مجله علوم و فناوری نساجی
سال پنجم، شماره ۴، شماره پیاپی ۱۷
صفحه ۱۵-۳، ۱۳۹۴
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

# سامانه طراحی سه‌بعدی لباس با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای و خوشه‌بندی k-means

## 3D Garment Design Using Interactive Genetic Algorithm and k-Means Clustering

طاهره زارع‌زاده، پدرام پیوندی*

یزد، دانشگاه یزد، مجتمع فنی و مهندسی، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۷۴۱-۸۹۱۹۵

## چکیده

در عصر حاضر، با توسعه روزافزون فناوری‌های رقمی و کاربرد آن در ارتقا و تسریع روند تولیدات هنری و نیز کاهش بهره‌وری روش‌های سنتی، کاربرد رایانه در طراحی لباس جایگاه ویژه‌ای یافته است. در این پژوهش، سامانه طراحی سه‌بعدی لباس با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای و خوشه‌بندی k-means ارائه شده است. با استفاده از نرم‌افزار طراحی لباس، اجزای لباس شنای زنانه شامل بالاتنه، میان‌تنه و پایین‌تنه، جداگانه طراحی شده و به شکل سه‌بعدی ذخیره می‌شود. طرح‌های اجزای لباس و طرح‌های پارچه به کاربر ارائه می‌شود و کاربر با انتخاب طرح‌های مورد علاقه خود، بانک اطلاعاتی را می‌سازد. با استفاده از الگوریتم ژنتیک طرح‌های لباس ایجاد می‌شود. طرح‌های لباس روی آدمک قرار گرفته و با چرخش آدمک، تمام بخش‌های لباس برای کاربر قابل دید است. در سامانه ارائه شده برای کاهش خستگی کاربر، با استفاده از روش خوشه‌بندی k-means کل جمعیت به هشت خوشه تقسیم می‌شود. کاربر فقط نماینده هر خوشه را ارزیابی می‌کند و برازندگی سایر اعضا براساس مقدار شباهت و برازندگی نماینده هر خوشه که توسط کاربر معین شده، محاسبه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد، میزان رضایت از این سامانه زیاد است و می‌تواند باعث تسهیل طراحی و ارتقای سطح آن و کمک به طراحان شود.

**کلمات کلیدی**

طراحی سه‌بعدی لباس،
خستگی کاربر،
الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای،
روش k-means

### مقدمه

از دیرباز، پوشـــاک از نیازهای اساسی بشر بوده و این نیاز در تمام طول عمر انسان همواره پا برجاست. پس تلاش برای رفع این نیاز بشر، حیاتی و سودآور است. در گذشته مصرف‌کنندگان، لباس خود را از تولیدکنندگان بســیار کوچـــک خریداری می‌کردند که به‌طـــور طبیعی تعداد کمی گزینه انتخاب برای آن‌ها وجود داشـــت. اما، امروزه با توجه به رشـــد روزافزون در تنوع محصولات و سلایق مشـــتریان، لباس‌ها در مدل‌های متنوعی تولید شده و در حال حاضـــر مصرف‌کنندگان می‌توانند لباس خود را از میان تعداد بسیار زیادی گزینه انتخاب کنند. تا جایی که مصرف‌کنندگان می‌توانند طـــرح لباس مورد علاقه خود را به تولیدکننده ســـفارش دهند و سپس لباس با طرح مدنظر وی تولید می‌شود [۱]. همچنین، وضعیت بازار پوشـــاک به‌ســـرعت در حال تغییر است و این روند پیشرفت، تلاش تولیدکنندگان برای کسب توانایی رقابت در بازار و ارائه محصول مدنظر مصرف‌کنندگان را می‌طلبد. به دلیـــل زیادبودن حجم اطلاعات و گســـترش جامعه مصرف‌کنندگان، کسب اطلاعات در زمینه پیداکردن طرح لباس مدنظر مصرف‌کننده و پیش‌بینی بازار در آینده را کمی دشوار می‌ســـازد. بنابراین تولیدکنندگان به دنبال ســـامانه‌های طراحی مد لباس به‌کمک رایانه هستند که با نظرخواهی از مصرف‌کنندگان برای تولید طرح لباس مدنظر آن‌ها تلاش کنند [۲].

*مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: peivandi@yazd.ac.ir

الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای یکی از این سامانه‌های هوشمند است که قابلیت استفاده در زمینه طراحی لباس را دارد. سیر تکاملی این الگوریتم روشی قدرتمند برای همکاری بین انسان و رایانه فراهم کرده است. در اکثر موارد طراحی لباس با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، تنوع طرح‌های تولیدی زیاد است. از سوی دیگر، مصرف‌کننده از میان تعداد کم نمونه می‌تواند انتخاب مناسبی داشته باشد، اما اگر تعداد نمونه‌ها زیاد باشد، قادر به تشخیص تفاوت‌ها نیست. همچنین، در مقایسه با رایانه‌های خستگی‌ناپذیر، کاربران مستعد به خستگی هستند. بنابراین در الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، خستگی کاربر اهمیت ویژه‌ای دارد [۳].

در این پژوهش، سامانه طراحی مد لباس سه‌بعدی ارائه شده که براساس الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای کار می‌کند. این سامانه با هدف خدمت به کاربران طراحی شده و با تولید طرح سه‌بعدی لباس براساس بانک اطلاعاتی موجود، به پیداکردن طرح لباس مدنظر کاربر کمک می‌کند. الگوریتم پیشنهادی برای کاربران غیرحرفه‌ای (مصرف‌کنندگان) نیز به آسانی قابل درک است. با استفاده از نرم‌افزار طراحی سه‌بعدی لباس، اجزای لباس جداگانه طراحی و ذخیره شده است. این طرح‌های اجزای لباس و طرح‌های پارچه به کاربر ارائه می‌شود و کاربر با انتخاب طرح‌های مورد علاقه خود، بانک اطلاعاتی را می‌سازد. با استفاده از الگوریتم طرح‌های لباس ایجاد می‌شود. این سامانه قابلیت اضافه‌کردن طرح پارچه به بخش‌های لباس را دارد. طرح‌های لباس روی آدمک قرار گرفته و با چرخش آدمک، تمام بخش‌های لباس برای کاربر قابل دید است. به دلیل ارتباط مستقیم کاربر با رایانه، امکان خستگی کاربر وجود دارد. بنابراین در سامانه ارائه شده، برای کاهش این محدودیت از خوشه‌بندی طرح‌های لباس به روش k-means استفاده شده است. کاربر فقط نماینده هر خوشه را ارزیابی می‌کند و برازندگی سایر اعضا براساس مقدار تشابه و برازندگی نماینده آن خوشه که توسط کاربر معین شده، محاسبه می‌شود.

در این پژوهش، از لباس شنای زنانه برای نشان‌دادن عملکرد سامانه استفاده شده است. با وجود این، سامانه قابل اجرا به سایر محصولات پیچیده‌تر مد از قبیل بلوز، کت و شلوار است. مزیت این روش نسبت به پژوهش‌های گذشته، سه‌بعدی بودن طرح‌های لباس است. سه‌بعدی بودن طرح‌ها، سبب نمایش بهتر جزئیات می‌شود و امکان تصمیم‌گیری بهتر را برای کاربر به‌وجود می‌آورد.

## سابقه پژوهش

روش‌های محاسباتی تکاملی، مانند الگوریتم ژنتیک، روش تکامل و الگوریتم جست‌وجوی قدرتمند تصادفی، به‌طور گسترده در برنامه‌های کاربردی بهینه‌سازی‌های مختلف استفاده می‌شود. روش‌های محاسباتی تکاملی نظریه مبتنی بر تکامل داروین از فرایند انتخاب طبیعی تقلید می‌کند و قابلیت پیداکردن راه‌حل‌های بهینه را در نزدیکی بسیاری از مسائل بهینه‌سازی پیچیده دارد.

در سال‌های اخیر، الگوریتم‌های محاسباتی تکاملی در صنایع خلاق، مانند معماری، هنر، موسیقی و طراحی استفاده شده است [۶-۴]. این الگوریتم‌ها قابلیت استفاده از شهود انسان و احساسات را ندارد و تعریف توابع برازندگی برای این مسائل دشوار است. برای حل این مشکل الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای ابداع شد که در آن تابع برازندگی با ارزیابی انسانی جایگزین شده است [۷].

در حال حاضر استفاده از این الگوریتم در زمینه پوشاک و به‌ویژه طراحی لباس توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است. در سال ۲۰۰۰، Kim و Cho، سامانه کمک‌طراحی مد لباس را با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای توسعه دادند. در این طراحی، لباس زنان به سه بخش بالاتنه، یقه و آستین تقسیم‌بندی شده و آن‌ها به‌عنوان مدل‌های سه‌بعدی جداگانه ساخته شده و طرح‌های لباس از ترکیبی از این مدل‌ها تولید شده است [۱].

همچنین آن‌ها در سال ۲۰۰۱، با استفاده از ترکیب خوشه‌بندی با الگوریتم ژنتیک، کل جمعیت را به چند خوشه تقسیم کردند و کاربر فقط یک نماینده از هر خوشه را ارزیابی می‌کرد. ارزش برازندگی سایر طرح‌های لباس از ارزش برازندگی نماینده محاسبه شد، درنتیجه کاربر در یک جمعیت بزرگ تعداد کمتری ارزیابی را انجام داده و بخش عمده‌ای از ارزیابی طرح‌های لباس توسط سامانه انجام می‌شد [۸]. در همان سال، Sano و همکاران، سامانه کمک‌طراحی سه‌بعدی لباس پیشنهاد دادند که قابلیت اندازه‌گیری قالب بدن مشتری و شبیه‌سازی لباس یوکاتای ژاپنی را دارد [۹].

