دریافت سلیقه مخاطبین قالی خشتی چالِش‌تُر بر اساس شبکه عصبی مصنوعی

افسانه قانی[1*]، آذر رفیعی[2]

[1]دانشیار گروه فرش دانشکده هنر و علوم انسانی فارسان، دانشگاه شهرکرد. ایران.

[2]مدرس گروه کامپیوترآموزشکده فنی و حرفه‌ای دختران جونقان/ دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان چهارمحال و بختیاری. ایران.

Ghani@sku.ac.ir

تارخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۷

چکیده

قالی خشتی چالش‌تر یکی از کالاهای مصرفی و سرمایه‌ای محسوب می‌شود. این هنر بومی از گذشته تا کنون به طور سنتی و بدون توجه به سلایق مخاطبینش تولید می‌شود که این امر می‌تواند در آینده‌ای نزدیک، یکی از دلایل ناکامی این هنر اصیل باشد؛ لذا شناخت و آگاهی از سلیقه مصرف‌کنندگان می‌تواند به تولید بر اساس سلیقه مخاطبین، موفقیت بیشتر در میزان فروش و ارائه آمار بالای صادراتی کمک نماید. برای رسیدن به این امر سه الگوریتم مرتبط‌تر با موضوع: شبکه عصبی مصنوعی، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان با هم مقایسه و در نهایت از الگوریتم مناسب‌تر این موضوع، شبکه عصبی مصنوعی برای دریافت سلیقه مخاطبین قالی خشتی چالش‌تر استفاده و سعی شد به این سؤال پاسخ داده شود که شبکه عصبی مصنوعی چه اصولی از سلیقه مخاطبین قالی خشتی چالش‌تر در زمینه‌های ساختاری را می‌تواند معرفی کند؟ داده‌های اولیه در زمینه طرح و نقش، رنگ، مواد اولیه، بافت، رنگرزی، ابعاد و قیمت از طریق پرسشنامه جمع‌آوری و سپس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتمی طراحی و انجام شد که نتایج آن نشان داد طرح‌های خشتی سنتی با نقوش نیمه منحنی، خلوت، رنگ‌های روشن و ابعاد زیر ۶ متری سلیقه نهایی مخاطبین این نوع قالی‌ها است.

واژگان کلیدی: سلیقه، قالی خشتی، چالش‌تر، شبکه عصبی مصنوعی

Receiving the Taste of the Chaleshtor Lozenge Rug Audience Based on an Artificial Neural Networks(ANN)

Afsaneh Ghani[1]*, Azar Rafiei[2]

[1]Associate Professor of the Carpet Department, Faculty of Arts and Humanities, Farsan University, Shahrekord

[2]Lecturer of the computer department of Joneghan girls technical and vocational school/ Technical and vocational university of chaharmahal and bakhtiari province.

Ghani@sku.ac.ir

Abstract

Lozenge rug chaleshtor is in terms of artistic and aesthetic aspects, it is considered one of the consumer and capital goods that have international fame. From the past until now, this native art has been traditionally produced with the same design, pattern, and colour without paying attention to the tastes of its audience, which can be one of the reasons for the failure of this original art in the global rug markets shortly. Therefore, knowledge and awareness of consumers' taste, which is considered as one of the steps before production, and using modern science, can help to produce according to the taste of the audience and, accordingly, to be more successful in terms of sales and providing high export statistics. To achieve this, in this article, sub-branches of artificial intelligence were used to achieve the taste of Lozenge rug chaleshtor audiences. Three algorithms more related to the subject, 1. artificial neural networks, 2. decision tree learning and 3. support vector machine are compared and finally, the most suitable algorithm for this subject is the artificial neural networkss for receiving the taste of the audience of the Lozenge rug chaleshtor and providing suitable patterns in the field of design. , role, colour, dimensions, texture and price according to the audience's taste, and it was tried to answer the question of whether that artificial neural networkss can introduce the principles of the audience's taste of lozenge rug chaleshtor. in structural fields. For this purpose, primary data in the field of design and role, colour, raw materials, texture, dyeing, dimensions and price were collected through the contact questionnaire and then, using an artificial neural networkss, an algorithm was designed, the results showed that traditional lozenge designs with half motifs curved and quiet, with bright, limited, soft colours, natural dyeing, dimensions under 6 meters and preferably square with a price per meter of up to 10 million tomans is the final taste of the audience of this type of rugs.

Keywords: Taste, Lozenge Rug, Chaleshtor, Artificial Neural Networks

۱-مقدمه

قالی خشتی چالش‌تر به عنوان یک شیء هنری و یکی از کالاهای مصرفی و سرمایه‌ای با استقبال بسیار خوبی در سطح جهانی مواجه شده است. این هنر بومی که از قدرت خلاقیت و دقت دستان بافندگان محلی برخوردار است، به عنوان نمادی از فرهنگ بومی و هنر منطقه شناخته شده و توانسته است جایگاه خود را در بازار بین‌المللی به عنوان برند (یکی از مهم‌ترین عناصر سلیقه و بازاریابی) [۱]، تثبیت کند؛ با این حال، عدم توجه به سلایق و نیازهای مخاطبین ممکن است به یکی از عوامل ناکامی و کاهش تقاضا برای این هنر اصیل تبدیل شود. از طرفی در آینده‌ای نزدیک، تولیدکنندگان قالی خشتی نیازمند شناخت و آگاهی عمیق از سلیقه مصرف‌کنندگان و نیازهای بازار جهانی خواهند بود تا بتوانند رقابت‌پذیری خود را حفظ کرده و به توسعه وضعیت اقتصادی قالی خشتی در سطح جهانی کمک کنند. (نکته کلیدی موفقیت راهبردی سلیقه‌یابی و فروش، از جنبه‌های علمی، جهانی و بومی، درک رفتار مصرف‌کننده و شناخت جامعی از رفتار مخاطب حین خرید، انتخاب محصول و حتی زمان مصرف آن است)[۲]. در این راستا، استفاده از علم و فناوری و در این مبحث هوش مصنوعی به عنوان یک ابزار قدرتمند می‌تواند به تولید بر اساس سلیقه مخاطبین و در نتیجه به موفقیت بیشتر در فروش و صادرات قالی خشتی کمک کند. (امروزه رهبران شرکت‌های بزرگ در سراسر دنیا به این مهم دست یافته‌اند که برای پیشرفت مستمر و حضور پایدار در بازارهای به شدت رقابتی، ناچار هستند فعالیت‌های سلیقه‌یابی را جزء اولویت‌های خود قرار دهند و بخشی از ظرفیت‌ها و سرمایه‌های شرکت را به جد، صرف سلیقه‌یابی و استراتژی‌های مربوط به آن کنند)[۳].

