هفتمین کنفرانس ملی مباحث نوین در کامپیوتر و فناوری اطلاعات
7th National Conference on Advanced Topics in Computer and Information Technology
۲ آذر ماه ۱۴۰۲

پیش‌بینی بارش باران در بازه‌های زمانی و مناطق مختلف با استفاده از الگوریتم کلونی حشرات

راضیه امیری مقدم[۱]، علیرضا صفائی[۲]

(۱) گروه کامپیوتر، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران
razamiri140@ gmail.comm

(۲) گروه کامپیوتر، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران
alisafasafaei@yahoo.com

چکیده : تجزیه و تحلیل داده‌های آب و هوا از جمله شاخص بارندگی توجه زیادی را در میان دانشمندان و تحقیقات صورت گرفته در طول سال‌های اخیر داشته است به نحوی که پیش‌بینی بارش باران یکی از وظایف چالش برانگیز در پیش‌بینی هواشناسی در اکثر کشورها می‌باشد زیرا پیش‌بینی دقیق و به موقع بارش‌ها می‌تواند برای پیشبرد اقدامات امنیتی موثر در مورد پروژه‌های ساخت و ساز در حال انجام، فعالیت‌های حمل و نقل، وظایف کشاورزی، عملیات پرواز و وضعیت سیل و غیره مفید باشد بنابراین داشتن یک رویکرد مناسب برای پیش‌بینی باران اقدامات پیشگیرانه و کاهش دهنده پدیده‌های طبیعی را ممکن می‌سازد. مدل‌های پیش‌بینی هواشناسی که در حال حاضر مشغول به کار هستند مدل‌های آماری می‌باشند که محاسبات فشرده و سختی دارند و از روش‌های داده‌کاوی برای حل این موضوع کمتر بهره گرفته شده است لذا در این تحقیق بر آن شدیم تا با استفاده از الگوریتم کلونی حشرات به پیش‌بینی بارش باران بپردازیم. نتایج بدست آمده از پیاده‌سازی روش پیشنهادی بر روی مجموعه داده دریافتی از سازمان هواشناسی ایران حاکی از آن است که روش پیشنهادی با انتخاب ۱۹ ویژگی توسط الگوریتم زنبورعسل و با دقت ۹۸.۴۹ درصد و با انتخاب ۲۱ ویژگی توسط الگوریتم مورچگان با دقت ۹۶.۰۴ درصد قادر به به پیش‌بینی بارش باران می‌باشد. در نتیجه باتوجه به نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت روش پیشنهادی با ۱۹ ویژگی انتخابی توسط الگوریتم زنبورعسل از عملکرد بالایی جهت پیش‌بینی بارش باران در بازه‌های زمانی و مناطق مختلف برخوردار است.

کلمات کلیدی: پیش‌بینی– هواشناسی - بارندگی– الگوریتم کلونی حشرات

۱ – مقدمه

پدیده‌های آب و هوا با زندگی روزمره انسان، اقتصاد اجتماعی، فعالیت‌های نظامی و جنبه‌های دیگر ارتباط نزدیکی دارد باران ناگهانی ممکن است باعث ایجاد سیل در دره‌ها شود و یک گردباد یا طوفان غیرمنتظره ممکن است خطراتی برای زندگی و خسارات عمده ایجاد کند. پیش‌بینی آب و هوا نه تنها زندگی روزمره مردم بلکه می‌تواند در حمل و نقل، صنعت، دامپروری و زمینه‌های دیگر مانند پروازهای خروج یا فرود، تولید برق بادی، آبزی پروری نیز نقش داشته باشد[۱]. تجزیه و تحلیل داده‌های آب و هوا از جمله شاخص بارندگی توجه زیادی را در میان دانشمندان و تحقیقات صورت گرفته در طول سال‌های اخیر داشته است. پیش‌بینی بارش باران یکی از وظایف چالش برانگیز در پیش‌بینی

هواشناسی در اکثر کشورها می‌باشد زیرا پیش‌بینی دقیق و به موقع بارش‌ها می‌تواند برای پیشبرد اقدامات امنیتی موثر در مورد پروژه‌های ساخت و ساز در حال انجام، فعالیت‌های حمل و نقل، وظایف کشاورزی، عملیات پرواز و وضعیت سیل و غیره مفید باشد[۲]. پیش‌بینی بارش باران همچنان یک نگرانی جدی است و توجه دولت‌ها، صنایع، نهادهای مدیریت ریسک و همچنین جامعه علمی را به خود جلب کرده است بنابراین داشتن یک رویکرد مناسب برای پیش‌بینی باران اقدامات پیشگیرانه و کاهش‌دهنده پدیده‌های طبیعی را ممکن می‌سازد[۳]. باتوجه به داده‌های بسیار زیاد و پیچیدگی روابط بین متغیرها در هواشناسی داده کاوی کاربرد زیادی در این حوزه دارد بطور مثال می‌توان به پیش‌بینی میزان بارندگی و خشکسالی در یک منطقه، پیش‌بینی شرایط نامساعد آب و هوا، پیش‌بینی تبخیر و تعرق و غیره اشاره کرد[۵،۴]. پیش‌بینی بارش باران کاربرد فراوانی در تصمیم‌گیری جهت طرح‌های مختلف دارد؛ از آنجا که این عنصر هواشناسی متأثر از عوامل فراوانی است بنابراین پیش‌بینی آن نیاز به مدل‌هایی دارد که بتوان با استفاده از آنها داده‌های بزرگ را تحلیل کرد. علم داده‌کاوی این توانایی را دارد و می‌توان از روش‌ها و الگوریتم‌های مختلف آن برای پیش‌بینی بارندگی در بازه‌های زمانی و مناطق مختلف استفاده کرد[۶].

