

# کاهش خستگی کاربر در طراحی مشتری محور محصول با ترکیب الگوریتم ژنتیک تعاملی و الگوریتم حذف کاندید

زهرا شیخی<sup>۱</sup>، مرجان کائدی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه مهندسی فناوری اطلاعات، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه اصفهان، sheikhy.zahra@gmail.com

<sup>۲</sup>گروه مهندسی فناوری اطلاعات، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه اصفهان، kaedi@eng.ui.ac.ir

## چکیده

طراحی مشتری محور محصولات تاثیر چشم گیری بر افزایش جذب مشتریان و فروش دارد. یکی از روش های مطرح در این حوزه بهره-مندی از الگوریتم های هوش مصنوعی تکاملی تعامل کننده با کاربر است که از طریق آن ها کاربر می تواند در حین اجرای الگوریتم به عنوان ارزیاب عمل کرده و نظر خود را به صورت مستقیم در فرآیند طراحی محصول دخیل کند. مشکل خستگی کاربر به دلیل تعداد تکرار بالای این الگوریتم ها برای رسیدن به پاسخ مطلوب مهم ترین چالش این دسته از الگوریتم ها است. در این مقاله روشی برای بهبود این چالش در الگوریتم ژنتیک تعاملی ارائه شده است. در این روش با استفاده از الگوریتم «حذف نامزد» از تولید کروموزوم هایی که با احتمال زیاد مورد-پسند کاربر نخواهد بود جلوگیری می شود. روش پیشنهادی برای تولید طراحی مشتری محور جلد کتاب به کار گرفته شده و نتایج آن با الگوریتم ژنتیک تعاملی ساده و یکی از جدیدترین روش های ارائه شده برای حل چالش خستگی کاربر با نام "ژنتیک تعاملی چند مرحله-ای" مقایسه شده است. نتایج نشان دهنده ی کاهش چشم گیر تعداد تکرارهای لازم برای رسیدن به پاسخ بهینه و کاهش زمان ارزیابی توسط کاربر نسبت به روش ژنتیک تعاملی ساده و ژنتیک تعاملی چند مرحله ای است که موجب کاهش خستگی کاربر در تعامل با الگوریتم خواهد بود.

## واژه های کلیدی

طراحی مشتری محور محصول، الگوریتم ژنتیک تعاملی، خستگی کاربر، الگوریتم حذف نامزد.

## ۱- مقدمه

سازی، رباتیک و غیره به کار گرفته شد [۳]. یکی از نمونه الگوریتم های محاسبات تکاملی تعاملی، الگوریتم ژنتیک تعاملی است که در بخش ۲ شرح داده خواهد شد.

در پژوهش های مختلف از الگوریتم ژنتیک تعاملی برای کاربردهای گوناگون طراحی استفاده شده است که از ابتدایی ترین آن ها می توان به استفاده از این الگوریتم در طراحی لباس اشاره کرد [۴]. در پژوهش دیگری که در حوزه ی تلفن همراه انجام شده است، برای تولید طراحی های ممکن، هفت بخش مختلف برای تلفن همراه در نظر گرفته شده که ساختار کروموزوم ها را شکل می دهد و از الگوریتم ژنتیک تعاملی سلسله مراتبی برای رسیدن به طراحی مطلوب استفاده شده است. در این پژوهش مکانیزمی طراحی شده تا ارزیابی طراحان و نمونه طرح های مطلوب هر طراح ذخیره شده و برای سایر طراحان قابل دسترسی باشد [۵]. یکی دیگر از زمینه های جالب به کارگیری این الگوریتم، طراحی محیط مجازی در بازی ها و شبکه های اجتماعی است. در این کاربرد، ویژگی های تصویر به عنوان ژن های کروموزوم در نظر گرفته شده اند. دو نمونه آزمایش توسط کاربران غیر حرفه ای انجام شده که در هر دو آزمایش کاربران توانستند با شروع از جمعیت تصادفی اولیه و انتخاب تصاویر نزدیک به تصویر هدف در