هوش مصنوعی یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای مدل‌سازی غیرخطی و داده‌های شمارشی به دو دسته اصلی هوش مصنوعی سمبولیک یا نمادین و هوش غیرسمبولیک یا پیوندگرا تقسیم می‌شود. هوش مصنوعی سمبولیک از رهیافتی مبتنی بر محاسبات آماری پیروی می‌کند و اغلب تحت عنوان یادگیری ماشین طبقه بندی می‌شود و می کوشد سیستم و قواعد آن را در قالب نمادها بیان کند و با نگاشت اطلاعات به نمادها و قوانین به حل مسأله بپردازد. در میان معروف‌ترین شاخه‌های هوش مصنوعی سمبولیک می‌توان به سیستم‌های خبره و شبکه‌های بیزین[1] اشاره کرد؛ اما هوش پیوندگرا متکی بر یک منطق استقرایی است و از رهیافت آموزش و بهبود سیستم از طریق تکرار بهره می‌گیرد. در هوش مصنوعی پیوندگرا قواعد از ابتدا در اختیار سیستم قرار نمی‌گیرد؛ بلکه سیستم از طریق تجربه خودش قوانین را استخراج و هیچ فرض اولیه‌ای را بر توزیع داده‌ها تحمیل نمی‌کند[۴]، اگرچه هوش مصنوعی سال هاست که در پیش‌بینی نتایج و پیش‌آمدهای آینده در حوزه های مختلف نظیر تشخیص‌های پزشکی، مراقبت‌های بهداشتی، بورس، بیمه و هواشناسی مورد استفاده قرار می گیرد ولی به کارگیری آن در پیش‌بینی سلیقه کاربران درباره یک محصول خاص تقریباً جدید است. در این بین الگوریتم‌هایی مانند شبکه عصبی مصنوعی[2]، درخت

[1] Bayesian network

[2] Artificial Neural Networks (ANN)

تصمیم[1] و ماشین بردار پشتیبان[2] از جمله زیرمجموعه‌های هوش مصنوعی و ابزارهایی هستند که می‌توانند به طراحان و تولیدکنندگان قالی خشتی در تحلیل سلایق و نیازهای بازار کمک کنند. در این خصوص، شبکه عصبی مصنوعی یک سیستم محاسباتی است که الهام گرفته از ساختار و عملکرد سلول‌های عصبی در مغز انسان است. این سیستم از چندین لایه نورون‌های مصنوعی(عناصر پردازشی) تشکیل شده که می‌توانند اطلاعات را از طریق فرایند یادگیری به شبکه عصبی وارد کنند. این الگوریتم بر مبنای مجموعه‌ای از قوانین، الزامات ریاضی و آماری عمل می‌کند تا شبکه عصبی را به گونه‌ای آموزش دهد که بتواند ورودی ها را تشخیص داده و پاسخ‌های مناسبی تولید کند. درخت تصمیم نیز به صورت یک ساختار، شاخه‌بندی شده است که با استفاده از مجموعه‌ای از قوانین و شرایط، داده‌ها را طبقه‌بندی و تصمیم‌هایی را می‌گیرد. الگوریتم درخت تصمیم از مجموعه‌ای مراحل تشکیل شده است. در ابتدا، از یک مجموعه از داده‌های آموزشی استفاده می‌کند تا درخت را بسازد. در هر مرحله، الگوریتم بر اساس یک ویژگی از داده‌ها، بهترین شرط را برای تقسیم داده‌ها به دست می آورد. به این صورت که سعی می‌کند در هر مرحله داده‌های مشابه را در یک گروه و داده‌های مختلف را در گروه‌های جداگانه دیگری قرار دهد. الگوریتم ماشین بردار پشتیبان هم الگوریتم یادگیری ماشینی است که برای مسائل دسته‌بندی و رگرسیون استفاده می‌شود. در این الگوریتم، داده‌های آموزشی به عنوان نقاط در فضای چندبعدی در نظر گرفته می‌شوند، و الگوریتم سعی می‌کند یک سطح تصمیم (تا حد امکان بهینه) بین دو دسته‌بندی مختلف در فضای داده‌ها بیابد. این سطح تصمیم به عنوان صفحه‌ای هندسی مشخص می‌شود که داده‌های دو دسته را جدا و به عنوان مرز بین آن‌ها عمل می‌کند.

در ادامه پس از مقایسه سه الگوریتم، تمرکز بر روی شبکه عصبی مصنوعی قرار دارد و سعی می‌شود به این سؤال پاسخ داده شود که شبکه عصبی مصنوعی چگونه می‌تواند اصول و ویژگی‌های سلیقه مخاطبین قالی خشتی را در زمینه‌های ساختاری تعیین کند؟ برای شروع کار از پرسشنامه‌ای برای جمع‌آوری داده‌های اولیه استفاده شده است. این پرسشنامه شامل ۵۲ سؤال در زمینه طرح و نقش، رنگ، مواد اولیه، بافت، رنگرزی، ابعاد و قیمت است، در برخی سؤالات تخصصی، از تصویر استفاده شد تا مخاطب راحت‌تر و با درک و فهم بیشتری بتواند به سؤالات پاسخ دهد و به منظور به‌دست آوردن داده‌های اولیه، در اختیار مخاطبین قرار گرفت که در بازه زمانی مورد نظر ۱۲۰۰ نفر بدان پاسخ دادند. با استفاده از الگوها و روابط پنهان در داده‌های جمع آوری شده با استفاده از فنآوری شبکه عصبی مصنوعی، سیستمی طراحی شد که تحلیل دقیق سلایق مخاطبین انجام و بر اساس آن تولیدکنندگان قالی خشتی می‌توانند به طور دقیق‌تری به نیازهای بازار پاسخ داده و تولیداتی را ارائه دهند که با سلیقه و ترجیح مشتریان هماهنگی داشته باشد. این امر بهبود فرآیند فروش و صادرات قالی خشتی را

[1] Decision Tree Learning (DT)

[2] Support Vector Machine (SVM)

تسهیل کرده و به توسعه صنعت این هنر اصیل در بازار جهانی کمک خواهد کرد.