۲- باران

آب سرمایه‌ای با اهمیت و مهم در دنیا است. به علت کم آبی و برطرف کردن مشکلات در حوزه آب تلاش‌های بسیاری برای حفظ منابع آب و مصرف درست آن می‌شود. از آنجایی که آب منبع عمده‌ای برای آبیاری، کشاورزی، مصارف انسانی وغیره می‌باشد و در سراسر دنیا به علت تقاضای صنعتی و انسانی بار به طور قابل توجهی کاهش یافته است[۷]. در حال حاضر محدودیت‌های منابع آبی جهت تأمین آب موردنیاز چه برای مصارف کشاورزی و چه غیرکشاورزی دچار مشکلات فراوانی شد است نبود آن یا کمبود آن سبب مشکلات فراوان و بسیار بدی در دنیا می‌شود و نبود آن جان تمام موجودات زنده کره زمین را گرفته و سبب وقوع جنگ بین کشورها می‌شود. از طرفی تغییرات آب وهوایی یکی دیگر از مشکلات مردم در دنیا می‌باشد که تهدیدی بزرگ برای تمام انسان‌ها و موجودات زنده کره زمین به حساب می‌آید. در چند سال گذشته از مشکلاتی که در کشورهای گوناگون جهان رشد بالایی داشته سیل‌های ناگهانی می‌باشد که یکی از دلایل آن باران‌هایی بوده که در گروه موارد تهدیدکننده محسوب می‌شوند. محققان بسیاری مشغول تحقیق و بررسی در مورد پیش‌بینی ریزش باران هستند زیرا این کار در مدیریت کردن و مقابله با خطرات ناشی از سیل و باران‌های ناگهانی یا بی‌آبی نقش پررنگ و مهمی دارد. با استفاده از نتایج مربوط به پیش‌بینی ریزش باران می‌توان به برنامه‌ریزی‌های مناسب در خصوص مقابله باسیل و بی‌آبی دست پیدا کرد و اجرایی شوند. باران بعنوان یکی از مهمترین منابع آبی موجود به حساب می‌آید بنابراین از مسائل کلیدی در مدیریت آب، پیش‌بینی صحیح بارندگی است اما به دلیل ماهیت پیچیده بارندگی این کار چندان آسان نیست زیرا به فاکتورهای مختلف بسیاری بستگی دارند و هرگونه بهبود در روش‌های پیش‌بینی باران علاوه بر جذابیت خاصی که برخوردار خواهد بود سبب می‌شود تا برنامه‌ریزی‌های بهتر و قابل توجهی صورت گیرد[۸].

پیش‌بینی ریزش باران اهمیت بسیار دارد و هرگونه بهبود در روش‌های پیش‌بینی علاوه بر جذابیت خاصی که برخوردار خواهد بود سبب می‌شود تا برنامه‌ریزی‌های بهتر و قابل توجهی صورت گیرد تا کشاورزان در کارهای کشاورزی و افرادی که برای منابع و ذخایر آب فعالیت می‌کنند در کار خود موفق شوند. طبیعتاً این کار مانع به وجود آمدن خسارات جدی در بخش‌های اقتصادی، کشاورزی، صنعتی و ... می‌شود علاوه بر این ضرورت و اهمیت پیش‌بینی در موضوعات مختلف زندگی بشر به علت تأثیرات مهمی که بر سیاست گذاری‌ها دارد بسیار حیاتی می‌باشد. هرچه پیش‌بینی دقیق‌تر باشد رفتارها و برنامه‌ریزی‌ها کارآمدتر صورت می‌گیرد. با توجه به اهمیت بالایی که آب در زندگی تمام موجودات زنده کره زمین دارد پیش‌بینی دقیق آن می‌تواند نتایج ارزشمندی برای همه به همراه داشته باشد بنابراین نیاز به بهترین روش‌ها برای پیش‌بینی دقیق با کمترین خطاها را داریم[۹].

۳- پیش‌بینی بارندگی

پیش‌بینی بارش باران در حقیقت پیش‌بینی آب و هوا است. پیش‌بینی آب و هوا کاربرد علم و فناوری برای پیش‌بینی وضعیت جو برای یک مکان معین است. پیش‌بینی دقیق یکی از مهمترین چالش‌های پیش‌بینی هواشناسی در سراسر جهان است. از زمان‌های بسیار قدیم پیش‌بینی هوا یکی از جالب‌ترین و جذاب‌ترین حوزه‌ها بوده است. بارش باران یکی از چندین عامل مهم تأثیرگذار بر کیفیت آب‌های آبخیزداری است. پیش‌بینی روشی است برای تخمین یا پیش‌بینی آینده که بستگی به داده‌های گذشته و اطراف دارد. پیش‌بینی اطلاعاتی در مورد اقدامات قریب الوقوع آینده و پیامدهای آنها را برای دولت فراهم می‌کند. پیش‌بینی بارش باران علاوه بر نقش مهمی که برای مدیریت منابع آب می‌تواند بازی کند می‌تواند برای موارد زیر نیز باشد[۱۰]:

- ارزیابی و پیش‌بینی خشکسالی
- پیش‌بینی اینکه در کجا / چه زمانی خطر سیل وجود دارد.
- محدود کردن تأثیر سیلاب و خشکسالی با فعال کردن دولت و دستگاه‌های دیگر برای اجرای برنامه‌های واکنش اضطراری

۴- تکنیک‌های پیش‌بینی بارندگی

سیستم هواشناسی انواع مختلفی دارد که عبارتند از [۱۱]:

- **سیستم هواشناسی سینوپتیک:** این روش یک رویکرد سنتی است که اشاره به مشاهده عناصر آب و هوایی مختلف در زمان خاص دارد برای این منظور آماده سازی یک مرکز هواشناسی به منظور پیگیری سوابق هویت انجام می‌شود. مراکز هواشناسی بصورت روزانه مجموعه‌ای از نمودارهای سینوپتیک را تهیه می‌کنند که ساده‌ترین پیش‌بینی‌های آب و هوایی را تشکیل می‌دهد.