جذابیت طراحی و ظاهر محصولات از عوامل مهم در جذب مشتریان است که ایجاد راهی برای طراحی مشتری محور محصول را ضرورت می-بخشد [۱]. یکی از روش های مطرح شده در این حوزه، استفاده ی مستقیم از طرح های پیشنهادی کاربران برای طراحی محصولات است. اما ارائه ی طرح، نیازمند دانش تخصصی و مهارت لازم برای کار با نرم افزارهای طراحی است که مشتریان فاقد این توانایی هستند. همچنین حضور قوی در بازارهای رقابتی نیازمند ارائه ی سریع طرح های مشتری محور برای محصولات و خدمات است. این عوامل از کلیدی ترین عواملی هستند که موجب ورود الگوریتم های تکاملی تعاملی به حوزه ی طراحی شده اند. محاسبات تکاملی تعاملی زمینه ای برای حل مسائلی است که با ترجیحات و احساسات انسان مرتبط است و در آن ها عامل انسانی به عنوان تابع ارزیاب<sup>۱</sup> عمل می کند [۲]. بحث محاسبات تکاملی تعاملی حدوداً از سال ۱۹۸۰ آغاز شد و شروع کاربرد آن در حوزه ی هنر، گرافیک و انیمیشن بود و بعد از آن در زمینه های متنوعی همچون طراحی صنعتی، بازیابی اطلاعات، بازی-

<sup>۱</sup> Fitness function

نشان می‌دهد که این الگوریتم نسبت به الگوریتم ساده‌ی ژنتیک تعاملی با تعداد تکرار کمتری به جواب بهینه دست‌یافته و در نتیجه در کاهش مشکل خستگی کاربر موثر است. روش خوشه‌بندی c-means فازی یکی دیگر از روش‌های معمول برای حل مشکل خستگی کاربر است که در چندین پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به توسعه‌ی سیستمی برای طراحی نحوه‌ی قرارگیری ساختمان‌های مختلف در زمین کارخانه اشاره کرد. برای نخستین بار در سال ۲۰۱۳ از الگوریتم ژنتیک تعاملی برای طراحی در این حوزه استفاده شد [۱۲]. در این مسئله، مکان کارخانه به عنوان یک مستطیل مسطح و تسهیلات به عنوان مستطیل‌هایی با مساحت‌های متفاوت که باید به‌صورت بهینه در این زمین قرار گیرند در نظر گرفته می‌شوند. در این روش، کروموزوم‌های مشابه در یک خوشه قرار می‌گیرند و پس از ارزیابی نمایندگان توسط کاربر، سایر اعضا بنا بر میزان تعلق به هر خوشه، امتیازدهی می‌شوند. در بخش انتخاب برای تولید نسل نیز از روش مسابقه و همچنین نخبه‌گزینی استفاده شده است. در ادامه به منظور ارتقاء پژوهش ذکر شده، در سال ۲۰۱۵ پژوهشی با تمرکز بر حفظ تنوع در جمعیت هر نسل انجام شده است که در آن الگوریتم ژنتیک تعاملی در ترکیب با روش‌های niching به کار گرفته شده است [۱۴]. این متدها برای حفظ تنوع جمعیت در الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شوند که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به روش‌های تراکم قطعی و مسابقه‌ی محدود شده اشاره کرد [۱۵] که در این پژوهش نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نتایج مقایسه شده با روش قبل نشان می‌دهد که انحراف استاندارد و میانگین تعداد دفعاتی که برای رسیدن به جواب مطلوب مورد نیاز است نسبت به روش قبلی کاهش می‌یابد. الگوریتم ژنتیک تعاملی چندمرحله‌ای که از روش‌های ارائه شده برای خستگی کاربر در سال ۲۰۱۶ است، با هدف نزدیک کردن فرآیند طراحی با الگوریتم ژنتیک تعاملی به فرآیند طراحی که توسط طراحان حرفه‌ای انجام می‌شود و با تمرکز بر مشکل کمبود دانش کاربر در مراحل ابتدایی فرآیند طراحی ارائه شده است. در این روش به تعداد اجزای موجود در طرح مورد نظر مراحل تکاملی وجود دارد و شبیه آنچه که در واقعیت رخ می‌دهد در ابتدا بخشی از طرح مورد نظر (به عنوان مثال طرح پس زمینه) به کاربر نمایش داده شده و با عملیات الگوریتم ژنتیک تعاملی این طرح بهبود می‌یابد تا رضایت کاربر تامین شود. در مرحله‌ی بعد حالت‌های مختلف جزء بعدی طرح (مثلاً تصویر روی جلد) به طرحی که در مرحله‌ی تکاملی قبل به عنوان پاسخ بهینه در نظر گرفته شده افزوده می‌شود و مجدداً مراحل ژنتیک تعاملی تکرار می‌شود تا به طرح بهینه دست‌یابیم. این روند تا زمانی که کلیه‌ی اجزا (ژن‌ها) به طرح اضافه شوند و طراحی تکمیل شود ادامه می‌یابد. در این روش کروموزوم‌ها در طول مراحل تکاملی پیچیده‌تر می‌شوند و در هر مرحله یک ژن به آن‌ها افزوده می‌شود. این روند موجب افزایش تدریجی دانش کاربر نسبت به طرح بوده و از مشکل کمبود دانش کاربر برای ارزیابی کل طرح در مراحل نخست که موجب طولانی شدن الگوریتم و خستگی کاربر می‌شود می‌کاهد [۱۶]. رویکرد اصلی پیشنهادی در این مقاله ارائه‌ی راه-حلی برای کاهش خستگی کاربر با پیشگیری از ایجاد جمعیت نامطلوب