۲-پیشینه تحقیق

پیشینه موضوع مقاله مورد نظر از دو بعد قالی خشتی چالش‌تر و شبکه عصبی مصنوعی، قابل بررسی است. تحقیقاتی در زمینه ساختار قالی خشتی چالش‌تر اعم از طرح‌ها، نقوش، رنگ، بافت و ... انجام شده است؛ اما بررسی سلایق و دریافت آن به منظور تولید بر اساس سلیقه مخاطبین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی یک موضوع جدید و چالش‌برانگیز است. یکی از تحقیقات در این حوزه، کتاب تحلیل فرهنگی قالی خشتی چالش‌تر قانی(۱۳۹۸) است. در قسمتی از این کتاب، به معرفی قالی‌های خشتی، نقوش اصیل خشت‌ها و عوامل مؤثر در پیدایش این نقوش پرداخته شده است. رویکرد تحلیلی این کتاب، انسان شناسی هنر است که قالی‌های خشتی در زمینه تولید آن بررسی و با شیوه مردم‌نگاری انجام شده اما از حیث سلیقه یابی کوچک‌ترین اشاره‌ای نشده است[۵]. قانی(۱۴۰۰و۱۳۹۹) در مقالات آیکونولوژی نقشمایه دست دلبر در قالی خشتی چالش‌تر و آیکونولوژی خشت فرشته در قالی خشتی چالش‌تر با روش اروین پانوفسکی به تفسیر معنایی این نقوش پرداخته است اما؛ اثری از سلیقه‌یابی با رویکرد شبکه عصبی مصنوعی مشاهده نمی‌شود[۷ و ۶].

در زمینه هوش مصنوعی: بهمنی‌پور و عبادی (۱۴۰۲) در مقاله بررسی تکامل و جایگاه هوش مصنوعی مبتنی بر مدل های حاصل از شبکه‌های مولد تخاصمی[1] و انتشاری[2] در خدمت هوش مصنوعی؟[۹]. زیادالله و همکاران (۲۰۱۷)، در مقاله‌ای با عنوان پیش‌بینی سبک بصری در مد، به دنبال پاسخ‌گویی به این سؤال بودند که آینده مد چیست؟ بر این اساس از سه مجموعه داده شامل ۸۰۰۰۰ محصول مد فروخته شده در طول شش سال در آمازون استفاده و رفتار مصرف کاربر، مدل و محبوبیت آینده سبک ها را پیش‌بینی می‌کند[۱۰]. در مقاله دیگری صالحیان و همکاران(۱۳۸۷)، برای شناسایی کلمات فارسی نستعلیق با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، یک سیستم کامل پیاده‌سازی شده است. در مرحله پیش پردازش پس از یافتن بخش‌های متصل، سرکش‌ها و زیرکش‌های حروف کشف و از تصویر حذف می‌گردند. با استفاده از یک الگوریتم تقطیع

[1] GAN

[2] Diffusion

که بر اساس کانتور بالایی و پایینی کلمه عمل می‌کند، تصویر کلمه به دنباله‌ای از زیر کلمه‌ها شکسته می‌شود؛ پس از انجام عمل تقطیع، هشت ویژگی شامل سه توصیف‌گر فوریه و تعدادی ویژگی ساختاری گسسته برای نمایش زیرکلمه‌ها در فضای ویژگی به‌کار می‌روند. شناسایی با استفاده از یک شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و براساس این بردارهای ویژگی انجام می‌شود. خطاهای احتمالی در تشخیص زیرکلمه‌ها با استفاده از یک الگوریتم جستجو در لغت‌نامه سیستم اصلاح می‌شود. آزمایش سیستم بر روی یک نمونه شامل ۳۲۰ کلمه عملکرد مناسبی (٪۹۷ صحت) را نشان می‌دهد[۱۱]. در مقاله‌ای دیگر، شاه‌میری(۱۳۸۵) به تشخیص هوشمند اشعار شاهنامه فردوسی به کمک شبکه عصبی مصنوعی از نوع پیشخور یا پس‌انتشار پرداخته و برای سنجش کارایی شبکه، ویژگی‌های اشعار به روش درخت تصمیم را آزموده و نتایج آنها را با خروجی شبکه عصبی مقایسه کرده است. در هنگام استخراج ویژگی‌های گوناگون اشعار برای ارزیابی سیستم، تلاش شده تا شیوه تفکر انسان برای تشخیص اشعار شاعران شبیه‌سازی گردد و بدین منظور، ۶۴ گونه داده ورودی از ۲۲ ویژگی گوناگون از اشعار ایرانی استخراج و در سه دسته فیزیکی، مفهومی و آوایی دسته‌بندی شده است، همچنین برای سنجش و ارزیابی عملی نمونه‌ها، یک پایگاه داده واژگان، با زمینه‌های ویژه طراحی و پیاده‌سازی گردیده که امکان مقیاس پذیری کمی اشعار را فراهم آورده است؛ پس از آموزش و آزمایش نمونه‌ها در هر دو روش، مشخص شد که دسته‌بندی اشعار آزمایشی در دو دسته اشعار شاهنامه‌ای و غیرشاهنامه‌ای به کمک درخت تصمیم تا ٪۸۵,۵ درستی و به روش شبکه عصبی مصنوعی تا ٪۱۰۰ درستی را به همراه داشته است؛ همچنین برای کاهش خودکار و تعیین ارزش هر یک از ویژگی‌های استخراج شده، یک شبکه عصبی پرسپترون تک لایه به کار گرفته شد که به کمک آن، با حفظ دقت مطلوب، تعداد ویژگی‌های مورد نیاز به مقدار قابل توجهی کاهش یافت[۱۲].

در مقاله حاضر برای نخستین بار بر اساس شبکه عصبی مصنوعی، سعی می‌شود الگوهای دقیق‌تری از سلیقه مخاطبین قالی خشتی چالش‌تر در زمینه‌های مختلف مانند طرح، نقش، رنگ، ابعاد و قیمت استخراج شود. این تحقیق می‌تواند به تولیدکنندگان و صادرکنندگان کمک کند تا بهترین استراتژی‌ها در تولید و بازاریابی بر اساس سلیقه مخاطبین را انتخاب و در نتیجه، موفقیت بیشتری در بازارهای جهانی داشته باشند.