- **پیش‌بینی آب و هوا عددی:** این روش استفاده شده از یک مجموعه پیچیده از برنامه‌های کامپیوتری است که شامل معادلات /الگوریتم‌های ریاضی و فیزیکی می‌باشد که جو را توصیف می‌کنند. کیفیت تجزیه و تحلیل بستگی به مشاهدات و روش‌های مورد استفاده شده دارد. مشاهدات مربوط به مناطق زمینی، جو همه حیاتی هستند اگر مرحله اولیه آب و هوا به طور کامل شناخته نشود پیش‌بینی دقیق نخواهد بود.

- **پیش‌بینی آب و هوا آماری:** این روش هم شاخه‌ای از پیش‌بینی آب و هوا می‌باشد. این پیش‌بینی معمولا براساس حداقل رگرسیون محدوده مربع است. روش آماری از نتایج مدل‌های عددی استفاده می‌کند و مدل‌سازان عددی، سودمندی روش‌های آماری مناسب را تشخیص می‌دهند. در این روش از سوابق گذشته آب و هوا می‌توان آینده را پیش‌بینی کرد.

سازمان هواشناسی ایران سازمانی دولتی است که فعالیت خود را ابتدا از سال ۱۳۳۴ خورشیدی و بعنوان اداره کل هواشناسی زیر نظر وزارت راه و ترابری آغاز کرد و پس از چندی به سازمانی مستقل تبدیل گردید. این سازمان در سال ۱۳۳۸ خورشیدی بعنوان صد و سومین عضو سازمان هواشناسی جهانی به عضویت این سازمان جهانی در آمد. در حال حاضر پیش‌بینی آب‌و هوا در ایران با استفاده از تکنیک سینوپتیک انجام می‌شود و پیش‌بینی وضعیت هوای کشور و شهرها به صورت کشوری در مرکز پیش‌بینی و هشدار سریع سازمان هواشناسی و به صورت محلی در ادارت کل استانی انجام می‌گردد و از روش‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی تا به حال استفاده نشده است.

۵- داده‌کاوی

داده‌کاوی[1] یک فرایند ضروری است که با اعمال روش‌های هوشمند به استخراج الگوها در میان داده‌ها می‌پردازد. داده‌هایی که می‌توان از آنها برای افزایش درآمد و کاهش هزینه‌ها استفاده کرد. یکی از دلایل توجه ویژه به داده‌کاوی در صنعت اطلاعات، در دسترس بودن حجم وسیعی از داده‌ها و امکان استخراج اطلاعات و دانش سودمند از این داده‌ها است. دسته‌بندی و پیش‌بینی دو نوع عملیات داده‌کاوی برای تحلیل داده‌ها و استخراج مدل به منظور توصیف دسته‌های مهم داده‌ها فهم و پیش‌بینی رفتار آنها در آینده است. مدل‌های دسته‌بندی در تحلیل داده‌های گسسته و طبقه‌ای بکار رفته و مدل‌های پیش‌بینی یا رگرسیونی بیشتر برای تحلیل داده‌های پیوسته کاربرد دارند. اطلاعات بدست آمده در کاربردهای وسیعی از طراحی مهندسی و تحقیقات علمی قابل استفاده است. نرم‌افزارهای داده‌کاوی داده‌ها را آنالیز و الگوهای داده‌ای را کشف می‌کنند که می‌توان از آنها برای تحلیل انواع کاربردها از جمله در علوم جوی استفاده کرد. داده‌کاوی یکی از پیشرفت‌های اخیر در زمینه فناوری داده‌ها است که قابلیت زیادی برای کشف اطلاعات مهم از پایگاه داده[2] را دارد. این فن جزیی از تکنولوژی کشف دانش[3] شناخته شده است که شامل مجموعه‌ای از فنون است که روابط، الگوها و دانش پنهان شده در درون انبوهی از داده‌ها را استخراج می‌کند همچنین در بعضی موارد داده‌کاوی را مترادف با تحلیل آماری پیشرفته برای کشف الگوهای مفید قلمداد می‌کنند داده‌کاوی از نظر روش یافتن الگوها به دو نوع هدایت شده[4] و غیرهدایت شده[5] تقسیم می‌شود. داده‌کاوی هدایت شده، دارای هدفی خاص و از پیش تعیین شده و به دنبال الگویی خاص است در حالی که هدف

[1] Data Mining
[2] Database
[3] Knowledge Discovery

[4] Directed
[5] Undirected

داده‌کاوی غیرهدایت شده، یافتن الگوها یا تشابهات بین گروه‌هایی از اطلاعات بدون داشتن هدفی خاص و یا مجموعه‌هایی از دسته‌ها و الگوهای از پیش تعیین شده است[۱۳،۱۲].

برخی روش‌های متداول داده‌کاوی عبارتند از درخت تصمیم، دسته‌بندی بیزی، شبکه عصبی پس‌انتشار[6]، ماشین‌های بردار پشتیبان و روش‌های دیگر مانند ژنتیک و مجموعه‌های فازی[۱۴].

