سامانه‌های پردازشی و ارتباطی چندرسانه‌ای هوشمند
Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems (IMPCS)

Summer 2023, 4 (2), 21-30
DOR:

Received: 8 Apr 2023
Accepted:21 Apr 2023

مقاله پژوهشی

Development of a Multi-agent Recommender System for Intelligent Shopping Assistants

Ramazan Teimouri Yansari[1*], Mojtaba Ajoudani[2]

1. Assistant Professor, Department of Computer Engineering, Bandar Gaz Branch, Islamic Azad University, Bandar Gaz, Iran. *(Corresponding Author)* ra.teimouri@iau.ac.ir
2. Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, Bandar Gaz Branch, Islamic Azad University, Bandar Gaz, Iran. Email: mojtaba.ajoudani@iau.ac.ir

Abstract

Introduction: Due to the increasing volume and services available on the web, tools such as recommender systems in websites and applications that can help users find information and services of interest can be provided. For this reason, suitable guidance and suggestions for users in different choices, according to the user's priorities in different areas of a specific position, have been provided.

Method: Recommender systems are information systems that assist in the decision-making process by modeling the behavior of users in operational environments in ranking, comparing, selecting and choose items by users, narrowing the information search through high-quality and accurate recommendations. In this research, a multi-agent recommender system is proposed as an intelligent shopping assistant in the process of buying suitable offers. The proposed model is used to analyze the sales data set of a UK-based store containing 1,067,371 records of online sales data.

Results: By simulating the proposed model, the results of applying the model to the relevant data were analyzed. The proposed model in this research was simulated in MATLAB software version 2022 and the results of applying the proposed model on the data related to the sale of an online shopping were analyzed. According to the results, in this evaluation, the accuracy of the proposed model was 91.5% on average, compared to the neural network model, it was 86.41%, compared to the KNN model, 78.32%, compared to the SOM Ensembles model, 74.38%, compared to the Global Top-N model, 69.78%, compared to the Weighted item-based model, 72.31%, and compared to The Naïve Bayesian model has an accuracy of 59.68%, a higher accuracy in the right suggestion to users.

Discussion: In this research, while studying recommender systems, the challenges in this field were examined and multi-agent systems were used to provide suggestions and recommendations with high accuracy and quality in ranking, comparison, selection and preferences of users' items in the decision-making process in operational environments. By combining multi-agent systems, multi-agent recommender systems were proposed that can provide suitable recommendations as a purchasing assistant in the purchasing process. The results of applying the proposed model on the data related to the purchase history of the customers of an online shopping showed that the proposed model has a good efficiency in evaluating the parameters used in comparison with the common methods in this property field.

Keywords: Collaborative algorithm, Intelligent agents, Intelligent shopping assistants, Machine learning, Multiagent systems (MAS), Recommender systems.

سامانه‌های پردازشی و ارتباطی چندرسانه‌ای هوشمند
Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems (IMPCS)

تاریخ دریافت: ۱۹/ ۰۱/ ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۳۱

دورهٔ چهارم، تابستان ۱۴۰۲
شمارهٔ دوم، صص: ۲۱-۳۰

توسعهٔ یک سیستم توصیه‌کننده چندعاملی برای دستیاران خرید هوشمند

رمضان تیموری یانسری[1*]، مجتبی آجودانی[2]

۱. استادیار،گروه مهندسی کامپیوتر، واحد بندرگز، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرگز، ایران. (نویسندهٔ مسئول) ra.teimouri@iau.ac.ir
۲.استادیار،گروه مهندسی برق، واحد بندرگز، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرگز، ایران. mojtaba.ajoudani@iau.ac.ir

چکیده: با توجه به حجم فزاینده اطلاعات و خدمات موجود در وب، ارائه ابزارهایی مانند سیستم‌های توصیه‌کننده به وب‌سایت‌ها و برنامه‌های کاربردی که می‌توانند به کاربران در دستیابی به اطلاعات و خدمات متناسب با علایقشان کمک‌کنند، ضروری است. به همین دلیل، ارائه راهنمایی و پیشنهاد مناسب به کاربران در انتخاب‌های مختلف، مطابق با اولویت‌های کاربر در حوزه‌های مختلف جایگاه خاصی یافته‌است. سامانه‌های توصیه‌کننده سیستم‌های اطلاعاتی هستند که با مدل سازی رفتار کاربران در محیط‌های عملیاتی در رتبه‌بندی، مقایسه، انتخاب و ترجیحات اقلام کاربران، با محدودکردن فضای جستجوی از طریق توصیه‌های با دقت و کیفیت بالا، در فرآیند تصمیم‌گیری کمک‌می‌کنند. در این پژوهش سیستم توصیه‌کننده چندعاملی پیشنهادشد که بتواند به‌عنوان دستیار خرید در فرآیند خرید توصیه‌های مناسبی ارائه‌دهد. برای تحلیل مدل پیشنهادی مجموعه داده فروش یک فروشگاه اینترنتی شامل ۱۰۶۷۳۷۱ رکورد از داده‌های فروش آنلاین، مورد استفاده قرارگرفته‌است. با شبیه سازی مدل پیشنهادی نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل بر روی داده‌های مربوط به مشتریان مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت. نتایج به‌کارگیری مدل پیشنهادی نشان‌داد، مدل پیشنهادی در ارزیابی پارامترهای مورد استفاده در مقایسه با روش‌های رایج در این حوزه دارایی کارایی مناسبی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سیستم‌های توصیه‌کننده، دستیار خرید هوشمند، سیستم‌های چندعاملی، یادگیری ماشین، الگوریتم مشارکتی، عامل‌های هوشمند.

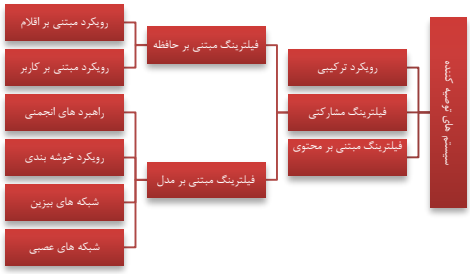
۱. مقدمه

امروزه ارائه راهنمایی و پیشـــنهاد مناســـب به کاربران در انتخاب‌های مختلف، مطابق با اولویت های کاربر در حوزه های مختلف از تجارت الکترونیک تا تبلیغات آنلاین، از شبکه‌های اجتماعی، یوتیوب، و آمازون تا بسـیاری دیگر از خدمات وب، جایگاه خاصـی پیداکرده‌اسـت. رشـد انفجاری در میزان اطلاعات دیجیتالی در محیط های عملیاتی موجود و تعداد بازدیدکنندگان از اینترنت و تعداد کاربران شـبکه‌های اجتماعی، چالش بالقوه بارگیری اطلاعات را ایجادکرده‌است که مانع دسترسی به موقع به موارد مورد علاقه کاربران این محیط ها می‌شـود. هدف سیستم‌های توصیه‌کننده[۱] پیشنهاد اقلامی مرتبط به کاربران است. این سیستم‌ها با ایجاد و بازترسیم سیستم محتوای موجود بر اساس علایق و ترجیحات کاربر به اولویت‌بندی و شخصی سازی محتوی می‌پردازند. با این رویکرد، تقاضا برای سامانه‌های توصیه‌کننده در محیط‌های عملیاتی، بیش از هر زمان دیگری افزایش پیداکرده‌است [۱].