۳-روش انجام تحقیق

شبکه‌های عصبی مصنوعی الگوریتم‌های قدرتمندی هستند که می‌توانند الگوها و روابط پنهان را در داده‌ها شناسایی و یاد بگیرند. با استفاده از این نوع شبکه‌ها، می توان به طور خاص‌تر، سلیقه مخاطبین قالی خشتی چالش‌تر را بر اساس ورودی‌های مختلف مثل طرح، نقوش، رنگ، تکنیک بافت، ابعاد و غیره پیش‌بینی و دسته‌بندی کرد. برای دستیابی به این هدف، طبق تجربه چندین ساله پژوهش در خصوص قالی‌های چالش‌تر و به خصوص طرح خشتی، ابتدا پرسشنامه‌ای بر اساس تجربیات چندین ساله نگارندگان در حوزه فرش با ۵۲ سؤال (فارسی برای

مخاطبین ایرانی ساکن ایران یا خارج از ایران و لاتین برای مخاطبین خارجی) در زمینه طرح، نقوش، رنگ، مواد اولیه، ابعاد، بافت و قیمت طراحی‌گردید و از طریق ایمیل و شبکه های مجازی در اختیار مخاطبین و مصرف‌کنندگان این نوع قالی‌ها قرار داده شد. پس از دریافت حدود ۱۲۰۰ پاسخ (۳۰۰ نفر مخاطب خارجی و ۹۰۰ نفر مخاطب ایرانی)، از بین الگوریتم‌های مناسب این موضوع، سه الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم با هم مقایسه و بهترین آن برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. با استفاده از این الگوریتم، سیستمی طراحی شد که بر اساس ورودی‌های مذکور ویژگی‌های سلیقه مخاطب را تشخیص و پیشنهادهای مناسبی ارائه داد؛ که بر اساس شماره پرسش‌نامه‌ها، پاسخ‌های مخاطب شماره ۱۱۴، بهترین سلیقه‌یابی بر اساس شبکه عصبی مصنوعی است.

۴-معرفی پیکره مطالعاتی: قالی خشتی چالش‌تر

قالی‌های خشتی از معروف‌ترین قالی‌های منطقهٔ چالش‌تر از توابع شهرکرد، مرکز استان چهارمحال و بختیاری هستند که متن آنها از نظر ساختاری، دارای شکل‌های مربع هم اندازه کنار هم هستند، که خشت نامیده شده و درون هر کدام نقوش مختلفی اعم از نگاره‌های گیاهی، نقوش برگرفته از طبیعت و محیط پیرامون، نقش‌های تلفیقی، انتزاعی و کمتر از نقوش جانوران استفاده شده که زمینه و طرح هر کدام با دیگری متفاوت است(شکل ۱).

شکل -۱ قالی خشتی چالش‌تر با قدمت حدود 50 سال، ابعاد 300× 200 سانتیمتر و نقوش گیاهی. منبع: نگارندگان.

۵-مدل‌های پیش‌بینی جهت دستیابی به سلیقه مخاطبین قالی خشتی چالش‌تر

شناسایی الگو یکی از مهم‌ترین کاربردهای روش‌های آماری در علوم مختلف است. روش‌های کلاسیک آماری برای مدل‌بندی روابط بین متغیرها، دارای تعدادی پیش فرض و محدودیت است. در نظر گرفتن یک توزیع پیش فرض مانند توزیع نرمال برای متغیرهای پاسخ، خطی بودن رابطه‌ی پیشنهادی، یکسان بودن واریانس خطاها و غیره از جمله محدودیت‌های روش‌های کلاسیک هستند که هنگام استفاده عملی از این روش‌ها اگر داده‌های واقعی شرایط مفروض مدل را نداشته باشند، استفاده از این روش‌ها امکان پذیر نبوده یا با خطای قابل توجه همراه است[۱۳].

در مجموع، این مطالعه به معرفی و بررسی اثر پارامترهای فضایی بر عملکرد سه الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، درخت تصمیم و یادگیری ماشین برای پیش‌بینی سلیقه مخاطبین قالی خشتی چالش‌تر می‌پردازد؛ عملکرد روش

های معمول مانند ماشین بردار پشتیبان، درخت تصمیم و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی سلیقه کاربران درباره قالی خشتی چالش‌تر مقایسه شد که در ادامه این سه الگوریتم به اختصار معرفی و مقایسه می‌شود که پس از آن بهترین الگوریتم انتخاب و داده‌های جمع آوری شده بر اساس آن، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

۱-۵-شبکه عصبی مصنوعی

علاقه به شبکه عصبی مصنوعی، از توانایی این شبکه‌ها برای تقلید از مغز انسان و همچنین یادگیری و ارائه واکنش نشأت می‌گیرد. قابلیت پیش‌بینی در شبکه عصبی مصنوعی (به عنوان یک مدل یادگیری بدون ناظر)[۱۴]. از طریق یادگیری از یک سری مجموعه داده‌های ورودی و خروجی که به شبکه ارائه شده، انجام می‌شود. سپس از شبکه آموزش دیده، استفاده می‌شود تا آنچه را که آموخته است برای برآورد یا پیش‌بینی خروجی متناظر به‌کار گیرد [۱۶ و ۱۵]. شبکه‌های عصبی، مدل‌های ریاضی هستند که برای یادگیری و تشخیص الگوها و اطلاعات از داده‌ها به کار می روند. این شبکه‌ها توسط تعداد زیادی از واحدهای مصنوعی به نام نورون‌ها یا سلول‌های عصبی تشکیل شده‌اند. هر نورون وظیفه پردازش اطلاعات و انتقال سیگنال‌های الکتریکی به سایر نورون‌ها دارد. از انواع شبکه‌های عصبی می‌توان موارد زیر را نام برد [۱۷].

۱-۱-۵- شبکه عصبی ساده:

این نوع شبکه‌ها شامل لایه‌های ورودی، لایه‌های مخفی و لایه خروجی می‌شوند و اطلاعات از لایه ورودی به لایه خروجی به صورت یک جریان خطی، انتقال می‌یابند.

۲-۱-۵- شبکه‌های عصبی بازگشتی[1]

این شبکه‌های عصبی، توانایی حفظ حالت‌های گذشته را دارند و به این ترتیب می‌توانند اطلاعات زمانی وابسته را مدل کنند. این نوع شبکه‌ها معمولاً در مسائل مرتبط با توالی داده‌ها مانند پردازش زبان طبیعی[2] مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳-۱-۵- شبکه‌های عصبی کانوولوشنی[3]

شبکه‌های عصبی کانوولوشنی برای تصویربرداری و تشخیص الگوها در تصاویر استفاده می‌شوند که از لایه‌های کانوولوشنی برای استخراج ویژگی‌ها از تصاویر و لایه‌های تکراری برای کاهش ابعاد، استفاده می‌کنند.

۴-۱-۵- شبکه‌های عصبی مکرر[4]

این نوع از شبکه‌ها برای مدل‌سازی داده‌های دنباله‌ای مانند صدا، متن و سری زمانی مناسب هستند.