نهایت به تصویر مطلوب دست یابند [۶]. از دیگر کاربردهای مطرح برای این دسته الگوریتم‌ها توسعه‌ی سیستم‌های بازیابی اطلاعات است. در یک سیستم جست‌وجو و بازیابی تصاویر از الگوریتم ژنتیک تعاملی به منظور بهبود نتایج استفاده شده است. در بخش ارزیابی، تابع تعیین کیفیت از دو بخش متاثر از نظر کاربر و متاثر از میزان مشابهت تشخیص داده شده توسط سیستم تشکیل می‌شود. برای آزمایش از یک پایگاه داده‌ی تصویری که اعضای آن در ۱۰ زیر مجموعه‌ی موضوعی قرار دارد استفاده شده است و میزان بهبود عملکرد سیستم با دو شاخص دقت<sup>۱</sup> و فراخوانی<sup>۲</sup> سنجیده شده است که هر دو نشان از ارتقاء سیستم بازیابی تصاویر دارند [۷]. کاربردهای گوناگون دیگری نیز همچون طراحی ظاهر وبسایت [۸]، طراحی موسیقی‌های هشدار<sup>۳</sup> [۹]، طراحی جلد کتاب [۱۰]، طراحی داشبورد اتومبیل [۱۱] و طراحی نحوه‌ی قرارگیری ساختمان‌های مختلف در زمین کارخانه [۱۲] با رویکردی مشابه آنچه که ذکر شد، انجام شده است. تعامل انسان با الگوریتم تکاملی در کنار مزیت‌های گفته شده چالش‌هایی را نیز ایجاد می‌کند. یکی از مهم‌ترین این چالش‌ها، خستگی کاربر به دلیل تعدد ارزیابی‌های انجام شده در طول اجرای الگوریتم است [۱۱] که در پژوهش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در پژوهشی که با هدف توسعه‌ی سیستم پشتیبان برای طراحی جلد کتاب انجام شده است [۱۰] از روش خوشه‌بندی k-means استفاده شده و فقط نماینده‌ی هر خوشه برای ارزیابی به کاربر نمایش داده می‌شود. پس از ارزیابی نمایندگان خوشه‌ها توسط کاربر، سایر اعضای هر خوشه بنا بر میزان تشابه با مرکز خوشه امتیازدهی می‌شود. همچنین در هر تکرار الگوریتم بدترین و بهترین طرح‌های تولید شده از نظر کاربر، که با امتیازهای دریافت شده از کاربر مشخص می‌شود، ذخیره شده و در مرحله‌ی بعد هر پاسخ‌کandid با این دو طرح مقایسه می‌شود و بر اساس میزان مشابهت با هر کدام، امتیازی برابر با آن دریافت می‌کند که امتیاز پیش‌بینی شده نام می‌گیرد. امتیاز نهایی هر پاسخ‌کandid متناسب با مجموع امتیاز پیش‌بینی شده برای آن و امتیازی است که کاربر به صورت مستقیم به آن می‌دهد. ارزیابی این سیستم توسط سه کاربر انجام شده است که هر یک سه نوع طراحی متفاوت را از لحاظ تعداد تصاویر و متن انجام داده‌اند. نتایج حاصل از آزمایش، نشان‌دهنده‌ی همگرایی سریع‌تر الگوریتم است. در پژوهشی دیگر نیز با در نظر گرفتن مشکل ارزیابی غیردقیق توسط کاربر، سعی شده است میزان تردید کاربر در انتخاب طرح‌های کاندید، در امتیاز نهایی هر طرح لحاظ شود [۱۱] در این روش میزان زمانی که کاربر در هر تکرار الگوریتم برای امتیازدهی به پاسخ‌های کاندید صرف می‌کند به عنوان شاخصی برای میزان تردید کاربر در نظر گرفته شده است. در هر تکرار الگوریتم میزان زمانی که کاربر صرف امتیازدهی می‌کند ثبت شده و در ترکیب با امتیازی که کاربر به صورت مستقیم به طرح داده است، امتیاز نهایی هر طرح را تعیین می‌کند. نتایج بررسی و آزمایش الگوریتم پیشنهادی برای طراحی داشبورد اتومبیل،

