بهبود مسیریابی نودها با سیستم دسته‌بند یادگیر در اینترنت اشیا

محمدرضا دهقانی‌محمودآبادی[1*]

[1] دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد، میبد، ایران، M.r.dehghani.m.a@gmail.com

[2]اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۳۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۲۹
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۲/۱۱/۰۱

کلمات کلیدی:
اینترنت اشیا
سیستم دسته‌بند یادگیر
یادگیری مبتنی برقاعده

اینترنت اشیا به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین ابزارهای ارتباطی بین اشیا در جهان شناخته می‌شود و تعداد اشیا مجهز به این تکنولوژی در حال افزایش است. عدم انجام مدیریت بهینه نودها و نداشتن درک صحیح از اهمیت آن‌ها می‌تواند به کندی سرعت ارتباطات را کاهش دهد. به‌منظور بهبود زمان پاسخ، تشخیص دسته‌ای نودها امری اساسی است. در این راستا استفاده از تکنیک‌های دسته‌بندی می‌تواند به طور موثری در بهبود مسیریابی نودها کمک‌کند. اهمیت یادگیری در زندگی انسان‌ها و پیاده‌سازی راه‌کارهای مناسب از طریق دانش و تجربه نقش کلیدی در فرآیند یادگیری تشخیص نودها ایفامی‌کند. در حوزه هوش مصنوعی چندین رویکرد یادگیری از جمله یادگیری تقویتی، الگوریتم ژنتیک و سیستم دسته‌بند یادگیر وجود دارد. مقاله حاضر به استفاده از سیستم دسته‌بند یادگیر بر مبنای سبک میشیگان با توجه به داده‌های شبکه و انتخاب ویژگی‌ها می‌پردازد. ارائه نتایج مثبتی در بهبود تعادل بار شبکه نشان‌دهنده بهبود عملکرد مدیریت بهینه نودها است.

۱ - مقدمه

اینترنت اشیا به میلیاردها دستگاه فیزیکی در سراسر جهان اطلاق می‌شود که به اینترنت متصل بوده و اطلاعات را جمع‌آوری سپس با سایر دستگاه‌ها و کاربران به اشتراک‌می‌گذارند. هر آنچه که به شبکه اینترنت متصل‌شود، بخشی از اینترنت اشیا محسوب‌می‌شود. هدف اصلی اینترنت اشیا، نصب حسگرها بر روی هر چیزی در دنیا و ترجمه آن به زبان دیجیتال است تا کامپیوترها را در ارتباط مستقیم با محیط فیزیکی قرار دهد [۱].

دستگاه‌های متصل به اینترنت قادر به پیش‌بینی اطلاعات از رفتار مصرف‌کننده تا وقایع آب‌وهوایی هستند. این دستگاه‌ها به هکرها دسترسی آسان‌تر به فضای خصوصی افراد را فراهم می‌کنند و امنیت اطلاعات شخصی را به چالش می‌کشند. اینترنت اشیا یک نقطه عطف مهم در تاریخ فناوری بشر است که آینده تکنولوژی را دگرگون کرده‌است و به عنوان اتفاقی مهم همچون آغاز پایان عصر فناوری بشر تلقی می‌شود [۲].

سال ۱۹۹۹ ایده اینترنت اشیا توسط کوین اشتون یکی از بنیان‌گذاران گروه پژوهشی Auto-ID Labs در دانشگاه MIT ابداع شد. در همان زمان توسعه برچسب‌های RFID صورت گرفت. این تگ‌ها دارای تراشه‌های ریزی بودند که با استفاده از امواج رادیویی، داده‌های بسیار کم‌حجم را به‌طور بی‌سیم انتقال می‌دادند. اشتون در یک سخنرانی برای شرکت Procter & Gamble این تگ‌ها را پیشنهاد داد که این تگ‌ها برای شناسایی و ردیابی محصولات شرکت استفاده‌شود. این ایده بعدها به عنوان اساس اینترنت اشیا شناخته شد [۳].

مک‌کنزی به عنوان یکی از معتبرترین شرکت‌های مشاوره مدیریت جهانی نقش بسیار مهمی در تحلیل و گزارش وضعیت فناوری اینترنت اشیا ایفا کرده است. در سال ۲۰۱۱ بزرگ‌ترین شرکت تولید کننده تجهیزات شبکه اعلام کرد که پدیده اینترنت اشیا میان سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ به وجود آمده است. زمانی که دستگاه‌های متصل به اینترنت تعداد افراد زنده روی کره زمین را پیشگیری کرد. همین سال شرکت پژوهشی آمریکایی گارتنر برای اولین بار این پدیده جدید را به فهرست فناوری‌های نوظهور خود افزود [۴].