هوش مصـنوعی مطالعه در مورد طراحی و پیاده‌سـازی عامل‌های منطقی[۲] مصـنوعی اسـت و بسـیاری از رویکردهای کاربردی در هوش مصنوعی در به‌کارگیری عامل‌های منطقی متمرکز شده‌است. یک عامل منطقی می‌تواند از طریق حسـگرهایش محیط را درک‌کند و از طریق ابزارهایش در محیط تأثیر بگذارد. همچنین، یک عامل منطقی نظیر ربات‌های انسان‌نما، عامل‌های فوتبالیست، عامل دستیار پزشکی، عامل دستیار خرید، عامل‌های نرم‌افزاری همیشه سعی‌دارد معیار کارآیی که نشان‌دهنده عملکرد عامل در محیط است را به حداکثر برساند. اما در عمل، به‌ندرت پیش‌می‌آید که یک عامل به‌تنهایی و مسـتقل بتواند در یک محیط عملیاتی پیچیده با حداکثر کارایی کارکند [۲]. در بسـیاری از موارد یک عامل با سـایر عامل‌ها به روش‌های مختلفی در تعامل می‌باشـد. عامل‌هایی نظیر عامل‌های نرم‌افزاری در اینترنت، روبات‌های فوتبالیست که شامل گروهی از عامل‌ها هستند که برای رسیدن به یک هدف با هم در تعامل و ارتباط هسـتند، سـیسـتم چندعاملی[۳] نامیده‌می‌شود. در این سیستم‌ها، ترکیبی از عامل‌های حل مسئله[۴] در ارتباط با هم و به‌صورت گروهی به حل مسـائل می‌پردازند. در اجتماع عامل‌ها، هر عامل خودمختار ممکن است دارای اهداف، باورها، قابلیت‌ها و ویژگی‌های خاص خود باشد [۳].

۲. سیستم‌های توصیه‌کننده

سیستم‌های توصیه‌کننده بر اساس مشخصات و درخواست‌های کاربر پیش‌بینی‌می‌کنند که آیا یک کاربر خاص یک مورد را ترجیح‌می‌دهد یا خیر تا در جسـتجو و انتخاب موارد مورد نظر کاربران به آن ها کمک‌کنند. این سـیسـتم‌ها با جمع‌آوری اطلاعات گوناگون در رابطه با سلیقه‌های کاربران و موارد موجود در سامانه هزینه‌های یافتن و انتخاب اقلام در یک محیط عملیاتی نظیر خرید برخط را کاهش‌می‌دهند [۴]. سیستم‌های توصیه‌کننده فرآیند تصمیم‌گیری و کیفیت ارائه خدمات را بهبودمی‌بخشـند. در محیط تجارت الکترونیک، سـیسـتم‌های درآمد صـاحبان تجارت را افزایش‌می‌دهند. این سـیسـتم‌ها در دامنه‌های مختلفی هم‌چون فروشگاه‌های اینترنتی، سیستم‌های دستیار و تشخیص پزشکی، اینترنت اشیاء و سایر محیط‌ها برای ارائه و پیشنهاد خدمات مناسـب مورد اسـتفاده قرارمی‌گیرند. این سـیسـتم‌ها همچنین، نقش حیاتی و بسیار مهمی در صنعت اینترنت اشیاء ایفاکرده‌اند. هدف اصلی سیستم‌های توصیه‌کننده ارائه جذاب‌ترین موارد و سرویس‌ها به کاربران یا اشیاء است. با توجه به رشد روز افزون اینترنت اشیاء در دستگاه‌های ریز و درشـت اسـتفاده از رویکردهایی که پیچیدگی دسـترسـی و ارائه خدمات به کاربران را تا حدی سـاده و روان‌تر کرده‌اند بسـیار ضـروری می‌باشد. استفاده از این سیستم‌های در اینترنت اشیاء باعث شده‌است تا این فن‌آوری به‌صـورت قابل‌توجهی رشـد و گسـترش یابد [۵]. دسته‌بندی کلی سیستم‌های توصیه‌کننده در شکل ۱ آمده‌است.



شکل ۱: انواع سیستم‌های توصیه‌کننده [۶]

سیستم‌های توصیه‌کننده مشارکتی[۵] یکی از پرکاربردترین روش‌های توصیه است که به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرارمی‌گیرد [۷]. این فیلتر با تعیین مواردی که کاربران مشـابه امتیاز مثبت داده‌اند یا انتخاب‌کرده‌اند، مواردی را به کاربران توصـیه‌می‌کنند. برای مثال، اگر دو کاربر در علایق و رفتار خود شبیه به یکدیگر باشند، سامانه اقلام خریداری‌شده توسط یکی را به دیگری توصیه‌می‌کند [۸]. سیستم‌های توصـیه‌کننده ترکیبی اجازه‌می‌دهد تا سـامانه‌ها منافعی از روش‌های مختلف به‌دسـت‌آورند، که باعث بهبود عملکرد و افزایش دقت توصیه‌می‌شود.

شکل ۲: سیستم‌های توصیه‌کننده هوشمند

سامانه توصیه‌کننده ترکیبی منابع داده مختلف را که با سیستم‌های توصیه‌کننده دیگر استفاده‌می شود، ترکیب‌می‌کنند و موجب دستیابی به نتایج مطلوب‌تر خواهند شد و به‌دلیل استفاده از منابع داده مختلف از سـایر روش‌ها محبوب‌تر هسـتند [۹, ۱۰]. انواع سـیسـتم‌های توصـیه‌کننده، کاربردها، اطلاعات پروفایل کاربران در این سـامانه‌ها و فناوری‌های مرتبط با این سیستم‌ها در شکل ۲ آمده‌است.

۳. سیستم‌های چندعاملی

سیستم چندعاملی، سیستمی است که از دو یا چند عامل هوشمند در حال تعامل تشکیل شده‌است. یک سیستم چندعاملی، دارای تعدادی عامل هستند که هرکدام به نوبه خود فعل و انفعالات داخلی خود را انجام‌می‌دهند و با محیط بیرون نیز در تعامل و ارتباط هستند و با یکدیگر همکاری دارند. این سیستم‌ها روش‌های جدیدی برای حل مسائل گوناگون به‌وجودآورده‌اند. تصمیم‌گیری در این سیستم‌ها به صورت توزیع‌شده انجام‌می‌گیرد. یک سیستم چندعاملی (سیستم خود سازماندهی) یک سیستم کامپیوتری است که از چندین عامل هوشمند در حال تعامل تشکیل شده است. سیستم‌های چندعاملی می‌توانند مسائلی را حل‌کنند که حل آن‌ها برای یک عامل منفرد یا یک سیستم یکپارچه دشوار یا غیرممکن است [۱۱, ۱۲]. هوش ممکن است شامل رویکردهای روشمند، عملکردی، رویه‌ای، جستجوی الگوریتمی یا یادگیری تقویتی باشد. علی‌رغم همپوشانی قابل‌توجه، یک سیستم چندعاملی همیشه با یک مدل مبتنی بر عامل[۶] یکسان نیست. هدف یک مدل مبتنی بر عامل جستجوی بینش توضیحی در مورد رفتار جمعی عوامل (که لزوماً نیازی به «هوشمندبودن» ندارند) با رعایت قوانین ساده، معمولاً در سیستم‌های طبیعی، به‌جای حل مسائل خاص عملی یا مهندسی است. برنامه‌هایی که در آن‌ها تحقیقات سیستم‌های چندعاملی ممکن است یک رویکرد مناسب ارائه‌دهد، شامل تجارت آنلاین، واکنش به بلایا، نظارت هدف و مدل‌سازی ساختار اجتماعی است [۱۳].