<sup>1</sup> Precision

<sup>2</sup> Recall

<sup>3</sup> Sign sound

در الگوریتم «حذف نامزد»، در گام نخست با تعدادی از مثال‌ها که عضو بودن یا نبودن آن‌ها در مجموعه برچسب‌گذاری شده فرآیند آموزش صورت می‌گیرد و سپس الگوریتم با جست‌وجو در فضای از پیش‌تعریف شده‌ای از مثال‌ها می‌تواند عضو بودن یا نبودن یک مثال را پیش‌بینی و برچسب‌گذاری کند. در الگوریتم «حذف نامزد» طی فرآیند یادگیری مرزهایی به عنوان مرزهای پایین و بالا مشخص می‌شود و در مرحله‌ی بعد برای پیش‌بینی برچسب نمونه‌ها، هر مثالی که بین این دو مرز قرارگیرد به عنوان مثبت (عضو بودن در مجموعه) و در غیر این‌صورت به عنوان منفی (عضو نبودن در مجموعه) برچسب‌گذاری می‌شود. روند اجرای الگوریتم «حذف نامزد» بصورت زیر است [۱۷] [۱۹]:

مقداردهی اولیه‌ی مرزهای بالایی (G) و پایینی (S) به صورتی که مرز بالایی در کلی‌ترین حالت بوده و هر مثالی را بپذیرد و مرز پایینی نیز در خاص‌ترین حالت بوده و هیچ مثالی را نپذیرد.

برای هر نمونه‌ی آموزشی روند زیر تکرار می‌شود:

اگر نمونه به صورت مثبت برچسب‌گذاری شده است (به معنی عضو بودن): هر فرضیه‌ای در G که این نمونه را نمی‌پذیرد حذف شود و S تا حدی که این مثال را بپذیرد تغییر کرده و کلی‌تر شود (تغییر S باید به نحوی باشد که از G خاص‌تر بوده و به حداقل اندازه‌ای که لازم است تغییر کند).

اگر نمونه به صورت منفی برچسب‌گذاری شده است (به معنی عدم عضویت): هر فرضیه‌ای در S که این مثال را می‌پذیرد حذف شود و G تا حدی که این مثال را نپذیرد تغییر کرده و خاص‌تر شود (تغییر G باید به نحوی باشد که همواره از S کلی‌تر بوده و به حداقل اندازه‌ای که لازم است تغییر کند).