۵-۱-کاربرد داده‌کاوی در هواشناسی

باتوجه به داده‌های بسیار زیاد و پیچیدگی روابط بین متغیرها در هواشناسی، داده‌کاوی کاربرد زیادی در این حوزه دارد بطور مثال می‌توان به پیش‌بینی میزان بارندگی و خشکسالی در یک منطقه، پیش‌بینی شرایط نامساعد آب‌وهوا، پیش‌بینی تبخیر و تعرق و غیره اشاره کرد. علم هواشناسی متغیرهای زیادی دارد که هرکدام از آنها به صورت لحظه‌ای ثبت داده دارند در نتیجه داده‌های هواشناسی جزء داده‌های بزرگ هستند. یکی از کاربردهای مهم پیش‌بینی هواشناسی در مدیریت منابع آب است به این دلیل که در هواشناسی تعداد متغیرها زیاد است و باید مشخص شود که چه میزان آب در اختیار است و چه میزان از این آب تبخیر می‌شود، یکی از متغیرهای هواشناسی که خیلی تغییرپذیر است آب و هوا می‌باشد به همین دلیل پیش‌بینی سخت است[۱۵].

۵-۲-کاربرد داده‌کاوی در پیش‌بینی بارندگی

پیش‌بینی شدت، میزان، مکان و زمان بارندگی کاربرد فراوانی در تصمیم‌گیری برای طرح‌های مختلف دارد. از آنجا که این عنصر هواشناسی متأثر از عوامل فراوانی است بنابراین پیش‌بینی آن نیاز به مدل‌هایی دارد که بتوان با استفاده از آنها داده‌های بزرگ را تحلیل کرد. علم داده‌کاوی این توانایی را دارد و می‌توان از روش‌ها و الگوریتم‌های مختلف آن برای پیش‌بینی بارندگی در بازه‌های زمانی و مناطق مختلف استفاده کرد. مجموعه داده‌های[7] آب‌وهوایی شامل ویژگی‌های متفاوت است، بسته به دقت مطلوب و وابستگی سیستم‌های جوی به مقیاس‌های زمانی و مکانی پیش‌بینی آب‌وهوا به دسته‌های زیر تقسیم می‌شود[۱۶].

- پیش‌بینی تا چندساعت
- پیش‌بینی کوتاه‌مدت (یک تا سه روز) : پیش‌بینی آب و هوا (عمدتا بارندگی) در هر۲۴ ساعت پیاپی
- پیش‌بینی برد[8] متوسط (چهار تا ۱۰ روز) : با جزئیات و دقت کمتری نسبت به کوتاه مدت تعیین می‌شود.
- پیش‌بینی بلند مدت (قابل تعمیم) (بیشتر از ۱۰ روز تا یک فصل) : ممکن است از یک ماه تا یک فصل پیش‌بینی مدنظر باشد.

۶- الگوریتم کلونی حشرات

با وجود آن که تنها دو درصد از گونه‌های حشرات دارای زندگی احتماعی هستند اما بیش از ۵۰ درصد توده زیستی حشرات را تشکیل می‌دهند این میزان در برخی جاها مانند جنگل‌های بارانی آمازون به بیش از ۷۵ درصد می‌رسد. منظور از زندگی اجتماعی تجمع زیادی از یک گونه خاص در قالب یک مجموعه یا کلونی و تعامل آنها با همدیگر است. مورچه‌ها، زنبورها، موریانه‌ها و کرم‌های شبتاب در قالب کلونی زندگی می‌کنند. اجتماع حشرات می‌تواند مسائلی با همکاری یکدیگر حل و فصل نمایند که هیچ یک از اعضای آن اجتماع به تنهایی قادر به حل آنها نمی‌باشد[۱۷]. اکثر این مسائل به صورت مسائل بهینه‌سازی قابل بیان هستند به عنوان مثال تلاش حشرات برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر در هنگام جستجو برای غذا تخصیص مناسب نیروهای کاری برای انجام کارهای مختلف و همچنین طبقه‌بندی محل‌های حاوی تخم‌ها و نوزادان از جمله مسائل بهینه‌سازی هستند که حشرات اجتماعی با همکاری یکدیگر آنها را حل می‌کنند این مسائل همگی دارای معادلی در بین مسائل بهینه‌سازی روزمره هستند. هر تلاشی که برای حل مساله بیهنه‌سازی می‌شود باعث به وجود آمدن اطلاعاتی در مورد آن مساله می‌گردد به منظور همکاری برای حل یک مساله بهینه‌سازی وجود داشتن مسیری برای انتقال اطلاعات بین اعضای جامعه ضروری است به این ترتیب در هر اجتماع از حشرات نوع خاصی از ارتباط بین حشرات وجود دارد. این ارتباط در گونه‌های مختلف می‌تواند به صورت مستقیم یا غیرمستقیم در میان حشرات برقرار باشد. ارتباط و تماس فیزیکی نوع دیگری از ارتباط ها مستقیم میان حشرات اجتماعی است؛ ارتباط غیرمستقیم نیاز به مهارت بیشتری دارد در این

[6] Back Probagation
[7] Data Set
[8] Range

نوع ارتباط حشره می‌بایست محیط اطراف را به نحوی تغییر دهد که سایر هم نوعانش از تغییر محیط آگاه شود و پیام مورد نظر حشره را دریافت نماید. رفتارهای اجتماعی حشره‌هایی که در کلونی‌ها زندگی می‌کنند نظیر مورچه‌ها، زنبورها و کرم‌های شبتاب توجه طبیعت گرایان را سال‌های بسیاری است که به خود جلب کرده است. در کلونی حشرات هر حشره برای خود دستورالعمل خاصی دارد در حالی که تمام کلونی بسیار سازمان داده شده بنظر می‌آید. در روش‌های گروهی عامل‌ها با هم همکاری کرده و رفتار جمعی تمام عامل‌ها باعث یک همگرایی می‌شود[۱۸].