در سال ۲۰۱۰ استارتاپ Nest Labs با تولید ترموستات و آشکارساز دود هوشمند با حسگرها و وای‌فای با قابلیت یادگیری به وجود آمد. در سال ۲۰۱۴ گوگل این استارتاپ را به قیمت ۳/۲ میلیارد دلار خریداری کرد. این لحظه می‌تواند به عنوان آغاز توجه عمومی به اینترنت اشیا در نظر گرفته شود. با ظهور دستیارهای صوتی هوشمند مانند الکسا و گوگل هوم حضور دستگاه‌های اینترنت اشیا در خانه‌ها به‌صورت روز به روز پررنگ‌تر و عادی‌تر شد. تا پایان سال ۲۰۲۱ تعداد دستگاه‌های اینترنت اشیا به ۴۶ میلیارد و در مقایسه با سال ۲۰۱۶ این افزایش بیش از ۲۰۰ درصدی را نشان‌می‌دهد [۵].

در حوزه صنایع بخش تولید حسگرهای اینترنت اشیا در ماشین‌آلات، تجهیزات، خطوط تولید، انبارها و وسایل نقلیه قابلیت انتقال داده‌های جمع‌آوری‌شده به شکل گزارش‌های تعمیر و نگه‌داری در لحظه وجود دارد که این امکان فراهم می‌شود تا در صورت بروز مشکل یا نیاز به تعویض قطعه سازمان بلافاصله در جریان قرار گیرد [۶].

در ابعاد گسترده‌تر اینترنت اشیا را می‌توان در موتورهای جتی تصور کرد که با هزاران حسگر برای جمع‌آوری و انتقال داده پرشده‌اند. حتی در مقیاس بزرگ‌تر از این پروژه‌های مرتبط با شهرهای هوشمند تمام نقاط شهر را با حسگرها پوشانده‌اند تا درک و کنترل بر محیط اطراف انسان افزایش یابد [۷].

زمانی که اشیا به اینترنت متصل می‌شوند، قابلیت ارسال یا دریافت اطلاعات را دارند و یا حتی به طور هم‌زمان هر دو کار را انجام می‌دهند. این توانایی باعث می‌شود که اشیا به هوشمندی دست یابند و هوشمندی همان ویژگی ارزشمندی است که بشر در حال حاضر در پی تحقق آن است. برای هوشمند بودن یک دستگاه، نیازی به داشتن حجم زیاد یا یک ابررایانه درون خود ندارد. تنها کافی است که به یک ابرحافظه یا یک ابررایانه متصل شود [۸]. متصل بودن به اینترنت، قابلیتی که در دنیای امروز به عنوان خارق‌العاده تلقی می‌شود. در زمینه اینترنت اشیا، هر چیزی که به اینترنت متصل می‌شود، می‌تواند در سه دسته اصلی قرار گیرد:

- چیزهایی که اطلاعات را گردآوری و ارسال می‌کنند.
- چیزهایی که اطلاعات را دریافت و سپس بر اساس آن عمل می‌کنند.
- چیزهایی که هر دو کار را انجام می‌دهند.

اینترنت اشیا دارای شش مؤلفه اساسی است که شامل حسگرها، اتصالات، ابر، تحلیل داده، رابط کاربری و محرک‌ها یا عملگرها می‌شود. با توسعه روز به روز، سیستم‌ها هوشمندتر می‌شوند و بشر قادر خواهد بود تا انواع گوناگونی از فناوری‌های اینترنت اشیا را تجربه کند. اینترنت اشیا به عنوان یک شبکه از دستگاه‌های هوشمند، حسگرها و محرک‌ها تعریف می‌شود که می‌توانند به یکدیگر متصل شوند [۹] .

در این پژوهش، بخش دوم به بررسی سیستم دسته‌بند یادگیر، بخش سوم به توضیح روش تحقیق بخش چهارم به ارائه نتایج به

دست آمده از شبیه‌سازی سیستم دسته‌بند یادگیر بخش پنجم به پیاده‌سازی و نتایج آن با کارایی روش‌ها می‌پردازد و در بخش نهایی کارهای آینده به صورت خلاصه معرفی می‌شوند.

۲ - سیستم دسته‌بند یادگیر

در اواسط دهه ۱۹۹۰ با توجه به یادگیری سیستم‌های دسته‌بند دو واقعه زنده شد. الگوریتم یادگیری تقویتی و معرفی معماری به سبک میشیگان توسط استوارت ویلسون که به‌طور قابل‌توجهی ساده‌شده است. سیستم دسته‌بند سطح صفر[۱]ویلسون که بر مبنای افزایش درک الگوریتم مبتنی بر اجرای سیستم دسته‌بند یادگیر استاندارد هالند متمرکز است. این کار تا حدودی با حذف مناقصه قوانین و لیست پیام‌های داخلی برای تعیین اعتبار اولیه ضروری‌است و جایگزین آن با یک استراتژی ترکیبی یادگیری تقویتی[۲]و سیستم دسته‌بند سطح صفر نشان‌می‌دهند که معماری سیستم دسته‌بند یادگیر ساده می‌تواند اجراهای پیچیده‌تر و اصلی را انجام‌دهد. بااین‌حال سطح صفر ویلسون هنوز هم از مشکل‌های عملکردی ازجمله گسترش دسته‌بندی بیش‌ازحد رنج می‌برد [۱۰].

