

سامانه کمک طراحی پارچه بر اساس الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای

طباطبایی سید محمود^۱، عضو هیئت علمی دانشگاه علم و هنر یزد، مظفری وجیهه^۲، استاد مدعو دانشگاه علم و هنر، کریم پور عطیه^۳، کارشناس ارشد

طراحی لباس و پارچه

۱ دانشکده هنر، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران

۲ دانشکده هنر، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران

۳ دانشکده هنر، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران

چکیده

امروزه با گسترش فناوری دیجیتال، جایگاه کاربرد رایانه در ایجاد خلاقیت هنری به‌خصوص طراحی پارچه و لباس دارای اهمیت بسزایی است. لازم به ذکر است که در شیوه‌های سنتی، امکان تعامل با مصرف‌کننده تا پایان فرآیند طراحی وجود ندارد و در صورت عدم تأیید طرح نهایی توسط وی، کلیه مراحل طراحی می‌بایست مجدداً تکرار شود. سیستم‌های نرم‌افزاری طراحی، فقط برای افراد حرفه‌ای خوب کار می‌کنند و کار با آن‌ها برای افراد غیرحرفه‌ای مشکل می‌باشد؛ بنابراین لزوم استفاده از سامانه‌هایی که بتوان با حفظ سرعت طراحی، از تعامل بین کاربر و سیستم نیز استفاده کند، در این حوزه ضروری می‌باشد. در این تحقیق، سامانه کمک طراحی پارچه بر اساس الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای توسعه داده شده است. به‌منظور طراحی پارچه از نقش‌مایه‌ها و رنگ‌های موجود در گلیم‌های قشقایی و همچنین نوع چیدمان نقش‌مایه‌ها در گلیم استفاده شد. طرح‌های تولید شده توسط سامانه برای برآورد میزان برازندگی در معرض دید کاربر قرار می‌گیرد. بر طبق ارزیابی کاربر، طرح‌های ضعیف‌تر کنار گذاشته شده و طرح‌های قوی‌تر با گذر مجدد از سامانه، ارتقا یافته و در نهایت طرح مطلوب ایجاد می‌گردد. نتایج نشان داد که استفاده از سامانه ارائه‌شده در صنعت طراحی پارچه؛ طراحان، خریداران و حتی تولیدکنندگان پارچه را قادر می‌سازد در روند طراحی پارچه اعمال سلیقه نمایند. آن‌گونه که از نظر کاربران استنباط می‌شود، کاهش زمان فرآیند طراحی، کاهش هزینه‌های مربوط و نیز دستیابی به طرح‌های متعدد در حداقل زمان ممکن از مزایای این سامانه می‌باشد.

کلید واژگان: الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، طراحی پارچه، نرم‌افزار، گلیم، سامانه کمک طراحی پارچه.

Abstract

Nowadays, with the development of digital technology, the place of computer is important in art, especially in fabric and cloth design. It should be noted that in traditional methods, it is not possible to interact with the consumer until the end of the design process. Typical design software systems only work well for professionals and are difficult for non-professionals to work with.

The purpose of this study is to propose a fabric design assistance system using Qashqai kilim designs based on interactive genetic algorithm. In order to design the fabric, the patterns and colors available in Qashqai kilims as well as the type of pattern arrangement in the kilims were used. The designs produced by the system are exposed to the user to estimate the degree of fit. According to the user's evaluation, weaker designs are discarded and stronger designs are upgraded by re-going through the system, and finally the desired design is created. The result show that use of this system in the fabric design industry enables designers, buyers and even fabric manufacturers to taste in the design process of the fabric. As it is inferred from the users' point of view, reducing the design process time, and achieving multiple designs in the shortest time possible are the benefits of this system.

Key words: Interactive genetic algorithm, Fabric design, Software, Kilim, Fabric design assistance system.

¹ m.tabatabaie @ sau.ac.ir

استفاده از فناوری در صنعت طراحی پارچه به دلیل افزایش رقابت در بازار امری اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد و این امر قطعاً سرعت و دقت تولید طرح را به نحو چشمگیری افزایش می‌دهد. در نرم‌افزارهایی که در حال حاضر برای طراحی پارچه مورد استفاده قرار می‌گیرند، نیاز به یک کاربر حرفه‌ای می‌باشد که علاوه بر تسلط کامل به اصول طراحی چاپ، باید آفرینش گر نیز باشد؛ بنابراین تولیدکنندگان به دنبال سامانه‌های طراحی مد، لباس و پارچه به کمک رایانه هستند که با نظرخواهی از مصرف‌کنندگان برای تولید طرح مدنظر آن‌ها تلاش کنند. استفاده از الگوریتم‌های تکاملی مانند ژنتیک می‌تواند این هدف را محقق سازد.

در الگوریتم ژنتیک ارزیابی به کمک تابع برازندگی انجام می‌شود؛ اما ارزیابی مسائل کیفی یا توصیفی در عمل پیچیده و گاهی ناممکن است. برای حل این مشکل الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای^۱ ابداع شد که در آن تابع برازندگی با ارزیابی انسان جایگزین شده است. مزیت این نوع الگوریتم این است که نیازی نیست که کاربر از جزئیات کار، آگاه باشد و فقط خروجی را ارزیابی می‌کند. الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای به کاربر اجازه می‌دهد تا به‌طور مستقیم طرح‌های موردنظر خود را انتخاب کند و به‌جای تابع برازندگی به هر انتخاب نمره شایستگی بدهد. الگوریتم ژنتیک در سال‌های اخیر در زمینه‌های متفاوت کاربرد وسیعی داشته است، از جمله سلیمی و گلی بیدگلی در سال ۱۳۹۸ یک الگوریتم ترکیبی چندهدفه را ارائه دادند. در این الگوریتم ترکیبی، خصوصیات دو الگوریتم ژنتیک و کرم شب‌تاب با هم ترکیب شده است. این الگوریتم با یک مجموعه کرم‌های شب‌تاب که در فضای مسئله به‌صورت تصادفی گسترش یافتند، شروع به کار می‌کند و این ذرات در طول مراحل تکامل، به جواب بهینه مسئله همگرا می‌شوند. در مرحله بعد، یک طرح جست‌وجوی محلی برای جست‌وجوی همسایگی ارائه شده تا کیفیت جواب‌ها را بهبود ببخشد. برای بهبود الگوریتم، یک سری تغییرات در معیار انتخاب بهترین بهینه سراسری به‌ازای هر کرم شب‌تاب و همچنین بهترین بهینه محلی اعمال شده است. استفاده از این روش سبب می‌شود یکنواختی منحنی پرتو افزایش یابد. نتایج آزمایشگاهی روش ارائه شده بر روی برخی از توابع محک نشان می‌دهد که به‌کارگیری این روش موجب کاهش خطا شده است. الگوریتم پیشنهادی بر اساس یک الگوریتم پایه توسعه داده شده است [۱]. آفرنده و حسینی در سال ۱۳۹۹، روشی خودکار جهت استخراج قوانین به صورت مستقیم از روی مجموعه داده‌ها را معرفی کردند. در روش پیشنهادی از امکان و قابلیت مدیریت عدم قطعیت تئوری مجموعه‌های فازی در مدل‌سازی قوانین استفاده شده است. به منظور رسیدن به مجموعه قوانین بهینه فازی، از الگوریتم ژنتیک استفاده شده و علاوه بر کاهش مجدد قوانین تکراری، بهبود قوانین فازی بر روی آن‌ها انجام شده است. به منظور ارزیابی، روش فازی-ژنتیک پیشنهادی بر روی هفت مجموعه داده مشهور پیاده‌سازی و بر اساس روش تحلیلی، دقت ارزیابی شده است. نتایج به‌دست آمده بیانگر کارآ بودن روش پیشنهادی در مجموع است [۲]. محمدپور و همکاران در سال ۱۳۹۹، یک الگوریتم ژنتیک بهبودیافته (خودسازمانده بحرانی) مبتنی بر حافظه برای حل مسائل بهینه‌سازی پویا ارائه دادند. در الگوریتم ارائه‌شده، از یک عملگر جهش خودسازمانده استفاده شده است. این عملگر جهش قادر است تا نرخ‌های جهش خودتنظیم‌شونده با یک توزیع مخصوص بر اساس مدل تپه شنی صورت پذیرد که برای بهینه‌سازی پویا مناسب است. اگر تغییرات به‌صورت دوره‌ای رخ دهند، به‌طور معمول استفاده از اطلاعات گذشته اجازه می‌دهد الگوریتم به سرعت بعد از تغییر محیط به سازگاری در شرایط محیطی جدید برسد. همچنین راهکاری برای جایگزینی و بازیابی در حافظه به کار برده شده است. در طرح پیشنهادی ابتدا جهش خودسازمانده بحرانی جدید، با سایر الگوریتم‌های ژنتیک ارائه شده توسط سایر محققین ترکیب شده است. نتایج به دست آمده حاکی از این است که این روش توانسته به‌کرات سایر الگوریتم‌های ژنتیک را برای محیط‌های پویا بهبود بخشد [۳].