۶-۱- الگوریتم کلونی زنبورعسل

الگوریتم کلونی زنبورعسل در سال ۲۰۰۹ توسط Karaboga ارائه گردید که از شبیه‌سازی رفتار جستجوی غذای گروه‌های زنبورعسل ایجاد شده است[۱۹]. در این الگوریتم متغیرهای مسئله بعنوان موقعیت منبع غذایی در نظر گرفته می‌شوند که مقدار شهد[9] منابع غذایی نشان دهنده تابع احتمال و یا برازندگی هر راه‌حل می‌باشد. هر منبع غذایی توسط یک زنبور کارگر[10] کشف و استخراج می‌شود به عبارت دیگر می‌توان گفت تعداد زنبورهای کارگر برابر تعداد منابع غذایی پیرامون کندو[11] خواهد بود.

۶-۲- الگوریتم کلونی مورچگان

الگوریتم کلونی مورچگان جزو روش‌های هوش محاسباتی یا هوش ازدحامی[12] و الهام گرفته شده از مطالعات و مشاهدات روی کلونی مورچه‌هاست که اولین بار در سال ۱۹۹۲ توسط مارکو دوریگو مطرح شد[۲۰]. مورچه‌ها حشراتی اجتماعی بوده که در کلونی‌ها زندگی می‌کنند و رفتار آنها بیشتر در جهت بقاء کلونی است. یکی از مهمترین و جالب‌ترین رفتار مورچه‌ها، رفتار آنها در پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر ممکن میان منبع غذایی و آشیانه است. این نوع رفتار مورچه‌ها دارای نوعی هوشمندی توده‌ای است که اخیراً مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. هنگامی که مورچه‌ها برای یافتن غذا از کلونی خارج می‌شوند مسیر خود را به صورت کاملا تصادفی انتخاب می‌کنند.

مورچه هیچ‌گاه به تنهایی نمی‌تواند منبع غذایی را پیدا کند، زیرا مورچه‌ها فاقد بینایی هستند و ارتباط آنها با یکدیگر از طریق استشمام ماده‌ای به نام فرومون[13] صورت می‌گیرد. فرومون، ماده‌ای شیمیایی است که مورچه‌های واقعی برای تعیین موقعیت و ارتباط غیرمستقیم روی زمین ترشح می‌کنند. هر مورچه هنگام حرکت، مقداری فرومون از خود به روی زمین باقی می‌گذارد و بدین ترتیب مسیر را به وسیله این ماده مشخص می‌سازد. البته فرومون به سرعت تبخیر می‌شود اما در مدت زمان طولانی به عنوان رد مورچه به روی زمین باقی می‌ماند. به عبارت دیگر، مورچه‌های دیگر در حین حرکت تصادفی، با مواجه شدن با مسیری که دارای اثر فرومون بیشتری است، به احتمال زیاد، این مسیر را انتخاب می‌کنند و با فرومونی که از خود بر جای می‌گذارند، آن را در مسیر مذکور تقویت می‌نمایند. می‌توان گفت در مسیرهای کوتاهتر چون تعداد مورچه‌های بیشتری حرکت می‌کند غلظت فرومون در آن مسیرها بیشتر است. هر مورچه به محض یافتن منبع غذایی به سوی کلونی باز می‌گردد. مسیر بازگشت مورچه‌ها مانند مسیر رفت آنها تصادفی نخواهد بود و آنها روی مسیری که از قبل با فرومون مشخص شده است، باز می‌گردند. اگر انتخاب مورچه‌ها تصادفی نبود و مسیر بد توسط یک مورچه انتخاب می‌شد، تمام مورچه‌ها نیز این مسیر را انتخاب می‌کردند. بنابراین انتخاب تصادفی مسیر، سبب یافتن مسیر بهینه می‌شود.

۷- شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی[14] یا به زبان ساده‌تر شبکه‌های عصبی سیستم‌ها، روش‌های محاسباتی نوینی هستند برای یادگیری ماشینی، نمایش دانش و در انتها اعمال دانش به دست آمده در جهت پیش‌بینی پاسخ‌های خروجی از سامانه‌های پیچیده ایده اصلی اینگونه شبکه‌ها (تا حدودی) الهام گرفته از شیوه کارکرد سیستم عصبی زیستی برای پردازش داده‌ها و اطلاعات به منظور یادگیری و ایجاد دانش قرار دارد. عنصر کلیدی این ایده ایجاد ساختارهایی جدید برای سامانه پردازش اطلاعات است. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق العاده بهم پیوسته با نام نورون تشکیل شده که برای حل یک مسأله باهم هماهنگ عمل می‌کند. با استفاده از دانش برنامه نویسی رایانه می‌توان ساختار داده‌ای طراحی کرد که همانند یک نورون عمل نماید سپس با

[9] Nectar
[10] Employed Bee
[11] Hive
[12] Swarm Intelligence
[13] Pheromone
[14] Artificial Neural Networks

ایجاد شبکه‌ای از این نورون‌های مصنوعی بهم پیوسته ایجاد یک الگوریتم آموزشی برای شبکه کرده و با اعمال این الگوریتم به شبکه آن را آموزش داد[۲۱]

۸- کارهای پیشین

Abebe و همکاران داده‌های بارندگی سه ایستگاه باران سنجی واقع در شمال ایتالیا را به کمک سه روش مبتنی بر منطق فازی، شبکه عصبی مصنوعی و نسبت نرمال مورد بازسازی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که روش فازی از توانایی بالاتری در بازسازی این داده‌ها نسبت به دو روش دیگر برخوردار است[۲۲].

