

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

Ramazan Teimouri Yansari^{1*}, Mojtaba Ajoudani²

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.



توسعه یک سیستم توصیه کننده چندعاملی برای دستیاران خرید هوشمند

رمضان تیموری یانسری^{۱*}، مجتبی آجودانی^۲

۱. استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد بندرگز، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرگز، ایران. (نویسنده مسئول) ra.teimouri@iau.ac.ir

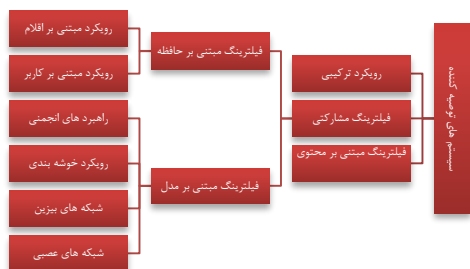
۲. استادیار، گروه مهندسی برق، واحد بندرگز، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرگز، ایران. mojtaba.ajoudani@iau.ac.ir

چکیده: با توجه به حجم فزاینده اطلاعات و خدمات موجود در وب، ارائه ابزارهایی مانند سیستم‌های توصیه کننده به وبسایت‌ها و برنامه‌های کاربردی که می‌توانند به کاربران در دستیابی به اطلاعات و خدمات متناسب با علاقه‌شان کمک کنند، ضروری است. به همین دلیل، ارائه راهنمایی و پیشنهاد مناسب به کاربران در انتخاب‌های مختلف، مطابق با اولویت‌های کاربر در حوزه‌های مختلف جایگاه خاصی یافته است. سامانه‌های توصیه کننده سیستم‌های اطلاعاتی هستند که با مدل سازی رفتار کاربران در محیط‌های عملیاتی در رتبه بندی، مقایسه، انتخاب و ترجیحات اقلام کاربران، با محدود کردن فضای جستجوی از طریق توصیه‌های با دقت و کیفیت بالا، در فرآیند تصمیم گیری کمک می‌کنند. در این پژوهش سیستم توصیه کننده چندعاملی پیشنهاد شد که بتواند به عنوان دستیار خرید در فرآیند خرید توصیه‌های مناسبی ارائه دهد. برای تحلیل مدل پیشنهادی مجموعه داده فروش یک فروشگاه اینترنتی شامل ۱۰۶۷۳۷۱ رکورد از داده‌های فروش آنلاین، مورد استفاده قرار گرفته است. با شبیه سازی مدل پیشنهادی نتایج حاصل از به کارگیری مدل بر روی داده‌های مربوط به مشتریان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج به کارگیری مدل پیشنهادی نشان داد، مدل پیشنهادی در ارزیابی پارامترهای مورد استفاده در مقایسه با روش‌های رایج در این حوزه دارای کارایی مناسبی می‌باشد.

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

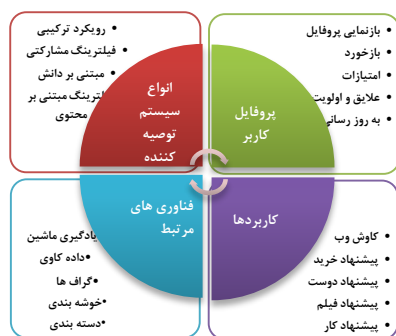
۱. مقدمه

مختلفی هم‌چون فروشگاه‌های اینترنتی، سیستم‌های دستیار و تشخیص پزشکی، اینترنت اشیاء و سایر محیط‌ها برای ارائه و پیشنهاد خدمات مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سیستم‌ها همچنین، نقش حیاتی و بسیار مهمی در صنعت اینترنت اشیاء ایفا کرده‌اند. 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 درشت استفاده از رویکردهایی که پیچیدگی دسترسی و ارائه خدمات به کاربران را تا حدی ساده و روان‌تر کرده‌اند بسیار ضروری می‌باشد. استفاده از این سیستم‌های در اینترنت اشیاء باعث شده است تا این فناوری به‌صورت قابل توجهی رشد و گسترش یابد [۵]. دسته‌بندی کلی سیستم‌های توصیه‌کننده در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱: انواع سیستم‌های توصیه‌کننده [۶]