در سال ۲۰۰۵، Gong و همکاران، در پژوهشی به دنبال راه‌حلی برای مشکل خستگی کاربر در زمینه طراحی لباس بوده‌اند، به این روش که با بهبود پارامترهای الگوریتم باعث سرعت بخشیدن به همگرایی و نیز ارزیابی در زمان کمتر توسط کاربر می‌شود. راه‌حل ارائه شده همکاری کاربران از راه شبکه و ارزیابی اولیه توسط عده‌ای از کاربران است. هر کاربر یک جمعیت را بررسی می‌کند و انتخاب بهینه ذخیره می‌شود و در نهایت از طرح‌های برگزیده جمعیت‌ها، انتخاب بهینه مشخص می‌شود [۱۰].

در سال ۲۰۰۷، Gong و همکاران، مدل الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای با چند جمعیت و روشی برای جهش افراد برای طراحی لباس را ارائه داده‌اند. در الگوریتم پیشنهاد شده تعداد جمعیت‌ها براساس نوع مسئله بهینه‌سازی و گسترش فضای جست‌وجوی آن‌ها معین شده‌اند. برازندگی جمعیت‌های مختلف توسط کاربران مختلف ارزیابی می‌شود. بهترین طرح‌های این جمعیت‌ها به نسل بعد منتقل می‌شود. سپس، به‌طور متوالی تکامل می‌یابند تا اینکه طرح‌های رضایت‌بخش لباس حاصل شوند. همچنین، برای طرح‌های لباس از جهش تک‌نقطه‌ای تطبیقی استفاده شده است. به این معنی که درصد جهش به توانایی تکاملی جمعیت و برازندگی طرح‌های لباس بستگی دارد. هرچه توانایی تکاملی جمعیت و برازندگی طرح‌ها کمتر باشد، سهم جهش بیشتر است. نتایج این پژوهش حفظ تنوع جمعیت، بهبود توانایی در بهره‌برداری و اکتشاف و جلوگیری از حذف افراد خوب و کاهش خستگی کاربر است [۱۱].

در سال ۲۰۰۸، Ogata و Onisawa سامانه پشتیبانی طراحی لباس را براساس الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای طراحی کرده‌اند. هدف این پژوهش، ارائه سامانه طراحی لباس با درنظرگرفتن عوامل طرح لباس، رنگ و نوع پارچه استفاده شده است که توسط آن حتی افراد عادی بتوانند طراحی لباس متناسب با احساسات خود را از راه ارتباط با سامانه انجام دهند. با وجود این، از آنجا که سامانه بعضی از قواعد طراحی را رعایت نمی‌کند، اغلب طرح‌های تولید شده غیرعملی هستند [۱۲].

همچنین در سال ۲۰۰۸، Banerjee و Louis، روشی را برای کاهش خستگی کاربر الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای در زمینه طراحی لباس ارائه دادند. از جمله شرایط الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای برای دستیابی به جواب بهینه، برخوداری از اندازه بزرگ جمعیت و تعداد تولید نسل زیاد است. ولی اندازه جمعیت و تعداد تولید نسل توسط خستگی کاربر محدود می‌شود. در این روش، کاربر به‌طور مستقیم نظر خود را در جریان تولید نسل اعمال می‌کند و برای رسیدن به طرح لباس مدنظر، در طرح لباس ارائه شده تغییرات لازم را اعمال می‌کند [۱۳].

در سال ۲۰۰۹، Gong و همکاران الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای را ارائه کردند که برازندگی طرح‌های لباس توسط انسان محاسبه نمی‌شود. جمعیت الگوریتم به چند خوشه تقسیم شده و حداکثر تعداد خوشه با تکامل و توزیع جمعیت تعویض می‌شود. کاربر فقط یک طرح لباس را در مرکز هر خوشه ارزیابی می‌کند و برازندگی سایر طرح‌های لباس براساس آن محاسبه می‌شود. افزون بر این، برای تعیین برازندگی طرح لباس مرکزی، زمانی که کاربر برای ارزیابی آن طبق رضایت یا حساسیت خود قرار می‌دهد، ثبت می‌شود و برازندگی آن به‌طور خودکار براساس زمان محاسبه می‌شود [۱۴].

در سال ۲۰۰۹، Ren و همکاران الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای را نیز همراه با تغییرات حجم جمعیت برای طراحی لباس ارائه کردند. در الگوریتم، کل فرایند تکاملی به دو بخش دارای نوسان و بخش پایدار شناخت کاربر تقسیم شده است. در بخش دارای نوسان و تغییر، جمعیتی بزرگ انتخاب شده و با توجه به شباهت، افراد را به چند خوشه تقسیم می‌کند. کاربر فقط مراکز این خوشه را براساس اطلاعات اکتسابی ارزیابی برازندگی می‌کند. در بخش پایدار، آستانه شباهت همراه با تکامل تغییر می‌کند که در نهایت به خوشه‌بندی مناسبی از جمعیت منجر می‌شود [۱۵].

در سال ۲۰۱۳، Mok و همکاران، روشی را برای طراحی طرح اولیه لباس براساس الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای ارائه کردند. سامانه نه تنها قابلیت بازیابی طرح‌های قبلی لباس از یک پایگاه داده طراحی را داشته، بلکه قابلیت ایجاد سبک‌های جدید را نیز دارد. سامانه طراحی طرح اولیه لباس شامل یک طراحی مدل طرح اولیه، یک پایگاه داده و موتور طراحی طرح اولیه چندمرحله‌ای است. خروجی سامانه به‌آسانی قابل درک است [۱۶].

در سال ۱۳۹۲، زارع نژاد و همکاران نیز سامانه کمک‌طراحی لباس را با استفاده از اصول شباهت و الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای ارائه دادند. آن‌ها قطعه‌های مانتو را در شش بخش مجزا طراحی کردند. با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای طرح‌های لباس ایجاد شد. تعدادی از طرح‌های لباس توسط کاربر و سایر طرح‌های لباس به‌کمک روابط شباهت با درنظرگرفتن شباهت‌ها و اختلاف‌های میان طرح‌های لباس ارزیابی شد [۱۷].

در اکثر مطالعات انجام شده در سامانه‌های طراحی لباس، طرح‌های ارائه شده به کاربر دوبعدی هستند. در این پژوهش، با استفاده از طرح‌های سه‌بعدی در نمایش به کاربر و وجود امکان چرخش آن‌ها، جزئیات طرح‌ها برای کاربر قابل مشاهده است و به تصمیم‌گیری بهتر کاربر کمک می‌کند. همچنین در مطالعات گذشته، تولید طرح‌های لباس در نسل اولیه الگوریتم ژنتیک، به‌طور تصادفی انجام شده است که درنتیجه آن امکان پیدانشدن طرح مدنظر کاربر در میان طرح‌های نسل اولیه وجود دارد. برای رفع این ضعف در سامانه ارائه شده در این پژوهش، طرح‌های قطعات لباس و طرح‌های موجود برای پارچه به کاربر نشان داده شده و با انتخاب طرح‌های مدنظر توسط کاربر تولید نسل اولیه از میان طرح‌های انتخاب شده تولید می‌شود. همچنین، برای جلوگیری از خستگی کاربر و ناکارآمدی الگوریتم ژنتیک از روش خوشه‌بندی k-means برای فایق‌آمدن بر این دو مشکل استفاده شده است.

## الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای

در الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای به‌جای استفاده از تابع برازندگی، یک مقدار برازندگی داده می‌شود. بدین ترتیب تعاملی میان انسان و رایانه به‌وجود آمده که ناتوانی‌های الگوریتم ژنتیک را در زمینه‌های مختلف از جمله زمینه‌های هنر و طراحی تا حدودی حل کرده است [۱۸]. رایانه قابلیت درک احساس کاربر یا اولویت موجود در این دوره از تکامل را دارد. سیر تکاملی ژنتیک محاوره‌ای روشی قدرتمند برای همکاری میان انسان و رایانه را فراهم کرده است. به‌طوری که قابلیت‌های متنوعی برای حل محدوده گسترده از مسائل پدید آمده است. با استفاده از ارزیابی انسانی به‌جای تابع برازندگی، امکان ارزیابی مسائل که ایجاد تابع برازندگی ریاضی برای آن‌ها مشکل است، فراهم شده است. مزیت الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای این است که احتیاجی نیست، انسان از جزئیات کار مطلع باشد و او فقط به ارزیابی خروجی می‌پردازد. کاربر مجموعه‌ای از طرح‌های ارائه شده در جمعیت را بررسی می‌کند و سپس یک مقدار برازندگی، براساس معیارهای ذهنی اختصاص داده می‌شود [۱۹].

## طرح مسئله

لباس شنا افزون بر استفاده برای شنا، لباسی است که مردم در کنار ساحل، استخر، چشمه‌های معدنی و باشگاه‌های سلامت می‌پوشند. از آنجا که این لباس به‌تنهایی و جدا از سایر پوشش‌ها استفاده می‌شود و افراد در اندازه‌ها و شکل اندام متفاوت از آن استفاده می‌کنند، بنابراین توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است. مصرف‌کنندگان زن در تمام سنین مشتاق به خرید لباس شنایی هستند که اندام آن‌ها را زیباتر جلوه دهد و عیوب بدن آن‌ها را تا حد ممکن بپوشاند و احساس اعتماد به نفس و رضایت آن‌ها را افزایش دهد. بنابراین، زنان لباس خود را براساس مد روز، اندازه بدن و شکل بدن خود سفارش می‌دهند. زنان هنگام خرید لباس شنا گزینه‌های بیشتری نسبت به زمان خرید یک کت و دامن برای انتخاب دارند. فروشندگان لباس شنا برای کمک به خریداران لباس، براساس دسته‌بندی لباس شنا خدمات خود را ارائه می‌دهند. آن‌ها لباس شنای زنانه را در دو مدل یک‌تکه و دوتکه معرفی می‌کنند که هر کدام در طرح لباس و پارچه دارای تنوع هستند. برای تطبیق نیازهای مصرف‌کنندگان با لباس شنای زنانه مناسب‌تر برای انواع مختلف بدن و اشکال، بیشتر تولیدکنندگان اندازه‌بندی لباس شنای زنانه را براساس بالاتنه انجام داده‌اند [۲۰]. بنابراین، لباس شنای زنانه از سه بخش اصلی، بالاتنه، میان‌تنه و پایین‌تنه تشکیل شده است. با توجه به بررسی بازار این نتیجه حاصل می‌شود که بیشتر تنوع در بخش بالاتنه و پایین‌تنه ایجاد می‌شود و بخش میانی با تغییرات کمی همراه است.