۴. پیشینه پژوهش

پینتو و همکاران در ۲۰۱۹ یک سیستم توصیه‌کننده استدلال مبتنی بر مورد[۷] با ترکیب سیستم‌های چندعاملی برای مدیریت هوشمند انرژی در ساختمان‌ها پیشنهادکردند که مقدار کاهش انرژی را که باید در هر لحظه در یک ساختمان اعمال‌شود، با یادگیری از موارد مشابه قبلی توصیه‌می‌کند. نتایج نشان‌می‌دهد که رویکرد پیشنهادی با مقایسه نتایج خود با رویکرد قبلی مبتنی بر بهینه‌سازی ازدحام ذرات و با کاهش واقعی در موارد گذشته، می‌تواند توصیه‌های مناسبی در زمینه کاهش انرژی ارائه دهد [۱۴]. نتو و همکاران در ۲۰۲۲ ، به بررسی کامل از استفاده از سیستم‌های توصیه‌کننده مبتنی بر چند عامل پرداختند. این بررسی تنوع کاربردهای سیستم‌های چندعاملی را در سیستم‌های توصیه‌کننده نشان‌می‌دهد [۱۵]. در [۱۶]، یک چارچوب مفهومی از یک سیستم توصیه‌کننده مبتنی بر چند عامل برای ارائه پشتیبانی فعال برای دسترسی و استفاده از دانش و اطلاعات پروژه در هستی‌شناسی مهندسی نرم‌افزار پیشنهادشده‌است. هستی‌شناسی مهندسی نرم‌افزار برای ایجاد همکاری و هماهنگی کارآمد بین تیم‌های توزیع‌شده که بر روی پروژه‌های توسعهٔ نرم‌افزار مرتبط در سراسر سایت‌ها کارمی‌کنند، توسعه‌یافته‌است. در این پژوهش نشان‌دادشد که به کمک سیستم چندعاملی و رویکرد توصیه مبتنی بر معنا، ایجاد محیط کاری مشترک برای دسترسی و دستکاری داده‌ها از هستی‌شناسی و انجام استدلال و همچنین ایجاد امکانات توصیه‌ای متخصص برای تیم‌های نرم‌افزار پراکنده در سراسر سایت‌ها یکپارچه فراهم خواهدشد.

در پژوهش پاندی و سینگ در ۲۰۱۵، یک چارچوب یادگیری الکترونیکی مبتنی بر چند عامل ارائه‌شده‌است که قادر به ارائه تجربه شخصی به فرد تحت آموزش است. این سیستم نحوه مطالعه مطالب درسی را بر اساس خواسته‌ها و اهداف به شخص توصیه‌می‌کند. در این پژوهش، یک چارچوب عامل توصیه‌کننده مبتنی بر منطق فازی جهت ارائه پیشنهاداتی به فراگیر برای افزایش رضایت و ارائه تجربه یادگیری پیشرفته، ارائه‌شده‌است [۱۷]. در پژوهش کیخائی و همکاران ۲۰۲۲، با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی خود سازمانده، شبکه بیزین و الگوریتم‌های فرا ابتکاری یک سیستم توصیه‌کننده گردشگری پیشنهاد داده‌شد. در این تحقیق از اطلاعات آماری سالیانه ۲۰۱۵ راه‌ها و اماکن گردشگری شهر یزد به‌منظور تنظیم سفر برای ۱۰۰ گردشگر استفاده شده‌است. این پژوهش نشان‌داد که سیستم طراحی‌شده مبتنی بر شبکه عصبی، شبکه بیزین و الگوریتم‌های فراابتکاری در مسیریابی می‌تواند نقش مهمی را در تصمیم‌گیری گردشگران در انتخاب جاذبه‌های گردشگری و برنامه‌ریزی سفر، متناسب با علایق، ترجیحات و اطلاعات دموگرافیک ایفاکند [۱۸].

در پژوهش تیموری (۲۰۱۵)، ضمن معرفی سیستم‌های چندعاملی و مقایسه ویژگی‌های آن با سیستم تک‌عاملی، ساختار و معماری‌ها سیستم های چند عاملی و شیوه‌های ارتباط بین عامل‌ها بررسی‌شد. در این پژوهش، سیستم چندعاملی دستیارخرید با بیان ساختار، معماری و شیوه ارتباط عامل‌ها معرفی‌گردید [۱۹]. محمدی و همکاران ۲۰۱۸، در تحقیقی با عنوان پیاده‌سازی سیستم‌های توصیه‌گر هتل‌ها با استفاده از اولویت‌های کاربران، سیستم‌های توصیه‌گر مبتنی بر داده شبکه اجتماعی توییتر را با استفاده از انواع رابط‌ها، روش‌های تجزیه و تحلیل محتوا با تکنیک‌های زبان‌شناسی محاسباتی و الگوریتم تاپیک مدلینگ ملت ارائه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد، پس از بررسی عمق اهداف، متدولوژی‌ها این مقاله به علاقه‌مندان در توسعهٔ سیستم توصیه‌گر سفر و همچنین تسهیل تحقیقات آینده کمک‌خواهدکرد [۲۰]. نتو و همکاران(۲۰۲۲)، در پژوهشی به بررسی سامانه توصیه‌کننده چندعاملی مبتنی بر زمینه، پشتیبانی‌شده در اینترنت اشیاء، برای راهنمایی ساکنان ساختمان در صورت آتش‌سوزی پرداختند. در این تحقیق، پیشنهادشده‌است که به‌جای تمرکز بر مدل‌سازی رفتار سرنشینان، بر شرطی‌کردن این رفتار با ارائه اطلاعات بلادرنگ در کارآمدترین مسیرهای تخلیه تمرکزمی‌کند. با استفاده از سیستم توصیه‌کننده چندعاملی مبتنی بر زمینه مبتنی بر داده‌های متنی به‌دست‌آمده از دستگاه‌های اینترنت اشیاء، که کارآمدترین مسیرهای تخلیه را در هر زمان معین توصیه‌می‌کند، به‌دست‌می‌آید. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌می‌دهد که راه‌حل پیشنهادی می‌تواند کارایی تخلیه ساختمان‌ها را در صورت آتش‌سوزی بهبودبخشد [۲۱]. فورستیرو [۲۲]، در پژوهشی به بررسی سیستم توصیه‌کننده چندعاملی در اینترنت اشیاء پرداخت. پیشنهاد اشیاء مفید

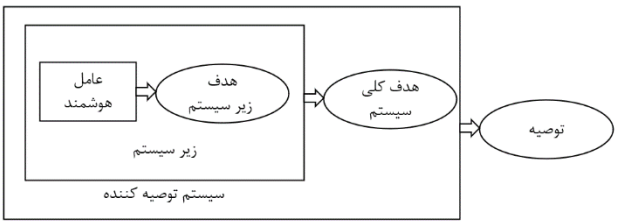
در محیط اینترنت اشیاء وظیفه مهمی برای بسیاری از کاربردها مانند محاسبات شهری، شهرهای هوشمند، مراقبت از سلامتی و غیره می‌باشد که باید به‌دقت مورد بررسی قرارگیرد. در این تحقیق، یک الگوریتم چندمعیاره با بهره برداری از استراتژی خود سازمان‌دهی و غیرمتمرکز برای ایجاد سیستم پیشنهاد توزیع‌شده در محیط اینترنت اشیاء ارائه-شده‌است. نتایج تحقیق، اعتبار این روش را تأییدمی‌کنند.