سیستم‌های توصیه‌کننده مشارکتی^۵ یکی از پرکاربردترین روش‌های توصیه است که به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد [۷]. این فیلتر با تعیین مواردی که کاربران مشابه امتیاز مثبت داده‌اند یا انتخاب کرده‌اند، مواردی را به کاربران توصیه می‌کند. برای مثال، اگر دو کاربر در علائق و رفتار خود شبیه به یکدیگر باشند، سامانه اقلام خریداری شده توسط یکی را به دیگری توصیه می‌کند [۸]. سیستم‌های توصیه‌کننده ترکیبی اجازه می‌دهد تا سامانه‌ها منافعی از روش‌های مختلف به‌دست‌آورند، که باعث بهبود عملکرد و افزایش دقت توصیه می‌شود.



شکل ۲: سیستم‌های توصیه‌کننده هوشمند

سامانه توصیه‌کننده ترکیبی منابع داده مختلف را که با سیستم‌های توصیه‌کننده دیگر استفاده می‌شود، ترکیب می‌کند و موجب دستیابی به نتایج مطلوب‌تر خواهند شد و به دلیل استفاده از منابع داده مختلف از سایر روش‌ها محبوب‌تر هستند [۹، ۱۰]. انواع سیستم‌های توصیه‌کننده، کاربردها، اطلاعات پروفایل کاربران در این سامانه‌ها و فناوری‌های مرتبط با این سیستم‌ها در شکل ۲ آمده است.

امروزه ارائه راهنمایی و پیشنهاد مناسب به کاربران در انتخاب‌های مختلف، مطابق با اولویت‌های کاربر در حوزه‌های مختلف از تجارت الکترونیک تا تبلیغات آنلاین، از شبکه‌های اجتماعی، یوتیوب، و آمازون تا بسیاری دیگر از خدمات وب، جایگاه خاصی پیدا کرده است. رشد انفجاری در میزان اطلاعات دیجیتالی در محیط‌های عملیاتی موجود و تعداد بازدیدکنندگان از اینترنت و تعداد کاربران شبکه‌های اجتماعی، چالش بالقوه باگرفتنی اطلاعات را ایجاد کرده است که مانع دسترسی به موقع به موارد مورد علاقه کاربران این محیط‌ها می‌شود. هدف سیستم‌های توصیه‌کننده^۱ پیشنهاد اقلامی مرتبط به کاربران است. این سیستم‌ها با ایجاد و بازترسیم سیستم محتوای موجود بر اساس علائق و ترجیحات کاربر به اولویت‌بندی و شخصی سازی محتوای می‌پردازند. این رویکرد، تقاضا برای سامانه‌های توصیه‌کننده در محیط‌های عملیاتی، بیش از هر زمان دیگری افزایش پیدا کرده است [۱].

هوش مصنوعی مطالعه در مورد طراحی و پیاده‌سازی عامل‌های منطقی^۲ مصنوعی است و بسیاری از رویکردهای کاربردی در هوش مصنوعی در به‌کارگیری عامل‌های منطقی متمرکز شده است. یک عامل منطقی می‌تواند از طریق حسگرهایش محیط را درک کند 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 سعی دارد معیار کارایی که نشان‌دهنده عملکرد عامل در محیط است را به حداکثر برساند. اما در عمل، به‌ندرت پیش می‌آید که یک عامل به‌تنهایی و مستقل بتواند در یک محیط عملیاتی پیچیده با حداکثر کارایی کار کند [۲]. در بسیاری از موارد یک عامل با سایر عامل‌ها به روش‌های مختلفی در تعامل می‌باشد. عامل‌هایی نظیر عامل‌های نرم‌افزاری در اینترنت، ربات‌های فوتبالیست که شامل گروهی از عامل‌ها هستند که برای رسیدن به یک هدف با هم در تعامل و ارتباط هستند، سیستم چندعاملی^۳ نامیده می‌شود. در این سیستم‌ها، ترکیبی از عامل‌های حل مسئله^۴ در ارتباط با هم و به‌صورت گروهی به حل مسائل 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 پیش‌بینی می‌کنند که آیا یک کاربر خاص یک مورد را ترجیح می‌دهد یا خیر تا در جستجو و انتخاب موارد مورد نظر کاربران به آن‌ها کمک کنند. این سیستم‌ها 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 کاهش می‌دهند [۴]. سیستم‌های توصیه‌کننده فرآیند تصمیم‌گیری و کیفیت ارائه خدمات را بهبود می‌بخشند. در محیط تجارت الکترونیک، سیستم‌های درآمد صاحبان تجارت را افزایش می‌دهند. این سیستم‌ها در دامنه‌های