شکل ۱- پنج نمونه از طرح‌های بالاتنه لباس شنای دوتکه زنانه [۲۰].

مصرف‌کنندگان می‌توانند طرح مدنظر خود را با توجه به سلیقه شخصی و اندازه بدن خود انتخاب کنند. پنج نمونه از طرح‌های بالاتنه لباس شنای دوتکه زنانه در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. مدل‌های پایین‌تنه لباس شنای دوتکه زنانه براساس تفاوت‌های برش و ناحیه پوشش به پنج گروه دسته‌بندی می‌شوند که در شکل ۲ نشان داده شده است.

## تجربی

### آماده‌سازی طرح‌های لباس سه‌بعدی

در این پژوهش، اجزای لباس شنای زنانه به سه بخش بالاتنه، میان‌تنه و پایین‌تنه تقسیم شده است. نمونه‌ای از یک طرح سه‌بعدی لباس و اجزای آن در شکل ۳ نشان داده شده است. با بررسی بازار و کمک‌گرفتن از طراحان لباس، قطعه‌های لباس در ۳۵ طرح متفاوت طراحی شده است. طراحی در حالت سه‌بعدی و به‌کمک نرم‌افزار Marvelous Designer انجام شده است. اجزای لباس و طرح‌های پارچه انتخابی کاربر، پایگاه اطلاعاتی مجموعه را تشکیل می‌دهند. امکان تفاوت طرح پارچه برای سه بخش لباس شنای زنانه درنظر گرفته شده است و در واقع فضای نمونه‌ای مجموعه از ۳۵۶ طرح متفاوت لباس شنای زنانه تشکیل شده است. چند نمونه از ترکیب اجزای سه‌بعدی لباس با طرح پارچه مدنظر و نمایش طرح کلی در جدول ۱ نشان داده شده است.

### طراحی سامانه

مراحل الگوریتم نرم‌افزار طراحی سه‌بعدی لباس شنای زنانه در نمودار شکل ۴ نشان داده شده است. طرح‌های تولید شده اجزای لباس شنا به شکل مدل‌های سه‌بعدی ذخیره می‌شود. سامانه الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای مدل‌های مدنظر کاربر را از هر بخش دریافت و با ترکیب آن‌ها طرح‌های لباس شنای زنانه را ایجاد می‌کند. امکان افزودن طرح پارچه متفاوت که کاربر انتخاب کرده، برای اجزای سه‌بعدی لباس شنای زنانه وجود دارد. سپس، نسل اولیه روی صفحه نمایش داده شده و کاربر به هر طرح ارزش برازندگی می‌دهد. مقدار تشابه طرح‌های سه‌بعدی اجزای لباس شنای زنانه از روی مقدار پوشانندگی سطح آدمک محاسبه می‌شود. برازندگی سایر طرح‌های لباس نیز به‌کمک خوشه‌بندی k-means انجام می‌شود. سپس، سامانه بازتولید طرح‌های لباس با تقاطع و جهش نسل بعدی جمعیت را ایجاد می‌کند. دوباره طرح‌های لباس ایجاد شده خوشه‌بندی شده، در صفحه نمایش به حالت سه‌بعدی نشان داده می‌شود. این فرایند تا زمانی که تعداد نسل‌ها به تعداد از پیش معین‌شده برسد یا اینکه طرح مدنظر کاربر پیدا شود، ادامه می‌یابد. این تکرار می‌تواند جمعیت با ارزش برازندگی بیشتر، یعنی طرح لباس سه‌بعدی شنای زنانه بهتر تولید کند.

### ارائه طرح‌های اجزای لباس شنای زنانه به کاربر برای انتخاب طرح‌های مدنظر

طرح‌های سه‌بعدی لباس شنای زنانه که شامل طرح‌های بالاتنه، میان‌تنه و پایین‌تنه می‌شود و نیز طرح پارچه، برای ارزیابی به کاربر ارائه می‌شود. برای کاهش خستگی کاربر، امکان انتخاب طرح‌های مدنظر کاربر در صفحه رابط کاربری (GUI) وجود دارد که در نتیجه تولید نسل اولیه را به سمت علایق کاربر هدایت می‌کند. صفحه رابط کاربری ارائه شده به کاربر برای انتخاب طرح‌های مدنظر، در شکل ۵ نشان داده شده است.

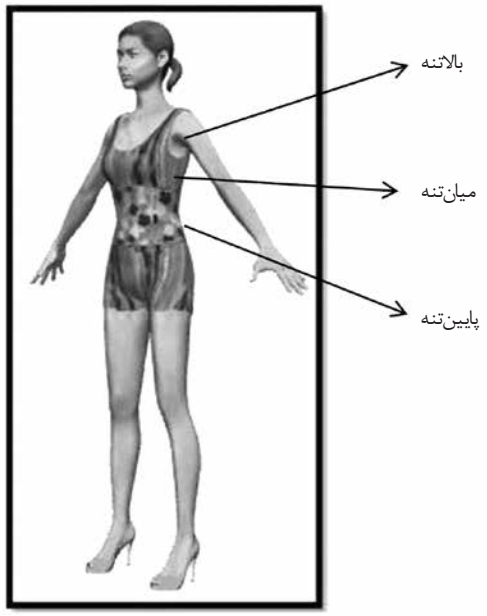
### کدگذاری

هر طرح سه‌بعدی لباس شنای زنانه به‌عنوان یک کروموزوم و اجزای آن شامل بالاتنه، قسمت میان‌تنه و پایین‌تنه و طرح پارچه هر سه بخش لباس که هرکدام شامل ۳۵ طرح متفاوت است، به‌عنوان ژن‌ها درنظر گرفته شده‌اند. نمونه‌ای از کدگذاری و ترکیب اجزای لباس در شکل ۶ نشان داده شده است.

### تولید نسل اولیه

نسل اولیه به‌طور هدایت شده و از بین اجزای سه‌بعدی مختلف لباس شنای زنانه موجود در پایگاه اطلاعاتی استخراج می‌شود. پایگاه اطلاعاتی براساس طرح‌های مدنظر کاربر ساخته شده است. هر بخش طرح سه‌بعدی لباس به‌عنوان یک ژن و ترکیب ژن‌های مختلف آن به‌عنوان یک کروموزوم درنظر گرفته شده است. درواقع، قرارگرفتن ژن‌های مختلف در کنار یکدیگر و شکل‌دادن کروموزوم‌ها، جمعیت اولیه را می‌سازد. نمونه‌ای از طرح‌های اولیه در شکل ۷ نشان داده شده است.

شکل ۲- پنج نمونه از طرح‌های پایین‌تنه لباس شنای دوتکه زنانه [۲۰].




شکل ۳- نمایش طرح لباس شنای زنانه سه‌بعدی و اجزای آن.

محاسبه مقدار تشابه طرح‌های اجزای لباس شنای زنانه از روی مقدار پوشانندگی سطح آدمک روش پیشنهادی برای محاسبه مقدار تشابه طرح‌های اجزای لباس شنای زنانه به یکدیگر و محاسبه مقدار پوشانندگی طرح‌های سه‌بعدی اجزای لباس شنای زنانه روی آدمک است. برای محاسبه مقدار پوشانندگی طرح‌ها به آدمک، بررسی می‌شود که به ازای چه تعداد از نقاط آدمک، نقطه‌ای در لباس وجود دارد. درنهایت با تقسیم تعداد نقاط به‌دست‌آمده بر تعداد نقاط کل آدمک، مقدار پوشانندگی طرح‌ها روی آدمک محاسبه می‌شود. برای محاسبه تشابه طرح‌ها به هم باید ضرب‌کردن تشابه آن‌ها به آدمک در یکدیگر، درنظر گرفته شود. نحوه محاسبه مقدار پوشانندگی طرح‌های لباس شنای زنانه به شکل زیر است:

۱- انتخاب یک نقطه از آدمک،

۲- پیداکردن تمام نقاط از طرح لباس که با نقطه انتخابی آدمک در یک سطح مقطع باشند.

۳- محاسبه فاصله تمام نقاط هم طول طرح لباس از نقطه انتخابی آدمک،

۴- پیداکردن نقطه‌ای از طرح لباس که کمترین فاصله را با نقطه انتخابی آدمک دارد.

۵- درنظرگرفتن نقطه انتخابی به‌عنوان نقطه مشابه در آدمک و طرح لباس، درصورتی‌که فاصله آن نقطه تا طرح لباس کمتر از حد داده شده باشد.

۶- ذخیره‌سازی نقطه پیدا شده برای عدم انتخاب دوباره از آدمک و لباس،

۷- بازگشت به مرحله شماره ۱ و انتخاب یک نقطه دیگر از آدمک.