مریوت و همکاران (۲۰۱۸)، در پژوهشی به بررسی یک سامانه توصیه‌گر هوشمند چندعاملی برای افزایش ظرفیت انسانی پرداختند. در این پژوهش، یک رویکرد چندعاملی برای مشکل توصیه دوره‌های آموزشی به متخصصان مهندسی ارائه‌شده‌است. در سیستم توصیه پیشنهادی از طریق مدل‌سازی کاربر و جمع‌آوری داده‌ها از یک نظرسنجی، توصیه فیلتر اشتراکی با استفاده از عوامل هوشمند اجرامی-شود. عامل‌ها با هم در توصیه آموزش معنادار کارمی‌کنند و با به‌روزرسانی اطلاعات دوره این سیستم از نمایه کاربران و کلمات کلیدی دوره‌ها برای رتبه‌بندی دوره‌ها استفاده‌می‌کند. نتایج پژوهش نشان‌داد که سیستم توصیه‌گر پیشنهادی، مقیاس‌پذیر و سازگار بوده و بهبودهای بیشتر را می‌توان با استفاده از خوشه‌بندی و ثبت بازخورد کاربران انجام‌داد [۲۳].

بازرگانی و همایونپور (۲۰۲۰)، مدل سیستم‌های توصیه‌گر مبتنی بر فیلترینگ مشارکتی و روش کاربر-آیتم پیشنهادکردند. در این پژوهش با به‌کارگیری روش نزدیک‌ترین همسایه به‌منظور تشخیص همسایگان مشابه به کاربر جدید برمبنای فاصله، امتیاز اقلام محاسبه‌می‌شود و نزدیکترین فاصله به‌منظور تشابه انتخاب‌می‌شود. آزمایش‌های مدل پیشنهادی بر روی مجموعه داده Movielens که شامل ۱۶۸۲ آیتم است انجام شده‌است. نتایج این تحقیق نشان‌داد، میانگین خطای مطلق در مدل پیشنهادی در مقایسه با شباهت پیرسون و کسینوسی کمتر است و مقدار آن برابر با ۰,۷۳۱۵ می‌باشد. در نتیجه دقت مدل پیشنهادی در تشخیص تشابه و پیش‌بینی بیشتر است [۷].

۵. روش‌شناسی

در این پژوهش، برای ارائه خدمات دستیار خرید هوشمند، با هدف دستیابی به اطلاعات متناسب با علایق کاربران، سیستم توصیه‌کننده چندعاملی پیشنهادشده‌است. در معماری سیستم توصیه‌کننده چند-عاملی پیشنهادی، انواع عامل‌های هوشمند با توجه به کاربرد آن در مسئله مورد بررسی به‌عنوان اجزای اصلی سیستم تعریف‌شده‌اند. سپس نحوه چیدمان و سازماندهی این عامل‌ها و همچنین شیوه تعامل و ارتباطات بین عامل‌های هوشمند تعریف و مشخص‌شده‌است. برای پیاده سازی این سیستم، عامل‌های مورد نیاز طراحی و با بررسی انواع معماری سیستم‌های چندعاملی، با توجه به مسئله از ساختار معماری BDI که یک معماری بر مبنای استدلال عملی است، استفاده‌شده است [۲۴]. سامانه توصیه‌کننده پیشنهادشده شامل چند زیرسیستم است و هر زیرسیستم مسئول انجام یک کار از پیش تعریف‌شده خواهد بود و با استفاده از مجموعه‌ای از عامل‌ها مدل‌سازی‌می‌شود. مطابق شکل۳، یک زیرسیستم از عامل‌هایی تشکیل‌شده‌است که اهداف مشخصی دارند و مشخص‌می‌کنند که زیرسیستم قصد دارد چه کاری انجام‌دهد.



شکل ۳: ترکیب عامل و زیر سیستم جهت ایجاد سامانه توصیه‌کننده

یکی از مزایای سیستم چندعاملی، توزیع اجرا است که امکان افزایش عملکرد کلی را فراهم‌می‌کند. علاوه بر این، شکست یک عامل لزوما به معنای شکست کل سیستم نیست. استحکام ارائه‌شده توسط سیستم چندعاملی با قابلیت‌های تکراری بیشتر می‌شود. این تکرار با داشتن چندین عامل با قابلیت‌های یکسان یا مشابه فعال‌می‌شود. در چنین مواردی، زمانی که عاملی که دارای برخی قابلیت‌ها است از دسترس خارج‌می‌شود، ممکن است به نمایندگی دیگری با توانایی مشابه مراجعه-شود.

۱,۵. معرفی عامل‌ها

در سیستم‌های چند عاملی جهت دستیار خرید هوشمند، عامل‌های زیر وجوددارد:

- ❖ عامل خریدار
- ❖ عامل فروشنده
- ❖ عامل پستچی
- ❖ عامل حسابدار
- ❖ عامل چانه زدن
- ❖ عامل مزایده
- ❖ عامل توصیه‌کننده

در زیر به شرح وظایف عامل‌ها می‌پردازیم [۱۹]:

۱,۱,۵. عامل خریدار

خریدار تقاضای خود را برای خرید کالا، به فروشنده اعلام‌می‌کند. پس از اعلام موجودبودن کالا در سیستم توسط فروشنده، قیمت کالا به خریدار اعلام‌می‌شود. در صورتی که قیمت اعلام‌شده توسط فروشنده کمتر یا مساوی قیمت مورد نظر خریدار باشد، آن را می‌پذیرد و خرید صورت-می‌گیرد. در صورتی که بیشتر از قیمت مورد نظر بود، خریدار با فروشنده چانه‌می‌زند. و فروشنده هم بر طبق معیار خاصی قیمت کالا را کاهش-می‌دهد و به خریدار اعلام‌می‌کند. این چرخه ادامه‌می‌یابد تا زمانی که خریدار و فروشنده به توافق برسند و یا اینکه توافقی صورت نگرفته و خرید و فروش لغوشود. این عامل مبتنی بر سودمندی است، یعنی هرچه قیمت کالا کاهش یابد به سود خریدار خواهدبود.

۲,۱,۵. عامل فروشنده

فروشنده درخواست خریدار را مشاهده‌می‌کند و سپس اگر کالا مورد نظر در سیستم موجود باشد، به خریدار اعلام می‌کند. اگر موجودی کالا

درخواستی کمتر از تعداد درخواستی باشد، تقاضا ردمی‌شود. در غیر این صورت اگر موجودی به اندازه کافی باشد، قیمت را به خریدار اعلام‌می‌کند. اگر خریدار قیمت را بپذیرد، خرید و فروش صورت‌می‌گیرد. در غیر اینصورت، طبق درخواست خریدار، بر سر قیمت چانه‌می‌زنند تا به توافق برسند. فروشنده نیز طبق معیاری که دارد قیمت را تا مقدار مشخصی کاهش‌می‌دهد. و درصورتی‌که دو تقاضای خرید به صورت همزمان وجود داشته‌باشد و هر دو یک کالا را درخواست دهند آنگاه فروشنده می‌تواند قیمت کالا را افزایش دهد، یعنی کالا را به مزایده بگذارد. در صورت توافق قیمت با خریدار، میزان موجودی را از مقدار فروخته شده کم می‌کند. این عامل نیز مبتنی بر سودمندی می‌باشد. اما سودمندی این عامل عکس سودمندی عامل خریدار می‌باشد. این عامل هر چقدر قیمت کالا را بتواند بالاتر برساند به سودش خواهد بود.