۳. سیستم‌های چندعاملی

سیستم چندعاملی، سیستمی است که از دو یا چند عامل هوشمند در حال تعامل تشکیل شده است. یک سیستم چندعاملی، دارای تعدادی عامل هستند که هرکدام به نوبه خود فعل و انفعالات داخلی خود را انجام می‌دهند و با محیط بیرون نیز در تعامل و ارتباط هستند و با یکدیگر همکاری دارند. این سیستم‌ها روش‌های جدیدی برای حل مسائل گوناگون به وجود آورده‌اند. تصمیم‌گیری در این سیستم‌ها به صورت توزیع شده انجام می‌گیرد. 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 حل کنند 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 قابل توجه، یک سیستم چندعاملی همیشه با یک مدل مبتنی بر عامل 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، به جای حل مسائل خاص عملی یا مهندسی است. برنامه‌هایی که در آن‌ها تحقیقات سیستم‌های چندعاملی ممکن است یک رویکرد مناسب ارائه دهد، شامل تجارت آنلاین، واکنش به بلایا، نظارت هدف و مدل‌سازی ساختار اجتماعی است [۱۳].

۴. پیشینه پژوهش

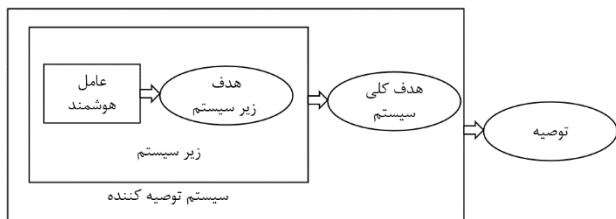
پنتو و همکاران در ۲۰۱۹ یک سیستم توصیه‌کننده استدلال مبتنی بر مورد^۲ با ترکیب سیستم‌های چندعاملی برای مدیریت هوشمند انرژی در ساختمان‌ها پیشنهاد کردند که مقدار کاهش انرژی را که باید در هر لحظه در یک ساختمان اعمال شود، با یادگیری از موارد مشابه قبلی توصیه می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که رویکرد پیشنهادی با 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 نشان می‌دهد [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 پیشنهاد شده است. هستی‌شناسی مهندسی نرم‌افزار برای ایجاد همکاری و هماهنگی کارآمد بین تیم‌های توزیع شده که بر روی پروژه‌های توسعه نرم‌افزار مرتبط در سراسر سایت‌ها کار می‌کنند، توسعه یافته است. در این پژوهش نشان داده شد 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 خواهد شد.

در پژوهش پاندی و سینگ در ۲۰۱۵، یک چارچوب یادگیری الکترونیکی مبتنی بر چند عامل ارائه شده است 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 توصیه می‌کند. در این پژوهش، یک چارچوب عامل توصیه‌کننده مبتنی بر منطق فازی جهت ارائه پیشنهاداتی به فراگیر برای افزایش رضایت و ارائه تجربه یادگیری پیشرفته، ارائه شده است [۱۷]. در پژوهش کیخانی و همکاران ۲۰۲۲، با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی خود سازمانده، شبکه بیزین و الگوریتم‌های فراابتکاری یک سیستم توصیه‌کننده گردشگری پیشنهاد داده شد. در این تحقیق از اطلاعات آماری سالیانه ۲۰۱۵ راه‌ها و اماکن گردشگری شهر یزد به منظور تنظیم سفر برای ۱۰۰ گردشگر استفاده شده است. این پژوهش نشان داد که سیستم طراحی شده 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 ایفا کند [۱۸].