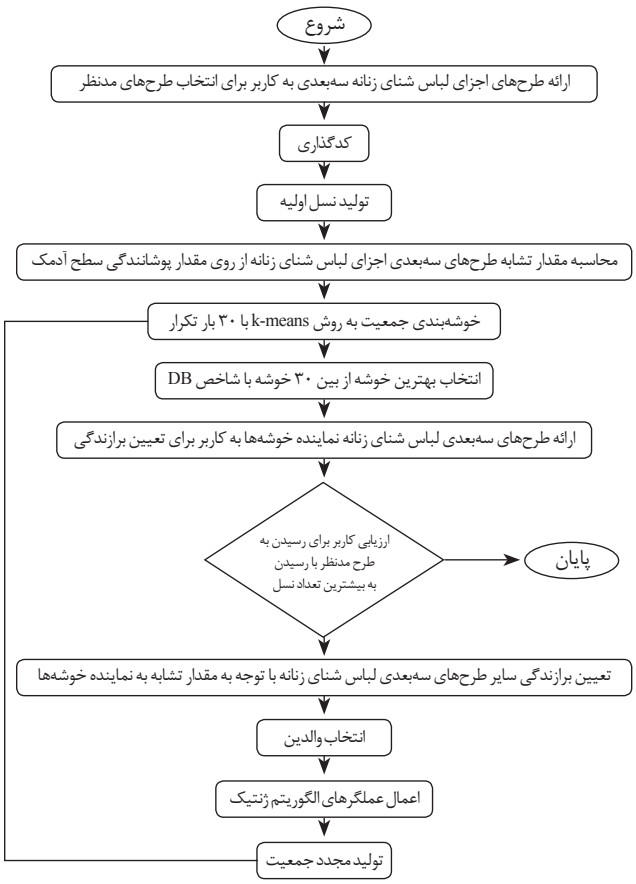
در شکل ۸، نقاط تشکیل‌دهنده آدمک سه‌بعدی در بخش بالاتنه به‌شکل نقطه‌ای، نقاط طرح سه‌بعدی لباس بالاتنه با ستاره و نقاط مشابه به‌شکل دایره‌ای، نشان داده شده‌اند.

### خوشه‌بندی جمعیت به روش k-means

داده‌کاوی به بررسی و تحلیل تعداد زیادی از داده‌ها برای کشف الگوها و قوانین معنی‌دار پنهان در داده‌ها اطلاق می‌شود. داده‌کاوی در دو

جدول ۱- نمونه‌ای از ترکیب اجزای سه‌بعدی طرح لباس شنای زنانه و نمایش طرح کلی.

| شماره | بالاتنه | میان‌تنه | پایین‌تنه | طرح |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | | | | |
| ۳ | | | | |




شکل ۴- مراحل الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای.

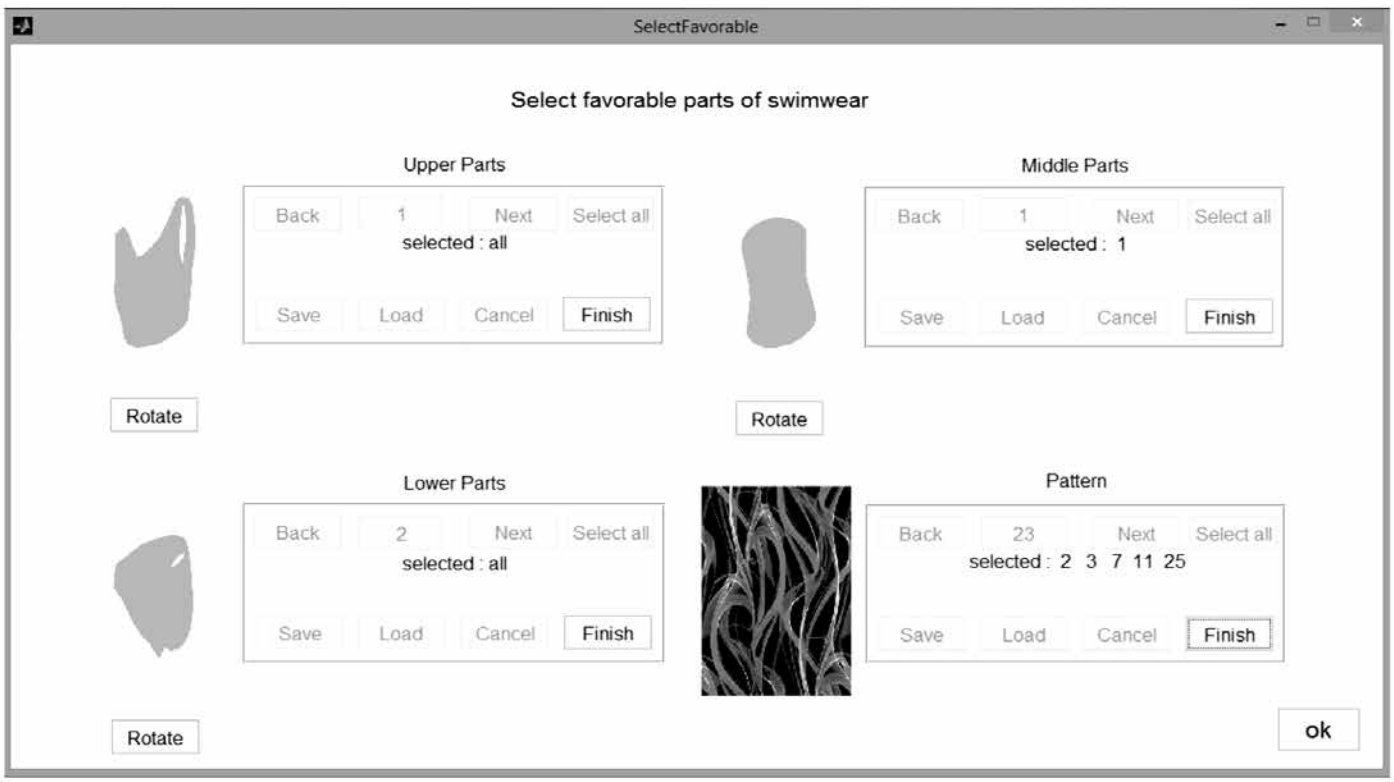
نوع داده‌کاوی هدایت شـــده و داده‌کاوی هدایت نشده ظاهر می‌شود. در داده‌کاوی هدایت شـــده هدف دسته‌بندی اطلاعات براساس برخی پارامترهای مشخص است. اما، در داده‌کاوی هدایت نشده هدف، یافتن الگوها یا تشاب‌ها میان گروه‌هایی از اطلاعات بدون استفاده از هیچ‌گونه پیش‌زمینه‌ای درباره اطلاعات است. از نمونه روش‌های داده‌کاوی هدایت نشـــده و هدایت شده می‌توان به خوشـــه‌بندی و دسته‌بندی اشاره کرد. خوشه‌بندی به عمل تقسیم جمعیت ناهمگن به تعدادی از زیرمجموعه‌ها یا گروه‌های همگن گفته می‌شود. در دسته‌بندی، هر داده به دسته‌ای از پیش‌معین شده براساس دانش قبلی اختصاص می‌یابد. اما، در خوشه‌بندی هیچ دسته از پیش‌معین شده‌ای وجود ندارد. در واقع، خوشه‌بندی راهی برای یافتن ســـاختار داده‌هـــای پیچیده فراهم می‌کند. خوشـــه‌بندی به‌عنوان قالبی مفهومی و الگوریتمی غنی برای تحلیل و تفسیر داده‌ها مطرح شـــده است. خوشه‌بندی به دنبال کشـــف ساختار در داده‌های جمع‌آوری شـــده اســـت [۱۹]. الگوریتـــم k-means از پرکاربردترین الگوریتم‌های خوشـــه‌بندی است. حرف k که در اسم این الگوریتم وجود دارد، به این واقعیت اشـــاره دارد که هدف این الگوریتم پیداکردن تعداد ثابتی از خوشه‌ها براســـاس نزدیکی نقاط داده‌ها به‌هم است. الگوریتم k-means به شرح زیر است:

۱- انتخاب K داده به‌عنوان مراکز خوشه‌ها،

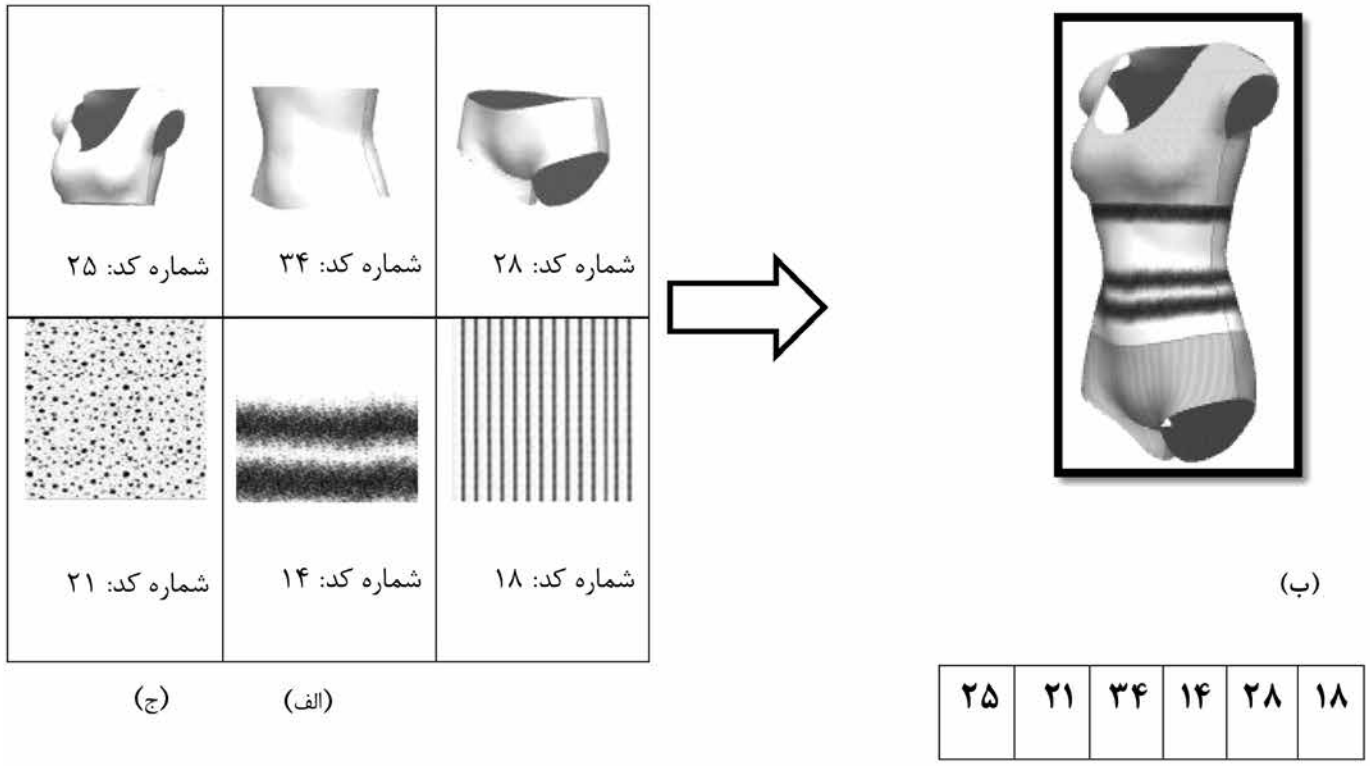
۲- تعیین فواصل سایر داده‌ها با مراکز خوشه‌ها،