در سال ۱۹۹۵ ویلسون مقاله برجسته خود را با عنوان تطابق دسته‌بندی‌شده بر اساس دقت منتشر کرد که در آن سیستم دسته‌بند XCS را معرفی کرد. XCS معماری ساده‌شده سطح صفر ویلسون را به دست آورد و آمادگی مبتنی بر دقت الگوریتم ژنتیک با مکانیسم عمومی‌سازی صریح به نام اشتراک و تخصیص اعتبار یادگیری تقویتی را اضافه‌کرد. مشکل چشمگیر مورداستفاده XCS در دستیابی به عملکرد مطلوب و دقیق، انعطاف‌پذیری دسته‌بندی‌شده، انجام یادگیری تقویتی و یادگیری نظارت‌شده است [۱۱]. XCS به الگوریتم سیستم دسته‌بند یادگیر مشهور و موردمطالعه تبدیل شد و خانواده جدیدی از سیستم دسته‌بند یادگیر با دقت را تعریف کرد. سطح صفر ویلسون سیستم دسته‌بند یادگیر مبتنی بر قدرت شد [۱۲]. فاصله بین سیستم دسته‌بند یادگیر و زمینه یادگیری تقویتی با XCS حل گردید. پس از موفقیت XCS سیستم دسته‌بند یادگیر به‌عنوان سیستم یادگیری تقویتی که دارای قابلیت تعمیم است توصیف‌شد. یادگیری تقویتی به‌طورمعمول به دنبال یادگیری یک عملکرد ارزش است که نمایانگر کاملی از فضای حالت یا عمل است. ازنظر تفاوت اکثر سیستم‌های دسته‌بند یادگیر مبتنی بر قدرت یا سیستم دسته‌بند یادگیر منحصربه‌فرد به دنبال مجموعه‌ای از کلیات کارآمد در قالب بهترین نقشه عملی یا یک نقشه جزئی هستند. از آن زمان مقایسه بین سازگاری مبتنی بر دقت و نقشه‌های کامل در مقابل بهترین اقدام‌ها با جزئیات بیشتری موردبررسی قرارگرفته‌است [۱۳].

اولین اجرای موفق خانواده میشیگان در سال ۱۹۷۸ توسط هالند و ریتمن انجام شد. تحقیقات روی این سبک نتایجی را در بر داشته است که در سیستم‌های جدید کاربرد دارد. این خانواده را می‌توان برای انواع زیادی از کارهای یادگیری مانند یادگیری نظارت شده،[۳] داده کاوی،[۴] تابع تخمین[۵] یادگیری تقویتی و خوشه‌بندی[۶]استفاده کرد. سیستم دسته‌بند یادگیر به سبک میشیگان با مجموعه‌ای از قوانین مشخص می‌شود که الگوریتم ژنتیک در سطح قوانین فردی عمل می‌کند و راه‌حل آن توسط کل جمعیت قانون ارائه می‌شود [۱۴].

برخی از محققان همزمان با تحقیق در مورد سیستم‌های دسته‌بند یادگیر سبک میشیگان از شیوه دیگری بهره‌گرفتند و الگوریتم ژنتیک را در یادگیری ماشینی تعمیم داده و سیستم‌های دسته‌بند یادگیر سبک پیتسبورگ را ارائه نمودند. سیستم دسته‌بند یادگیر سبک پیتسبورگ در مقایسه با سیستم‌های دسته‌بند یادگیر سبک میشیگان، سه تفاوت مهم را نمایان می‌سازد که در ارتقاء عملکرد و کارایی آن تأثیرگذار هستند [۱۵].

یکی از اصلی‌ترین تفاوت‌ها، ارائه دانش است. سیستم پیتسبورگ توانمندی بالاتری در ارائه دانش[۷]به مدل دسته‌بندی دارد که این امکان را به سیستم می‌دهد که از اطلاعات جدید و آخرین داده‌ها به بهترین شکل بهره‌مندشود. در زمینه سیستم ارزیابی، سیستم پیتسبورگ بهترین تکنیک‌ها را در این حوزه دارد که باعث افزایش دقت و اعتبار سیستم در پیش‌بینی و دسته‌بندی می‌شود [۱۴].

در خانواده پیتسبورگ هر عضو از جمعیت شامل مجموعه قوانینی است که پایگاه دانش راه حل مسئله را به وجودمی‌آورد و از الگوریتم‌های تکاملی مانند الگوریتم ژنتیک به منظور تکامل مجموعه قوانین و سیاست یادگیری استفاده‌می‌شود. سیستم دسته‌بند یادگیر به سبک پیتسبورگ با جمعیتی از مجموعه طول متغیر مشخص‌می‌شود که در آن هر مجموعه قانون یک راه‌حل بالقوه است. الگوریتم ژنتیک به‌طورمعمول در سطح یک مجموعه کامل از قوانین عمل می‌کند [۱۶].