استفاده از الگوریتم ژنتیک در صنعت پوشاک به‌ویژه طراحی پارچه و لباس از دیرباز مورد توجه قرار گرفته است. لین^۲ در سال ۲۰۰۳، سامانه‌ای را بر پایه الگوریتم ژنتیک طراحی کرد. با استفاده از این سامانه، یک طراح پارچه می‌تواند نمره نخ و تراکم تار و

^۱ interactive

^۲ Lin

پودی را که با عرض مدنظر و هزینه از پیش کنترل شده تطابق دارد را مشخص کند [۴]. گونگ^۱ در سال ۲۰۰۵، سامانه طراحی لباس مبتنی بر الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای را ارائه کرد که در این سامانه، برانزنگی طرح‌های لباس توسط انسان محاسبه می‌شد [۵]. لین در سال ۲۰۰۸، سامانه‌ای هوشمند به کمک رایانه طراحی کرد. ابتدا با مشخص کردن هشت طرح بافت پایه از سامانه، تعداد تاروپود، تک رنگ بودن یا متفاوت بودن رنگ نخ‌ها توسط طراح پارچه با طرح و رنگ‌های متفاوت ایجاد می‌شود. سپس از طراح خواسته می‌شود تا به هر تصویر بر اساس مقدار رضایت خود امتیاز دهد. نسل جدید با انتخاب تصاویر نسل پیشین با بیشترین امتیاز به وجود می‌آید [۶].

موک^۲ و همکارانش در سال ۲۰۱۳، روشی برای طراحی طرح اولیه لباس بر اساس الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای ارائه کرده‌اند. سیستم نه‌تنها توانایی بازیابی طرح‌های قبلی لباس از یک پایگاه داده طراحی را دارد، بلکه توانایی ایجاد سبک‌های جدید را نیز دارد [۷]. اوبی^۳ و اجیوچ^۴ در سال ۲۰۱۷، سامانه‌ای برای طراحی پارچه با بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک ارائه دادند. در این سیستم یک طراح پارچه می‌تواند به‌طور مؤثر بهترین تناسب را برای رنگ‌ها و طرح‌ها تعیین کند. در طول طراحی الگوریتم ژنتیک به کاربر در به دست آوردن بهترین ترکیب پارامترهای طرح در طول مراحل طراحی کمک می‌کند [۸]. زو^۵ و همکارانش در سال ۲۰۱۸، یک سامانه طراحی لباس تعاملی با صفحه مربوط به مشخصات فردی ارائه دادند تا نیاز شخصی‌سازی لباس برآورده شود. یک رویکرد طراحی لباس تعاملی بر اساس ایده الگوریتم ژنتیک با در نظر گرفتن کت‌وشلوار به‌عنوان لباس نمونه ارائه شد. در این سامانه، کاربر قادر است تا المان‌های لباس را به دلخواه خود تغییر دهد و همچنین رنگ و طرح پارچه را مطابق با سلیقه خود انتخاب کند و در نهایت مدل کت‌وشلوار خود را انتخاب کند [۹].

زو و همکارانش در سال ۲۰۲۰، یک سامانه طراحی لباس‌های سفارشی شخصی شده بر مبنای سبک معمولی و الگوریتم ژنتیک تعاملی پیشنهاد دادند. در این سامانه می‌توان با ارزیابی نظرات مشتری، سبک‌های مد جدیدی ارائه کرد. نتایج حاصله بیانگر این بود که سامانه طراحی شده می‌تواند در مقایسه با روش الگوریتم ژنتیک تعاملی کلاسیک، خستگی کاربر را کاهش داده و همگرایی آن را سرعت بخشد و سبک‌های طراحی شده قدر است نیازهای مشتریان را تأمین نماید [۱۰].

لطیفی و همکارانش در سال ۱۳۸۶، سامانه کمک طراحی پارچه‌های تار و پودی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای که توانایی ایجاد طرح بر اساس نظر و سلیقه کاربر را داشته باشد را طراحی کردند. در روش الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای طرح‌ها به‌طور خودکار تولید می‌گردد و با ارزشیابی کاربر، طرح‌ها بر اساس محاسبات تکاملی اصلاح می‌شوند [۱۱]. فصاحت و پیوندی در سال ۱۳۹۲، روشی جدید بر پایه الگوریتم ژنتیک، پارامترهای طرح، رنگ، تعداد تکرار آن و طرح بافت ارائه دادند. در این روش به‌طور هم‌زمان تصاویر پارچه‌های رنگی شبیه‌سازی شده با رایانه استخراج شد. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که مقدار برانزنگی به دست آمده در همه تصاویر ارائه شده به جز تصاویر معیوب، معادل ۱۰۰٪ می‌باشد [۱۲].

زارع نژاد و همکارانش در سال ۱۳۹۲، سامانه کمک طراحی لباس با به کارگیری روش الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای را توسعه دادند. در مرحله اول، قسمت‌های مختلف لباس شامل یقه، آستین، دامن، دکمه، جیب و کمربند، جداگانه طراحی گردید. سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، لباس جدید طراحی گردید. تعدادی از طرح‌های لباس ایجاد شده توسط کاربر و سایر طرح‌های لباس به کمک روابط شباهت بین طرح‌های لباس ارزیابی گردید [۱۳]. زارع زاده و پیوندی در سال ۱۳۹۴، سامانه طراحی لباس شنای زنانه با استفاده از الگوریتم ژنتیک و خوشه‌بندی کی مینز را طراحی کردند. با استفاده از نرم‌افزار طراحی لباس، اجزای لباس شنای زنانه شامل بالاتنه، میان تنه و پایین‌تنه، جداگانه طراحی شده و به شکل سه‌بعدی ذخیره شدند [۱۴].

جعفری و پیوندی در سال ۱۳۹۵، سامانه کمک طراحی باتیکی با به کارگیری روش الگوریتم ژنتیک نیمه‌خودکار توسعه دادند. ابتدا اجزای طرح باتیک شامل طرح زمینه، رنگ موتیف، شکل موتیف و الگوی چیدمان موتیف شماره‌گذاری شدند. در مرحله بعد با