### ۳-روش پیشنهادی

در روش پیشنهادی، الگوریتم «حذف نامزد» در ترکیب با الگوریتم ژنتیک تعاملی به کار گرفته می‌شود و از ایجاد جمعیت نامناسب و ارزیابی آن‌ها پیشگیری می‌کند. در این روش جمعیتی از پاسخ‌های کاندید مطابق با روند الگوریتم ژنتیک به صورت تصادفی تولید شده و تصاویر گرافیکی مربوط به هر پاسخ به کاربر نمایش داده می‌شود. این جمعیت پس از امتیازدهی توسط کاربر به‌عنوان مثال‌های آموزشی برای الگوریتم «حذف نامزد» ارسال می‌شوند و طی این عملیات مرزهای بالا و پایین الگوریتم «حذف نامزد» مشخص می‌شود. به این ترتیب که اگر کروموزومی طبق امتیازدهی کاربر از میانگین امتیازهای کروموزوم‌های هم‌نسل خود امتیاز بیشتری کسب کرد به‌عنوان مثال آموزشی مثبت (عضو بودن) برچسب‌گذاری شده و اگر فرضیه‌ای در G موجود باشد که این مثال را نمی‌پذیرد آن فرضیه از G حذف می‌شود. همچنین S نیز در حدی که این مثال را بپذیرد تغییر کرده و کلی‌تر می‌شود. چنانچه مثال امتیازی پایین‌تر از میانگین امتیازها کسب کند به‌عنوان مثال آموزشی منفی (عضو نبودن) برچسب‌گذاری می‌شود و اگر فرضیه‌ای در S موجود باشد که این مثال را بپذیرد حذف خواهد شد و G نیز تا حدی که پذیرنده‌ی این مثال نباشد تغییر کرده و خاص‌تر می‌شود. این روند در هر بار تکرار الگوریتم صورت می‌گیرد و مرزها به‌روزرسانی می‌شود. در هر بار تکرار الگوریتم طی انجام عملیات نخبه‌گزینی، انتخاب والدین

برای الگوریتم ژنتیک تعاملی است که با استفاده از الگوریتم «حذف نامزد»<sup>۱</sup> در ترکیب با الگوریتم ژنتیک تعاملی محقق شده است و موجب کاهش تعداد تکرار اجرای الگوریتم، عدم ارزیابی طرح‌هایی که با احتمال زیاد مورد پسند کاربر نخواهد بود و کاهش چشم‌گیر زمان دست‌یابی به طراحی مطلوب کاربر خواهد شد. روش پیشنهادی این پژوهش می‌تواند برای بهبود چالش‌خستگی کاربر در کاربردهای گوناگون الگوریتم ژنتیک تعاملی مورد استفاده قرار گیرد.

در ادامه‌ی این مقاله، ابتدا در بخش ۲ الگوریتم ژنتیک تعاملی و الگوریتم «حذف نامزد» به طور مختصر توضیح داده می‌شوند. در بخش ۳ و ۴ روش پیشنهادی معرفی و در مقایسه با دو روش ژنتیک تعاملی ساده و ژنتیک تعاملی چند مرحله‌ای ارزیابی می‌شود و نهایتاً در بخش ۵ مقاله نتیجه‌گیری خواهد شد.

### ۲-۱ الگوریتم ژنتیک تعاملی

الگوریتم ژنتیک که از مشهورترین الگوریتم‌های هوش مصنوعی در حوزه‌ی الگوریتم‌های تکاملی است از نظریه‌ی تکامل طبیعی داروین تقلید می‌کند [۱۷]. در این الگوریتم جمعیت اولیه‌ای از پاسخ‌های کاندید برای مسئله‌ی موردنظر تولید می‌شود، این جمعیت توسط یک تابع ارزیاب مورد بررسی قرار گرفته و برحسب میزان تناسب امتیازدهی می‌شوند. طی فرآیند انتخاب، تعدادی از پاسخ‌های کاندید که امتیاز بیشتری را دریافت کرده‌اند به عنوان والد برای تولید نسل بعدی انتخاب شده و با انجام عملیات تقاطع بین آن‌ها نسل جدید تولید می‌شود. عملیات تقاطع فرآیندی است که طی آن با ترکیب دو پاسخ کاندید که به عنوان والد انتخاب شده‌اند پاسخ‌های جدیدی تولید می‌شود که واجد بخشی از ویژگی‌های والد یک و بخشی از ویژگی‌های والد دو است. در تولید نسل بعدی دو فرآیند جهش و نخبه‌گزینی نیز دخیل هستند. در فرآیند جهش، شبیه آنچه که در طبیعت رخ می‌دهد، احتمال دارد یک ژن از فرزند تولید شده تغییر یابد که این مسئله در تنوع جمعیت پاسخ‌های تولیدی و هم‌چنین رسیدن به پاسخ مطلوب موثر است. در فرآیند نخبه‌گزینی نیز پاسخ‌های کاندید که بیشترین امتیاز را توسط تابع ارزیاب کسب کرده‌اند بر حسب میزان احتمال نخبه‌گزینی در الگوریتم، بصورت مستقیم به نسل بعد انتقال می‌یابند. این فرآیند تولید نسل تا زمانی که به پاسخ بهینه دست یابیم تکرار می‌شود [۱۷-۱۸].

