2)),ne(ne(eq(X2,eq(X4,X2)),notmy(X4)),gt(X2,X3)))'	'C,Sm,T,H,'	0.567567568	0.518519	' 0'
10	'eq(ne(gt(le(ge(X4,X3),myif(X3,X3,X2)),X2),notmy(notmy(X3))),ne(gt(X2,X1),X3))'	'C,Sm,T,H,'	0.72972973	0.580645	' 0'
11	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.518519	' 0.5'
12	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.518519	' 0.5'
13	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.518519	' 0.5'
14	'gt(X1,eq(X2,notmy(ne(X2,lt(X3,X3)))))'	'C,Sm,T,'	0.783783784	0.58	'0.25'
15	'ge(X1,myif(ne(andmy(le(X2,X4),ne(X4,X3)),X3),ge(andmy(ne(X4,X3),X1),X2),X2))'	'C,Sm,T,H,'	0.783783784	0.597938	' 0'
16	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.518519	' 0.5'
17	'myif(eq(X3,ne(X2,eq(ge(X4,X1),andmy(X4,X3)))),eq(X2,ne(X4,X2)),le(lt(notmy(ne(X1,X3)),X2),andmy(X3,X2)))'	'C,Sm,T,H,'	0.648648649	0.551724	' 0'
18	'le(ne(notmy(eq(ne(X4,X3),X2)),X3),X1)'	'C,Sm,T,H,'	0.783783784	0.58	' 0'
19	'ge(lt(ne(ge(X2,X3),X1),le(X1,le(X2,ge(X1,X3)))),le(X3,andmy(gt(myif(X1,X2,X3),X3),X3)))'	'C,Sm,T,'	0.648648649	0.551724	'0.25'
20	'gt(X3,ne(ormy(notmy(X2),andmy(le(X4,X3),eq(X4,X1))),notmy(eq(andmy(X1,X4),ge(X4,X1)))))'	'C,Sm,T,H,'	0.648648649	0.551724	' 0'
21	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.518519	' 0.5'
22	'gt(ormy(ne(gt(notmy(X2),notmy(X2)),X3),X3),andmy(eq(gt(eq(X3,X3),ne(X3,X2)),gt(ge(X1,X3),X2)),eq(ne(ge(X2,X1),X2),X1)))'	'C,Sm,T,'	0.72972973	0.580645	'0.25'

شکل ۸ نتایج حاصل از اجرای برنامه برای آفت سرخرطومی جالیز

بخشی از نتایج برنامه برای این نوع آفت به شکل ۸ می باشند. شکل ۹ بیانگر این است که درصد موفقیت برنامه در تشخیص آفت سرخرطومی جالیز ۶۴درصد است و شکل ۱۰ نشان می دهد که ۳۶ درصد از داده های دریافتی از حسگرها تجمیع شدند.



شکل ۹ میزان دقت خروجی ها برای آفت سرخرطومی جالیز

شکل۱۰ میزان تجمیع داده ها برای آفت سرخرطومی جالیز

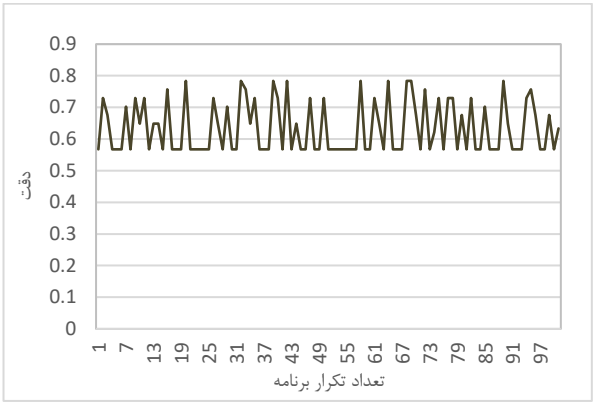
۴-۵- نتایج برای آفت مگس جالیز

با اتمام اجرای برنامه برای تولید فرمول مناسب تشخیص آفت مگس جالیز، تعدادی از پاسخ ها در شکل ۱۱ آورده شده اند.