¹ Gong

² Mok

³ Obe

⁴ Egwuche

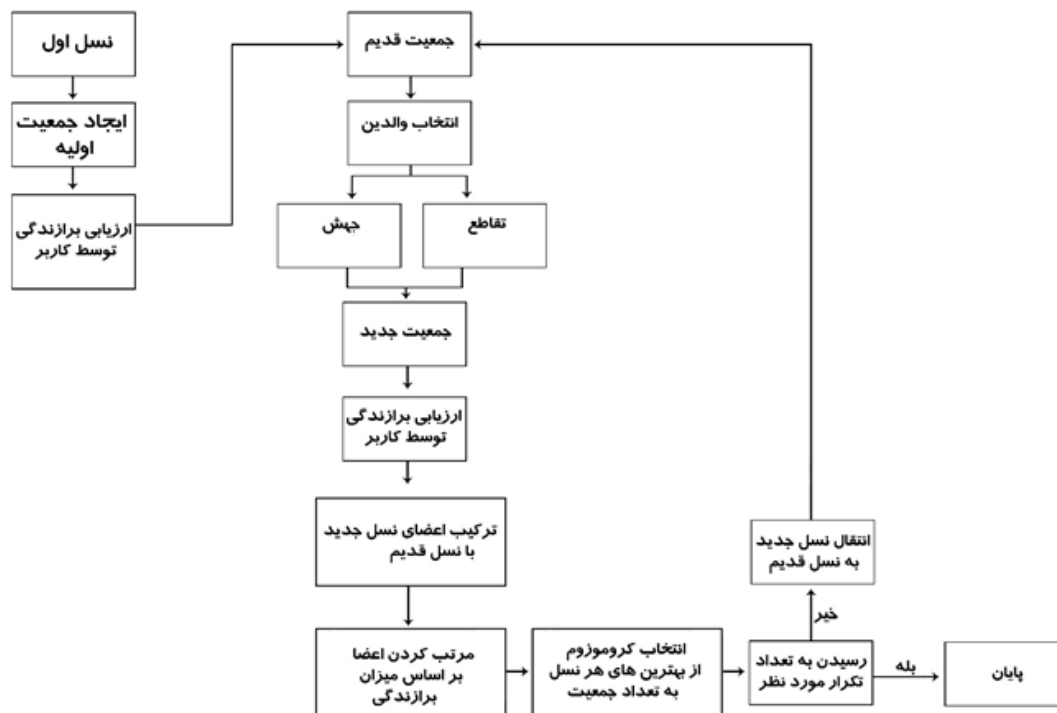
⁵ Zho

کمک الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای طرح‌های باتیک جدید خلق شدند. طرح‌های ساخته شده توسط کاربر و بقیه طرح‌های باتیک به کمک روابط شباهت نمونه‌ای طرح‌های باتیک ارزیابی شدند [۱۵]. سلیمانی و همکاران در سال ۱۳۹۷، سامانه ست کردن لباس (تیشرت و شلوار) با مجموعه‌ای از طرح و رنگ‌های مختلف با استفاده از الگوریتم ژنتیک را طراحی کردند. در این سامانه از سلیقه کاربران استفاده می‌شود. در این سامانه قوانینی با توجه به تجربیات و نظرات متخصصان طراحان پارچه و لباس وضع شده است. استفاده از این قوانین در ایجاد طرح‌های اولیه، باعث می‌شود تا طرح‌هایی که از نظر فنی و زیبانشناسی مورد تایید است، ساخته شود و کاربر تنها به منظور اعمال سلیقه به آن امتیاز دهد [۱۶].

با وجود آنکه تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای برای طراحی لباس و پارچه توسط محققان استفاده شده است، اما تاکنون تحقیقی در زمینه استفاده از نقوش گلیم برای طراحی پارچه با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای انجام نشده است، بنابراین در تحقیق حاضر از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای برای طراحی پارچه با الهام از نقش‌مایه‌های گلیم قشقایی استفاده شده است. همچنین از چیدمان طرح‌ها در گلیم برای طراحی بر روی پارچه و لباس الهام گرفته شده است که خود می‌تواند جنبه‌ای از نوآوری این تحقیق باشد. در ادامه، اصول و عملکرد الگوریتم ژنتیک در طراحی پارچه شرح داده شده است. در این سامانه طی مراحل ارزیابی بهترین طرح پارچه با توجه به سلیقه فرد با استفاده از الگوریتم ژنتیک به وی نشان داده می‌شود، به طوری که تابع برازندگی مدل، منتج از نظر کاربر می‌باشد.

۲- روش تحقیق

در این قسمت به چگونگی عملکرد سامانه کمک طراحی پارچه با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای پرداخته می‌شود. روند الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای مورداستفاده در این تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است.

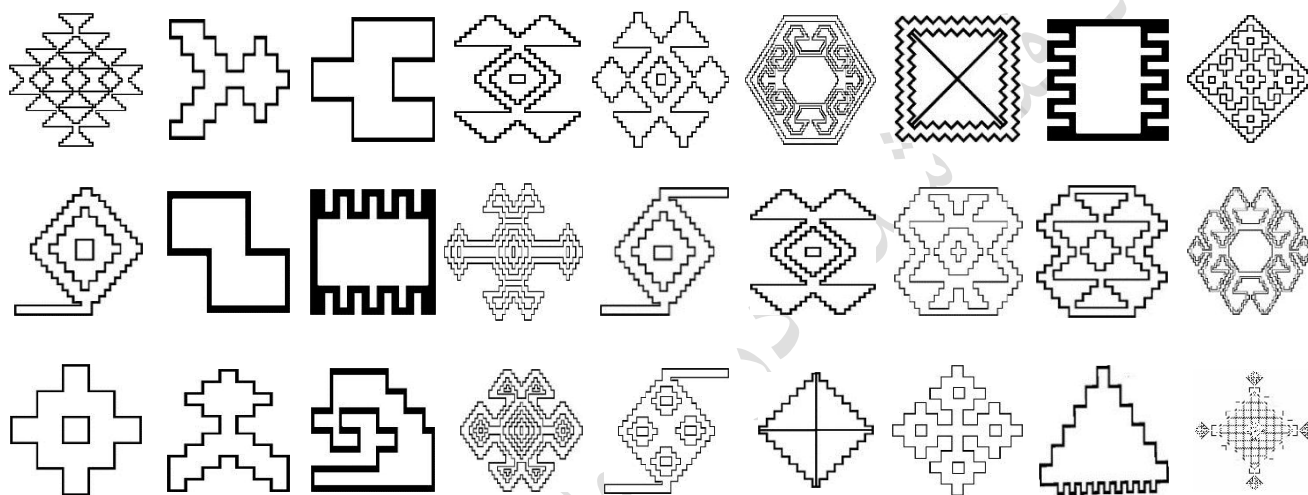


شکل ۱: فلوچارت الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای

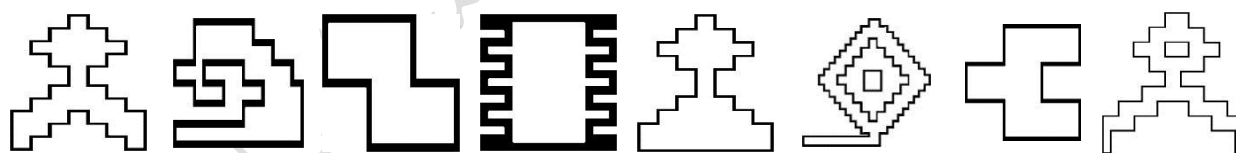
در ادامه، ویژگی‌های اصلی الگوریتم پیشنهادی و روند حل مسئله بهینه‌سازی به همراه جزئیات انجام کار شرح داده شده است:

۲-۱ ایجاد بانک داده‌های اولیه

برای جمع‌آوری نقش‌مایه‌های گلیم، از طرح گلیم‌های موجود در کتاب گلیم هال آلستر استفاده شد [۱۷]. از بین ۸ گلیم موجود در کتاب، در مجموع ۲۷ فرم استخراج شد: ۱۹ نقش‌مایه مربوط به طرح‌های زمینه و ۸ نقش‌مایه مربوط به حاشیه (شکل ۲ و ۳). تمامی نقش‌مایه‌های استخراجی در نرم‌افزار ایلاستریتور رسم گردید و به صورت فرمت برداری ذخیره گردید.



شکل ۲: نقش‌مایه‌های مربوط به نقوش زمینه



شکل ۳: نقش‌مایه‌های مربوط به نقوش حاشیه

بعد از انتخاب نقش‌مایه‌های، رنگ‌های به کاررفته در گلیم نیز استخراج شد. رنگ‌ها شامل ۱۲ رنگ برای پس‌زمینه، ۳ رنگ برای حاشیه و ۲۴ رنگ برای نقش‌مایه‌های اصلی می‌باشد که در شکل ۴ نشان داده شده است.