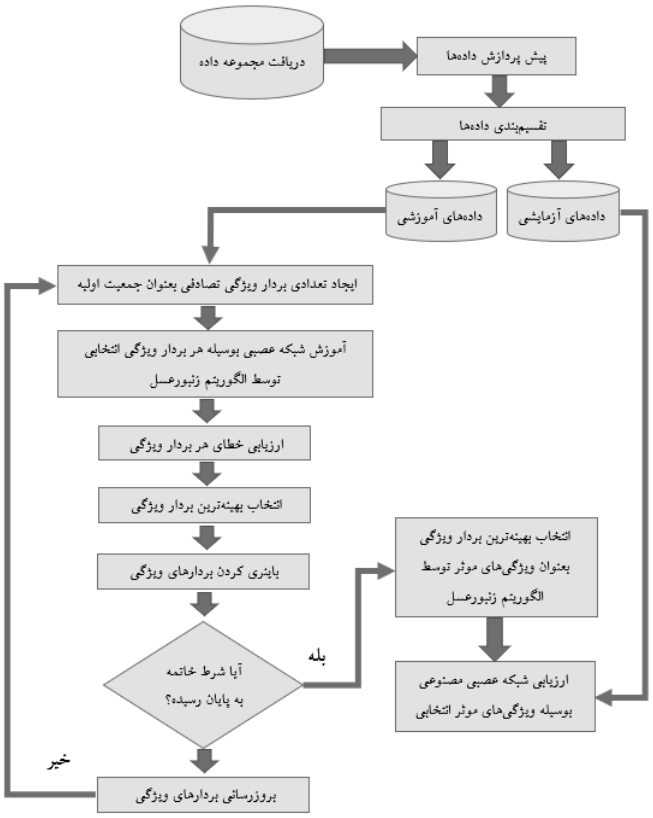
Toufani و همکاران به منظور پیش‌بینی بارش ماهانه در ایستگاه باران سنجی زرینگل از روش موجک استفاده نمودند و نتایج آنها نشان داد که تجزیه سیگنال با موجک منجر به ساده‌تر شدن سیگنال بارندگی می‌گردد به طوری که همبستگی میان داده‌های مشاهداتی و محاسباتی ۸۴ درصد به دست آمده و پیش‌بینی سیگنال بارندگی با دقت بیشتری صورت گرفته است[۲۳].

Kisi و همکاران به منظور پیش‌بینی بارش روزانه در دو ایستگاه ازمیر و افیون در ترکیه از یک مدل ترکیبی از مدل ماشین بردار پشتیبان و تبدیل موجک گسسته استفاده نمودند نتایج پژوهش آنها نشان داد که استفاده از مدل ترکیبی باعث افزایش دقت پیش‌بینی نسبت به مدل ماشین بردار پشتیبان مستقل گردید[۲۴].

Hamidi و همکاران به منظور پیش‌بینی بارش ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک فرودگاه و نواژه در غرب ایران از دو مدل ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی نمودند و دریافتند که ماشین بردار پشتیبان نسبت به شبکه عصبی از کارایی بیشتری برخوردار است[۲۵].

۹- شرح روش پیشنهادی

در این تحقیق جهت پیش‌بینی بارش باران در بازه‌های زمانی و مناطق مختلف از الگوریتم زنبورعسل استفاده نمودیم. همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است پس از دریافت مجموعه داده بارش باران عملیات پیش‌پردازش بر روی داده‌های آن صورت گرفته و در ادامه داده‌ها به دو دسته داده‌های آموزشی و داده‌های آزمایشی تقسیم‌بندی شدند؛ پس از تقسیم‌بندی داده‌ها به طراحی شبکه عصبی مصنوعی پرداخته و سپس ویژگی‌های موثر را با استفاده از الگوریتم زنبورعسل و الگوریتم مورچگان از بین تمامی ویژگی‌های موجود در مجموعه داده انتخاب می‌شوند سپس شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از زیرمجموعه ویژگی‌های منتخب آموزش داده می‌شود و در نهایت پس از بررسی شرط خاتمه در صورتی که به شرط مورد نظر نرسیده باشیم مجددا شبکه عصبی با ویژگی‌های انتخابی دیگر مورد آموزش قرار خواهد گرفت و در غیراینصورت روش پیشنهادی مورد ارزیابی قرار گرفته و نتیجه نهایی در خروجی به نمایش در خواهد آمد.



شکل ۱ : فلوچارت روش پیشنهادی

۱۰- ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی

در این تحقیق با استفاده از ماتریس درهم‌ریختگی از معیارهای دقت[15]،

[15] Accuracy

حساسیت[16]، صحت[17] و ویژگی[18] جهت ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی استفاده نمودیم.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100$$

$$Specificity = \frac{TN}{FP + TN} \times 100$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \times 100$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \times 100$$