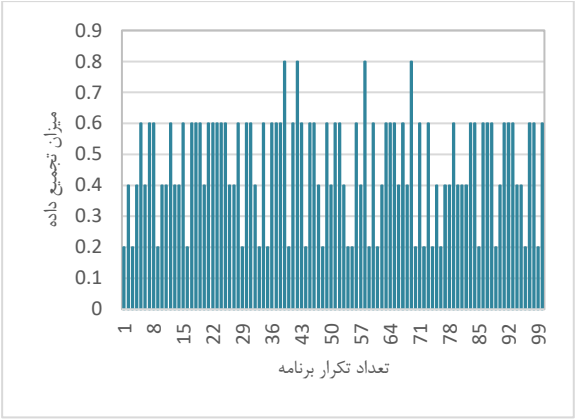
iteration	This is Calculation Expresion: X1:C,X2:Sm,X3:T,X4:H'	variables	precision	f-measure	Data Aggregation
1	'myif(le(notmy(lt(X4,X3)),X3),eq(X4,gt(eq(X4,myif(X3,X3,X2)),X2)),le(myif(X3,ormy(andmy(X2,X2),ne(X1,X3)),le(lt(X3,X1),ormy(X1,X2))),ormy(X3,lt(notmy(X4),X1))))'	'C,Sm,T,H,'	0.567567568	0.5185185	'0.2'
2	'gt(X3,notmy(notmy(lt(ge(X1,X2),ge(X1,X3)))))'	'C,Sm,T,'	0.72972973	0.5806452	'0.4'
3	'ge(X3,andmy(ormy(lt(myif(X3,X2,X3),lt(X3,X1)),X4),X2))'	'C,Sm,T,H,'	0.675675676	0.5555556	'0.2'
4	'le(myif(ge(ormy(X1,X3),eq(X1,X3)),X1),ormy(notmy(notmy(X2)),ne(X3,myif(X1,X2,X1))),X2),X3)'	'C,Sm,T,'	0.567567568	0.5185185	'0.4'
5	'gt(eq(ormy(lt(notmy(X2),ge(X3,X2)),X3),X3),gt(X2,X3))'	'Sm,T,'	0.567567568	0.5185185	'0.6'
6	'le(X2,myif(ge(X2,ge(X1,X1)),X3,X3))'	'C,Sm,T,'	0.567567568	0.5185185	'0.4'
7	'ne(X1,notmy(X3))'	'C,T,'	0.702702703	0.5531915	'0.6'
8	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.5185185	'0.6'
9	'ge(ormy(myif(andmy(eq(X1,X3),X4),andmy(ne(X2,X4),ne(X3,X1)),X2),ge(X3,ne(eq(X4,X2),X3))),ormy(X2,le(X3,le(gt(X1,X1),ge(X4,X4)))))'	'C,Sm,T,H,'	0.72972973	0.5806452	'0.2'
10	'lt(ne(le(X2,eq(ge(X2,X1),X1)),X2),X3)'	'C,Sm,T,'	0.648648649	0.5517241	'0.4'
11	'ge(gt(X2,X4),lt(X3,X2))'	'Sm,T,H,'	0.72972973	0.5806452	'0.4'
12	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.5185185	'0.6'
13	'lt(myif(gt(myif(andmy(X2,X1),ormy(X3,X2),X2),ormy(X3,eq(X2,X2))),ne(ne(ne(X3,X3),X1),X2),myif(X1,lt(andmy(X1,X2),ormy(X3,X3)),X1)),X3)'	'C,Sm,T,'	0.648648649	0.5517241	'0.4'
14	'gt(X3,ne(X2,ormy(X1,le(myif(X3,gt(X2,X1),andmy(X2,X3)),notmy(X2)))))'	'C,Sm,T,'	0.648648649	0.5517241	'0.4'
15	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.5185185	'0.6'
16	'gt(X3,andmy(andmy(ne(eq(X2,X3),X2),andmy(ormy(X2,X4),ormy(X3,X1))),gt(eq(X2,andmy(X4,X2)),eq(andmy(X2,X4),lt(X3,X4)))))'	'C,Sm,T,H,'	0.756756757	0.5894737	'0.2'
17	'andmy(le(X2,X3),myif(X2,notmy(gt(X2,notmy(X2))),X3))'	'Sm,T,'	0.567567568	0.5185185	'0.6'
18	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.5185185	'0.6'
19	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.5185185	'0.6'
20	'ge(X2,le(X1,X4))'	'C,Sm,H,'	0.783783784	0.58	'0.4'
21	'ge(X3,X2)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.5185185	'0.6'
22	'le(X2,X3)'	'Sm,T,'	0.567567568	0.5185185	'0.6'