۵-۱-۵- شبکه‌های عصبی مقابله‌ای

این نوع از شبکه‌ها به دو بخش اصلی تقسیم می‌شوند: مولد و دقیق‌کننده.

این شبکه‌های عصبی، برای تولید داده‌های جدیدی که با داده‌های واقعی به خوبی تطابق داشته و نظیر آن‌ها باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

[1] RNN
[2] NLP
[3] CNN
[4] RNN

با توجه به توضیحات ارائه شده، هر کدام از این انواع شبکه‌های عصبی دارای ویژگی‌ها و کاربردهای مخصوص به خود هستند. انتخاب مناسب‌ترین نوع شبکه عصبی بستگی به نوع مسئله و نوع داده‌های ورودی دارد. ترکیب‌ها و تغییرات برای مدل‌سازی داده‌های خاص نیز ممکن است انجام شود.

۲-۵- ماشین بردار پشتیبان

ماشین بردار پشتیبان، یک روش یادگیری نظارت شده براساس تئوری یادگیری آماری و اصل حداقل سازی ریسک سازه‌ای است و به عنوان یک طبقه‌بندی کننده مضاعف، ابر پانل‌های بهینه را به منظور جداسازی اعضای دو کلاس ایجاد می‌کند؛ در حالی که فاصله بین نزدیک‌ترین نمونه های کلاس‌ها را در داده‌های آموزشی به حداکثر می‌رساند؛ با این حال در اکثر موارد دنیای واقعی، مسأله به صورت خطی قابل جداسازی نیست. برای رسیدگی به موارد غیرخطی یک هسته داده‌های ورودی را به یک فضای با ابعاد بالا، که به عنوان فضای ویژگی شناخته می‌شود، نگاشت می‌کند که در آن داده‌ها به صورت خطی قابل جداسازی می‌باشند. نقاط آموزشی که به ابر صفحه بهینه نزدیک‌تر هستند، بردارهای پشتیبان نامیده می‌شوند. عملکرد ماشیت بردار پشتیبان، به شدت به انتخاب یک هسته مناسب و ثابت تنظیم کننده C بستگی دارد[۱۸]. پارامترهای موجود در این الگوریتم به‌صورت زیر می‌باشند:

C: پارامتر مسئول بر کاهش شدت نرمال‌سازی؛ که در تعیین میزان اهمیت اشتباهات دسته‌بندی تأثیر دارد.

نوع کرنل[1] مورد استفاده برای تبدیل داده‌ها به فضایی جدید با ابعاد بالاتر است(مانند رادیال، خطی، چند جمله‌ای و غیره).

پارامتر مسئول بر تعیین میزان تأثیر نقاط دورتر در محاسبه فاصله بین نقاط است[2].

۳-۵- درخت تصمیم

درخت تصمیم، یک مدل سلسله مراتبی است که از قوانین تصمیم‌گیری تشکیل شده است که به طور بازگشتی متغیرهای مستقل را به نواحی همگن تقسیم می‌کند. هدف از یک درخت تصمیم پیدا کردن مجموعه‌ای از قوانین تصمیم‌گیری است به طوری که بتوان از آنها برای پیش بینی خروجی مجموعه‌ای از پارامترهای ورودی استفاده کرد. در طول فرآیند آموزش، درخت تصمیم تلاش می‌کند تا حداکثر مقدار اطلاعات را همراه با حداقل آنتروپی تولید شده در زیر گروه های درختی به دست آورد. در ابتدا تمام داده‌ها در یک گره ریشه جمع می‌شوند و سپس با استفاده از مقادیر پارامتر به زیرگروه‌هایی با خلوص و همگنی بالاتر تقسیم می‌شوند. این زیر مجموعه‌ها گره‌های داخلی نامیده می‌شوند[۱۹]. پارامترهای موجود در این الگوریتم به‌صورت زیر می‌باشند:

- حداکثر عمق[3] درخت تصمیم که به ازای آن، مدل باید تصمیم‌گیری کند.

[1] Kernel
[2] Gamma
[3] max_depth

- حداقل تعداد نمونه‌های مورد نیاز[1] برای جدا کردن یک گره درخت.

- شاخصی که برای انتخاب بهترین ویژگی استفاده می شود[2](مانند جینی، اندازه اطلاعات و غیره).

۶- آماده سازی داده‌های جمع‌آوری شده از مخاطبین قالی خشتی چالش‌تر

در این بخش داده‌های مربوط به سلیقه ۱۲۰۰ کاربر درباره قالی خشتی چالش‌تر، طی بازه زمانی ۳۰ ماهه، با پرسشنامه ای جمع‌آوری شده و بر مبنای متغیرهای تعریف شده، مجدداً مطالعه، بـررسی و بر مبنای کلاس‌های ورودی و خروجی مشخص شده برای شبکه‌ها، بازآرایی شدند؛ به عبارت دیگر نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس کدگذاری تعریف شده؛ که از ارزش ۴ برای پاسخ با گزینه "زیاد" استفاده می‌شود، ارزش ۳ برای گزینه "متوسط"، ارزش ۲ برای گزینه "کم" و ارزش ۱ برای گزینه "خیلی‌کم" ساماندهی و برای ورود به شبکه آماده‌سازی شدند. در ادامه برای یکسان نمودن ارزش داده‌ها قبل از آموزش شبکه، داده‌های ورودی نرمال سازی شدند. در این تحقیق برای نرمالیزه کردن داده‌ها از رابطه (۱) استفاده شده است که ورودی‌ها را بین صفر و یک استاندارد می نماید.

رابطه (۱)
$$x_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

در این جا x_i داده اندازه‌گیری شده یک متغیر، x_{min} حداقل داده اندازه‌گیری شده و x_{max} حداکثر داده اندازه گیری شده همان متغیر است. در این قسمت تمامی داده های بازآرائی شده، نرمال سازی شده و به هر یک ارزشی بین صفر تا یک تعلق گرفت؛ پس از آماده‌سازی و نرمال سازی داده‌ها، به سه بخش داده‌های آموزشی آزمایشی و اعتبارسنجی تقسیم شدند. در این مطالعه، ۷۰ درصد داده ها به عنوان داده‌های آموزشی، ۲۰ درصد داده‌های اعتبارسنجی و ۱۰ درصد نیز جهت آزمون مدل انتخاب شدند. نرم افزار مورد استفاده در این تحقیق نرم افزار متلب[3] نسخه ۲۰۲۲b و شیوه انتخاب داده‌ها هم به صورت تصادفی بود.