۳- قرارگیری داده‌هایی که به مرکز هریک از خوشـــه‌ها نزدیک‌اند، در آن خوشه،

۴- محاسبه میانگین هریک از خوشه‌ها به‌عنوان مراکز جدید خوشه‌ها و

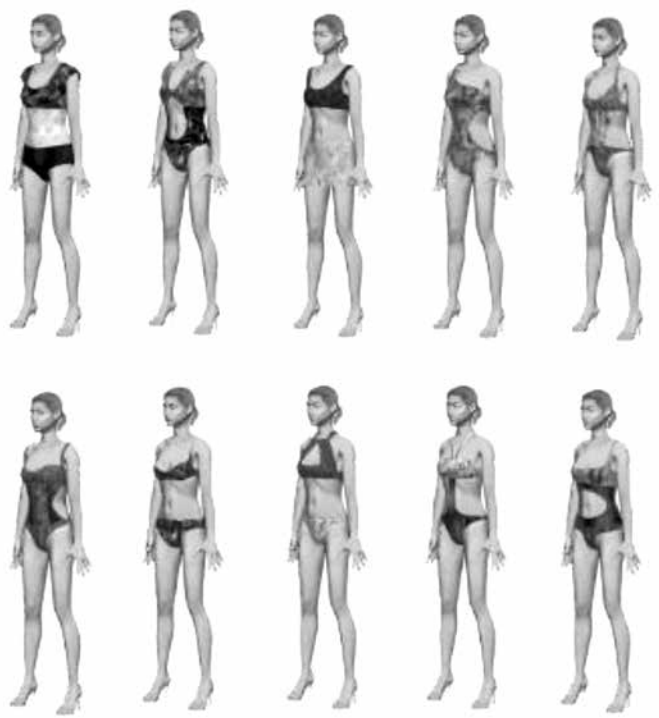



شکل ۵- صفحه رابط کاربری ارائه شده به کاربر برای انتخاب طرح‌های مدنظر.



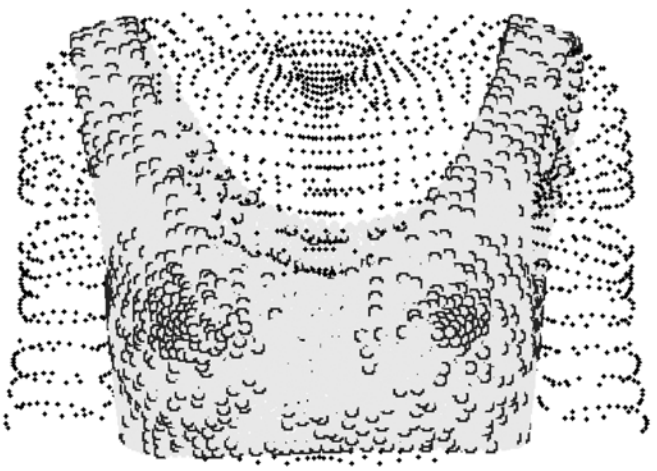

شکل ۶- ترکیب اجزای سه‌بعدی لباس شنای زنانه براساس کدها: (الف) ژنوتیپ، (ب) فنوتیپ و (ج) کروموزوم طرح سه‌بعدی لباس شنای زنانه.

۵- تکرار مرحله دوم تا چهارم تا رسیدن به عدم‌تغییر در خوشه‌ها.
در شکل ۹ نمودار الگوریتم k-means نشان داده شده است.

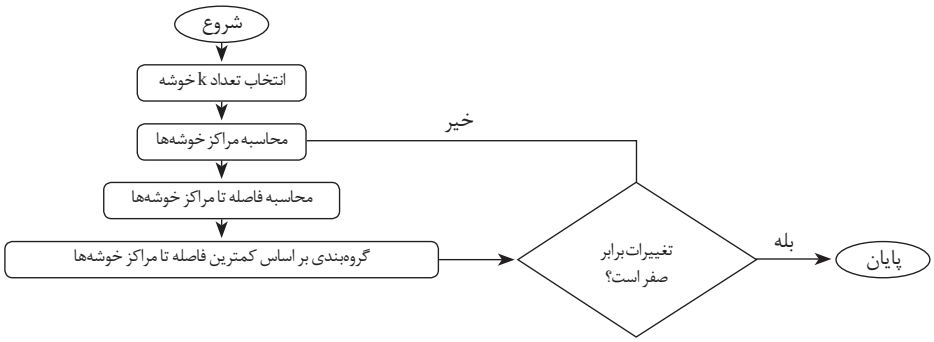


شکل ۷- نمونه‌ای از نسل اولیه.

روش خوشه‌بندی k-means بستگی به عواملی چون تعداد خوشه و روش تعیین فاصله میان خوشه‌ها دارد. یکی از مهم‌ترین مسائل در خوشه‌بندی انتخاب تعداد خوشـــه‌های مناسب است. نمونه‌های متعلق به خوشه‌های متفاوت تا حد امکان از یکدیگر جدا باشند. عبارات گفته شده را بدین شکل نیز بیان می‌کنند که خوشه‌ها باید در بیشینه فشردگی باشند و تا حد امکان جدایی آن‌ها نیز زیاد باشـــد. اگر تنها معیار فشردگی استفاده شود، در این حالت هر داده می‌تواند به‌شـــکل یک خوشه درنظر گرفته شود. زیرا، هیچ خوشه‌ای فشـــرده‌تر از خوشه‌ای با یک داده نیست. اگر تنها معیار جدایی



شـــکل ۸- نقاط تشکیل‌دهنده آدمک سه‌بعدی در بالاتنه به‌شکل نقطه‌ای، نقاط یک نمونه طرح بالاتنه به‌شکل ستاره‌ای و نقاط مشابه به‌شکل دایره‌ای.




شکل ۹- نمودار الگوریتم k-means.

درنظر گرفته شود، در این حالت بهترین خوشه‌بندی آن است که کل داده‌ها یک خوشه درنظر گرفته شود. با این فرض که فاصله هر خوشه از خودش صفر است. بنابراین، باید از ترکیب دو معیار گفته شده استفاده شود. برای سنجش مقدار جدایی خوشه‌ها از توابع فاصله‌ای استفاده می‌شود. در این پژوهش، به دلیل اینکه ویژگی‌ها ارزش یکسانی دارند. از تابع فاصله منهتن استفاده شـــده اســـت. برای انتخاب نقاط به دو روش تصادفی یا دانش از پیش‌معین شده عمل می‌شود، در اینجا نقاط به‌طور تصادفی انتخاب شده‌اند. شاخص‌های اعتبارسنجی برای سنجش مقدار صحت نتایج خوشه‌بندی برای مقایسه روش‌های خوشه‌بندی مختلف یا مقایسه نتایج حاصل از یک روش با پارامترهای مختلف استفاده می‌شوند. یکی از شاخص‌های ارزیابی خوشه‌بندی، شاخص Davies-Bouldin (DB) است. این معیار از شباهت دو خوشه ($R_{ij}$) استفاده می‌کند که براساس پراکندگی خوشه iام ($S_i$) و نبود شباهت دو خوشه i و j ($d_{ij}$) تعریف می‌شود که شاخص Davies-Bouldin برای خوشه‌بندی به شکل معادله (۱) تعریف می‌شود:

$$DB = \frac{1}{n_c}\sum_{i=1}^{n_c} R_i \qquad (۱)$$

در این معادله، $n_c$ تعداد خوشه‌هاســـت و $R_i$ به‌شـــکل معادله (۲) تعریف می‌شود:

$$R_i = \max_{j=1\ldots n_c, i\neq j}\left(R_{ij}\right), i = 1\ldots n_c \qquad (۲)$$

در این معادله، $R_{ij}$ شباهت دو خوشه است که به شکل معادله (۳) تعریف می‌شود:

$$R_{ij} = \frac{S_i + S_j}{d_{ij}} \qquad (۳)$$

که در آن $d_{ij}$ و $S_i$ با معادله‌های (۴) و (۵) محاسبه می‌شوند:

$$d_{ij} = d\left(v_i, v_j\right) \qquad (۴)$$

در معادلـــه (۴) تابع d تابع فاصله اســـت و $V_i$ و $V_j$ به ترتیب مراکز خوشـــه iام و jام هســـتند که درنتیجه $d_{ij}$ فاصله میان مراکز خوشه iام و jام است.

$$S_i = \frac{1}{\|C_i\|}\sum_{x\in C_i} d\left(x, v_i\right) \qquad (۵)$$

در معادله (۵) منظور از $C_i$ تعداد داده‌ها در خوشه iام و $V_i$ مرکز خوشه iام است. این شاخص در واقع میانگین شباهت هر خوشه با شبیه‌ترین خوشه به آن را محاسبه می‌کند. بهینه‌ترین حالت خوشه‌بندی زمانی حاصل می‌شود که فاصله درون‌خوشه‌ای کمترین و فاصله بین‌خوشه‌ای بیشترین مقدار را داشته باشد. با توجه به تعاریف بیان شده می‌توان دریافت، که هرچه مقدار این شاخص کمتر باشد، خوشه‌های بهتری تولید شده است [۲۰].