در الگوریتم ژنتیک تعاملی مرحله‌ی ارزیابی توسط انسان انجام می‌شود و ژن‌های هر کروموزوم به مشخصه‌های گرافیکی خود که از پیش تعریف شده‌است تبدیل شده و از طریق رابط گرافیکی به کاربر نمایش داده می‌شود و کاربر به عنوان تابع ارزیاب، پاسخ‌های کاندید را امتیازدهی می‌کند.

### ۲-۲ الگوریتم «حذف نامزد»

الگوریتم «حذف نامزد» در دسته‌ی الگوریتم‌های یادگیری مفهوم قرار می‌گیرد که در آنها هدف، پیش‌بینی عضو بودن یا نبودن یک مثال در یک مجموعه است [۱۷].

<sup>۱</sup> Candidate elimination

<sup>۲</sup> Concept learning

در نظر گرفتن این اجزا و صفات مربوط به هر یک از مقاله‌ای که در سال ۲۰۱۴ برای طراحی جلد کتاب با استفاده از ژنتیک تعاملی انجام شده الهام گرفته شده است [۱۰]. اجزا و تعداد بیت‌های مربوط به هر کدام در جدول شماره ۱ نمایش داده شده است. برای صفت رنگ از سیستم RGB استفاده شده است که برای هر کدام از سه رنگ اصلی ۳ بیت در نظر گرفته شده است (هر رنگ مقادیر ۰ تا ۲۵۵ را می‌تواند اختیار کند). مقادیر فونت شامل چهار فونت محبوب Arial و Times New Roman و Calibri و Cambria و مقدار اندازه نیز شامل ۴ اندازه‌ی متفاوت برای هر کدام از اجزای تصویر و متن است. با در نظر گرفتن صفحه‌ی طراحی جلد بصورت یک صفحه‌ی مدرج با دو ستون و چهار سطر، صفت مکان نیز دارای هشت مقدار است. بنابراین اندازه‌ی هر کروموزوم برابر با ۶۰ بیت است.

جدول ۱: اجزاء هر کروموزوم و ویژگی‌های مربوط به هر جزء برای طراحی جلد کتاب

اجزا	رنگ	اندازه	مکان	فونت
صفحه‌زمینه	۲۴ بیت	-	-	-
متن	۲۴ بیت	۲ بیت	۳ بیت	۲ بیت
تصویر	-	۲ بیت	۳ بیت	-