ج

ب

الف

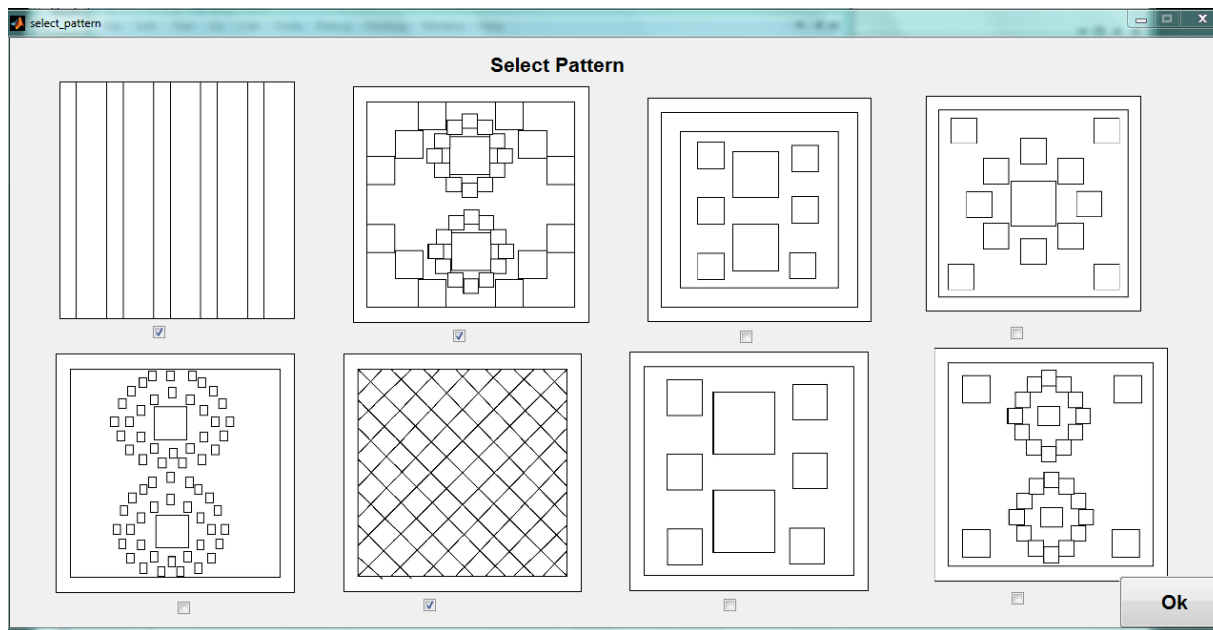
شکل ۴: رنگ مایه‌های استخراج‌شده (الف) رنگ مربوط به نقوش زمینه (ب) رنگ مربوط به پس‌زمینه (ج) رنگ مربوط به حاشیه

۲-۲ استخراج نوع چیدمان نقش مایه‌ها

در سامانه طراحی شده از چیدمان‌های مختلف برای طراحی پارچه استفاده گردید که این چیدمان‌ها با الهام از گلیم‌ها طراحی شده است. برای استخراج نحوه‌ی چیدمان نقوش، از نرم‌افزار فتوشاپ استفاده شد. جدول ۱ نمونه‌های اصلی گلیم و چیدمان الهام گرفته شده از آن‌ها را نشان می‌دهد. در مجموع ۸ نوع مختلف چیدمان استفاده گردید که در شکل ۵ نشان داده شده است. این چیدمان‌ها در واقع نوع قرارگیری نقش‌مایه‌های انتخابی را در یک واحد تکرارشونده پارچه را نشان می‌دهد.

جدول ۱: چیدمان‌های الهام گرفته‌شده با توجه به تصویر اصلی گلیم

چیدمان الهام گرفته‌شده	نام گلیم	تصویر گلیم
	شطرنجی	
	محرمات	
	لچک	



شکل ۵: انواع مختلف چیدمان

۲-۳ کدگذاری

اولین مسئله در الگوریتم ژنتیک انتخاب کروموزومها و کدگذاری آنها است. منظور از کدگذاری در واقع در نظر گرفتن هر طرح به عنوان یک کروموزوم و اجزای آن به عنوان ژنها است. روشهای مختلفی جهت نمایش متغیرهای طراحی وجود دارد. برخی از این روشها، نمایش به وسیله رشته اعداد دودویی، نمایش با اعداد اعشاری و لیستهای تبدیلی می باشد. در این تحقیق، متغیرهای طراحی یا کروموزومها با استفاده از رشتههای اعداد دودویی با طول ثابت تعریف شده اند. این کروموزومهای از الفبای دودویی (ترکیبی از ۰ و ۱) جهت ساختن یک رشته بلند ارقام ۰ و ۱ با طول ثابت تشکیل شده اند. بدین ترتیب هر متغیر در برگزیده کلیه متغیرهای طراحی خواهد بود.

در واقع در این مرحله بانک تصاویر کدگذاری می شوند تا برای رایانه قابل فهم باشند. در این تحقیق، ۶ ژن تعریف شده است که از ترکیب آنها یک کروموزوم به وجود می آید. ژنهایی که کروموزوم را تشکیل می دهند عبارتند از:

- طرح نقش مایه زمینه
- رنگ نقش مایه زمینه
- طرح نقش مایه حاشیه
- رنگ نقش مایه حاشیه
- رنگ پس زمینه
- نوع چیدمان

بنابراین هر ژن به صورت ماتریس از اعداد ۰ و ۱ تعریف می شود. اندازه ماتریس برای هر ژن متفاوت است. ابعاد ماتریس با توجه به تعداد انتخابها برای هر ژن در زیر نشان داده شده است.

جدول ۲: ابعاد ماتریس مربوط به هر ژن

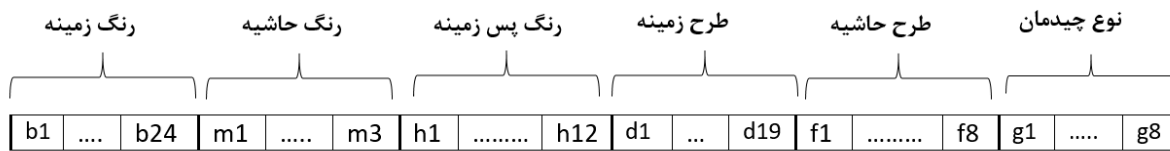
ابعاد ماتریس	نوع ژن
1×24	رنگ زمینه
1×3	رنگ حاشیه
1×12	رنگ پس زمینه
1×19	طرح زمینه
1×8	طرح حاشیه
1×8	نوع چیدمان

هر ماتریس شامل مجموعه‌ای از اعداد صفر و یک می‌باشد. در هر ماتریس عدد یک نشان دهنده این است که کاربر رنگ موردنظر را انتخاب کرده است. به‌طور مثال اگر کد مربوط به رنگ حاشیه به‌صورت زیر باشد، به این معنی است که اولین رنگ توسط کاربر انتخاب شده است. کاربر می‌تواند تعداد رنگ‌های مختلفی را انتخاب کند به‌عبارت‌دیگر ماتریس مربوطه می‌تواند به تعداد دلخواه عدد ۱ داشته باشد.

[1 0 0]

کاربر می‌تواند بیشتر از یک رنگ را نیز انتخاب کند، به‌طور مثال بردار [1 1 0]، نشان‌دهنده این است که از ترکیب دو رنگ اول در طراحی استفاده شود.

با توجه به مطالب بیان شده، کروموزوم نهایی به‌صورت ماتریس 1×64 می‌باشد که ترکیبی از ۶ ژن معرفی شده می‌باشد. شکل ۶، نمایی از کروموزوم را نشان می‌دهد.



شکل ۶: نمایی از یک کروموزوم

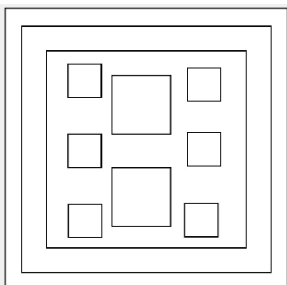
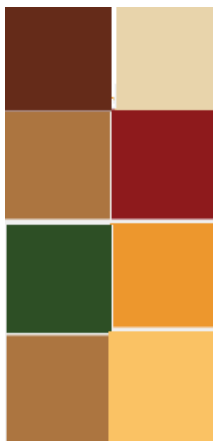


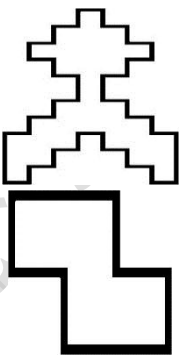
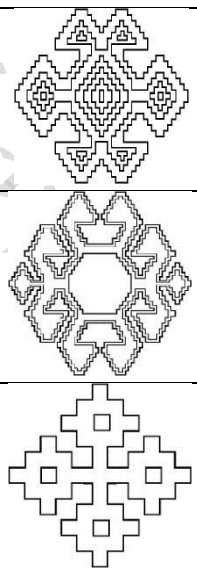
بنابراین می‌توان هر کروموزوم را به‌صورت زیر نیز نشان داد.