۷- تعیین معیارهای ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی

در پژوهش‌های انجام شده در زمینه پیش‌بینی خطا در نرم افزار، مدل‌های کلاس‌بندی مبتنی بر متریک‌های نرم افزاری، یک ماژول نرم افزاری را به عنوان مستعد خطا و یا غیر مستعد خطا پیش بینی می‌کنند. روش‌های کلاس‌بندی دودویی برای پیش‌بینی کلاس‌هایی که به احتمال زیاد دارای خطا هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در واقع می‌توان به موقع از این مدل، برای بهبود کیفیت ماژول‌هایی که به احتمال زیاد در طول عملیات، به اشتباه مستعد خطا تشخیص داده می‌شوند، استفاده کرد و در نتیجه به طور مقرون به صرفه‌ای کیفیت را تست کرد و منابع را بهبود بخشید.

[1] min_samples_split
[2] criterion
[3] MATLAB

۷-۱- معیار ارزیابی حساسیت

این معیار، صحت مدل پیش‌بینی را نشان می‌دهد و به صورت درصد کالاس‌هایی که به درستی مستعد خطا پیش بینی شده‌اند، تعریف و بر اساس رابطه (۲) محاسبه می شود.

رابطه (۲) $$Sensivity = \frac{TP}{TP + FN}$$

۷-۲- معیار ارزیابی صحت

صحت، نسبت تعداد کالاس‌ها به درستی پیش‌بینی شده (از جمله دارای خطا و فاقد خطا) به تعداد کل کالاس‌ها، تعریف شده است. معیار صحت (و یا میزان موفقیت) با رابطه (۳) تعریف می‌شود.

رابطه (۳) $$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

۷-۳- معیار ارزیابی دقت

دقت، تعداد کالاس‌های مستعد خطایی که توسط مدل به درستی به عنوان مستعد خطا پیش‌بینی شده‌اند را، نشان می‌دهد و از رابطه (۴) محاسبه می‌شود که بهترین مقدار آن، یک است.

رابطه (۴) $$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

۸- یافته‌ها

همان‌طورکه پیش‌تر نیز اشاره شد، سؤالات تمامی کاربران (۱۲۰۰ نفر) و پاسخ‌های آن‌ها به ۵۲ سؤال پرسشنامه، با مقادیری از ۱ تا ۴ ارزش‌گذاری گردید (ارزش ۴ به معنای زیاد و ارزش ۱ به منزله خیلی‌کم). سپس، تمامی داده‌ها نرمال‌سازی شده و با استفاده از سه الگوریتم شبکه‌های عصبی، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان، عملیات پیش‌بینی انجام گردید. مقایسه کارایی این سه الگوریتم در جداول ۱ تا ۳ به نمایش در آمده است. برای هر الگوریتم، دقت، حساسیت و صحت آن محاسبه شده است.

جدول۱. نمایش دقت پیش‌بینی روش شبکه عصبی، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان (مقادیر به درصد می باشند)

	ماشین بردار پشتیبان	درخت تصمیم	شبکه عصبی
دقت	85.66	88.39	91.89

جدول۲. نمایش حساسیت پیش‌بینی روش شبکه عصبی، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان (مقادیر به درصد می باشند)

	ماشین بردار پشتیبان	درخت تصیم	شبکه عصبی
حساسیت	88.02	87.54	90.15

جدول۳. نمایش صحت پیش‌بینی روش شبکه عصبی، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان (مقادیر به درصد می باشند)

	ماشین بردار پشتیبان	درخت تصیم	شبکه عصبی
صحت	89.74	88.25	91.14

مقایسه نتایج بدست آمده از بررسی شاخص‌های ارزیابی کارایی مدل‌های ساخته شده، نشان می‌دهد که شبکه عصبی در تمامی شاخص‌های ارزیابی در مقایسه با روش های درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان، بهترین عملکرد را به خود اختصاص داده است. این شبکه با دقت پیش بینی برابر با ۹۱,۸۹ درصد، حساسیت پیش‌بینی برابر با ۹۰,۱۵ و صحت پیش بینی برابر با ۹۱,۱۴ درصد، از بالاترین پیش‌بینی دقت، حساسیت و صحت برخوردار می باشد. این موضوع نشان می‌دهد شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با روش‌های درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان ، از کارایی بالاتری در پیش‌بینی موضوع تحقیق حاضر برخوردار است.

پس از اثبات برتری الگوریتم شبکه‌های مصنوعی نسبت به سایر رقبای خود در این مطالعه، پس از جمع‌آوری پاسخ‌های ۱۲۰۰ نفر از طریق پرسشنامه، الگوریتم شبکه عصبی برای تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. این الگوریتم با بررسی الگوها و روابط بین داده‌ها، وزن و امتیاز مربوط به هر پاسخ را محاسبه نمود؛ سپس پاسخ‌ها بر اساس امتیاز بدست آمده، اولویت‌بندی شدند و پاسخ شماره ۱۱۴ که بیشترین امتیاز را کسب کرده بود، به عنوان بهترین نمونه انتخاب گردید. مدل ساخته شده توسط پاسخ‌های این کاربر می‌تواند بهترین پیش‌بینی باشد. این نمونه بدین شکل به سؤالات پرسشنامه پاسخ داده است (جداول ۴ تا ۸).

جدول ۴. پاسخ های کاربر شماره ۱۱۴ در قسمت طرح و نقش از پرسشنامه

شماره سؤال	پاسخ مخاطب	مشخصات ساختاری قالی	ارزیابی مخاطب
1	1	استفاده از طرح‌های کلاسیک	خیلی زیاد
2	3	طرح‌های مدرن و تحول یافته	متوسط
3	4	طرح‌ها و نقوش گردان و نیمه منحنی	زیاد
4	1	طرح‌ها و نقوش شکسته و هندسی	متوسط
5	1	ترکیب‌بندی شلوغ در زمینه خشت‌ها	خیلی‌کم
6	3	ترکیب‌بندی خلوت در زمینه خشت‌ها	زیاد
7	4	استفاده از نقوش گیاهی در خشت‌ها	زیاد
8	1	استفاده از نقوش جانوری در خشت‌ها	خیلی‌کم
9	3	استفاده از نقوش اشیاء در خشت‌ها	متوسط
10	1	استفاده از نقوش انتزاعی در خشت‌ها	کم
11	3	استفاده از نقوش ترکیبی در خشت‌ها	متوسط
12	4	خشت‌ها در ابعاد استاندارد (22 × 22 سانتی متر مربع)	متوسط
13	3	خشت‌ها در ابعاد بزرگ (30 × 30 سانتی متر مربع)	خیلی زیاد
14	1	خشت‌ها در ابعاد کوچک(15 × 15 سانتی متر مربع)	خیلی‌کم
15	2	چیدمان خشت‌ها در زمینه قالی به صورت تکراری یا قرینه	خیلی‌کم
16	2	چیدمان خشتها در زمینه قالی به صورت غیر تکراری (طرح غلط)	زیاد
17	3	اندازه حاشیه بزرگ بیشتر از یک ششم عرض	زیاد
18	3	حاشیه بزرگ هماهنگ با نقوش زمینه قالی	متوسط
19	2	حاشیه بزرگ، ساده و کمتر از یک ششم عرض	کم
20	3	حاشیه اطراف خشت‌ها (قلمدان)، ساده و بدون نقش	زیاد
21	2	حاشیه اطراف خشت‌ها (قلمدان)، شلوغ و پر نقش	متوسط