در پژوهش تیموری (۲۰۱۵)، ضمن معرفی سیستم‌های چندعاملی و مقایسه ویژگی‌های آن با سیستم تک‌عاملی، ساختار و معماری‌ها سیستم‌های چند عاملی و شیوه‌های ارتباط بین عامل‌ها بررسی شد. در این پژوهش، سیستم چندعاملی دستیار خرید با بیان ساختار، معماری و شیوه ارتباط عامل‌ها معرفی گردید [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 توپیتر را با استفاده از انواع رابطه‌ها، 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 توسعه سیستم توصیه‌گر سفر و همچنین تسهیل تحقیقات آینده کمک خواهد کرد [۲۰]. نتو و همکاران (۲۰۲۲)، در پژوهشی به بررسی سامانه توصیه‌کننده چندعاملی مبتنی بر زمینه، پشتیبانی شده در اینترنت اشیاء، برای راهنمایی ساکنان ساختمان در صورت آتش‌سوزی پرداختند. در این تحقیق، پیشنهاد شده است که به جای تمرکز بر مدل‌سازی رفتار سرنشینان، بر شرطی کردن این رفتار با ارائه اطلاعات بلادرنگ در کارآمدترین مسیرهای تخلیه تمرکز می‌کند. با استفاده از سیستم توصیه‌کننده چندعاملی مبتنی بر زمینه مبتنی بر داده‌های متنی به دست آمده از دستگاه‌های اینترنت اشیاء، که کارآمدترین مسیرهای تخلیه را در هر زمان معین توصیه می‌کند، به دست می‌آید. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که راه‌حل پیشنهادی می‌تواند کارایی تخلیه ساختمان‌ها را در صورت آتش‌سوزی بهبود بخشد [۲۱]. فورستیرو [۲۲]، در پژوهشی به بررسی سیستم توصیه‌کننده چندعاملی در اینترنت اشیاء پرداخت. پیشنهاد اشیاء مفید

زیرسیستم از عامل‌هایی تشکیل شده‌است که اهداف مشخصی دارند و مشخص می‌کنند که زیرسیستم قصد دارد چه کاری انجام دهد.



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 فراهم می‌کند. علاوه بر این، شکست یک عامل لزوماً به معنای شکست کل سیستم نیست. استحکام ارائه شده توسط سیستم چندعاملی با قابلیت‌های تکراری بیشتر می‌شود. این تکرار با داشتن چندین عامل با قابلیت‌های یکسان یا مشابه فعال می‌شود. در چنین مواردی، زمانی که عاملی که دارای برخی قابلیت‌ها است از دسترس خارج می‌شود، ممکن است به نمایندگی دیگری با توانایی مشابه مراجعه شود.

۱.۵. معرفی عامل‌ها

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

- ❖ عامل خریدار
- ❖ عامل فروشنده
- ❖ عامل پستیچی
- ❖ 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 اعلام می‌کند. پس از اعلام موجود بودن کالا در سیستم توسط فروشنده، قیمت کالا به خریدار اعلام می‌شود. در صورتی که قیمت اعلام شده 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 چانه می‌زند. و فروشنده هم بر طبق معیار خاصی قیمت کالا را کاهش می‌دهد و به خریدار اعلام می‌کند. این چرخه ادامه می‌یابد تا زمانی که خریدار و فروشنده به توافق برسند و یا اینکه توافقی صورت نگرفته و خرید و فروش لغو شود. این عامل مبتنی بر سودمندی است، یعنی هرچه قیمت کالا کاهش یابد به سود خریدار خواهد بود.

۲.۱.۵. عامل فروشنده

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

در محیط اینترنت اشیاء وظیفه مهمی برای بسیاری از کاربردها مانند محاسبات شهری، شهرهای هوشمند، مراقبت از سلامتی و غیره می‌باشد که باید به دقت مورد بررسی قرار گیرد. در این تحقیق، یک الگوریتم چندمعیاره با بهره برداری از استراتژی خود سازمان‌دهی و غیرمتمرکز برای ایجاد سیستم پیشنهاد توزیع شده در محیط اینترنت اشیاء ارائه شده‌است. نتایج تحقیق، اعتبار این روش را تأیید می‌کند.