شکل ۱۱ نتایج حاصل از اجرای برنامه برای آفت مگس جالیز

معیارهایی که برای آفت و بیماری های قبل بررسی کردیم در اینجا نیز وجود دارند. شکل ۱۲ دقتی معادل ۶۵درصد را برای تشخیص درست وقوع آفت مگس جالیز را نشان می دهد و شکل ۱۳ میزان تجمیع داده ها را در حدود ۴۷ درصد بیان کرده است.



شکل ۱۲ میزان دقت خروجی ها برای آفت مگس جالیز



شکل ۱۳ میزان تجمیع داده ها برای آفت مگس جالیز

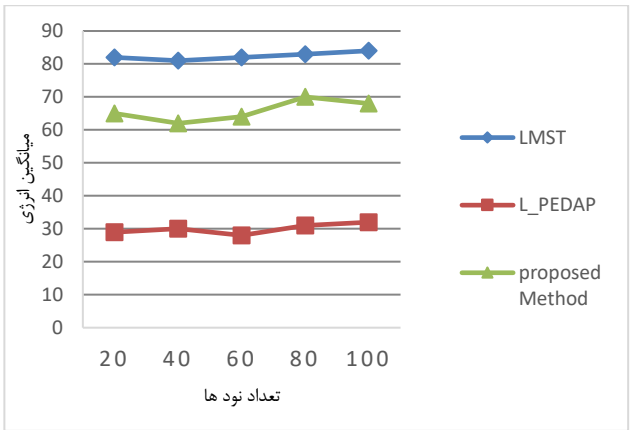
۶- مقایسه با روش های مشابه

با توجه به نتایج شبیه سازی، می توان روش پیشنهادی جهت تجمیع داده ها را برای کاهش مصرف انرژی با کارهای صورت گرفته قبلی که تجمیع داده ها در شبکه حسگر را انجام داده اند، مقایسه کرد. برای این منظور میزان مصرف انرژی شبکه و همچنین میزان دقت در تشخیص آفات و بیماری های محصول هندوانه با دو کار قبلی مقایسه شده است.

پروتکل های L_PEDAP و LMST در جهت تجمیع داده ها در شبکه های حسگر انجام شده اند[۱۶] بر اساس شبیه سازی انجام شده برای تجمیع داده ها در روش پیشنهادی با استفاده از برنامه نویسی ژنتیک مقایسه میزان دقت با دو پروتکل دیگر را در شکل ۱۴ مشاهده می کنید که میزان دقت روش پیشنهادی از میزان دقت دو پروتکل دیگر بیشتر می باشد.

شکل ۱۴ مقایسه دقت روش پیشنهادی

روش های L_PEDAP و LMST تجمیع داده ها را در شبکه های حسگر انجام داده اند، همانطور که در شکل ۱۵ مشخص می باشد با مقایسه آنها با شبیه سازی صورت گرفته در این کار نشان می دهد که مصرف انرژی در این روش بیشتر از روش L_PEDAP و کمتر از LMST می باشد ولی از دقت بیشتری نسبت به هر دو روش فوق برخوردار می باشد. درواقع اگر مصرف انرژی آن از روش L_PEDAP بیشتر است در عوض میزان دقت بالاتری نسبت به این روش دارد.



شکل ۱۵ مقایسه میزان مصرف انرژی

۷-جمع بندی

با توجه به ویژگی های شبکه های حسگر بی سیم و اطلاعاتی که توسط حسگرهای هر گره دریافت و در شبکه منتقل می شود، ممکن است بسیاری از این اطلاعات بلااستفاده

باشند. بنابراین در اکثر مواقع انرژی زیادی از حسگرها بخاطر منتقل کردن بسیاری از اطلاعات بی فایده در شبکه از بین می رود و از طول عمر حسگر کاسته می شود. بر همین اساس در این مقاله، راهکاری جهت افزایش طول عمر حسگرها در شبکه های حسگر بی سیم ارائه گردید که جهت تجمیع داده ها از روش برنامه نویسی ژنتیک برای مسئله تشخیص آفات محصولات کشاورزی استفاده شده است که با استفاده از برنامه نویسی ژنتیک، تجمیع داده ها را انجام داده و همراه با افزایش دقت تشخیص، باعث افزایش طول عمر شبکه حسگر بی سیم نیز گردیده است.