جدول ۵. پاسخ‌های کاربر شماره ۱۱۴ در قسمت رنگ‌بندی از پرسشنامه

شماره سؤال	پاسخ مخاطب	مشخصات ساختاری قالی	ارزیابی مخاطب
22	2	تنوع زیاد رنگ‌ها	متوسط
23	1	تعداد رنگ محدود	زیاد
24	1	طیف رنگ‌های گرم (قرمز، نارنجی، زرد و تنالیته‌های رنگی مابین رنگ‌های گرم)	زیاد
25	2	طیف رنگ‌های سرد (سبز، آبی و تنالیته‌های رنگی مابین رنگ‌های سرد)	کم
26	4	استفاده از رنگ‌های تیره	کم
27	4	استفاده از رنگ‌های روشن	زیاد
28	1	استفاده از رنگ‌های مات	زیاد

جدول ۶. پاسخ‌های کاربر شماره ۱۱۴ در قسمت مواد اولیه و رنگرزی از پرسشنامه

شماره سؤال	پاسخ مخاطب	مشخصات ساختاری قالی	ارزیابی مخاطب
29	2	استفاده از قالی‌های تمام پشم (تار، پود و پرز از جنس پشم)	متوسط
30	1	استفاده از قالی معمولی (تار و پود از پنبه و پرز از جنس پشم)	کم
31	4	ارتفاع پرز بین نیم تا یک سانتیمتر	زیاد
32	2	ارتفاع پرز بین یک تا سه سانتیمتر	متوسط
33	3	ثبات رنگی پرز قالی (ثبات در برابر لکه، ثبات نوری، ثبات شستشو، ثبات مالشی و...)	زیاد
34	3	رنگرزی طبیعی	زیاد
35	3	رنگرزی شیمیایی با مواد رنگزای با دوام	کم

جدول ۷. پاسخ‌های کاربر شماره ۱۱۴ در قسمت ابعاد و بافت از پرسشنامه

شماره سؤال	پاسخ مخاطب	مشخصات ساختاری قالی	ارزیابی مخاطب
36	4	قالی در ابعاد زیر 6 متری	زیاد
37	3	قالی در ابعاد بین 6 تا 12 متری	متوسط
38	2	قالی در ابعاد بالای 12 متری	کم
39	1	قالی به شکل مربع	زیاد
40	3	قالی به شکل مستطیل	متوسط
41	4	قالی به اشکال هندسی دیگر مانند: دایره، لوزی و ...	خیلی‌کم
42	4	رجشمار پایین قالی(زیر 25 رج)	متوسط
43	3	رجشمار معمولی قالی (بین 25 تا 40 رج)	زیاد
44	1	تکنیک یک پود در بافت قالی (پود ضخیم و نازک دارای ضخامت یکسان)	خیلی‌کم
45	3	تکنیک دو پود در بافت قالی (پود ضخیم و پود نازک)	زیاد
46	2	استفاده از گره‌های تزیینی در گلیم بافی‌های ابتدا و انتهای قالی	کم
47	4	شیرازه گِرد باف	زیاد
48	2	شیرازه تخت باف	خیلی‌کم
49	2	عدم عیوب حادث در فرآیند تولید قالی (سرکجی، شمشیری شدن، دو رنگی و ...)	زیاد

جدول ۸. پاسخ های کاربر شماره ۱۱۴ در قسمت قیمت از پرسشنامه

شماره سؤال	پاسخ مخاطب	مشخصات ساختاری قالی	ارزیابی مخاطب
50	2	هر متر مربع بین 8 تا 10 میلیون تومان	زیاد
51	1	هر متر مربع بین 10 تا 15 میلیون تومان	کم
52	3	سایر قیمت‌ها	خیلی‌کم

۹- نتیجه‌گیری

با توجه به موضوع سلیقه‌یابی از قالی‌های خشتی چالش‌تر که با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی انجام شد، و طبق جداول ۴ تا ۸، چنین استنتاج شد که: اکثریت مخاطبین قالی خشتی چالش‌تر در قسمت طرح و نقش خواهان طرح‌های کلاسیک، نقوش منحنی و نیمه گردان، طرح‌های خلوت و با نقوش گیاهی هستند. در قسمت رنگ بندی نیز رنگ‌های روشن، مات، رنگ‌های محدود و طیف رنگ‌های گرم (قرمز، نارنجی، زرد و تنالیته‌های رنگی مابین رنگ‌های گرم) سلیقه مخاطبین قالی خشتی چالش‌تر را پوشش می‌دهد. در ارزیابی مواد اولیه و رنگرزی، قالی‌های تمام پشم با ارتفاع پرزکوتاه بین نیم تا یک سانتی‌متر و با رنگرزی کاملاً طبیعی و ثبات‌رنگی (ثبات در برابر لکه، ثبات