---

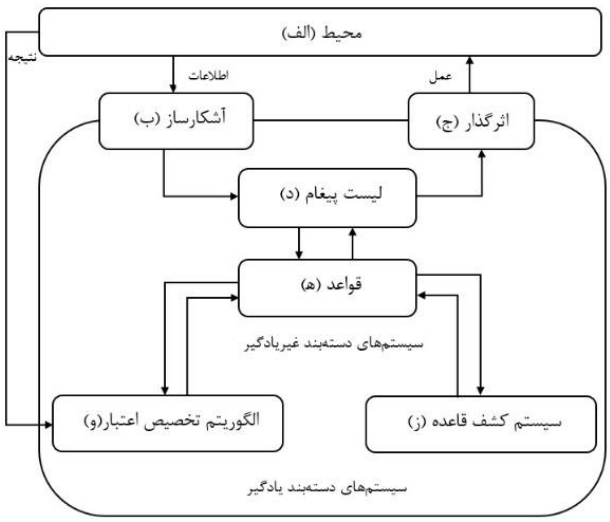
[۱] Zeroth-level Classifier System (ZCS)
[۲] Reinforcement Learning
[۳] Supervised Learning
[۴] Data Mining
[۵] Function Approximation
[۶] Clustering
[۷] Knowledge Representation

برای بهبود یادگیری سیستم دسته‌بند، انتقال به دو زیرسیستم حیاتی ضروری است. اولین زیرسیستم کشف قاعده نام دارد، که این فرآیند با ساخت یک دسته‌بند جدید از طریق بهره‌گیری از لیست دسته‌بندها انجام‌می‌شود. اینجا دو الگوریتم اساسی برای ایجاد دسته‌بند جدید وجود دارند: روش پوشش[۸]که از لیست دسته‌بندها استفاده‌می‌کند و تولید دسته‌بند که از الگوریتم ژنتیک برای ایجاد دسته‌بندهای جدید بر اساس تناسب دسته‌بندهای موجود استفاده‌می‌کند [۱۷].

دومین زیرسیستم تخصیص اعتبار نام دارد، که این مرحله به تعدیل پویای قدرت هر قانون می‌پردازد. این تعدیل اعتبار از طریق الگوریتم مسئله تخصیص اعتبار انجام‌می‌شود، که با دقت و حساسیت به شرایط موجود، اعتبار را بهینه‌سازی می‌کند. این روش اطمینان می‌دهد که سیستم با استفاده از اعتبار بهینه، عملکرد بهتری در فرآیند تصمیم‌گیری و دسته‌بندی ارائه‌دهد. این دو زیرسیستم با همکاری موثر به سیستم دسته‌بند امکان یادگیری پویا و بهینه را فراهم می‌کنند [۱۸].

دلایل مختلفی برای انتخاب سیستم دسته‌بند یادگیرها برای حل مسئله بازی‌ها وجود دارد. اما مهمترین آن قدرت این سیستم‌ها در یادگیری از محیط‌های مختلف است که این نشات گرفته از قدرت آن‌ها در کشف قوانین جدید و همچنین تخصیص اعتبار است [۱۹]. عوامل دیگر که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد:

- کشف قوانین بهتر نسبت به سایر روش‌ها
- الگوریتم تخصیص اعتبار بهینه شده مثل یادگیری تقویتی
- وجود الگوریتم منسجم



شکل ۱: ساختار سیستم دسته‌بند یادگیر

۳ – روش تحقیق

سیستم دسته‌بند یادگیر مجموعه‌ای از الگوریتم‌ها را در کنار یکدیگر برای عملکرد مناسب قرارداده است. بسته در اینترنت اشیا هیچ شناختی از محیط اطراف ندارد و به دنبال راه حل بهینه برای رسیدن به هدف موردنظر است. سیستم دسته‌بند یادگیر برای حرکت بسته در محیط ناشناخته شبکه اینترنت اشیا بسیار مناسب است. تولید قوانین جدید، اعتبار دهی و تکامل قوانین باعث حرکت بسیار بهتر بسته در این محیط شده‌است. عامل با استفاده از الگوریتم سیستم دسته‌بند یادگیر شروع به حرکت در محیط شبکه می‌کند. در هر مرحله جمعیت دسته‌بندها در حال بروز شدن هستند. تولید قوانین جدید به یافتن راه حل‌های جدید کمک‌می‌کند و بسته می‌تواند در مسیرهای جدید برای اکتشاف مقصد به‌صورت بهینه پیش برود. مؤلفه تقویتی، پاداش دریافتی از محیط را بین دسته‌بندی‌ها تقسیم می‌کند تا بسته در محیط با دریافت دسته‌بندی‌های مناسب‌تر بهتر حرکت کند.