۸- منابع و مراجع

[1] A. Z. Abbasi, N. Islam, Z. A. Shaikh, and others, 'A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture', Comput. Stand. Interfaces, vol. 36, no. 2, pp. 263–270, 2014.

[2] D. Wu, M.H. Wong, Fast and simultaneous data aggregation over multiple regions in wireless sensor networks, IEEE Trans. Syst. Man Cybern. – Part C: Appl. Rev. 41 (3) (2011) 333–343.

[3] Sato M, Nakajima S, Suzuki K, Ethernet link aggregation, United States Patent, (2010).

[4] H. chen, s. megerian, "cluster sizing and head selection for efficient data aggregation and routing in sensor networks," IEEE wireless communications and networking conf,5 (2006) 2318-2323.

[5] Pei Wang a, Yuan He b, Liusheng Huang, Near optimal scheduling of data aggregation in wireless sensor networks, Ad Hoc Networks 11 (2013) 1287–1296.

[6] Burrell, J., Brooke, T., Beckwith, R. Vineyard computing: sensor networks in agricultural production. Pervasive Computing 3 (January–March (1)), (2004) 38–45.

[7] C. Guestrin, P. Bodik, R. Thibaux, M. Paskin and S. Madden, "Distributed Regression: An Efficient Framework for Modeling Sensor Network Data", Intel corporation, 2004.

[8] K. Dasgupta, K. Kalpakis and P. Namjoshi, "An Efficient Clustering-based Heuristic for Data Gathering and Aggregation in Sensor Networks", IEEE Wireless Communications and Networking Conference, Vol.4, No. 1, March, 2003.

[9] P. Radivojac, U. Korad, K. M. Sivalingam and Z. Obradovic, "Learning from Class-Imbalanced Data in Wireless Sensor Networks," IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference, VTC-Fall 2003, , Orlando, Florida, U.S.A., OctoberVol. 5, pp. (2003) 3030-3034.

[10] Y. Xu, W. C. Lee, J. Xu, and G. Mitchell, "Processing Window Queries in Wireless Sensor Networks", IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE'06), Atlanta, GA, April 2006.

[11] R. Rosemark and W. C. Lee, "Decentralizing Query Processing in Sensor Networks", the Second International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services (Mobiquitous'05), San Diego, CA, July, 2005, pp. 270-280.

[12] Ahmadinia, Mohammad, Hamid Alinejad-Rokny, and Hojjatollah Ahangarikiasari. "Data aggregation in wireless sensor networks based on environmental similarity: A learning automata approach." Journal of Networks 9.10 (2014): 2567.

[13] Agarwal, Arun, Khushboo Jain, and Amita Dev. "BFL: a buffer based linear filtration method for data aggregation in wireless sensor networks." International Journal of Information Technology 14.3 (2022): 1445-1454.

[14] William, P., Abhishek Badholia, Vijayant Verma, Anurag Sharma, and Apurv Verma. "Analysis of Data Aggregation and Clustering Protocol in Wireless Sensor Networks Using Machine Learning." In Evolutionary Computing and Mobile Sustainable Networks, pp. 925-939. Springer, Singapore, 2022.

[15] Wan, Runze, et al. "Similarity-aware data aggregation using fuzzy c-means approach for wireless sensor networks." EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking 2019.1 (2019): 1-11.

[16]Chi Lin, Guowei Wu, Feng Xia, Mingchu Li, Lin Yao, Zhongyi Pei, Energy efficient ant colony algorithms for data aggregation in wireless sensor networks, Journal of Computer and System Sciences 78 (2012) 1686–1702.

[17] خانجانی م.۱۳۸٦.آفات سبزی و صیفی ایران.چاپ سوم.همدان:دانشگاه بوعلی سینا

[18] R. Poli and J. Koza, 'Genetic programming', in Search Methodologies, Springer, pp. 143–185, 2014.

[19] 'Pests and diseases of watermelon',http://www.daf.qld.au/plants/fruit-and vegtables/melons