مربوت 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 ارائه شده‌است. 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 کار می‌کنند و با روزرسانی اطلاعات دوره این سیستم از نمایه کاربران و کلمات کلیدی دوره‌ها برای رتبه‌بندی دوره‌ها استفاده می‌کند. نتایج پژوهش نشان داد که سیستم توصیه‌گر پیشنهادی، مقیاس‌پذیر و سازگار بوده و بهبودهای بیشتر را می‌توان با استفاده از خوشه‌بندی و ثبت بازخورد کاربران انجام داد [۲۳].

بازرگانی و همایونپور (۲۰۲۰)، مدل سیستم‌های توصیه‌گر مبتنی بر فیلترینگ مشارکتی و روش کاربر-آیتم پیشنهاد کردند. در این پژوهش با به‌کارگیری روش نزدیک‌ترین همسایه به منظور تشخیص همسایگان مشابه به کاربر جدید بر مبنای فاصله، امتیاز اقلام محاسبه می‌شود و نزدیکترین فاصله به منظور تشابه انتخاب می‌شود. آزمایش‌های مدل پیشنهادی بر روی مجموعه داده Movielens که شامل ۱۶۸۲ آیتم است انجام شده‌است. نتایج این تحقیق نشان داد، 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].

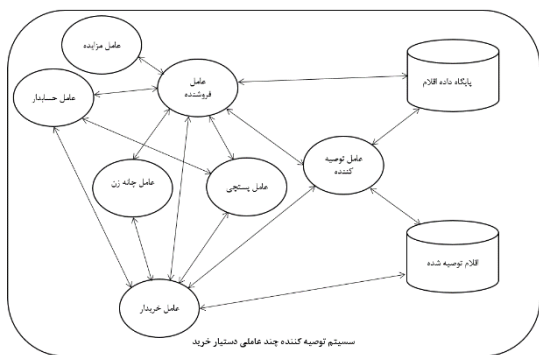
۵. روش‌شناسی

در این پژوهش، برای ارائه خدمات دستیار خرید هوشمند، با هدف دستیابی به اطلاعات متناسب با علایق کاربران، سیستم توصیه‌کننده چندعاملی پیشنهاد شده‌است. در معماری سیستم توصیه‌کننده چند-عاملی پیشنهادی، انواع عامل‌های هوشمند با توجه به کاربرد آن در مسئله مورد بررسی به‌عنوان اجزای اصلی سیستم تعریف شده‌اند. سپس نحوه چیدمان و سازماندهی این عامل‌ها و همچنین شیوه تعامل و ارتباطات بین عامل‌های هوشمند تعریف و مشخص شده‌است. 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، استفاده شده است [۲۴]. سامانه توصیه‌کننده پیشنهاد شده شامل چند زیرسیستم است و هر زیرسیستم مسئول انجام یک کار از پیش تعریف شده خواهد بود و با استفاده از مجموعه‌ای از عامل‌ها مدل‌سازی می‌شود. مطابق شکل ۳، یک

توصیه می‌کنند. در این عامل، اگر دو کاربر در علائق و رفتار خود شبیه به یکدیگر باشند، سامانه اقلام خریداری شده توسط یکی از کاربران را به کاربر دیگر توصیه خواهد کرد.

8.1.5 سیستم توصیه‌کننده چندعاملی پیشنهادی

سیستم فروش الکترونیکی، سیستم پیچیده‌ای نمی‌باشد لذا در این سیستم، ساختار عامل‌ها به صورت مسطح می‌باشد. معماری مدل پیشنهادی در شکل ۴ آمده است. 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 در صورتی که خرید و فروش صورت گیرد آنگاه از عامل پستیچی استفاده خواهد شد.



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 تبادل کنند. عامل‌ها، نرم‌افزارهای سیستمی هستند که از یک زبان ارتباطی برای تبادل اطلاعات استفاده می‌کند 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، فراهم شود. در معماری پیشنهادی ارتباط بین عامل‌ها از طریق اشتراک دانش بین عامل‌ها انجام می‌شود. در این روش عامل‌ها به پایگاه دانش یکدیگر دسترسی مستقیم دارند و ارتباط بین عامل‌ها از طریق دو رابط عملی‌اتی Ask و Tell صورت می‌گیرد. به این نوع ارتباط ارتباط از راه دور نیز گفته می‌شود [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 قابل دسترسی است. در سیستم‌های چندعاملی