مسئله اینترنت اشیا جز مسائلی است که می‌توان به صورت چند عامله پیاده سازی کرد. البته قوانین مختلفی را می‌توان برای تعامل بین بسته‌ها در محیط اینترنت اشیا وضع کرد؛ در اینجا بسته‌ها هیچ شناختی از یکدیگر ندارند هر بسته از نودی که در محیط اینترنت اشیا تعیین شده شروع به حرکت می‌کند و با استفاده از الگوریتم سیستم دسته‌بند یادگیر به کشف محیط پیرامون خود می‌پردازد تا به نقطه هدف برسند. هر بسته که زودتر به هدف برسد امتیاز بیشتری را کسب می‌کند. البته تعداد تکرار از نقطه شروع تا پایان قابل تعیین است تا نتایج دقیق‌تری بدست آید.

مدل‌سازی در واقع فرآیند طراحی مدلی از سیستم واقعی است که با هدف پی‌بردن به رفتار سیستم، ارزیابی استراتژی‌های گوناگون در محدوده‌ای که به‌وسیله معیار و یا مجموعه‌ای از معیارهای اعمال شده بر عملیات سیستم صورت‌می‌گیرد. مدل‌سازی زمانی استفاده می‌شود که به‌علت پیچیدگی سیستم مورد نظر استفاده از روش‌های تحلیلی غیرعملی است. از این‌رو روش‌های مطالعه سیستم از طریق مدل‌سازی مطرح‌می‌شود. مدل‌سازی در کنار الگوریتم سیستم دسته‌بند یادگیر به دریافت نتایج بهتر و مقایسه آن‌ها کمک شایانی می‌کند.

در بهبود مسیریابی نودها با استفاده از سیستم دسته‌بند یادگیر در اینترنت اشیا، می‌توان از رویکردهای مختلفی برای بهبود عملکرد سیستم استفاده‌کرد. یکی از رویکردها، استفاده از الگوریتم‌های یادگیری تقویتی است که با تعامل مستمر با محیط، مسیریابی نودها را بهبود می‌بخشد. در اینجا می‌توان از مدل‌های تقویتی مبتنی بر

[۸] Covering

حوزه زمانی استفاده کرد که امکان تطبیق بهتر با شرایط متغیر محیط را فراهم‌می‌سازد.

یکی از ایده‌های قابل پیاده‌سازی، ترکیب مسئله مسیریابی با مسئله یادگیری مقابله است. در این حالت سیستم دسته‌بند یادگیر مسئول تصمیم‌گیری در مسیریابی نودها می‌شود و با استفاده از الگوریتم‌های تقویتی، سعی در بهینه‌سازی مسیرها دارد. مدل‌ها می‌توانند از روش‌های یادگیری عمیق برای استخراج ویژگی‌های مهم محیط و تصمیم‌گیری بهینه بر اساس آن‌ها استفاده کنند. این ترکیب از مدل‌سازی و یادگیری باعث افزایش کارایی و اعتماد به‌نفس سیستم در مسیریابی نودها می‌شود.

در این سناریو از فرمول‌های ریاضی برای مدل‌سازی مسئله و توابع هدف می‌توان بهره‌برد. این فرمول‌ها می‌توانند شامل متغیرهایی باشند که ویژگی‌های مختلف محیط و وضعیت نودها را در نظر بگیرند. از الگوریتم‌های یادگیری برای به‌روزرسانی پارامترهای مدل استفاده‌می‌شود. این ترکیب از فرمول‌های ریاضی و الگوریتم‌های یادگیری باعث ایجاد یک رویکرد کامل و هوشمند در بهبود مسیریابی نودها در اینترنت اشیا می‌شود.

در این مقاله از فرمول‌های ریاضی برای مدل‌سازی مسئله و توابع هدف می‌توان بهره‌برد. مسائل مسیریابی با استفاده از متغیرهایی که ویژگی‌های محیط و وضعیت نودها را نمایان می‌سازند، مدل‌سازی می‌شوند. یکی از این متغیرها می‌تواند مکان‌های نودها در محیط باشد که با علامت Pi نشان داده می‌شود، که i شماره نود مورد نظر است.

فرض کنید d_{ij} مسافت یا هزینه میان نود i و j باشد. حالا می‌توان مسئله مسیریابی را به صورت ریاضی با استفاده از متغیرهای تصمیم‌گیری به شکل زیر نمایش داد: اگر مسیر از نودj به نود i انتخاب شود۱در غیر این صورت۰. حالا هدف این است که تابع هدف f(x) که می‌تواند مجموع هزینه‌ها یا مسافت‌ها بین نودها باشد، بهینه شود. در رابطه (۱) عبارت ریاضی تعریف شده است:

$$\text{Minimize } f(x)=\sum_i\sum_j d_{ij}\cdot x_{ij} \qquad (۱)$$

برای به‌روزرسانی پارامترهای مدل، می‌توان از الگوریتم‌های یادگیری مانند گرادیان کاهشی یا الگوریتم‌های یادگیری تقویتی استفاده کرد. این الگوریتم‌ها به کمک تابع هزینه و گرادیان‌ها، پارامترهای مدل را به‌روزرسانی می‌کنند.