111100000000000000000000	001	111000000000	11100000000000000000	11000000	10000000
--------------------------	-----	--------------	----------------------	----------	----------

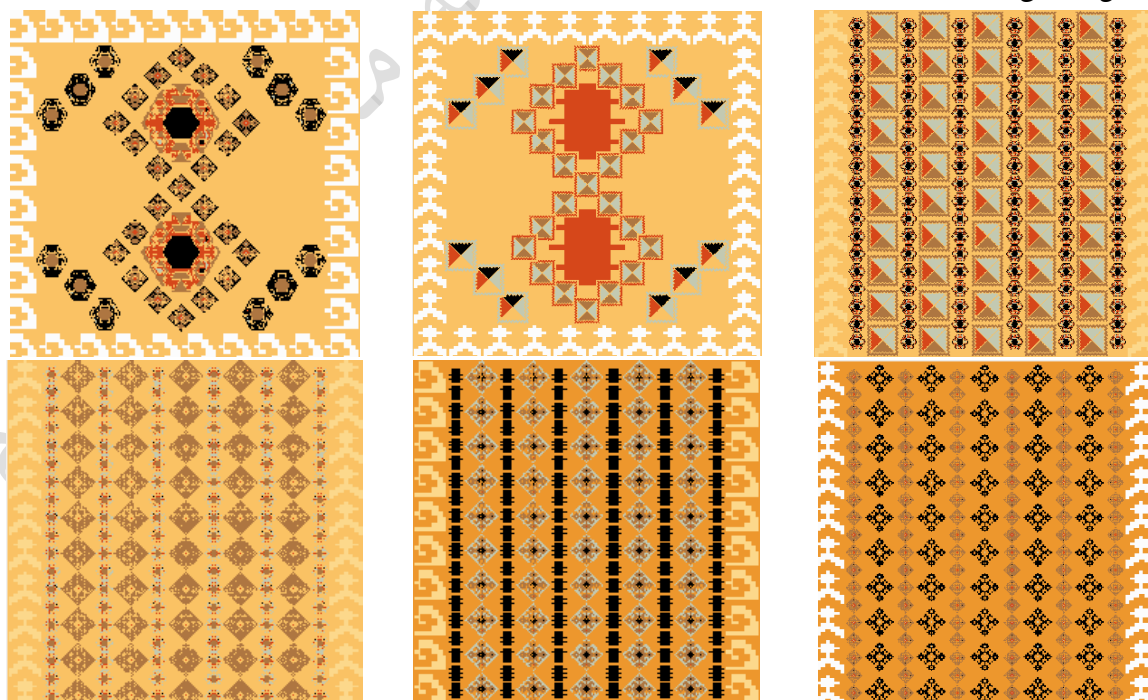
شکل ۷: نمایش یک کروموزوم به صورت ماتریسی از اعداد صفر و یک

ژن‌های مربوط به کروموزوم نشان داده در شکل ۷ در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: ژن‌های مربوط به کروموزوم نشان داده شده در شکل ۸

نوع چیدمان	رنگ پس‌زمینه	رنگ نقش‌مایه حاشیه	رنگ نقش‌مایه زمینه	طرح نقش‌مایه حاشیه	طرح نقش‌مایه زمینه
					

با استفاده از ژن‌های نشان داده شده در جدول ۳، تعدادی زیادی کروموزوم اولیه می‌تواند ساخته شود. نمونه‌ای از این کروموزوم‌ها در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸: نمونه‌ای از کروموزوم‌های تولید شده با ترکیب ژن‌های نشان داده شده در شکل ۷

۴-۲ ایجاد جمعیت (نسل) اولیه^۱

نسل اولیه به طور تصادفی از بین اجزای مختلف طرح‌ها استخراج می‌شود. در واقع قرار گرفتن ژن‌ها در کنار همدیگر در قالب کروموزوم، جمعیت اولیه را تشکیل می‌دهد. با کنار هم قرار گرفتن کروموزوم‌ها، ۱۶ تصویر متفاوت از طرح‌ها با اعمال تنظیمات تعیین شده توسط کاربر ساخته شده و به نمایش گذاشته می‌شود. با دریافت نظر کاربر در هر مرحله از تکرار الگوریتم، به تولید ۱۶ کروموزوم بعدی (نسل دوم) می‌پردازد. از آنجا که در این برنامه، کاربر باید به هر طرح امتیاز بدهد، اگر تعداد جمعیت اولیه زیاد در نظر گرفته شود، باعث خستگی کاربر خواهد شد.

۵-۲ تعیین میزان برازندگی کروموزوم‌ها

شایستگی کیفیتی است که امکان بازتولید اعضاء یک نسل را با توجه به اصل بقا شایسته‌ترین عضو محاسبه می‌کند. این بدان معناست که کروموزومی با مقدار شایستگی بیشتر، از شانس بالاتری جهت انتخاب شدن به عنوان والدین در روند بازتولید برخوردار خواهد بود.

در این مطالعه، تابع تناسب (تابع ارزیابی) اولویت و ترجیح کاربر است. کاربر کاملاً آزاد می‌باشد تا به هر طرحی هر امتیاز دلخواه را بدهد. این تابع بر اساس ارزش تناسب هر کروموزوم. عمل می‌کند. هر چه تناسب کروموزوم بزرگتر باشد، احتمال زنده ماندن یا انتخاب شدن آن بیشتر است؛ به عبارت دیگر، ژن (ویژگی) کروموزوم که تناسب بیشتری نسبت به بقیه دارد زنده می‌ماند. کاربر یک امتیاز (از ۱ تا ۴) بسته به میزان رضایت خود به هر طرح می‌دهد. بدین ترتیب، تابع تناسب در این تحقیق، ترجیح کاربر است که می‌تواند به صورت معادله ۱ نشان داده شود:

$$Fitness(g_i) = Usres \quad perfernece(g_i), i = 1, \dots, n \quad (1)$$

که در معادله ۱، n تعداد طرح‌ها می‌باشد که در اینجا ۱۶ طرح در هر مرحله به کاربر نمایش داده می‌شود. g_i ، i امین طرح نمایش داده شده می‌باشد.

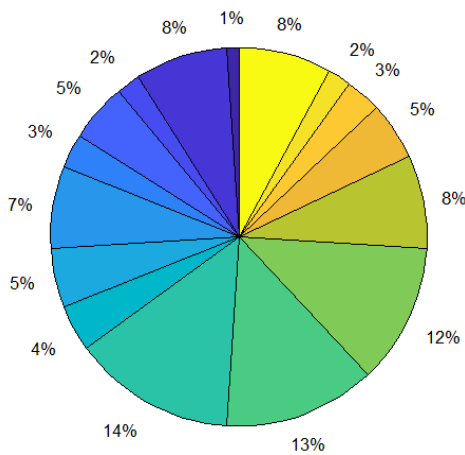
۶-۲ انتخاب

در روند انتخاب، برخی از کروموزوم‌ها به عنوان والدین انتخاب می‌شوند تا فرزندان جهت نسل بعدی تولید کنند. این انتخاب، بستگی به مقادیر شایستگی کروموزوم‌ها دارد. در تحقیق حاضر جهت انتخاب از روش چرخ گردان استفاده شده است. اگرچه روش‌های دیگری مثل رتبه‌بندی و یا مسابقه نیز قابل استفاده می‌باشند، اما روش چرخ گردان به علت عملکرد بهتر در الگوریتم پیشنهادی به عنوان روش انتخاب برگزیده شده است.