درخواستی کمتر از تعداد درخواستی باشد، تقاضا رد می‌شود. در غیر این صورت اگر موجودی به اندازه کافی باشد، قیمت را به خریدار اعلام می‌کند. اگر خریدار قیمت را بپذیرد، خرید و فروش صورت می‌گیرد. در غیر این صورت، طبق درخواست خریدار، بر سر قیمت چانه‌می‌زنند تا به توافق برسند. فروشنده نیز طبق معیاری که دارد قیمت را تا مقدار مشخصی کاهش می‌دهد. و در صورتی که دو تقاضای خرید به صورت همزمان وجود داشته باشد 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 اعلام می‌شود و حسابدار قیمت کلی آن‌ها را محاسبه کرده و به فروشنده اعلام می‌کند. فروشنده نیز قیمت کل را به خریدار نمایش می‌دهد. و همچنین در صورتی که خریدار تمایل داشته باشد پرداخت وجه به صورت اینترنتی صورت گیرد، این کار بر عهده حسابدار می‌باشد. معماری این عامل، یک عامل واکنشی و یک عامل یادگیرنده می‌باشد.

۴.۱.۵ عامل پستیچی

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 پستیچی به دست خریدار خواهد رسید و خریدار نیز مبلغ خرید کالا را با توجه به شیوه پرداخت انتخاب شده در همکاری با عامل حسابدار پرداخت خواهد کرد. 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 اعلام می‌کند. در صورتی که بر سر قیمت به توافق نرسند، فروشنده قیمت را به میزان مشخصی کاهش داده 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 شده است. این عامل در تعامل با عامل‌های فروشنده، بر اساس علائق کاربران از بین اقلام موجود در پایگاه داده اقلام، با تعیین مواردی که کاربران مشابه امتیاز مثبت داده‌اند یا انتخاب کرده‌اند، مواردی را به کاربران

استفاده از الگوریتم‌های یادگیری در ایجاد هماهنگی عامل‌ها به دلایل پیچیدگی و ناشناخته بودن محیط، عدم پیش‌بینی تمامی حالاتی که عامل با آن‌ها روبرو خواهد شد، ناکافی بودن اطلاعات و همچنین نداشتن دانش کامل درباره محیط و یا هزینه بر 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 استفاده شده است. در شیوه که در آن‌ها عامل‌ها در هر مرحله پاداش یکسان یا پاداشی که از توزیع مشابه نمونه برداری شده، دریافت می‌نمایند در نظر گرفته شده است. این روش در عامل‌های خریدار، فروشنده و چانه‌زن مورد استفاده قرار گرفته است. در سیستم توصیه‌گر پیشنهادی، عامل توصیه‌کننده با استفاده از رویکرد مشارکتی در ارتباط با عامل‌های خریدار و فروشنده، با دریافت سلاقی خریدار، بهترین اقلام را با توجه به کالاهای عرضه شده، به خریدار جهت انتخاب پیشنهاد خواهد کرد. این عامل در تعامل با عامل‌های فروشنده، بر اساس علاقی کاربران از بین اقلام موجود در پایگاه داده اقلام، با تعیین مواردی که کاربران مشابه امتیاز مثبت داده‌اند یا انتخاب کرده‌اند، مواردی را به کاربران توصیه می‌کند. عامل خریدار با استفاده از الگوریتم خوشه بندی k-NN با وزن‌دهی به متغیرهای قلم انتخاب شده، بهترین همسایه‌های موجود در پایگاه داده اقلام یعنی مشابه‌ترین موارد به قلم فعلی را انتخاب می‌کند. کلاس‌های داخلی هر نوع از عامل‌ها، بر اساس تعدادی اجزای از پیش تعریف شده و با ترکیب آن‌ها، تعیین می‌شود. در سیستم فروش الکترونیکی کالا، نوع معماری واکنشی برای هر یک از عامل‌های فروشنده و خریدار مناسب است. در معماری واکنشی، عامل بر اساس قوانینی که برای آن مشخص شده به پیام‌هایی که از محیط دریافت می‌شود، پاسخ می‌دهد. با توجه به اینکه استراتژی‌های مشخص شده برای فروشنده و خریدار در سیستم به صورت قوانین مشخص و از پیش تعیین شده‌ای 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 به کارگیری رویکرد مشارکتی با عامل چانه‌زن و فروشنده، نوع قلم و همچنین قیمت نهایی را انتخاب خواهد کرد. شیوه عملکرد سایر عامل‌ها در مدل در بخش‌های گذشته تشریح شده است.