با این ترکیب از فرمول‌های ریاضی و الگوریتم‌های یادگیری، یک رویکرد هوشمندانه برای بهبود مسیریابی نودها در اینترنت اشیا ایجادمی‌شود.

پایتون، یک زبان برنامه‌نویسی سطح بالا و شی گرا، با دستاوردهایی برجسته که توسط خیدوفان روسوم در سال ۱۹۹۱ طراحی و منتشر شد، به عنوان یکی از ابزارهای مهم در حوزه نرم‌افزار شناخته می‌شود. فلسفه اصلی پایتون خوانایی بالای کد و معناداری است که در نگارش کدها به کار می‌رود. ساختار زبانی و دیدگاه آن به گونه‌ای طراحی شده‌اند که برنامه‌نویسان را قادر به نوشتن کد منطقی و واضح بدون ابهام برای پروژه‌های مختلف از کوچک تا بزرگ می‌سازد.

پایتون به عنوان یک زبان برنامه‌نویسی چندمنظوره در علوم مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ویژگی‌ها باعث می‌شود که پایتون به راحتی بر روی هر پلتفرمی قابل اجرا باشد. میزان گستردگی پایتون نه تنها به مفهوم زبان برنامه‌نویسی ختم نمی‌شود، بلکه ویژگی‌های منحصر به فرد آن نیز توجه به خود را جلب می‌کند. از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به قابلیت اجرا بر روی سیستم‌عامل‌های مختلف، قابلیت برنامه‌ریزی کامل، ساختار زبانی ساده، محیط چندبعدی قابل مشاهده، دسترسی به اشکال از پیش طراحی شده و سیستم رسم نمودار انعطاف‌پذیر اشاره کرد. این ویژگی‌ها به پایتون اهرم سرعت و قدرتمندی اضافه کرده‌اند که در دنیای برنامه‌نویسی، آن را به یک ابزار محبوب و کارآمد برای برنامه‌نویسان تبدیل کرده‌اند.

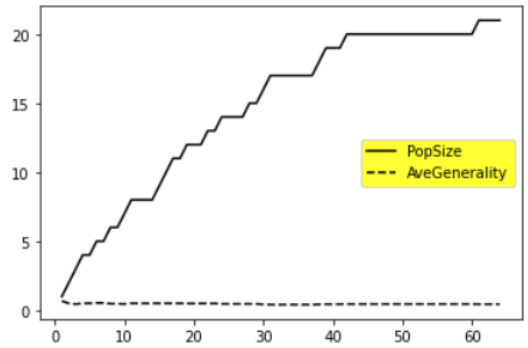
۴- مجموعه دادگان

استفاده از دادگان سنسورهای رطوبت سنج در حوزه اینترنت اشیا می‌تواند به بهبود فرآیندهای ابیاری و مدیریت منابع آب در زمینه کشاورزی و فضای سبز کمک کند. این دادگان شامل اطلاعات مربوط به سطح زیرین اب و رطوبت چمن می‌شوند که از جمله آن‌ها می‌توان به میزان رطوبت خاک، فشار آب، دما و سایر پارامترهای مرتبط با ابیاری و محیط چمن اشاره کرد. این اطلاعات می‌توانند به طور مؤثر در بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری در کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند.

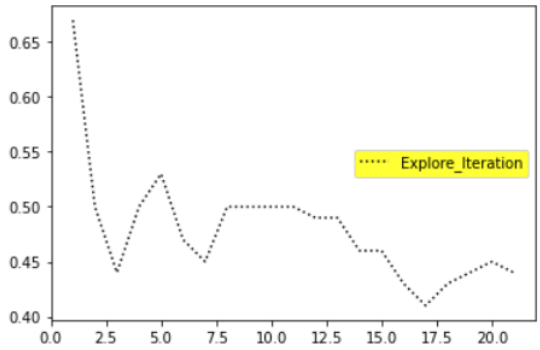
این دادگان می‌توانند برای بهبود مسیریابی نودها با استفاده از سیستم دسته‌بند یادگیری در اینترنت اشیا به‌کار روند. با تحلیل این دادگان محققان قادرند با راه‌اندازی الگوریتم‌های یادگیری، بهبود مسیریابی نودها را در اینترنت اشیا ارتقاءدهند. این تلاش‌ها می‌توانند در توسعه رویکردهای پیشرفته در زمینه بهبود ابیاری نقش مهمی ایفا کنند.