در این روش، جمعیت بعدی بر اساس میزان علاقه‌ای که کاربر بر اساس سلیقه خود به هر یک از مدل‌ها ابراز کرده شکل می‌گیرد. به این صورت که مدل‌های که کاربر نسبت به آن‌ها علاقه بیشتری نشان داده شانس بیشتری برای تولیدمثل پیدا می‌کنند. به هنگام تولید مجدد والدین به‌طور تصادفی از جمعیت مورد نظر و از میان کروموزوم‌های که دارای برازندگی بالاتری هستند انتخاب می‌گردند.

کروموزوم‌های مناسب، شاید چندین بار در یک تولید انتخاب شدند و کروموزوم‌های ضعیف هم ممکن است اصلاً انتخاب نشوند. در شکل ۹، عمل تولیدمثل، هنگامی که شانس یک کروموزوم در تولیدمثل مستقیماً به درجه برازندگی بستگی دارد، با استفاده از برنامه چرخ رولت نشان داده می‌شود. در چرخ رولت هر قطاع از آن بیانگر سطحی مناسب با مقدار نسبی درجه برازندگی (در اینجا میزان علاقه کاربر) برای هر یک از کروموزوم‌های جمعیت است.

¹ population old



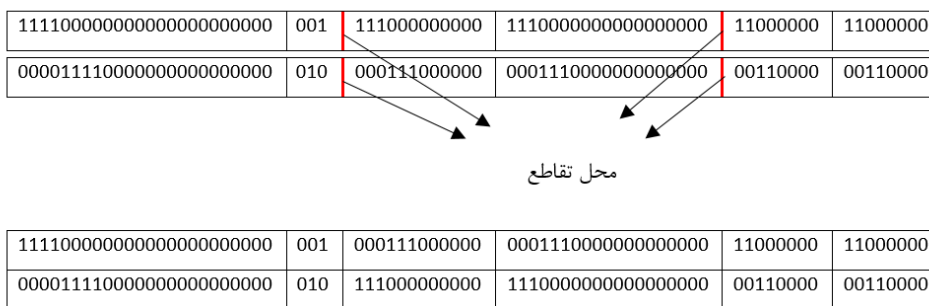
کروموزوم	میزان برآزندگی (/.)
1	8
2	2
3	3
4	5
5	8
6	12
7	13
8	14
9	4
10	5
11	7
12	3
13	5
14	3
15	8
16	1

شکل ۹: انتخاب بر اساس چرخ رولت

میزان کروموزوم‌های جمعیت با تعداد چرخاندن چرخ رولت معین می‌شود. مثلاً وقتی جمعیت شامل ۱۶ نفر (تعداد مدل‌ها نمایش داده شده) می‌باشد برای تولید جمعیت بعدی چرخ رولت ۱۶ بار چرخانده می‌شود و در هر چرخش یک کروموزوم مشخص می‌شود.

۷-۲ عملگر تقاطع

عملگر استاندارد تقاطع، تقاطع ساده یا تک نقطه‌ای است. تقاطع تک نقطه‌ای منجر به پراکندگی زیاد در پاسخ‌ها شده و به همین دلیل در تحقیق حاضر استفاده نشده است. در تقاطع ساده یک نقطه قطع، به طور تصادفی در طول رشته کروموزوم انتخاب می‌گردد. سپس دو کروموزوم انتخاب شده به عنوان والدین، قسمتی از اطلاعات ژنتیکی خود را حول نقطه قطع به منظور ایجاد فرزندان جدید با یکدیگر تعویض می‌گردند. برای مثال رشته‌های $[000000]$ و $[111111]$ را در نظر گرفته و فرض نمایید نقطه قطع انتخاب شده ۳ می‌باشد؛ بنابراین فرزندان جدید عبارت‌اند از: $[000111]$ و $[111000]$ ؛ اما در تقاطع دو نقطه‌ای دو نقطه قطع انتخاب شده و سپس جابه‌جایی صورت می‌گیرد. برای مثال برای همان والدین قبلی و با انتخاب نقاط قطع دو و چهار فرزندان به شکل $[110011]$ و $[001100]$ به وجود خواهند آمد. همانگونه که مشاهده می‌شود تقاطع دو نقطه‌ای در مقایسه با تقاطع تک نقطه‌ای در رشته‌هایی با طول زیاد باعث پراکندگی کمتری در اعضا می‌گردد. چون کروموزوم‌های والدین با دست‌خوردگی کمتری مواجه می‌شوند. عملگر تقاطع با احتمال مشخص (PC) به اعضا انتخاب شده اعمال می‌گردد. در تحقیق حاضر پارامتر PC معادل با ۰,۸ در نظر گرفته شد؛ یعنی عملگر تقاطع به صورت تصادفی به ۸۰ درصد اعضا انتخاب شده جهت بازتولید شده اعمال می‌گردد. همچنین از عملگر تقاطع جهت بازتولید و ایجاد اعضا نسل جدید استفاده می‌شود. شکل ۱۰ عملگر تقاطع برای دو کروموزوم والد در این تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰: عملگر تقاطع دو نقطه‌ای

۸-۲ عملگر جهش

در نمایش دودویی کروموزومها، عملگر جهش بیت‌های یک کروموزومها را از صفر به یک و یا بالعکس تبدیل می‌کند. احتمال جهش (Pm) باید با دقت زیادی تعیین گردد. طبق تحقیقات انجام گرفته اگر مقدار pm کوچک باشد، معمولاً الگوریتم دچار یک بهینه محلی شده و اگر مقدار زیادی باشد، الگوریتم تبدیل به یک روش جستجوی تصادفی غیرهوشمند می‌گردد. معمولاً مقدار پیشنهادی برای احتمال جهش عددی بین ۰,۱ تا ۱ می‌باشد. جهش علاوه بر جلوگیری از همگرایی زودرس منجر به آغاز مجدد روند تکاملی در اعضایی که ظاهراً به جواب بهینه عمومی رسیده‌اند، می‌گردد. در مقاله حاضر pm معادل با ۰,۲ در نظر گرفته شد. به بیان دیگر عملگر جهش به صورت تصادفی بر ۲ درصد از اعضا انتخاب شده جهت بازتولید اعمال شده است.

۳- نتایج و بحث

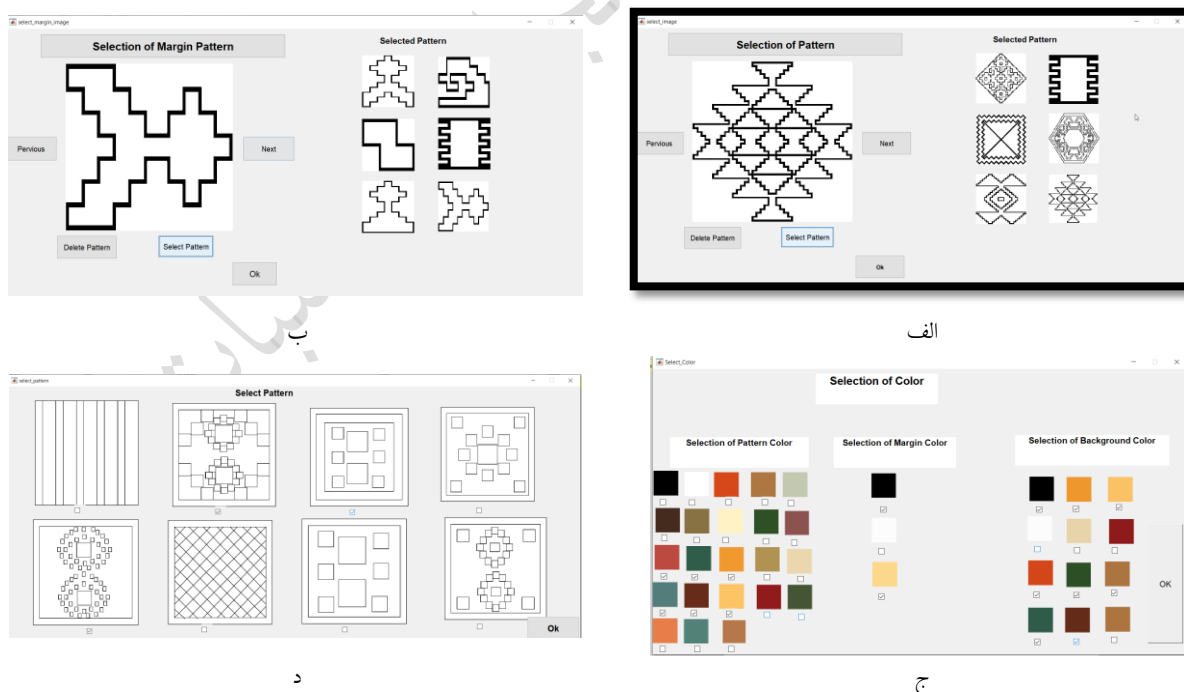
در این مقاله، از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای برای ارائه یک سامانه کمک طراحی پارچه استفاده شد. کد نویسی الگوریتم با استفاده از برنامه متلب ۲۰۱۸ انجام شد. پارامترهای الگوریتم ژنتیک مورد استفاده در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: پارامترهای الگوریتم ژنتیک