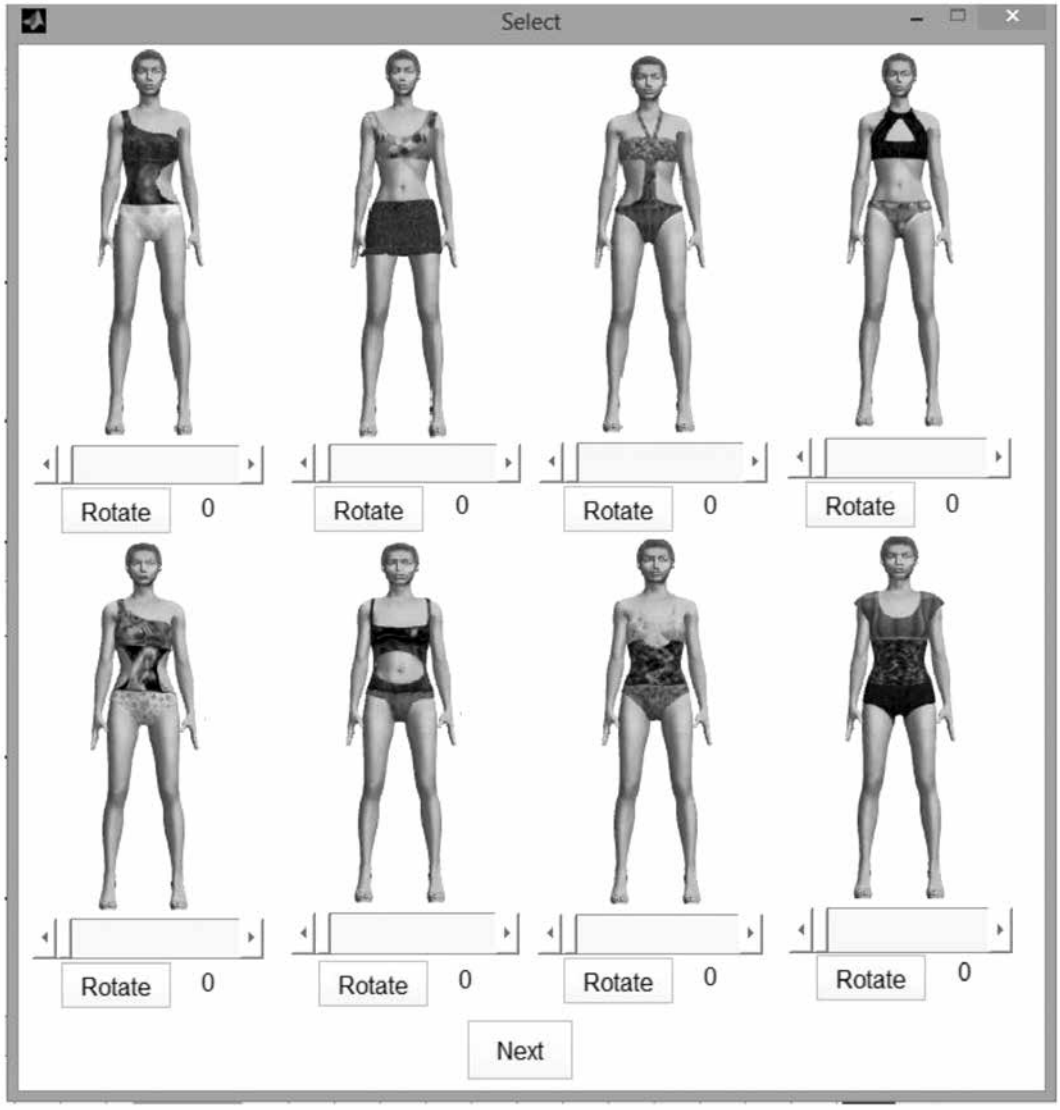
در این پژوهش، از روش k-means برای خوشـــه‌بندی اســـتفاده شده اســـت. این خوشه‌بندی ۳۰ بار تکرار شـــده و با استفاده از شاخص DB، بهترین خوشه‌بندی از بین آن‌ها انتخاب می‌شود. از آنجا که ممکن است، نماینده خوشـــه‌ها بین طرح‌ها وجود نداشـــته باشد، پس از خوشه‌بندی طرح‌ها، طرحی انتخاب می‌شود که نزدیک‌ترین برازندگی به آن را دارد.

## ارائه طرح‌های لباس شنای زنانه نماینده خوشه‌ها به کاربر برای تعیین‌برازندگی

پس از تولید نسل اولیه به‌طور تصادفی و خوشه‌بندی طرح‌های لباس شنای زنانه در هشت خوشه مجزا، نماینده هر خوشه برای ارزیابی به کاربر نشان داده می‌شود. برای نمایش طرح‌های لباس شنای زنانه به کاربر از صفحه‌های ارتباط با کاربر استفاده می‌شود. هشت نماینده خوشه طرح‌های لباس شنای زنانه به کاربر نشـــان داده می‌شود و میزان رضایت کاربر از طرح‌های لباس شنای زنانه در بازه ۰ تا ۱۰۰ برای هرکدام دریافت می‌شود. نمونه‌ای از صفحه ارائه شده به کاربر در این نرم‌افزار در شکل ۱۰ نشان داده شده است. برای کمک به کاربر در مشـــاهده بهتر جزئیات طرح‌های لباس، امکان چرخش ۳۶۰ درجه‌ای آدمک وجود دارد. در شـــکل ۱۱ آدمک با لباس مدنظر در چرخش ۰، ۹۰ و ۱۸۰ درجه نشان داده شده است.

## تعیین برازندگی سایر طرح‌های لباس با توجه به برازندگی نماینده خوشه

برازندگی سایر طرح‌ها با توجه به برازندگی نماینده خوشه انجام می‌شود که توسط کاربر مشخص شده اســـت. برای رسیدن به این هدف، مقدار




شکل ۱۰- نمونه‌ای از نماینده خوشه‌های ارائه شده به کاربر برای تعیین برازندگی.

شباهت طرح‌های سه‌بعدی اجزای لباس با یکدیگر و نیز طرح‌های پارچه با یکدیگر محاسبه شده و ذخیره‌سازی شده است. برازندگی سایر طرح‌ها با توجه به برازندگی نماینده خوشه، براساس مقدار شباهت اجزای لباس نسبت به اجزای لباس نماینده خوشه و مقدار برازندگی که کاربر به آن داده، محاسبه می‌شود. به دلیل اینکه کاربر فقط نماینده خوشه‌ها را ارزیابی می‌کند و برازندگی سایر طرح‌ها به‌طور غیرمستقیم محاسبه می‌شود، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای سبب کاهش خستگی کاربر می‌شود.

**انتخاب والدین**

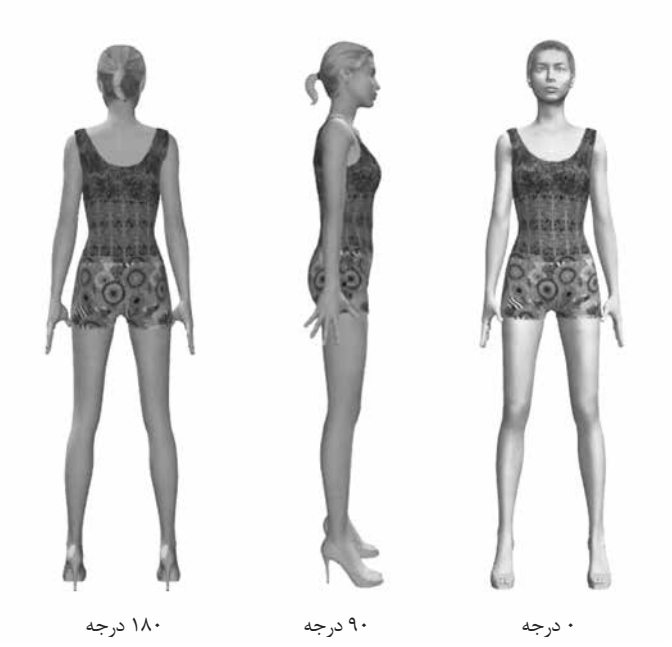
انتخاب براساس چرخ گردان و بیشترین برازندگی‌ها انجام می‌شود. هرکدام برازندگی بیشتری داشته باشند، شانس انتخاب بیشتری نیز دارند. تابع انتخاب استفاده شده از مجموع تمام برازندگی‌ها ضرب در عددی تصادفی بین ۰ و ۱ و برای ایجاد عددی تصادفی که در آن احتمال انتخاب اعداد با برازندگی بزرگ‌تر، بیشتر است، انتخاب می‌شوند. شکل ۱۲ انتخاب با استفاده از چرخ رولت را نشان می‌دهد.

**عملگر تقاطع**

در این عملگر دو کروموزوم به‌عنوان والدین انتخاب می‌شوند. پس از آن تقاطع چندنقطه‌ای قابل اجراست، از سه نقطه تقاطع انتخاب و محتویات بین این نقاط میان دو والدین محصورشده جابه‌جا می‌شود. در این پژوهش، نقاط شکست شامل طرح بالاتنه و طرح پارچه پایین‌تنه لباس شنای زنانه است و مقدار تقاطع ۰/۷ درنظر گرفته شده است. در شکل ۱۳ والدین و فرزندان حاصل از این تقاطع نشان داده شده است.