۵ - نتایج و ارزیابی

نتایج بدست آمده از ۱۰۰۰۰ تکرار برای پیاده‌سازی سیستم دسته‌بند یادگیر با ۳۶ جمعیت اولیه:



شکل ۲: نتایج جمعیت و میانگین سیستم دسته‌بند یادگیر



شکل ۳: نتایج تکرار سیستم دسته‌بند یادگیر

در نمودار ۳ سه پارامتر تعریف شده Average نشان دهنده میانگین ۱۰۰۰۰ تکرار از الگوریتم سیستم دسته‌بند یادگیر در محیط‌های پنج گانه، Min-s حداقل امتیاز بدست آمده از نودهای انتخابی و Max-s حداکثر امتیاز نودهای انتخابی است. عدد دقیق این سه پارامتر در کادر پایین نمودار نشان داده شده است. پارامتر Averageکه به صورت در رابطه (۲) شده است:

$$\text{Average} = ۱/۱۰۰۰۰ \sum_{i=۱}^{۱۰۰۰۰} Score_i \qquad (۲)$$

که در آن $Score_i$ امتیاز بدست آمده در تکرار i-ام از الگوریتم سیستم دسته‌بند یادگیر در محیط‌های پنج گانه است. همچنین مقادیر Min-s و Max-s به ترتیب در رابطه (۳) تعریف شده‌اند:

$$\text{Min}-s=\min(Score_1, Score_2 \ldots, Score_{10000}) \qquad (۳)$$
$$\text{Max}-s=\max(Score_1, Score_2 \ldots, Score_{10000})$$

این سه پارامتر نمایانگر میانگین، حداقل و حداکثر امتیازهای بدست آمده از نودهای انتخابی در ۱۰۰۰۰ تکرار الگوریتم هستند. عددهای بالای این مقادیر، جزء مراحل بدست آمده از الگوریتم را نمایش‌می‌دهند.

جداول عملکرد سیستم دسته‌بند یادگیر محیط آزمایشی نشان می‌دهد. اعداد داخل جدول نشان دهنده تعداد نودهای انتخابی برای رسیدن به هدف مورد نظر در شبکه است؛ بنابراین هر چه تعداد نودها کمتر باشد بسته زودتر به هدف رسیده و نتیجه بهتری را بدست می‌آورد. میانگین در جدول نشان دهنده، میانگین ۱۰۰۰۰ تکرار از الگوریتم در محیط مورد نظر است. حداقل نشان دهنده کمترین امتیاز در ۱۰۰۰۰ تکرار انجام شده و حداکثر نشان دهنده بیشترین امتیاز به نودهای انتخابی در ۱۰۰۰۰ تکرار انجام شده برای رسیدن به هدف بسته در محیط مورد نظر است. در اینجا حداکثر حرکت بسته‌ها در محیط ۱۰۰۰۰ در نظر گرفته‌شده است. علت این امر این است که در الگوریتم‌ها سیستم دسته‌بند یادگیر امکان گیر کردن در تله یا دور وجود دارد.

جدول ۱: مقایسه نتایج بدست آمده از سیستم دسته‌بند یادگیر

مدل	میانگین	حداقل	حداکثر
سیستم دسته‌بند یادگیر	۴۲۴,۱	۱۳۵	۱۳۳۵

جدول ۱ نشان دهنده نتایج در محیط است. در این محیط سیستم دسته‌بند یادگیر نتایج بهتری را بدست آورده است. در تمام محیط سیستم دسته‌بند یادگیر نتایج بهتری را ثبت کرده است.

نتایج بدست آمده در این محیط حاکی از برتری مطلق سیستم دسته‌بند یادگیر است. سیستم دسته‌بند یادگیر در محیط‌های پیچیده‌تر عملکرد بهتری را دارد و دسته‌بندی‌های جدید بهتری در مقایسه با الگوریتم‌های دیگر تولیدمی‌کند که باعث یافتن راه حل‌های بهتری شده و باعث بدست آمدن نتایج بهتری می‌شود.

۶ – نتیجه‌گیری

در این مقاله نقش یادگیری در همه جوانب زندگی مطرح شده و تأکید بر اهمیت به دست آوردن دانش از طریق مطالعه، تجربه و آموزش انجام شده است. هدف اصلی یادگیری، یافتن شیوه‌های بهتر برای انجام وظایف در شرایط گوناگون است و یادگیری ماشین به عنوان یک شاخه از هوش مصنوعی متناسب با تنظیم و اکتشاف الگوریتم‌ها و شیوه‌های یادگیری مورد بررسی قرار گرفته است. هدف این مقاله ارزیابی عملکرد سبک‌های موجود در دو خانواده پیتسبورگ و میشیگان برای بهینه‌سازی مسیریابی نودها در اینترنت اشیا با استفاده از سیستم دسته‌بند یادگیر است. از الگوریتم‌های یادگیری برای تعیین بهترین استراتژی در مسائل دسته‌بندی نودها استفاده شده و هدف ارزیابی و اجرای این سبک‌ها به منظور بدست آوردن بهینه‌ترین استراتژی در مسائل دسته‌بندی نودها برای بهینه‌سازی مسیرها است. سیستم دسته‌بند یادگیر هالند به عنوان