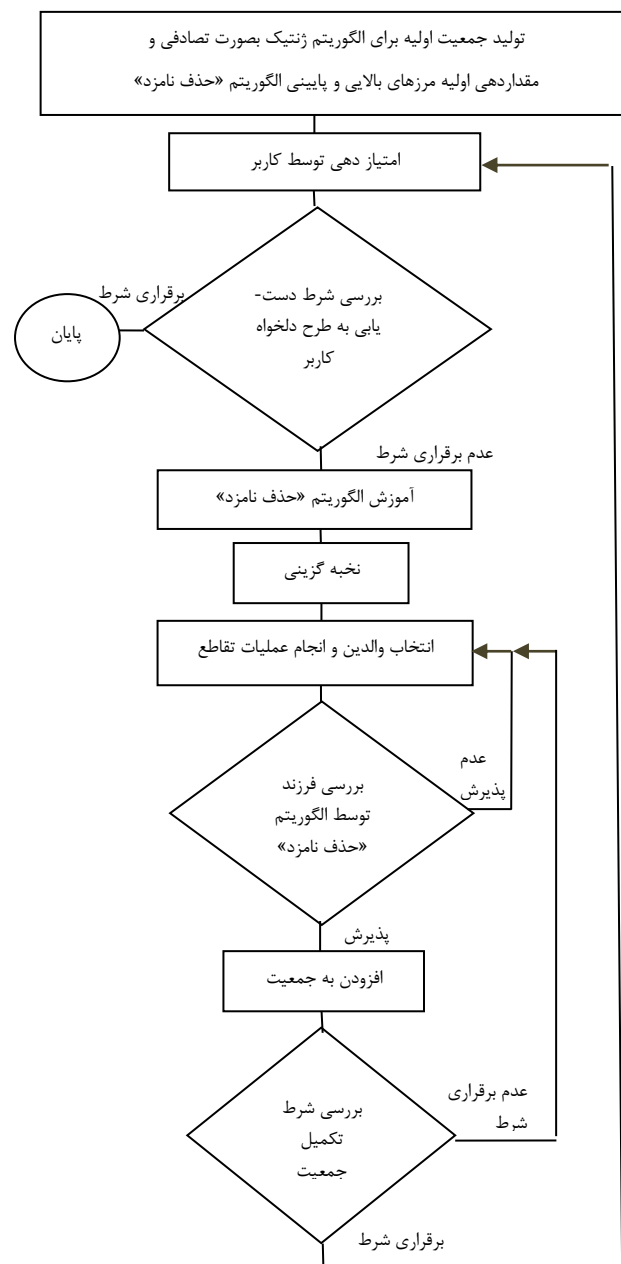
#### ۲-۴ نحوه‌ی انجام ارزیابی

فرآیند طراحی جلد توسط پنج کاربر با الگوریتم‌های ژنتیک تعاملی ساده و الگوریتم ژنتیک تعاملی چندمرحله‌ای و الگوریتم پیشنهادی انجام شده است. الگوریتم ژنتیک تعاملی چندمرحله‌ای چنان‌که در پایان بخش ۳-۲ توضیح داده شد از جدیدترین روش‌های ارائه شده برای کاهش خستگی کاربر است و در آن فرآیند طراحی شامل چند مرحله‌ی تکاملی است که در هر مرحله یک جزء جدید به طرح افزوده می‌شود [۱۶]. این روش برای مورد کاربردی طراحی جلد پیاده‌سازی و با روش پیشنهادی مقایسه شده است. هر کاربر با هر الگوریتم پنج مرتبه و با پنج جمعیت اولیه متفاوت فرآیند طراحی را انجام می‌دهد. این پنج جمعیت اولیه برای هر سه الگوریتم یکسان است. میانگین تعداد ارزیابی‌ها و میانگین زمان انجام ارزیابی برای هر روش توسط هر کاربر در جدول ۲ و شکل‌های ۲ و ۳ نمایش داده شده است.

#### ۳-۴ تحلیل ارزیابی

چنانکه نتایج نشان می‌دهد الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با ژنتیک تعاملی ساده در زمان کمتر و با تعداد تکرار کمتری کاربر را به پاسخ مطلوب رسانده و موجب کاهش مشکل خستگی کاربر می‌شود. کاهش ۳۸ درصدی در زمان ارزیابی و کاهش ۴۴ درصدی در تعداد تکرار الگوریتم نشان می‌دهد که روش پیشنهادی می‌تواند کروموزوم‌های تولیدی را به گونه‌ای غربال کند که با نمایش کروموزوم‌های نزدیک به سلیقه‌ی کاربر در مراحل قبلی ارزیابی، فرآیند طراحی را با سرعت بیشتری به نتیجه‌ی نهایی هدایت کند.