نوری، ثبات شستشو، ثبات مالشی و...) در اولویت انتخاب مخاطبین پاسخ دهنده به پرسشنامه بود. در قسمت ابعاد و بافت: قالی‌های کوچک پارچه (زیر ۶ متری)، به شکل مربع و با رجشمار بین ۲۵ تا ۴۰ با تکنیک دو پود، شیرازه گردباف و عدم عیوب حادث در قالی (سرکجی، شمشیری شدن، دو رنگی و ...) از سلیقه مخاطبین این نوع قالی‌ها می‌باشد. در قسمت قیمت هم مصرف‌کنندگان قیمت هر متر مربع قالی بین ۸ تا ۱۰ میلیون تومان را تمایل بیشتری دارند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم مناسب‌تری برای موضوع پژوهش مورد نظر است که به دلایل عمده از جمله حساسیت کمتر نسبت به وجود خطا در اطلاعات ورودی، تعداد داده‌های ورودی کمتر، روند صحت‌سنجی، واسنجی سریع‌تر و آسان‌تر، توانایی شبیه‌سازی با وجود داده‌های ورودی ناقص یا مبهم، نسبت به سایر روش‌های مدل‌سازی نتیجه قابل قبول‌تری ارائه می دهد. استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در دریافت سلیقه مخاطبین قالی خشتی می‌تواند باعث بهبود کیفیت پیشنهادهای ارائه شده و افزایش رضایت مخاطبین شود. همچنین، این روش می‌تواند به فروشندگان و تولیدکنندگان قالی خشتی کمک کند تا تمرکز خود را بر روی محصولاتی که بیشترین تطابق را با سلیقه مخاطبین دارند، متمرکز کنند و در نتیجه فروش خود را افزایش دهند. در ادامه پیشنهاد می‌شود مکانیزم یا مدلی بر اساس داده‌های مربوط به سلیقه مشتریان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی طراحی شود، تا بتوان طرح‌ها و نقوش موجود در قالی‌های خشتی چالش‌تر را احیاء، تحلیل و بر اساس آنها، طرح‌های جذاب و مورد سلیقه مخاطبین ایجاد و به مرحله بافت رساند. در پژوهش مورد نظر، جنبه‌های هنری قالی خشتی و سلایق مخاطبین آن مورد نظر نگارندگان بوده است اما سلایق هنری ممکن است بسیار متنوع‌تر و شخصی باشند؛ بنابراین، این محدودیت ممکن است باعث کاستی در نتایج تحقیق شود. همچنین با توجه به ماهیت تحقیق و محدودیت‌های آن، نتایج تحقیق باید توسط سایر صاحب‌نظران مورد ارزیابی قرار گیرد تا درک کاملی از موضوع به دست آید.

۱۰- مراجع

۱. ولی‌پور، پ، شکارچی، م.، بررسی تأثیر شاخصه‌های رنگی البسه بر وفاداری مشتریان با نقش واسطه‌ای شخصیت و وجهه برند (مطالعه موردی: ال‌سی وایکیکی)، نشریه علمی علوم و فنآوری نساجی، ۵۶-۴۷، ۱۳۹۷.

۲. ولی‌پوری، ا، و پورکاظمیان، ه. عوامل مؤثر در خرید پوشاک، نشریه علمی علوم و فنآوری نساجی، ۴۲-۳۷، ۱۳۹۴.

۳. مهدیخانی، م، و حاتمی‌نسب، ح. خوشه‌بندی و نگاشت روند مطالعات علمی حوزه بازاریابی در صنعت نساجی و پوشاک بر اساس مقالات نمایه شده در پایگاه **WOS**، نشریه علمی علوم و فنآوری نساجی، ۷۰-۴۹، ۱۴۰۰.

4.Famoye and Wang. Censored generalized poisson regression model. Computational Statistics & Data Analysis. 2004, 46(3). Pp: 547-560. Available at: https://doi.org/10.1016/j.csda.2003.08.007.

۵. قانی، ا.، تحلیل فرهنگی قالی خشتی چالش‌تر، انتشارات سمت، ۱۳۹۸.

۶. قانی، ا.، آیکونولوژی خشت فرشته در قالی خشتی چالش‌تر با روش اروین پانوفسکی، دو فصلنامه علمی الهیات هنر، مدرسه اسلامی هنر قم، ۱۳۹۹.

۷. قانی، ا.، آیکونولوژی نقش‌مایه دست دلبر در قالی‌های خشتی چالش‌تر، دو فصلنامه علمی مبانی نظری هنرهای تجسمی ایران، دانشگاه الزهرا، ۱۴۰۰.

۸. بهمنی‌پور، آ، عبادی، د.، بررسی تکامل و جایگاه هوش مصنوعی مبتنی بر مدل‌های حاصل از شبکه‌های مولد تخاصمی (GAN)و انتشاری (Diffusion) در هنرهای تجسمی امروز، چهارمین همایش ملی هنرهای نمایشی و دیجیتال، ۱۴۰۲.

۹. علیمردانی، م، هوش مصنوعی و هنر: نقش ابزار در خلق اثر هنری، هشتمین همایش ملی مبانی نظری هنرهای تجسمی ایران با رویکرد هنر جدید، تهران، ۱۴۰۱.

10. Al-Halah, Z, Stiefelhagen,R, Grauman, K. Fashion Forward: Forecasting Visual Style in Fashion, Journal of Emerging Technologies and Innovative Research Volume 9, Issue 12 , December 2022.

۱۱. صالحیان، ن، یزدچی، م، و کریمیان، ع.، شناسایی کلمات فارسی نستعلیق با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. نشریه علمی مهندسی برق مجلسی، ۱۰-۱، ۱۳۸۷.

۱۲. شاه‌میری، ا، شیری قیداری، س، و دژکام، ر.، شناسایی اشعار شاهنامه فردوسی به کمک شبکه عصبی مصنوعی. نشریه علمی علوم و مهندسی کامپیوتر، ۲۶-۱۷، ۱۳۸۵.

13.Marques AI, García V, Sanchez JS. A literature review on the application of evolutionary computing to credit scoring. Journal of the Operational Research Society, 2012, 64(9), 1384-1399.

۱۴. ماکویی، ف، میرجلیلی، ف، هادی‌زاده، م، و پیوندی، پ.، کاربرد شبکه عصبی خودسازمان‌دهنده بر اساس داده‌کاوی برای ایجاد جدول اندازه لباس. نشریه علمی علوم و فنآوری نساجی، ۱۰۳-۹۷، ۱۳۹۱.

15.Hagan MT, Demuth HB, Beale MH, De Jesu´s O, Neural network design, 2nd edition, Martin Hagan Publisher. 2014.

16.Sunday et.al. Dynamic failure analysis of process systems using neural networks. Process Safety and Environmental Protection, 111, pp: 529-543. Available at: https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.08.005.

17.Wen-Zheng Xu et.al, Corroded pipeline failure analysis using Artificial Neural Networkss scheme. Advanced in Engineering Software, 112, pp: 255-266. Available at: https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.05.006.

18.Ghaemi Z, Alimohammadi A, Farnaghi M. LaSVM-based big data learning system for dynamic prediction of air pollution in. Tehran Environmental monitoring and assessment 2018;190:300.

19.Akkas¸ E, Akin L, Çubukçu HE, Artuner H. Application of decision tree algorithm for classifcation and identification of natural minerals using SEM–EDS. Comput Geosci 2015;80:38–48.