۳،۱،۵. عامل حسابدار

در صورت توافق بین خریدار و فروشنده، کالاهای مورد نظر به عامل حسابدار اعلام‌می‌شود و حسابدار قیمت کلی آن‌ها را محاسبه‌کرده و به فروشنده اعلام‌می‌کند. فروشنده نیز قیمت کل را به خریدار نمایش‌می‌دهد. و همچنین در صورتی که خریدار تمایل‌داشته‌باشد پرداخت وجه به‌صورت اینترنتی صورت‌گیرد، این کار بر عهده‌ی حسابدار می‌باشد. معماری این عامل، یک عامل واکنشی و یک عامل یادگیرنده می‌باشد.

۴،۱،۵. عامل پستچی

در صورتی که خریدار و فروشنده به توافق برسند، خرید و فروش صورت می‌گیرد. در این صورت کالا با توجه به انتخاب شیوه ارسال، توسط پستچی به دست خریدار خواهدرسید و خریدار نیز مبلغ خرید کالا را با توجه به شیوه پرداخت انتخاب‌شده در همکاری با عامل حسابدار پرداخت‌خواهدکرد. معماری این عامل، یک عامل واکنشی ساده می‌باشد.

۵،۱،۵. عامل چانه‌زدن

این عامل بخشی از عامل فروشنده می‌باشد. فروشنده ابتدا قیمت واقعی کالا را به خریدار اعلام‌می‌کند. درصورتی‌که بر سر قیمت به توافق نرسند، فروشنده قیمت را به میزان مشخصی کاهش‌داده و با خریدار بر سر قیمت چانه‌می‌زنند. معماری این عامل نیز مبتنی بر سودمندی می‌باشد.

۶،۱،۵. عامل مزایده

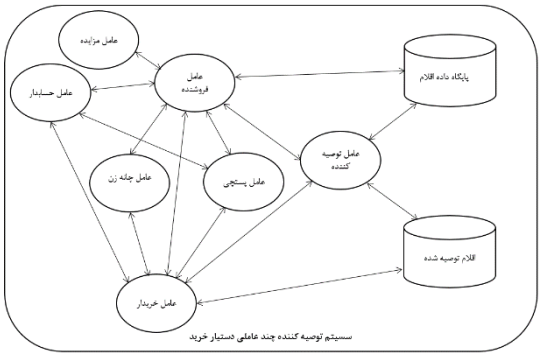
در صورتی که تعداد خریداران در عین حال دو یا بیشتر بود و تعداد کالا کمتر از تعداد درخواست دهندگان بود آنگاه فروشنده می‌تواند قیمت کالا را افزایش داده و کالا را به مزایده بگذارد. این افزایش بر حسب معیار مشخصی افزایش یافته تا یک خریدار با فروشنده به تفاهم برسد. معماری این عامل نیز مبتنی بر سودمندی می‌باشد.

۷،۱،۵. عامل توصیه‌کننده

در معماری پیشنهادی از یک عامل توصیه‌کننده مشارکتی استفاده شده‌است. این عامل در تعامل با عامل‌های فروشنده، بر اساس علایق کاربران از بین اقلام موجود در پایگاه داده اقلام، با تعیین مواردی که کاربران مشابه امتیاز مثبت داده‌اند یا انتخاب‌کرده‌اند، مواردی را به کاربران توصیه‌می‌کنند. در این عامل، اگر دو کاربر در علایق و رفتار خود شبیه به یکدیگر باشند، سامانه اقلام خریداری‌شده توسط یکی از کاربران را به کاربر دیگر توصیه‌خواهدکرد.

8.1.5 سیستم توصیه‌کننده چندعاملی پیشنهادی

سیستم فروش الکترونیکی، سیستم پیچیده‌ای نمی‌باشد لذا در این سیستم، ساختار عامل‌ها به‌صورت مسطح می‌باشد. معماری مدل پیشنهادی در شکل ۴ آمده‌است. مطابق این شکل، تمام عامل‌ها در یک سطح قرار داشته و هر عامل می‌تواند با سایر عامل‌ها ارتباط برقرار نماید. عامل خریدار با عامل فروشنده ارتباط مستقیم و بدون واسطه‌ای دارند. عامل فروشنده نیز شامل سه عامل حسابدار، چانه زدن و مزایده می‌باشد. و درصورتی‌که خریدو فروش صورت‌گیرد آنگاه از عامل پستچی استفاده‌خواهدشد.



شکل ۴: انواع عامل‌ها و ارتباطات آن‌ها در معماری سیستم توصیه‌کننده چندعاملی پیشنهادی

9.1.5. ارتباط بین عامل‌ها

عامل‌ها برای برقراری ارتباط با عامل‌های دیگر نیاز به یک زبان ارتباط عامل دارند تا بتوانند اطلاعات و دانش خود را با یکدیگر تبادل‌کنند. عامل‌ها، نرم‌افزارهای سیستمی هستند که از یک زبان ارتباطی برای تبادل اطلاعات استفاده‌می‌کند و زبان ارتباطی از اجزای اساسی یک عامل نرم‌افزاری است. ارتباط بین عامل‌ها را می‌تواند از طریق زبان‌هایی که دانش داخلی را به اشتراک می‌گذارند و یا از طریق زبان‌هایی که هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد دانش عامل‌ها ندارند، فراهم‌شود. در معماری پیشنهادی ارتباط بین عامل‌ها از طریق اشتراک دانش بین عامل‌ها انجام‌می‌شود. در این روش عامل‌ها به پایگاه دانش یکدیگر دسترسی مستقیم دارند و ارتباط بین عامل‌ها از طریق دو رابط عملی‌اتی Tell و Ask صورت‌می‌گیرد. به این نوع ارتباط ارتباط از راه دور نیز گفته‌می‌شود [۲۵].

10.1.5 الگوریتم مدل پیشنهادی

برای پیاده‌سازی مدل پیشنهادی، ابتدا ساختار هر یک از عامل‌ها پیاده‌سازی می‌شود. با توجه به ساختار پیشنهادی، اقلام داده‌ای از پایگاه داده اقلام توسط عامل خریدار قابل‌دسترس است. در سیستم‌های چندعاملی

استفاده از الگوریتم‌های یادگیری در ایجاد هماهنگی عامل‌ها به‌دلایل پیچیدگی و ناشناخته‌بودن محیط، عدم پیش‌بینی تمامی حالاتی که عامل با آن‌ها روبرو خواهدشد، ناکافی بودن اطلاعات و همچنین نداشتن دانش کامل درباره محیط و یا هزینه‌بر بودن تهیه آن دارای اهمیت است. با توجه به مدل پیشنهادی و تعریف انواع مختلف عامل‌ها و تعامل و ارتباط آن‌ها با هم از بین شیوه‌های یادگیری ماشین بانظارت، بدون نظارت و تقویتی، از یادگیری تقویتی استفاده‌شده‌است. در شیوه که در آن‌ها عامل‌ها در هر مرحله پاداش یکسان یا پاداشی که از توزیع مشابه نمونه‌برداری شده، دریافت‌می‌نمایند درنظر گرفته شده‌است. این روش در عامل‌های خریدار، فروشنده و چانه‌زن مورد استفاده قرارگرفته‌است. در سیستم توصیه‌گر پیشنهادی، عامل توصیه‌کننده با استفاده از رویکرد مشارکتی در ارتباط با عامل‌های خریدار و فروشنده، با دریافت سلایق خریدار، بهترین اقلام را با توجه به کالاهای عرضه‌شده، به خریدار جهت انتخاب پیشنهادخواهدکرد. این عامل در تعامل با عامل‌های فروشنده، بر اساس علایق کاربران از بین اقلام موجود در پایگاه داده اقلام، با تعیین مواردی که کاربران مشابه امتیاز مثبت داده‌اند یا انتخاب‌کرده‌اند، مواردی را به کاربران توصیه‌می‌کنند. عامل خریدار با استفاده از الگوریتم خوشه-بندی k-NN با وزن‌دهی به متغیرهای قلم انتخاب‌شده، بهترین همسایه‌های موجود در پایگاه داده اقلام یعنی مشابه‌ترین موارد به قلم فعلی را انتخاب‌می‌کند. کلاس‌های داخلی هر نوع از عامل‌ها، بر اساس تعدادی اجزای از پیش تعریف‌شده و با ترکیب آن‌ها، تعیین‌می‌شود. در سیستم فروش الکترونیکی کالا، نوع معماری واکنشی برای هریک از عامل‌های فروشنده و خریدار مناسب است. در معماری واکنشی، عامل بر اساس قوانینی که برای آن مشخص‌شده به پیام‌هایی که از محیط دریافت‌می‌شود، پاسخ‌می‌دهد. با توجه به اینکه استراتژی‌های مشخص-شده برای فروشنده و خریدار در سیستم به‌صورت قوانین مشخص و از پیش تعیین‌شده‌ای می‌باشد، معماری واکنشی برای این عامل‌ها مناسب است. در صورت پیشنهادی یک قلم توسط عامل توصیه‌کننده به عامل خریدار، این عامل ضمن بررسی درخواست با به‌کارگیری رویکرد مشارکتی با عامل چانه‌زن و فروشنده، نوع قلم و همچنین قیمت نهایی را انتخاب‌خواهدکرد. شیوه عملکرد سایر عامل‌ها در مدل در بخش‌های گذشته تشریح‌شده‌است.