**عملگر جهش**

پس از اتمام عمل تقاطع، عملگر جهش روی کروموزوم‌ها اثر داده می‌شود. این عملگر یک ژن از یک کروموزوم والد را به‌طور تصادفی انتخاب کرده و سپس محتوای آن ژن را تغییر می‌دهد. در این پژوهش،

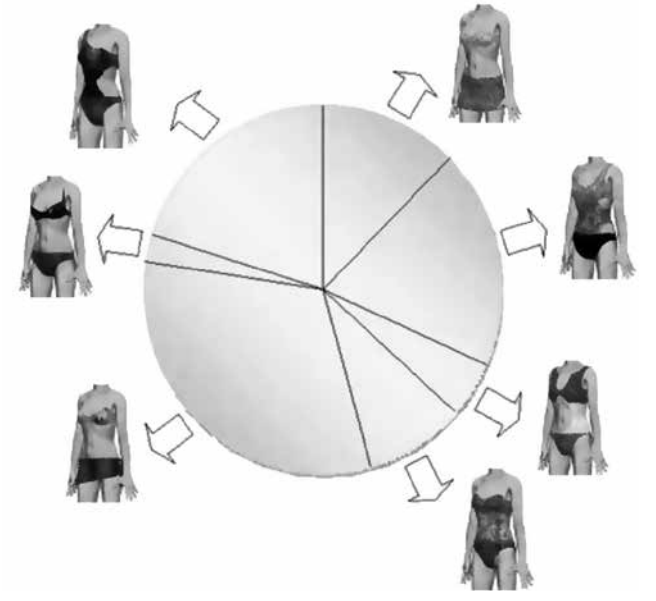



شکل ۱۱- آدمک با لباس مدنظر در چرخش ۰، ۹۰ و ۱۸۰ درجه.

مقدار جهش ۰/۳ در نظر گرفته شـــده است. نمونه‌ای از جهش در طرح بالاتنه در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

## نتایج و بحث

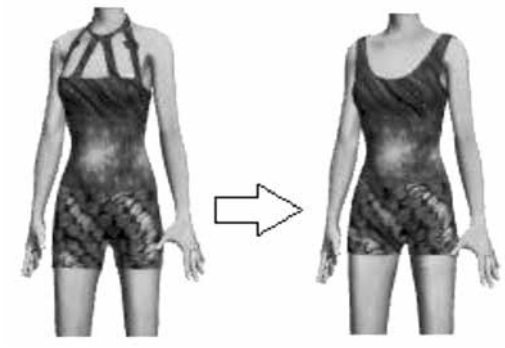
در این پژوهش، سامانه طراحی سه‌بعدی لباس به‌کمک الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای و داده‌کاوی ارائه شده است. در این الگوریتم، طرح‌های سه‌بعدی اجزای لباس شامل بالاتنه، میان‌تنه و پایین‌تنه به کاربر ارائه شده و پس از



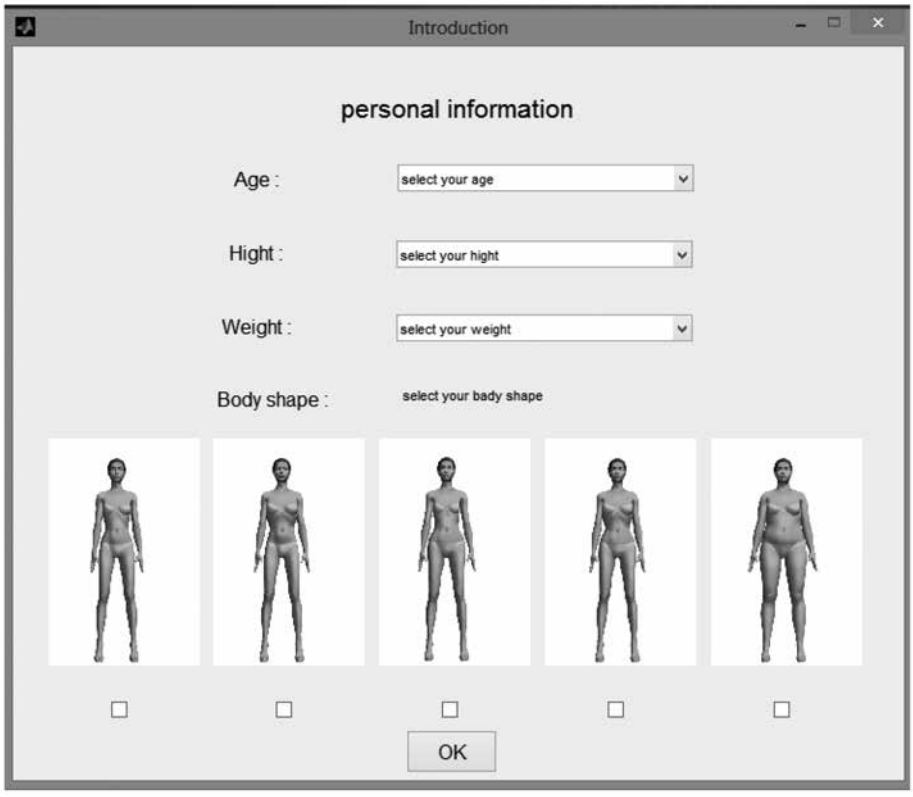
شکل ۱۲- انتخاب والدین برای طراحی لباس شنای زنانه در الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای براساس چرخ گردان.

شکل ۱۳- نمونه‌ای از تقاطع در طراحی سه‌بعدی لباس شنای زنانه در الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای: (الف) والدین و (ب) فرزندان.

انتخاب طرح‌های مدنظر کاربر، تولید نسل‌ها براساس انتخاب کاربر انجام می‌شود. درنتیجه الگوریتم به سمت نظر کاربر هدایت شده و سبب کاهش خســـتگی کاربر می‌شود. استفاده از فرایند خوشه‌بندی طرح‌ها نیز برای کاهش خســـتگی کاربر انجام شده است. کاربر فقط نماینده خوشه‌ها را ارزیابی می‌کند و ارزیابی بقیه طرح‌ها با توجه به مقدار شباهت به نماینده خوشه معین می‌شود. درنهایت، سامانه نزدیک‌ترین طرح سه‌بعدی لباس به نظر کاربر را ارائه می‌دهد. برای ارزیابی عملکرد ســـامانه، ۴۰ کاربر از دانشجویان طراحی لباس، پس از ارزیابی طرح‌ها و ارائه‌دادن طرح نهایی



شکل ۱۴- نمونه‌ای از تقاطع در طرح بالاتنه در طراحی لباس شنای زنانه در الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای.



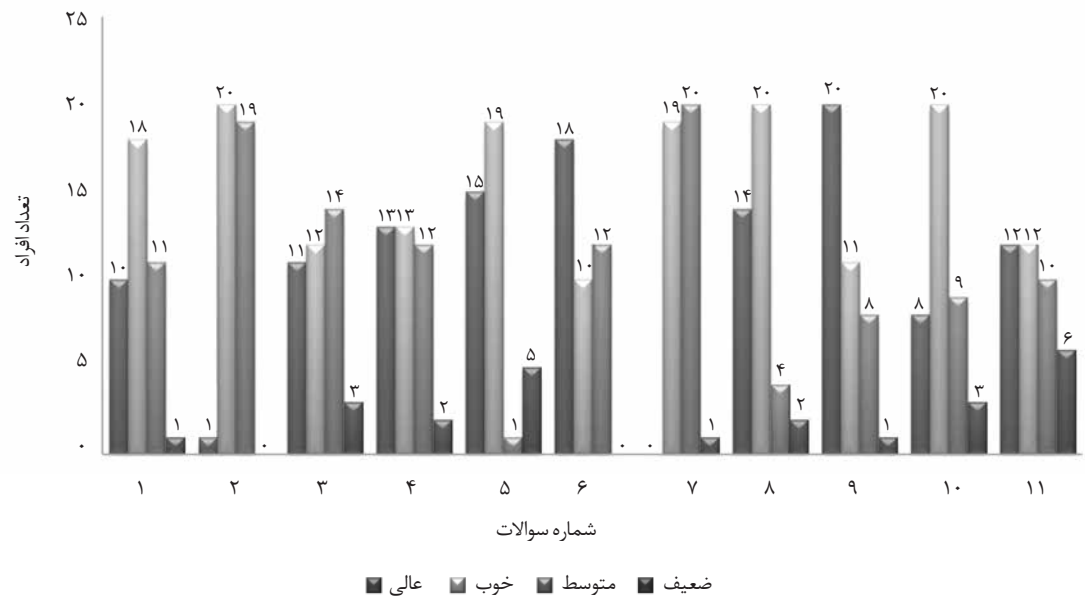

شکل ۱۵- پرسش‌نامه برای دریافت اطلاعات شخصی کاربر در سامانه طراحی لباس.

لباس شنا به آن‌ها، مقدار رضایت‌مندی خود را از آن اعلام کردند. برای این نظرسنجی یک پرسش‌نامه برای دریافت اطلاعات شخصی درنظر گرفته شده که در شکل ۱۵ نشان داده شده است و یک پرسش‌نامه برای ارزیابی مقدار رضایت‌مندی از سامانه طراحی شده که در جدول ۲ آمده است. نتایج حاصل از این نظرسنجی در شکل ۱۶ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از پرسش‌نامه که در شکل ۱۶ نشان داده شده است، به ترتیب شماره سؤالات نشانگر این موضوع است که ٪۷۰ کاربران از نحوه ارتباط سامانه با کاربر رضایت داشته‌اند. همچنین، استفاده از این سامانه برای ٪۵۲ کاربران آسان بوده است. ٪۵۷ کاربران، از طرح لباس شنای نهایی رضایت داشته‌اند و به نظر ٪۶۵ از آن‌ها، سامانه قادر به طراحی طرح‌های متنوع است. سرعت طراحی لباس به‌وسیله سامانه با آرای ٪۸۵ از کاربران تأیید شده است و ٪۷۰ از کاربران معتقدند، استفاده از

جدول ۲- پرسش‌نامه برای ارزیابی مقدار رضایت‌مندی از سامانه طراحی لباس.

| | | ضعیف | متوسط | خوب | عالی |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | قابلیت ارتباط سامانه طراحی لباس با کاربر چگونه است؟ | ۱/۷۱ | ۱/۳۴ | ۳ | ۳ |
| ۲ | آیا استفاده از سامانه طراحی لباس برای شما ساده بود؟ | ۱/۹۶ | ۱/۵۶ | ۴ | ۴ |
| ۳ | مقدار رضایت‌مندی شما از طرح لباس شنا نهایی چقدر است؟ | ۱/۹۸ | ۱/۹۵ | ۵ | ۵ |
| ۴ | آیا این سامانه قادر به تولید طرح‌های متنوع است؟ | ۲/۰۳ | ۲/۲۱ | ۷ | ۷ |
| ۵ | سرعت طراحی لباس در این سامانه را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ | ۲/۳۳ | ۲/۶۱ | ۱۰ | ۱۰ |
| ۶ | کارایی سامانه مدنظر به لحاظ صرفه‌جویی در وقت و هزینه به چه مقدار است؟ | ۱/۹۶ | ۱/۵۶ | ۴ | ۴ |
| ۷ | طرح‌های تولید شده به چه مقدار در انتخاب یک طرح لباس شنا مطلوب به شما کمک می‌کند؟ | ۱/۹۸ | ۱/۹۵ | ۵ | ۵ |
| ۸ | به نظر شما مقدار اثر این سامانه در جلب رضایت مشتری چقدر است؟ | ۲/۰۳ | ۲/۲۱ | ۷ | ۷ |
| ۹ | نقش سامانه طراحی لباس در ارتقای بازار فروش به چه مقدار است؟ | ۲/۳۳ | ۲/۶۱ | ۱۰ | ۱۰ |
| ۱۰ | به نظر شما این سامانه در طراحی لباس شنا مؤثر بوده است؟ | ۲/۳۳ | ۲/۶۱ | ۱۰ | ۱۰ |
| ۱۱ | آیا امتیازدهی شما در طراحی لباس شنا اثر داشت؟ | ۲/۳۳ | ۲/۶۱ | ۱۰ | ۱۰ |




شکل ۱۶- نتایج آماری نظرسنجی از کاربران.