۸- نتایج بدست آمده

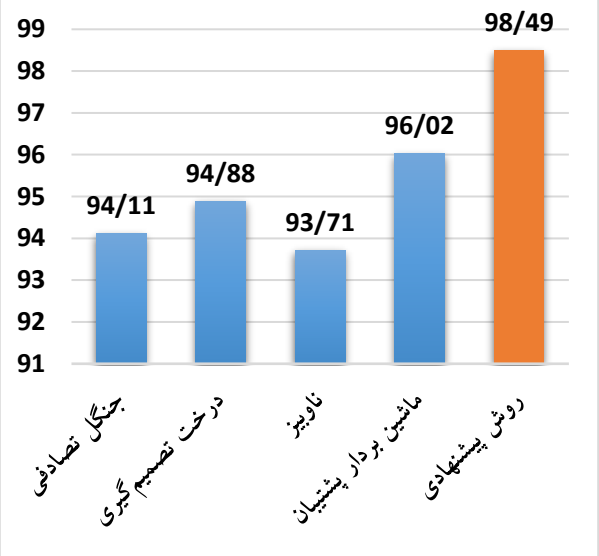
در این تحقیق عملکرد روش پیشنهادی در سه حالت زیر مورد بررسی قرار گرفت که نتایج بدست آمده در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱: نتایج بدست آمده در حالات مورد بررسی

	دقت	صحت	ویژگی	حساسیت
حالت اول بدون انتخاب ویژگی	94.49	94.26	94.23	94.75
حالت دوم انتخاب ۱۹ویژگی بوسیله زنبورعسل	98.49	97.89	98.09	98.93
حالت سوم انتخاب ۲۱ویژگی بوسیله مورچه	96.04	96.73	96.78	95.30

باتوجه به نتایج بدست آمده در جدول (۱) می‌توان گفت دقت روش پیشنهادی در حالتی که الگوریتم زنبورعسل تعداد ۱۹ویژگی را انتخاب کرده است نسبت به حالتی که از همه ویژگی‌های مجموعه داده استفاده شده است به میزان ۴ درصد و میزان دقت در حالتی که الگوریتم مورچگان تعداد ۲۱ ویژگی را از بین ویژگی‌های موجود در مجموعه داده بعنوان ویژگی‌های برتر جهت تشخیص میزان بارش باران انتخاب کرده است نسبت به حالتی که از همه ویژگی‌های مجموعه داده استفاده شده است به میزان ۲/۴۵ درصد بیشتر شده است.

در ادامه به مقایسه دقت بدست آمده از روش پیشنهادی با برخی دیگر از طبقه‌بندهای داده کاوی خواهیم پرداخت بدین منظور بجای شبکه عصبی مصنوعی از طبقه‌بندهای ماشین بردار پشتیبان، ناوبیز، درخت تصمیم‌گیری و جنگل تصادفی جهت ارزیابی ویژگی‌های انتخابی توسط الگوریتم زنبورعسل استفاده نمودیم که نتایج آن در شکل (۲) آمده است.



شکل ۲: مقایسه دقت روش پیشنهادی با سایر طبقه‌بندها

باتوجه به نتایج بدست آمده و همانگونه که در شکل (۲) نیز نشان داده شده است دقت بدست آمده در روش پیشنهادی نسبت به ماشین بردار پشتیبان ۱.۴۵ درصد، نسبت به ناوبیز ۵.۵۶ درصد، نسبت به درخت تصمیم‌گیری ۳.۶۱ درصد و نسبت به جنگل تصادفی ۴.۷۲ درصد افزایش داشته است. در نتیجه می‌توان گفت روش پیشنهادی نسبت به الگوریتم‌های مورد مقایسه از دقت و عملکرد بهتری جهت پیش‌بینی بارش باران در بازه‌های زمانی و مناطق مختلف برخوردار است.

[16] Sensitivity
[17] Precision
[18] Specificity

۹- نتیجه گیری

تجزیه و تحلیل داده‌های آب و هوا از جمله شاخص بارندگی توجه زیادی را در میان دانشمندان و تحقیقات صورت گرفته در طول سال‌های اخیر داشته است به نحوی که پیش‌بینی بارش باران یکی از وظایف چالش برانگیز در پیش‌بینی هواشناسی در اکثر کشورها می‌باشد زیرا پیش‌بینی دقیق و به موقع بارش‌ها می‌تواند برای پیشبرد اقدامات امنیتی موثر در مورد پروژه‌های ساخت و ساز در حال انجام، فعالیت‌های حمل و نقل، وظایف کشاورزی، عملیات پرواز و وضعیت سیل و غیره مفید باشد. بنابراین داشتن یک رویکرد مناسب برای پیش‌بینی باران اقدامات پیشگیرانه و کاهش دهنده پدیده‌های طبیعی را ممکن می‌سازد. مدل‌های پیش‌بینی هواشناسی که در حال حاضر مشغول به کار هستند مدل‌های آماری می‌باشند که محاسبات فشرده و سختی دارند و از روش‌های داده‌کاوی برای حل این موضوع کمتر بهره گرفته شده است لذا در این تحقیق بر آن شدیم تا با استفاده از الگوریتم کلونی حشرات به پیش‌بینی بارش باران بپردازیم. برای این منظور از الگوریتم‌های زنبورعسل و مورچگان جهت انتخاب موثرترین ویژگی‌ها استفاده کرده و از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی جهت ارزیابی ویژگی‌های انتخابی استفاده شد. نتایج بدست آمده از پیاده‌سازی روش پیشنهادی بر روی مجموعه داده دریافتی از سازمان هواشناسی ایران حاکی از آن است که روش پیشنهادی با انتخاب ۱۹ ویژگی توسط الگوریتم زنبورعسل و با دقت ۹۸.۴۹ درصد و با انتخاب ۲۱ ویژگی توسط الگوریتم مورچگان با دقت ۹۶.۰۴ درصد قادر به به پیش‌بینی بارش باران می‌باشد. در نتیجه باتوجه به نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت روش پیشنهادی با ۱۹ ویژگی انتخابی توسط الگوریتم زنبورعسل از عملکرد بالایی جهت پیش‌بینی بارش باران در بازه‌های زمانی و مناطق مختلف برخوردار است.