11.1.5. شیوه ارزیابی

ارزیابی کارایی و عملکرد معماری سیستم توصیه‌کننده چندعاملی پیشنهاد شده، بر مبنای معیارهای مختلفی انجام می‌شود. 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} استفاده می‌شود. ماتریس درهم‌ریختگی کارایی یک مدل را بر اساس مقایسه مقدار واقعی و مقدار تخمین زده، محاسبه می‌کند. از نتایج ماتریس درهم‌ریختگی و مهمترین معیار برای تعیین 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 انتخاب شده توسط مدل پیشنهادی از یک کاربر مشخص، به کل نمونه‌هایی که مدل چه به صورت صحیح و چه غلط، در آن دسته انتخاب و توصیه کرده است دقت را نشان می‌دهد [۲۷]. این معیار نشان می‌دهد مدل طراحی شده چند درصد از کل مجموعه رکورد‌های را به درستی انتخاب کرده است. همچنین یکی دیگر از مهمترین معیارهای ارزیابی مدل توصیه‌کننده، صحت^{۱۲} به معنای نسبت تعداد نمونه‌هایی که در انتخاب مثبت طبقه‌بندی شدند به کل نمونه‌هایی که مدل کلاس آن‌ها را به درستی پیش‌بینی کرده است [۲۸].

اجزا ماتریس درهم ریختگی عبارتند از:

مثبت درست TP: نشان‌دهنده تعداد رکورد‌هایی است که دسته واقعی آن‌ها مثبت بوده و الگوریتم دسته‌بندی نیز دسته آن‌ها را به درستی مثبت تشخیص داده است. منفی درست TN: به معنای تعداد رکورد‌هایی است که دسته واقعی آن‌ها منفی بوده و الگوریتم دسته‌بندی نیز دسته آن‌ها را به درستی منفی تشخیص داده است. مثبت نادرست FP: به معنای تعداد رکورد‌هایی است که دسته واقعی آن‌ها منفی بوده و الگوریتم دسته‌بندی دسته آن‌ها را به اشتباه مثبت تشخیص داده است. منفی نادرست FN: نشان‌دهنده تعداد رکورد‌هایی است که دسته واقعی آن‌ها مثبت بوده و الگوریتم دسته‌بندی دسته آن‌ها را به اشتباه منفی تشخیص داده است. محاسبه دقت، صحت، پوشش یا فراخوانی و معیار F طبقه‌بندها بر اساس روابط ۱ تا ۴ به دست می‌آید:

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

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

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

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

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

۶. مجموعه داده

برای تحلیل مدل پیشنهادی در این پژوهش، داده‌های فروش آنلاین یک فروشگاه اینترنتی مورد استفاده قرار گرفته است. این مجموعه داده شامل ۱۰۶۷۳۷۱ رکورد از داده‌های فروش آنلاین در سال‌های ۲۰۰۹ الی ۲۰۱۱ به دست آمده است. 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 بیان می‌کند چه تعداد از محصولات موجود در فاکتورها فروخته شده است، توضیحات، تاریخ و زمان فاکتور، قیمت محصول، شماره مشتری منحصر به فرد، آدرس

مشتری. این مجموعه داده استاندارد از پایگاه اینترنتی کگل^{۱۳} به صورت آنلاین در دسترس است.