11.1.5. شیوه ارزیابی

ارزیابی کارایی و عملکرد معماری سیستم توصیه‌کننده چندعاملی پیشنهادشده، برمبنای معیارهای مختلفی انجام‌می‌شود. رایج‌ترین معیارهای ارزیابی سیستم‌های توصیه‌کننده معیارهای دقت[۸]، فراخوانی[۹] می‌باشد [۲۶]. در مرحله ارزیابی، برای بررسی میزان موفقیت و اعتبارسنجی مدل پیشنهادی در پیش‌بینی و دسته‌بندی، از ماتریس درهم‌ریختگی[۱۰] استفاده‌می‌شود. ماتریس درهم‌ریختگی کارایی یک مدل را بر اساس مقایسه مقدار واقعی و مقدار تخمین‌زده، محاسبه می‌کند. از نتایج ماتریس درهم‌ریختگی و مهمترین معیار برای تعین کارایی یک الگوریتم دسته‌بندی محاسبه دقت یا نرخ دسته‌بندی[۱۱] است. دقت، یکی از مهم‌ترین اهداف طراحی در سیستم‌های توصیه‌کننده می‌باشد. نسبت تعداد نمونه صحیح انتخاب‌شده توسط مدل پیشنهادی از یک کاربر مشخص، به کل نمونه‌هایی که مدل چه به صورت صحیح و چه غلط، در آن دسته انتخاب و توصیه‌کرده‌است دقت را نشان‌می‌دهد [۲۷]. این معیار نشان‌می‌دهد مدل طراحی‌شده چند درصد از کل مجموعه رکوردهای را به‌درستی انتخاب‌کرده‌است. همچنین یکی دیگر از مهمترین معیارهای ارزیابی مدل توصیه‌کننده، صحت[۱۲] به معنای نسبت تعداد نمونه‌هایی که در انتخاب مثبت طبقه‌بندی‌شدند به کل نمونه‌هایی که مدل کلاس آن‌ها را به درستی پیش‌بینی‌کرده‌است [۲۸].

اجزا ماتریس درهم ریختگی عبارتند از:

مثبت درستTP: نشان‌دهنده تعداد رکوردهایی است که دسته واقعی آن‌ها مثبت بوده و الگوریتم دسته‌بندی نیز دسته آن‌ها را به‌درستی مثبت تشخیص‌داده‌است. منفی درستTN: به معنای تعداد رکوردهایی است که دسته واقعی آن‌ها منفی بوده و الگوریتم دسته‌بندی نیز دسته آن‌ها را به‌درستی منفی تشخیص‌داده‌است. مثبت نادرستFP: به معنای تعداد رکوردهایی است که دسته واقعی آن‌ها منفی بوده و الگوریتم دسته‌بندی دسته آن‌ها را به‌اشتباه مثبت تشخیص داده‌است. منفی نادرستFN: نشان‌دهنده تعداد رکوردهایی است که دسته واقعی آن‌ها مثبت بوده و الگوریتم دسته‌بندی دسته آن‌ها را به‌اشتباه منفی تشخیص‌داده‌است. محاسبه دقت، صحت، پوشش یا فراخوانی و معیار F طبقه‌بندها بر اساس روابط ۱ تا ۴ به‌دست‌می‌آید:

$$Acuracy = \frac{(TN+TP)}{(TN+TP+FN+FP)} \quad (1)$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{(TP+FP)} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)} \quad (3)$$

$$F - \text{Measure} = \frac{2*(\text{Precision}*Recall)}{(T\text{Precision}+Recall)} \quad (4)$$

در این پژوهش از معیارهای بیان شده برای مقایسه عملکرد و کارایی مدل پیشنهادی استفاده خواهدشد.

۶. مجموعه داده

برای تحلیل مدل پیشنهادی در این پژوهش، داده‌های فروش آنلاین یک فروشگاه اینترنتی مورد استفاده قرارگرفته‌است. این مجموعه داده شامل ۱۰۶۷۳۷۱ رکورد از داده‌های فروش آنلاین در سال‌های ۲۰۰۹ الی ۲۰۱۱ به‌دست‌آمده‌است. متغیرهای مورد استفاده شامل: شماره فاکتور، شماره منحصر به فرد هر تراکنش، کد محصول، تعداد منحصر به فرد برای هر محصول، نام محصول، تعداد محصولات که بیان‌می‌کند چه تعداد از محصولات موجود در فاکتورها فروخته‌شده‌است، توضیحات، تاریخ و زمان فاکتور، قیمت محصول، شماره مشتری منحصر به فرد، آدرس

مشتری. این مجموعه داده استاندارد از پایگاه اینترنتی کاگل[۱۳] به‌صورت آنلاین در دسترس است.