مراجع

[1] Monika, P., Ruchjana, B., & Abdulla, A. (2022). The implementation of the ARIMA-ARCH model using data mining for forecasting rainfall in Bandung city. International Journal of Data and Network Science, 6(4), 1309-1318.

[2] Abdul-Kader, H., & Mohamed, M. (2021). Hybrid machine learning model for rainfall forecasting. Journal of Intelligent Systems and Internet of Things, 1(1), 5-12.

[3] Krishna, P. R., Ahammad, P., & Sethuraman, R. (2021). Hybrid Prediction Models for Rainfall Forecasting. Annals of the Romanian Society for Cell Biology, 40-46.

[4] Barrera-Animas, A. Y., Oyedele, L. O., Bilal, M., Akinosho, T. D., Delgado, J. M. D., & Akanbi, L. A. (2022). Rainfall prediction: A comparative analysis of modern machine learning algorithms for time-series forecasting. Machine Learning with Applications, 7, 100204.

[5] Basha, C. Z., Bhavana, N., Bhavya, P., & Sowmya, V. (2020, July). Rainfall prediction using machine learning & deep learning techniques. In 2020 International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC) (pp. 92-97). IEEE.

[6] Reddy, P. C. S., Yadala, S., & Goddumarri, S. N. (2022). Development of rainfall forecasting model using machine learning with singular spectrum analysis. IIUM Engineering Journal, 23(1), 172-186.

[7] Pirone, D., Cimorelli, L., Del Giudice, G., & Pianese, D. (2023). Short-term rainfall forecasting using cumulative precipitation fields from station data: A probabilistic machine learning approach. *Journal of Hydrology*, *617*, 128949.

[8] Rahman, A. U., Abbas, S., Gollapalli, M., Ahmed, R., Aftab, S., Ahmad, M., ... & Mosavi, A. (2022). Rainfall prediction system using machine learning fusion for smart cities. *Sensors*, *22*(9), 3504.

[9] Das, P., Sachindra, D. A., & Chanda, K. (2022). Machine learning-based rainfall forecasting with multiple non-linear feature selection algorithms. *Water Resources Management*, *36*(15), 6043-6071.

[10] Adaryani, F. R., Mousavi, S. J., & Jafari, F. (2022). Short-term rainfall forecasting using machine learning-based approaches of PSO-SVR, LSTM and CNN. *Journal of Hydrology*, *614*, 128463.

[11] Sarasa-Cabezuelo, A. (2022). Prediction of rainfall in Australia using machine learning. *Information*, *13*(4), 163.

[12] Sankaranarayanan, S., Prabhakar, M., Satish, S., Jain, P., Ramprasad, A., & Krishnan, A. (2020). Flood prediction based on weather parameters using deep learning. *Journal of Water and Climate Change*, *11*(4), 1766-1783.

Golestan province, Iran). Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology), 25(5): 1217-1226 (In Persian).

[24] Kisi, O. and M. Cimen 2012. Precipitation forecasting by using wavelet-support vector machine conjunction model Engineering Applications of Artificial Intelligence, 25(4): 783-792.

[25] Hamidi, O., J. Poorolajal, M. Sadeghifar, H. Abbasi, Z. Maryanaji, H.R. Faridi and L. Tapak. 2014. A comparative study of support vector machines and artificial neural networks for predicting precipitation in Iran. Theoretical and Applied Climatology, 119: 723-731

[13] Hammad, M., Shoaib, M., Salahudin, H., Baig, M. A. I., Khan, M. M., & Ullah, M. K. (2021). Rainfall forecasting in upper Indus basin using various artificial intelligence techniques. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, *35*, 2213-2235.

[14] Ruan, G., Li, X., Yuan, F., Cammarano, D., Ata-UI-Karim, S. T., Liu, X., ... & Cao, Q. (2022). Improving wheat yield prediction integrating proximal sensing and weather data with machine learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, *195*, 106852.

[15] Stead, W. W. (2018). Clinical implications and challenges of artificial intelligence and deep learning. *Jama*, *320*(11), 1107-1108.

[16] Dash, Y., Mishra, S. K., & Panigrahi, B. K. (2018). Rainfall prediction for the Kerala state of India using artificial intelligence approaches. *Computers & Electrical Engineering*, *70*, 66-73.

[17] Cheng, C. T., Chi, K. T., & Lau, F. C. (2010). A clustering algorithm for wireless sensor networks based on social insect colonies. *IEEE sensors journal*, *11*(3), 711-721.

[18] Comellas, F., & Martinez-Navarro, J. (2009). Bumblebees: a multiagent combinatorial optimization algorithm inspired by social insect behaviour. In *Proceedings of the first ACM/SIGEVO Summit on Genetic and Evolutionary Computation* (pp. 811-814).

[19] Karaboga, D. (2010). Artificial bee colony algorithm. *scholarpedia*, *5*(3), 6915.

[20] Dorigo, M., Birattari, M., & Stutzle, T. (2006). Ant colony optimization. *IEEE computational intelligence magazine*, *1*(4), 28-39.

[21] Bochenek, B., & Ustrnul, Z. (2022). Machine learning in weather prediction and climate analyses—applications and perspectives. *Atmosphere*, *13*(2), 180.

[22] Abebe, AJ., D.P. Solomatine and R.G.W. Venneker. 2000. Application of adaptive fuzzy rule-based models for recontruction of missing precipitation events. Hydrological Sciences Journal, 45(3): 425- 436.

[23] Toufani, P., A. Mosaedi and A. Fakheri Fard 2011. Prediction of precipitation applying wavelet network model (case study. Zarringol station,