سامانه مدنظر موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌شود. نتایج حاصل نشانگر دستیابی ٪۴۷ از کاربران به طرح‌های مطلوب خود بوده و مقدار اثر سامانه در جلب رضایت مشتری از نظر ٪۸۵ از کاربران موفق بوده است. همچنین، به نظر ٪۷۷ از کاربران این سامانه می‌تواند در ارتقای بازار فروش موفق باشد. ٪۷۰ از کاربران سامانه طراحی‌شده را در طراحی لباس شنا مؤثر ارزیابی کرده و به عقیده ٪۶۰ از آن‌ها، سامانه ارائه شده به‌درستی عمل می‌کند و امتیازدهی آن‌ها در طراحی لباس شنا اثر دارد.

## نتیجه‌گیری

در دنیای مدرن، با توجه به ناکارآمدی طراحی لباس به‌روش دستی و سنتی به دلیل کاهش سرعت و دقت و افزایش هزینه و آزمون و خطا و نیز افزایش رقابت در صنعت طراحی لباس، لزوم کاهش هزینه و پاسخگویی به درخواست‌های متنوع مصرف‌کنندگان، بهره‌گیری از فناوری‌های رقمی می‌تواند این صنعت را توسعه دهد. در این پژوهش، سامانه‌ای ارائه شده است که در آن طرح‌های سه‌بعدی لباس با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای و الگوریتم خوشه‌بندی k-meams توسعه داده شده است. مزیت این روش نسبت به پژوهش‌های گذشته، سه‌بعدی‌بودن طرح‌های لباس است. سه‌بعدی‌بودن طرح‌ها، سبب نمایش بهتر جزئیات می‌شود و امکان تصمیم‌گیری بهتر را برای کاربر به‌وجود می‌آورد. با ارائه طرح‌های سه‌بعدی اجزای لباس به کاربر و انتخاب طرح‌های مدنظر او، روند طراحی به سوی سلیقه کاربر هدایت شده است. بدین ترتیب که در نسل اولیه تعدادی از طرح‌های سه‌بعدی لباس با استفاده از ترکیب اجزای سه‌بعدی لباس و طرح‌های پارچه موردعلاقه کاربر، ترکیب شده، سپس برای اعمال نظر به کاربر ارائه می‌شوند. به دلیل ارتباط مستقیم کاربر با رایانه، امکان خستگی کاربر وجود دارد. بنابراین در سامانه ارائه شده، برای کاهش این محدودیت از خوشه‌بندی طرح‌های سه‌بعدی لباس استفاده شده است. کاربر فقط نماینده هر خوشه را ارزیابی می‌کند و برازندگی سایر اعضا براساس مقدار برازندگی نماینده هر خوشه که توسط کاربر معین شده و مقدار شباهت به آن، محاسبه می‌شود. نتایج به‌دست آمده نشانگر رضایت زیاد کاربران از سامانه پیشنهادی بوده است. ضمن اینکه کاربرد مجموعه محصولات در جذب سلایق مخاطبان بسیار مؤثر است، ارائه پیش‌نمایش آن‌ها به کاربران پیش از تولید و عرضه در بازار، موجب اصلاح فرایند طراحی توسط ارزیابی کاربران و حصول اطمینان صنعتگران برای تولید انبوه این طرح‌ها می‌شود. بنابراین، می‌توان از سامانه مزبور در طراحی سه‌بعدی مجموعه لباس بهره گرفت و پیش از تولید و عرضه به بازار، نظر مصرف‌کننده را نیز در طراحی آن‌ها به کاربست.

## مراجع


1. Kim S.H. and Cho S.B., Application of interactive genetic algorithm to fashion design, *J. Eng. Appl. Artifi. Intel.*, 13, 635- 644, 2000.

۲. زارع زاده ط.، یگانه راد م.، پیوندی پ.، بررسی عوامل تأثیرگذار بر فرایند خرید پوشاک با استفاده از روش خوشه‌بندی کی مینز (مطالعه موردی: لباس شنای زنانه)، نهمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۳.

3. Yuan J. and Gong D., Large population size igas with individuals' fitness not assigned by user, *J. Adv. Intel. Comput. Theor.*

*Appl., Aspect. Artifi. Intel.*, 5, 267-274, 2008.

4. Kicinger K., Arciszewski T., and De Jong K., Evolutionary computation and structural design: A survey of the state-of-the-art, *J. Comput. Struct.,* 83, 1943-1973, 2005.
5. Romero J.J. and Machado P., *The Art of Artificial Evolution: A Handbook on Evolutionary Art and Music*, Springer, 2007.
6. Wong S.S.Y. and Chan K.C.C., EvoArch: An evolutionary algorithm for architectural layout design, *Compu-Aided Desi.*, 41, 649-67, 2009.
7. Takagi H., Interactive evolutionary computation: Fusion of the capabilities of EC optimization and human evaluation, 89, 1275-1296, 2001.
8. Kim H. and Cho B., An efficient genetic algorithm with less fitness evaluation by clustering, *the Congress on Evolutionary Computation*, Seoul, 2001.
9. Sano T. and Yamamoto H., Computer aided design system for Japanese kimono, *the 18th Instrumentation and Measurement Technology Conference*, Budapest, 2001.
10. Gong D., Zhou Y., and Li T., Cooperative interactive genetic algorithm based on user's preference, *Int. J. Inform. Technol.*, 11, 1-10, 2005.
11. Gong D., Hao G., Zhou Y., and Sun X., Interactive genetic algorithms with multi-population adaptive hierarchy and their application in fashion design, *J. Appl. Math. comput.*, 185, 1098-1108, 2007.
12. Ogata Y. and Onisawa T., Interactive clothes design support system, *J. Neural Inform. Proc.*, 49, 657-665, 2008.
13. Banerjee A. and Louis S., IGAP: Interactive genetic algorithm peer to peer, evolutionary computing systems lab, *the 10th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation*, ACM, 2008.
14. Gong D., Yao X., Yuan J., Interactive genetic algorithms with individual fitness not assigned by human, *J. Univer. Comput. Sci.*, 15, 2446-2462, 2009.
15. Ren J., Gong D., Sun X., Yuan J., and Li M., Interactive genetic algorithms with variational population size, *5th International Conference on Intelligent Computing*, South Korea, 2009.
16. Mok P., Xu J., Wang X., Fan J., Kwok Y., Xin J., An IGA-based design support system for realistic and practical fashion designs, *J. Comput.-Aided Des.*, 45, 1442-1458, 2013.

۱۷. زارع‌نژاد ز.، هادی‌زاده م.، پیوندی پ.، مشروطه ح.، طراحی لباس با استفاده از اصول شباهت و الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، نشریه علوم و فناوری نساجی، ۳، ۴، ۱۳-۲۰، ۱۳۹۲.

18. Goldberg D.E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison-Wesley, 1989.
19. Banerjee A., Quiroz J., and Louis S., A model of creative design using collaborative interactive genetic algorithms, *Design Computing and Cognition'08*., Gero J.S. (Ed.), Springer, Netherlands, 2008.
20. Beury L.P., Young Female Adults' Two-Piece Swimsuit Style Choices in Relation to Their Body Shape, Size, and Satisfaction, MSc Thesis, Auburn University, 2013.

Journal of
Textile Science
and Technology
Vol. 5, No.4, 3-15
Winter 2016
ISSN: 2151-7162

# 3D Garment Design Using Interactive Genetic Algorithm and k-Means Clustering

Tahereh Zarezade and Pedram Payvandy*

Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Yazd University, P.O. Box: 89195-741, Yazd, Iran

## Abstract

Today, with increasing development and utilization of digital technologies to promote and accelerate artistic production trends, the use of computers has found a special place in fashion design. In this study, a 3D garment design system using interactive genetic algorithms and k-means clustering is proposed. Components of a swimsuit (top style, waist and bottom style) were individually designed using the 3D garment design software. The fabric designs were reviewed and selected by users to make a database of favorites. The designs were generated using genetic algorithms on a dummy. By rotation of the dummy, the users could see all parts of the swimsuit intuitively. In order to reduce the eye strain/fatigue, the total population was limited into 8 clusters using k-means clustering. Then, the fitness of the designs was determined by the user and the next generations were produced by this fitness and evolution principles. The results of evolutions indicate the system efficiency in fashion set design using a fabric pattern set at minimum cost and shortest time according to user's satisfaction.

## Keywords

3D garment designing,
user fatigue,
interactive genetic algorithm,
k-means method

(*) Address Correspondence to P. Payvandy, Email: peivandi@yazd.ac.ir