۷. نتایج و بحث

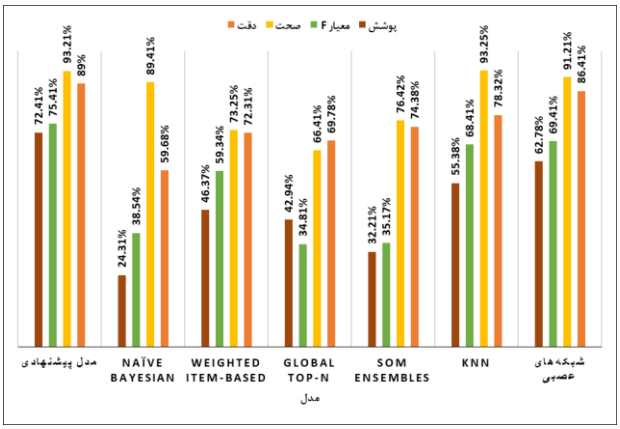
امروزه سیستم‌های چندعاملی در حل مسائل مختلف در حوزه‌های صنعت، پزشکی، تجارت، آموزش و حوزه‌های نظامی به‌کارگرفته‌می‌شود. این کاربردها از نظر اندازه، طبیعت، اجزاء، توزیع اجزاء و تعاملات آن‌ها دارای پیچیدگی بالایی می‌باشند. به همین خاطر سیستم‌های چندعاملی نیز مانند سایر سیستم‌های نرم‌افزاری نیاز به مهندسی دارند. با توجه به ماهیت مسئله مورد بررسی دستیار خرید در مقایسه با خرید و فروش فیزیکی نیازمند درنظرگرفتن پارامترهای مختلف است و کسب خبرگی در انتخاب هر یک از پارامترها نیازمند تجربه می‌باشد. یک سیستم چندعاملی، با توجه به ویژگی‌های مسئله ما، می‌تواند استفاده شود. از طرفی با توجه به رشد حجم داده‌ها و خدمات مربوط به خرید و فروش اینترنتی و برخط استفاده از سیستم‌های توصیه‌کننده برای دسترسی به موقع به موارد مورد علاقه داده‌ها و خدمات ضروری است. برای دستیابی به اطلاعات و خدمات متناسب با علایق کاربران در ارائه خدمات دستیار خرید هوشمند، معماری سیستم توصیه‌کننده چندعاملی پیشنهاد شده‌است. در معماری پیشنهادی، برای پیاده‌سازی سیستم چندعاملی نیازمند تعریف عامل‌های هوشمند و نحوه چیدمان و ارتباطات بین عامل‌های هوشمند می‌باشد. برای پیاده‌سازی این سیستم، عامل‌های مورد نیاز طراحی و با بررسی انواع معماری سیستم‌های چندعاملی، با توجه به مسئله ساختار یک معماری پیشنهادشد. با توجه به ساختار سیستم توصیه‌کننده مبتنی بر چند عامل پیشنهادی، این سیستم در تمام محیط‌های تعاملی که با خرید و فروش یا داد و ستد سروکار دارد، می‌تواند استفاده‌شود.

مدل پیشنهادی در این پژوهش در محیط نرم‌افزار MATLAB نسخه ۲۰۲۲ شبیه‌سازی‌شد و نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل پیشنهادی بر روی داده‌های مربوط به فروش یک فروشگاه آنلاین مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت. مقایسه پارامترهای ارزیابی در مدل پیشنهادی با روش‌های متداول در تحلیل سیستم‌های توصیه‌کننده، شامل شبکه‌های عصبی، KNN، SOM Ensembles، Weighted item-based، Global Top-N و Naïve Bayesian در جدول ۱ و شکل ۵ آمده‌است. همان‌طور که در جدول ۱ مشخص‌است، مطابق نتایج به‌دست‌آمده، در این ارزیابی دقت مدل پیشنهادی به‌طور میانگین ۹۱,۵ درصد بوده‌است که در مقایسه با مدل شبکه‌های عصبی، بادقت ۸۶,۴۱ درصد و در مقایسه با مدل KNN، با ۷۸,۳۲ درصد، مدل SOM Ensembles، بادقت ۷۴,۳۸ درصد، Global Top-N، بادقت ۶۹,۷۸ درصد، مدل Weighted item-based، بادقت ۷۲,۳۱ درصد و مدل Naïve Bayesian، بادقت ۵۹,۶۸ درصد دقت بالاتری در پیشنهاد مناسب به کاربران بوده‌است.

جدول ۱: مقایسه پارامترهای ارزیابی در مدل پیشنهادی با سایر روش‌ها

معیار ارزیابی / مدل	دقت	صحت	معیار F	پوشش
شبکه‌های عصبی	٪۸۶,۴۱	٪۹۱,۲۱	٪۶۹,۴۱	٪۶۲,۷۸
KNN	٪۷۸,۳۲	٪۹۳,۲۵	٪۶۸,۴۱	٪۵۵,۳۸
SOM Ensembles	٪۷۴,۳۸	٪۷۶,۴۲	٪۳۵,۱۷	٪۳۲,۲۱
Global Top-N	٪۶۹,۷۸	٪۶۶,۴۱	٪۳۴,۸۱	٪۴۲,۹۴
Weighted item-based	٪۷۲,۳۱	٪۷۳,۲۵	٪۵۹,۳۴	٪۴۶,۳۷
Naïve Bayesian	٪۵۹,۶۸	٪۸۹,۴۱	٪۳۸,۵۴	٪۲۴,۳۱
مدل پیشنهادی	٪۹۱,۵	٪۹۳,۲۱	٪۷۵,۴۱	٪۷۲,۴۱

شکل ۵ مقایسه پارامترهای ارزیابی در مدل پیشنهادی با سایر روش‌های مطرح‌شده را در قالب نمودار نشان‌می‌دهد.



شکل ۵: مقایسه پارامترهای ارزیابی در مدل پیشنهادی با سایر روش‌ها

همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است، مطابق نتایج به‌دست‌آمده، در این ارزیابی دقت مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل شبکه‌های عصبی، KNN، مدل Global Top-N،SOM Ensembles، مدل Weighted item-based، و مدل Naïve Bayesian، به ترتیب دارای ۵,۰۹، ۱۳,۱۸، ۱۷,۱۲، ۲۱,۷۲، ۱۹,۱۹ و ۳۱,۸۲ درصد دقت بالاتری در پیشنهاد مناسب به کاربران بوده‌است. کارایی مدل پیشنهادی در مقایسه سایر پارامترهای ارزیابی مطابق جدول ۱ نشان‌داده‌شده‌است.

۸. نتیجه‌گیری

در این پژوهش ضمن مطالعه سیستم‌های توصیه‌کننده، چالش‌های موجود در این حوزه بررسی‌شد و برای ارائه پیشنهاد و توصیه‌های با دقت و کیفیت بالا در رتبه‌بندی، مقایسه، انتخاب و ترجیحات اقلام کاربران در فرآیند تصمیم‌گیری در محیط‌های عملیاتی، از سیستم‌های چندعاملی استفاده‌شد. با ترکیب سیستم‌های چندعاملی، سیستم‌های توصیه‌کننده چندعاملی پیشنهادشد که بتواند به‌عنوان دستیار خرید در فرآیند خرید توصیه‌های مناسبی ارائه‌دهد. نتایج اعمال مدل پیشنهادی بر روی داده‌های مربوط به سابقه خرید مشتریان یک فروشگاه اینترنتی نشان‌داد، مدل پیشنهادی در ارزیابی پارامترهای مورد استفاده در مقایسه

با روش‌های رایج در این حوزه دارایی کارایی مناسبی می‌باشد. پیشنهادمی‌شود سیستم طراحی‌شده با سایر معماری‌ها آزمایش‌گردد و برای پیاده‌سازی یک سیستم چندعاملی خریدوفروش با سیستم طراحی-شده در این تحقیق مقایسه‌شود. یک سیستم توصیه‌کننده خرید و فروش اینترنتی مبتنی بر سیستم چندعاملی هوشمند در یک بستر فراگیر مانند شبکه جهانی وب پیاده سازی‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام می‌کنند که این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارد.

مراجع

[۱] L. Sebastia, A. Giret, and I. Garcia, "A multi agent architecture for tourism recommendation," in *Trends in Practical Applications of Agents and Multiagent Systems: 8th International Conference on Practical Applications of Agents and Multiagent Systems*, 2010: Springer, pp. 547-554 .

[۲] P. G. Balaji and D. Srinivasan, "An Introduction to Multi-Agent Systems," in *Innovations in Multi-Agent Systems and Applications - 1*, D. Srinivasan and L. C. Jain Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 20 ,۱۰pp. 1-27.

[۳] A. Dorri, S. S. Kanhere, and R. Jurdak, "Multi-Agent Systems: A Survey," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 28573-28593, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2831228.