جمعیت اولیه	ماکزیمم تعداد نسل	درصد جهش	درصد تقاطع
16	8	0/2	0/8

مراحل کار با سامانه طراحی شده به شرح زیر می‌باشد:

ابتدا ژن‌های اولیه با توجه به نظرات کاربران انتخاب می‌شود. مراحل انتخاب ژن‌های اولیه در سامانه ارائه شده در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱: انتخاب ژن‌های اولیه توسط کاربر (الف) انتخاب نقش‌مایه اصلی (ب) انتخاب نقش‌مایه زمینه (ج) انتخاب رنگ نقش‌مایه (د) انتخاب نوع چیدمان

¹ MATLAB 2018

قابل ذکر است که دسته‌بندی نقوش حاشیه و زمینه و همچنین رنگ‌های مورد استفاده بر اساس نقوش به کار رفته شده در حاشیه و زمینه گلیم قشقایی می‌باشد تا ظاهر و خصوصیات اصلی گلیم حفظ گردد. البته با توجه به اینکه سامانه طراحی شده کاملاً قابلیت تعامل با کاربر را دارد، امکان اضافه شدن طرح‌ها در هر قسمت طرح و زمینه نیز وجود دارد. در صورت تمایل کاربر می‌توان از نقوش و رنگ‌های بیشتری هم برای زمینه و هم برای حاشیه استفاده کرد.

تعیین میزان برازندگی کروموزوم‌ها

با توجه به این مطلب که در الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای تابع برازش توسط کاربر تعیین می‌گردد، پس از تولید جمعیت (نسل) اولیه، ۱۶ نمونه کروموزوم، برای ارزیابی به کاربر نشان داده می‌شود (شکل ۱۱). برای نمایش طرح‌ها از صفحات ارتباط با کاربر^۱ استفاده می‌گردد. کاربر نظر خود را در مورد هر طرح به صورت عددی در بازه [۱ ۴] با استفاده از کنترل لغزنده‌ای در زیر هر شکل وارد می‌کند که به آن برازندگی طرح می‌گویند. میزان برازندگی هر یک از تصاویر با استفاده از صفحات رابط کاربری در برنامه اصلی ذخیره می‌شود. بدیهی است میزان امتیاز داده شده توسط کاربر به هر طرح، برای ایجاد جمعیت ثانویه از طریق الگوریتم ژنتیک لحاظ می‌شود. این امتیازها در حقیقت شانس بقای هر کروموزوم را در ایجاد نسل‌های بعدی را افزایش می‌دهد.

۱-۳ نمایش بهترین تصویر از هر نسل به کاربر برای انتخاب نهایی

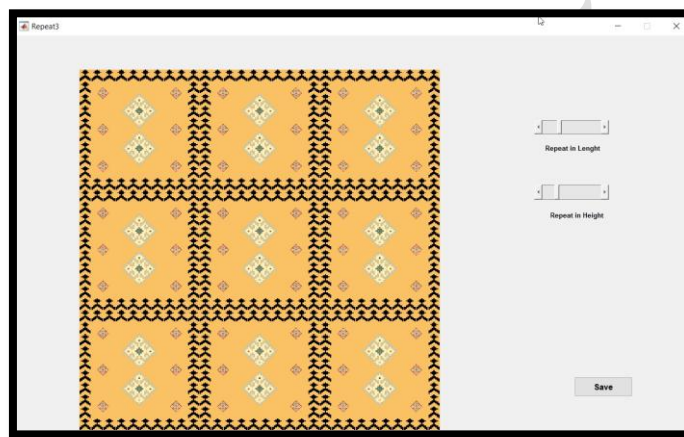
الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای در این سامانه به تولید تصاویری از طرح پارچه در یک نسل اولیه و هفت نسل به‌عنوان فرزندان می‌پردازد و در هر نسل، ۱۶ طرح را توسط صفحات ارتباط با کاربر برای ارزیابی به کاربر عرضه می‌کند. میزان شایستگی هر تصویر برای حضور در نسل بعدی از طریق ثبت و ذخیره‌ی مقادیر ارزشی که توسط کاربر اعمال شده است لحاظ می‌گردد. این فرآیند به وی اجازه می‌دهد که در روند اجرای الگوریتم اعمال نظر نموده و به بهترین و نزدیک‌ترین طرح به سلیقه‌ی شخصی خود دست یابد. پس از اتمام تولید نسل‌ها و ارزیابی آن‌ها، در این صفحه طرح‌های منتخب هشت نسل برای گزینش نهایی در معرض دید کاربر قرار می‌گیرد. در شکل ۱۲ الف صفحه‌ی نمایش بهترین‌های هشت نسل مشاهده می‌شود.

بعد از انتخاب نهایی طرح پارچه توسط کاربر، طرح منتخب می‌تواند در جهت طول و عرضی به اندازه مورد نیاز تکرار شود. در این مرحله کاربر می‌تواند تعداد تکرار در جهت افقی و عمودی را مشخص کند و طرح نهایی را مشاهده کند (شکل ۱۲ ب).

^۱ GUI



الف



ب

شکل ۱۲: الف) انتخاب تصویر نهایی توسط کاربر ب) تکرار طرح در جهت طولی و عرضی

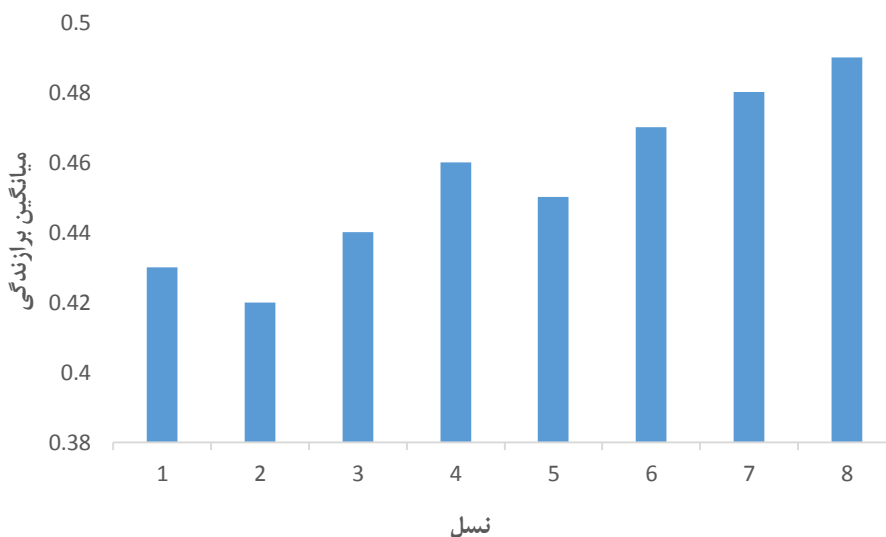
پس از مرحله‌ی طراحی پارچه توسط کاربر با استفاده از نرم‌افزار ماروولوس دیزانر^۱، تعدادی طراحی لباس شد تا نمونه کاربرد پارچه‌های طراحی شده با به کارگیری الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای مشخص شود. شکل ۱۳ نمونه لباس‌های طراحی شده را نشان می‌دهد.