ابزار اصلی برای حل مسئله دسته‌بندی نودها مورد استفاده قرارگرفته است. این سیستم دارای دو قسمت شرط و عمل است که موتور دسته‌بند، دسته‌بندی مناسب را انتخاب کرده و قاعده را از لیست دسته‌بندها با استفاده از الگوریتم‌های متنوع بررسی می‌نماید. نتایج‌نشان‌می‌دهد که این سیستم در مقایسه با سبک‌های معمول موجود، به عنوان یک راهکار با هزینه محاسباتی کمتر عمل می‌کند و مکانیسم یادگیری در سطح سازمانی به بهبود عملکرد در محیط‌های چند عامله کمک می‌کند. برآوردها نشان‌می‌دهند که این سیستم قابلیت ارائه بهترین راهکارها را برای مسائل دسته‌بندی نودها در اینترنت اشیا دارد.

۷ – مراجع

1- O. Novo, “Blockchain Meets IoT: An Architecture for Scalable Access Management in IoT,” *IEEE Internet Things J*, vol. 5, no. 2, pp. 1184–1195, 2018.

2- Y. Hajjaji, W. Boulila, I. R. Farah, I. Romdhani, and A. Hussain, “Big data and IoT-based applications in smart environments: A systematic review,” Comput Sci Rev, vol. 39, p. 100318, 2021.

3- Y. Hajjaji, W. Boulila, I. R. Farah, I. Romdhani, and A. Hussain, “Big data and IoT-based applications in smart environments: A systematic review,” *Comput Sci Rev*, vol. 39, p. 100318, 2021.

4- M. Chiang and T. Zhang, “Fog and IoT: An Overview of Research Opportunities,” *IEEE Internet Things J*, vol. 3, no. 6, pp. 854–864, 2016.

5- S. Huh, S. Cho, and S. Kim, “Managing IoT devices using blockchain platform,” in *2017 19th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 2017, pp. 464–467.

6- M. A. Khan and K. Salah, “IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 82, pp. 395–411, 2018.

7- H.-T. Nguyen, D.-H. Nguyen, Q.-D. Ngo, V.-H. Tran, and V.-H. Le, “Towards a Rooted Subgraph Classifier for IoT Botnet Detection,” in *Proceedings of the 2019 7th International Conference on Computer and Communications Management*, in ICCCM 2019. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019, pp. 247–251.

8- H. Jiang, F. Shen, S. Chen, K.-C. Li, and Y.-S. Jeong, “A secure and scalable storage system for aggregate data in IoT,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 49, pp. 133–141, 2015.

9- A. Dorri, S. S. Kanhere, R. Jurdak, and P. Gauravaram, “Blockchain for IoT security and privacy: The case study of a smart home,” in *2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)*, 2017, pp. 618–623. doi: 10.1109/PERCOMW.2017.7917634.

10-M. Dehghanimahmoudabadi, K. Mirzaie, and F. Peyravi, “Improving Credit Assignment in a learning classier system with Markov reinforcement learning for protein secondary structure prediction,” *Journal of Applied and Basic Machine Intelligence Research*, vol. 1, no. 2, pp. 92–104, 2023, [Online]. Available: https://www.magiran.com/paper/2661108

11-Mohammadreza, “A novel aggregation-based distributed search model for optimal design using the memetic algorithm”.

۱۲- S. W. Wilson, “Classifier ّFitness Based on Accuracy,” Evol Comput, vol. 3, no. 2, pp. 149–175, 1995.

13- M. DehghaniMahmoudAbadi and H. Samavarchi, “Designing the Matrix of Analysis to Solve the Problems Regarding the Web Site Searching,” International Journal of Soft Computing And Software Engineering (JSCSE), vol. 34, no. 2251–7545, p. DOI-10, 2013.

14- A. R. Pakraei and K. Mirzaie, “The Introduction of a Heuristic Mutation Operator to Strengthen the Discovery Component of XCS,” Journal of Advances in Computer Research, vol. 9, no. 1, pp. 51–70, 2018.

15- A. R. Pakraei and K. Mirzaie, “The Introduction of a Heuristic Mutation Operator to Strengthen the Discovery Component of XCS,” Journal of Advances in Computer Research, vol. 9, no. 1, pp. 51–70, 2018.

16- M. R. dehganimahmoudabadi N nabavizadeh, “Improving the learning classifier system with the basic memetic algorithm to solve the problem based on the law,” The journal of Engineering Management and Soft Computing., Feb. 2023.

17- A. Shankar and S. Louis, “Learning Classifier Systems for User Context Learning,” in 2005 IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2005, pp. 2069-2075 Vol. 3.

18- O. Sigaud, M. Butz, O. Kozlova, and C. Meyer, “Anticipatory Learning Classifier Systems and Factored Reinforcement Learning,” 2008, pp. 321–333.

19- A. Shankar and S. Louis, “Learning Classifier Systems for User Context Learning,” Congress on Evolutionary Computation, vol. 3. pp. 2069–2075, 2005.