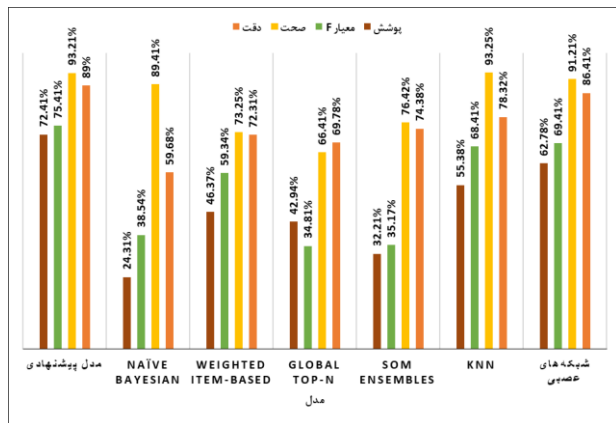
۷. نتایج و بحث

امروزه سیستم‌های چندعاملی در حل مسائل مختلف در حوزه‌های صنعت، پزشکی، تجارت، آموزش و حوزه‌های نظامی به کار گرفته می‌شود. 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 در نظر گرفتن 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 شده است. 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 پیشنهاد شد. 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 استفاده شود.

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

مدل	معیار ارزیابی	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 مطرح شده را در قالب نمودار نشان می‌دهد.



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

همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است، مطابق نتایج به دست آمده، در این ارزیابی دقت مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل شبکه‌های عصبی، KNN، مدل SOM Ensembles، Global Top-N، مدل Weighted item-based، و مدل Naïve Bayesian، به ترتیب دارای ۰۹، ۱۸، ۱۳، ۱۷، ۲۲، ۲۱، ۱۹، ۱۹ و ۳۱، ۸۲ درصد دقت بالاتری در پیشنهاد مناسب به کاربران بوده است. کارایی مدل پیشنهادی در مقایسه سایر پارامترهای ارزیابی مطابق جدول ۱ نشان داده شده است.

۸. نتیجه‌گیری

در این پژوهش ضمن مطالعه سیستم‌های توصیه‌کننده، چالش‌های موجود در این حوزه بررسی شد 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 استفاده شد. با ترکیب سیستم‌های چندعاملی، سیستم‌های توصیه‌کننده چندعاملی پیشنهاد شد که بتواند به‌عنوان دستیار خرید در فرآیند خرید توصیه‌های مناسبی ارائه دهد. نتایج اعمال مدل پیشنهادی بر روی داده‌های مربوط به سابقه خرید مشتریان یک فروشگاه اینترنتی نشان داد، مدل پیشنهادی در ارزیابی پارامترهای مورد استفاده در مقایسه

مدل پیشنهادی در این پژوهش در محیط نرم‌افزار MATLAB نسخه ۲۰۲۲ شبیه‌سازی شد و نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل پیشنهادی بر روی داده‌های مربوط به فروش یک فروشگاه آنلاین مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. 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 Bayesian Naïve در جدول ۱ و شکل ۵ آمده است. همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است، مطابق نتایج به دست آمده، در این ارزیابی دقت مدل پیشنهادی به‌طور میانگین ۹۱،۵ درصد بوده است که در مقایسه با مدل شبکه‌های عصبی، با دقت ۸۶،۴۱ درصد و در مقایسه با مدل KNN، با ۷۸،۳۲ درصد، مدل SOM Ensembles، با دقت ۷۴،۳۸ درصد، Global Top-N، با دقت ۶۹،۷۸ درصد، مدل Weighted item-based، با دقت ۷۲،۳۱ درصد و مدل Naïve Bayesian، با دقت ۵۹،۶۸ درصد دقت بالاتری در پیشنهاد مناسب به کاربران بوده است.

- با روش‌های رایج در این حوزه دارای کارایی مناسبی می‌باشد. پیشنهاد می‌شود سیستم طراحی شده با سایر معماری‌ها آزمایش گردد و برای پیاده‌سازی یک سیستم چندعاملی خرید و فروش با سیستم طراحی شده در این تحقیق مقایسه شود. یک سیستم توصیه‌کننده خرید و فروش اینترنتی مبتنی بر سیستم چندعاملی هوشمند در یک بستر فراگیر مانند شبکه جهانی وب پیاده‌سازی شود.
- تعارض منافع**
 نویسندگان مقاله اعلام می‌کنند که این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافی ندارد.
- مراجع**
- [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 (IMPACS)*, 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>.
- [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, 20۱۰, pp. 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 (IMPACS)*, vol. 1, no. 1, pp. 55-64, 2020. [Online]. Available: https://impcs.zanjan.iau.ir/article_683460_79573056000b23a21d^dbed664efc83.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 .

- [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>.
- [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.

پی‌نوشت

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>

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