[۴] L. O. Colombo-Mendoza, R. Valencia-García, A. Rodríguez-González, G. Alor-Hernández, and J. J. Samper-Zapater, "RecomMetz: A context-aware knowledge-based mobile recommender system for movie showtimes," *Expert Systems with Applications*, vol. 42, no. 3, pp. 1202-1222, 2015/02/15/ 2015, doi: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.09.016.

[۵] M. Altulyan, L. Yao, X. Wang, C. Huang, S. S. Kanhere, and Q. Z. Sheng, "A survey on recommender systems for Internet of Things: techniques, applications and future directions," *The Computer Journal*, vol. 65, no. 8, pp. 2098-2132, 2022.

[۶] D. Roy and M .Dutta, "A systematic review and research perspective on recommender systems," *Journal of Big Data*, vol. 9, no. 1, p. 59, 2022/05/03 2022, doi: 10.1186/s40537-022-00592-5.

[۷] M. Bazargani and Z. Homayounpour, "Presenting a novel method based on collaborative filtering for nearest neighbor detection in recommender systems," *Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems (IMPCS)*, vol. 1, no. 1, pp. 55-64, 2020. [Online]. Available: https://impcs.zanjan.iau.ir/article_683460_79573056000b23a21d۸۸dbed664efc83.pdf.

[۸] J. B. Schafer, D. Frankowski, J. Herlocker, and S. Sen, "Collaborative filtering recommender systems," *The adaptive web: methods and strategies of web personalization*, pp. 291-324, 2007.

[۹] M. K. Devi and P. Venkatesh, "An improved collaborative recommender system," in *2009 First International Conference on Networks & Communications*, 2009: IEEE, pp. 386-391 .

[۱۰] S. Spiegel, J. Kunegis, and F. Li, "Hydra: a hybrid recommender system [cross-linked rating and content information] ",in *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Complex networks meet information & knowledge management*, 2009, pp. 75-80 .

[۱۱] A. Oroojlooy and D. Hajinezhad, "A review of cooperative multi-agent deep reinforcement learning," *Appl Intell*, vol ,۵۳ .no. 11, pp. 13677-13722, 2023/06/01 2023, doi: 10.1007/s10489-022-04105-y.

[۱۲] b. mohammadkhani, Babaei, hamed, d. eskandari, and m. hasanzadeh, "A New Approach to The University Course Timetabling Problem based on Clustering Algorithms & Fuzzy Multi-Criteria Decision Making," *Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems (IMPCS)*, vol. 2, no. 3, pp. 1-11, 2021. [Online]. Available: https://impcs.zanjan.iau.ir/article_693852_8ed8751c2e738a4eb62ae7a9d33f786f.pdf.

[۱۳] K. Zhang, Z. Yang, and T. Başar, "Multi-agent reinforcement learning: A selective overview of theories and algorithms," *Handbook of reinforcement learning and control*, pp. 321-384, 2021.

[۱۴] T. Pinto, R. Faia, M. Navarro-Caceres, G. Santos, J. M. Corchado, and Z. Vale" ,Multi-Agent-Based CBR Recommender System for Intelligent Energy Management in Buildings," *IEEE Systems Journal*, vol. 13, no. 1, pp. 1084-1095, 2019, doi: 10.1109/JSYST.2018.2876933.

[۱۵] J. Neto, A. J. Morais, R. Gonçalves, and A. L. Coelho, "Multi-Agent-Based Recommender Systems: A Literature Review," Singapore, 2022: Springer Singapore, in Proceedings of Sixth International Congress on Information and Communication Technology, pp. 543-555 .

[۱۶] U. a. W. Pakdeetrakulwong, Pornpit, "State of the art of a multi-agent based recommender system for active software engineering ontology," *State of the art of a multi-agent based recommender system for active software engineering ontology*, vol. 3, no. 4, pp. 29-42, 2013.

[۱۷] H. Pandey and V. Singh, "A fuzzy logic based recommender system for e-learning system with multi-agent framework," *International Journal of Computer Applications*, vol. 122, no. 17, 2015.

[۱۸] M. Keykhaee, M. JelokhaniNiaraki, and N. Mahmoody Vanolya, "Design and Development of a Tourism Recommender System using Volunteered Geographic Information, Case Study: Yazd," *urban tourism*, vol. 8, no. 3, pp. 137-149, 2021, doi: 10.22059/jut.2021.323345.902.

[۱۹] R. Teimouri Yansari, "Designing a multi-agent system for intelligent shopping assistant ",presented at the The first national conference on computers, information technology and Islamic communications in Iran, 2015.

[۲۰] V. Mohammadi, M. Hosseinzadeh, and M. H. Hosseinzadeh, "Schematic Design of Hotel Recommendation Systems by user Precedence on Twitter," *Business Intelligence Management Studies*, vol. 7, no. 25, pp. 85-118, 2018, doi: 10.22054/ims.2018.9745.

[۲۱] J. Neto, A. J. Morais, R. Gonçalves, and A. L. Coelho, "Context-Based Multi-Agent Recommender System, Supported on IoT, for Guiding the Occupants of a Building in Case of a Fire," *Electronics*, vol. 11, no. 21, p. 3466, 2022. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2079-9292/11/21/3466.

[۲۲] A. Forestiero, "Multi-Agent Recommendation System in Internet of Things," in *2017 17th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID)*, 14-17 May 2017 2017, pp. 772-775, doi: 10.1109/CCGRID.2017.123 .

[۲۳] V. N. Marivate, G. Ssali, and T. Marwala, "An intelligent Multi-Agent recommender system for human capacity building," in *MELECON 2008 - The 14th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference*, 5-7 May 2008 2008, pp. 909-915, doi: 10.1109/MELCON.2008.4618553 .

[۲۴] S. Deochake, "Belief-Desire-Intention (BDI) Multi-agent System for Cloud Marketplace Negotiation ", Cham, 2023: Springer International Publishing, in Distributed Computing and Artificial Intelligence, 19th International Conference, pp. 144-153 .

[۲۵] A. Amirkhani and A. H. Barshooi, "Consensus in multi-agent systems: a review," *Artificial Intelligence Review*, vol. 55, no. 5, pp. 3897-3935, 2022/06/01 2022, doi: 10.1007/s10462-021-10097-x.

[۲۶] R. Taimourei-Yansary, M. Mirzarezaee, M. Sadeghi, and B. Nadjar Araabi, "Predicting Invasive Disease-Free Survival Time in Breast Cancer Patients Using Graph-based Semi-Supervised Machine Learning Techniques," (in en), *Soft Computing Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 48-69, 2022, doi: 10.22052/scj.2022.243330.1039.

[۲۷] R. Teimouri Yansari, M. Mirzarezaee, M. Sadeghi, and B. Nadjar Araabi, "A New Survival Analysis Model in Adjuvant Tamoxifen-Treated Breast Cancer Patients Using Manifold-based Semi-Supervised Learning," *Journal of Computational Science*, p. 101645, 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.jocs.2022.101645.

[۲۸] A. Tharwat, "Classification assessment methods ", *Applied Computing and Informatics*, vol. 17, no. 1, pp. 168-192, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.aci.2018.08.003.

پی‌نوشت

[1] Recommender System

[2] Logical Agents

[3] Multi Agent system (MAS)

[4] Agents

5 Collaborative recommender systems

6 Agent-Based Model (ABM)

7 case-based reasoning (CBR)

8 Accuracy

9 Recall

10 Confusion Matrix

11 Classification Rate

12 Precision

13 Online Retail: Gift Products | Kaggle : https://www.kaggle.com/datasets/ramzanzdemir/online-retail-gift-products