¹ Marvelous designer



شکل ۱۳: نمونه لباس‌های طراحی شده با استفاده از پارچه‌های طراحی شده

به منظور ارزیابی عملکرد سامانه طراحی شده، تعداد ۳۰۰ نفر که اکثراً از دانشجویان و اساتید رشته طراحی لباس و پارچه بودند، به طراحی پارچه با استفاده از سامانه ارائه شده پرداختند. نمودار متوسط میانگین برازندگی همه افراد در هر نسل در شکل ۱۴ نشان داده شده است. طبق این نمودار متوسط برازندگی در نسل‌های مختلف بین ۴۳ درصد تا ۴۹ درصد می‌باشد. روند صعودی برای نمودار به این معنی است که با افزایش تعداد نسل‌ها مقدار متوسط میانگین برازندگی که افراد به طرح‌های لباس نسبت داده‌اند، افزایش یافته است. این موضوع با اساس الگوریتم ژنتیک و تولید فرزندان بهتر مطابقت دارد؛ اما از آنجا که در این سامانه، ارزیابی به روش محاوره‌ای است و کاربر طی نسل‌ها اعمال نظر می‌کند، این مسئله وجود دارد که نظر کاربر به شکل مقایسه نسبی بین تصاویر ارائه شده از سامانه اعمال شود؛ یعنی مثلاً از بیشتر طرح‌های نسل اول ناراضی باشد، اما از یک طرح نسبت به بقیه رضایت بیشتری داشته باشد و به آن امتیاز بیشتری بدهد، در حالی که از همه طرح‌های نسل آخر راضی باشد اما چون به طور نسبی امتیاز می‌دهد، امتیاز کمتری به همان طرح در نسل آخر بدهد.



شکل ۱۴: نمودار متوسط میزان برازندگی

۴- نتیجه گیری

روند معمول طراحی پارچه، پروسه‌ای زمان‌بر و پرهزینه است که تنها به مهارت و خلاقیت طراح بستگی دارد. استفاده از نرم‌افزاری که توانایی ایجاد و ارتقای طرح و همچنین قابلیت هم‌اندیشی با کاربر را داشته باشد، قطعاً منجر به کاهش چشمگیر زمان پروسه طراحی و پیشگیری از آزمون و خطاهای مکرر می‌گردد. در این تحقیق با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، سامانه‌ای هوشمند برای طراحی پارچه ارائه گردید. در سامانه ارائه شده، کاربر می‌تواند تصاویر و رنگ‌های پارچه‌ها و شکل‌ها را از طرح اولیه دریافت کنند و به کمک منوهای قابل انتخاب تغییرات دلخواه را ایجاد نمایند. همچنین با ایجاد تنوع و نوآوری در طرح‌ها، گزینه‌های بیشتری را برای انتخاب بهترین‌ها در اختیار کاربر (طراح) و مصرف‌کننده قرار می‌دهد.

تولید نرم‌افزار هوشمند به دست آمده از این تحقیق می‌تواند به عنوان ابزار کمک‌آموزشی، جهت دست یافتن به مهارت لازم جهت طراحی پارچه در صنعت طراحی پارچه و لباس و مد به کار برده شود. سیستم پیشنهادی می‌تواند وظایف طراحان پارچه را در تولید راه‌حل‌های جدید و مناسب که مطابق با خواسته‌های کاربران نهایی محصولات باشد، تسهیل کند. نتایج به دست آمده از سامانه نشان دهنده رضایت ۷۷ درصدی کاربران بوده است. سامانه طراحی شده قابلیت تعمیم کار با انواع مختلف نقوش و رنگ‌ها را دارد. همچنین با تکمیل این نرم‌افزار و اضافه کردن مدهای جدید توسط الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، می‌توان این نرم‌افزار را به یک نرم‌افزار کاربردی مناسب جهت طراحی پیشرفته تبدیل نمود.

منابع:

[۱] سلیمی، ج، گلی بیدگلی، س، ارائه یک الگوریتم ترکیبی با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب، الگوریتم ژنتیک و جست‌وجوی محلی، مجله علمی محاسبات نرم، دوره ۸، شماره ۱، صفحه ۲۸-۱۴، (۱۳۹۹).

[۲] آفرنده، ا، حسینی، ر، ارائه روشی خودکار جهت مدیریت عدم قطعیت و استخراج دانش در قالب مجموعه قوانین از داده‌ها با استفاده از الگوریتم ژنتیک، مجله علمی محاسبات نرم، دوره ۹، شماره ۱، صفحه ۲۵-۱۴، (۱۳۹۹).

[۳] محمدپور. م، مینایی بیدگلی. ب، پروین. ح، رحیمی زاده. ک، ارائه یک نسخه بهبودیافته از الگوریتم ژنتیک مبتنی بر راهکار خودسازمان‌دهی بحرانی و حافظه گوسی برای حل مسائل بهینه‌سازی پویا، مجله علمی محاسبات نرم، دوره ۹، شماره ۱، صفحه ۹۱-۵۶، (۱۳۹۹).

[4] Lin J. *A genetic algorithm for searching weaving parameters for woven fabrics*. Textile Research Journal 73: 105-112 (2003) <https://doi.org/10.1177/004051750307300203>.

[5] Gong D. Zhou Y. Li T. *Cooperative Interactive Genetic Algorithm Based on User's Preference*. International Journal Information Technology Decision 11: 1-10 (2005) https://doi.org/10.1007/978-3-642-23896-3_24.

[6] Lin J. *A ga-based search approach to creative weave structure design*. Journal of Information Science and Engineering 24: 949-963 (2008)

[7] Mok P. Xu J. Wang X. Fan J. Kwok Y. Xin J. *An IGA based design support system for realistic and practical fashion designs*. Journal Computer Aided Design 45: 1442-1458 (2013) DOI:10.1016/j.cad.2013.06.014.

[8] Obe O. Egwuche O.S. *Genetic Algorithm Approach for Fabric Pattern Generation in Textile Industries*, Anale Seria Informatică. XVI: 86-91 (2018).

[9] Zho X.J. Lu H. Ratsch H. *An interactive clothing design and personalized virtual display system*. Multimedia Tools and Applications. 77: 27163-27179 (2018) DOI:10.1007/s11042-018-5912-x.

[10] Zho X.J. Lu H. Ratsch H. *Interactive genetic algorithm based on typical style for clothing customization*, Journal of Engineered Fibers and Fabrics. 15: 1-15 (2020) DOI:10.1177/1558925020920035.

[۱۱] لطیفی. م، پیوندی. پ، امانی تهرانی. م، اکبری مؤید. ح، طراحی پارچه‌های تاری و پودی با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، ششمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران، اصفهان، (۱۳۸۶).

[۱۲] فصاحت. ف، پیوندی. پ، استخراج پارامترهای پارچه از تصویر شبیه‌سازی شده با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک، مجله علوم و فناوری نساجی، سال سوم، شماره ۲، صفحه ۴۷-۵۶، (۱۳۹۲).

[۱۳] زارع نژاد. ز، هادی زاده. م، پیوندی. پ، مشروطه. ح، طراحی لباس بر اساس اصول شباهت و الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، مجله علوم و فناوری نساجی، سال سوم، شماره ۴، صفحه ۲۰-۱۳، (۱۳۹۲).

[۱۴] زارع زاده. ط، پیوندی. پ، سامانه طراحی سه‌بعدی لباس با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای و خوشه‌بندی *K-means* سال پنجم، شماره ۴، صفحه ۱۵-۳، (۱۳۹۴).

[۱۵] جعفری. ف، پیوندی. پ، طراحی خلاقانه پارچه برگرفته از طرح‌های باتیک به کمک الگوریتم ژنتیک نیمه خودکار، دهمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران، اصفهان، (۱۳۹۵).

[۱۶] سلیمانی کهریز. ث، پیوندی. پ، داوودی. ا، "طراحی سامانه ست کردن تیشرت و شلوار با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای" یازدهمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران، گیلان، ۱۳۹۷.

[۱۷] آلستر هال و جوزه لوچیک ویووسکا، گلیم، ترجمه شیرین همایون فر و نیلوفر الفت شایان، نشر کارنگ، چاپ اول، (۱۳۷۷).