برای تولید فرزند، تقاطع و جهش جمعیت جدیدی از پاسخ‌های کاندید ایجاد می‌شود. در انجام عملیات تقاطع هر فرزند تولید شده توسط الگوریتم «حذف نامزد» بررسی می‌شود و تنها فرزندان در نسل جدید قرار می‌گیرند که توسط الگوریتم «حذف نامزد» پذیرفته شوند. به این ترتیب از تولید پاسخ‌هایی که با احتمال زیاد مورد پسند کاربر نخواهد بود جلوگیری خواهد شد. شکل ۱ روند الگوریتم پیشنهادی را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- روند اجرای الگوریتم پیشنهادی

#### ۴-ارزیابی

##### ۴-۱ طراحی گرافیکی

برای مورد طراحی جلد که در این پژوهش به منظور آزمودن روش پیشنهادی استفاده شده است هر طراحی شامل سه جزء صفحه‌زمینه، تصویر و متن در نظر گرفته شده است که هر کدام صفتهایی دارند. برای

همچنین در مقایسه با روش ژنتیک تعاملی چند مرحله‌ای روش پیشنهادی بهبود ۴ درصدی در زمان ارزیابی و بهبود ۵۷ درصدی در تعداد تکرارهای الگوریتم ایجاد کرده‌است. تفاوت فاحش بین تعداد تکرارهای لازم برای الگوریتم به این دلیل است که در برخی موارد کاربر با نمایش جمعیت اولیه‌ی تصادفی در روش پیشنهادی و حتی روش ژنتیک ساده، و با چند تکرار اندک به پاسخ مطلوب می‌رسد اما با توجه به این‌که در روش چند مرحله‌ای تعداد تکرارهای لازم برای رسیدن به پاسخ مطلوب حداقل برابر تعداد اجزاء طرح است، این تفاوت طبیعی است. از طرفی اگرچه در روش چند مرحله‌ای مشکل کمبود دانش کاربر در مراحل نخست که منجر به افزایش زمان فرآیند طراحی و خستگی کاربر می‌شود کاهش می‌یابد اما اصل ارزیابی طرح به صورت کلی، با مشکل مواجه خواهد شد. چرا که برای مشتری که معمولاً فاقد مهارت تخصصی طراحی است قرارگیری اجزا به صورت یکجا و مشاهده‌ی ترکیب آن‌ها با یکدیگر می‌تواند منجر به قضاوت صحیح و امتیازدهی دقیق‌تر شود در صورتی که در روش چند مرحله‌ای این امکان وجود ندارد و اجزای چند مرحله افزوده می‌شوند و ممکن است عدم هماهنگی جزء افزوده شده با سایر اجزایی که پیش از این انتخاب شده‌اند موجب نارضایتی کاربر شده و کاربر مجبور به تکرار چند باره‌ی الگوریتم در یک مرحله، برای تطابق جزء جدید با سایر اجزای طرح شود.

#### ۵- نتیجه‌گیری

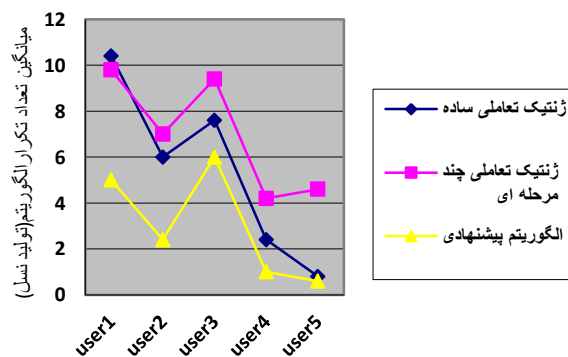
در این مقاله روشی برای کاهش خستگی کاربر در الگوریتم ژنتیک تعاملی ارائه شد. در این روش با استفاده از الگوریتم «حذف نامزد» کروموزوم‌های نامناسب پیش‌بینی شده و از تولید آن‌ها پیشگیری می‌شود. نتایج حاصل از آزمایش این روش برای طراحی جلد، نشان‌دهنده‌ی کاهش زمان ارزیابی و کاهش تعداد تکرارهای الگوریتم در مقایسه با الگوریتم ژنتیک تعاملی ساده و الگوریتم ژنتیک تعاملی چند مرحله‌ای است. همچنین تعیین مرزهای الگوریتم «حذف نامزد» براساس امتیازدهی کاربر به کروموزوم‌ها و سنجش کروموزوم‌ها براساس این مرزها در مراحل بعدی، از انجام ارزیابی‌های متناقض توسط کاربر و عدم دقت در امتیازدهی پیشگیری می‌کند. از این روش می‌توان در سایر کاربردهای الگوریتم ژنتیک تعاملی نیز استفاده کرد. در آینده این روش با تعداد کاربر بیشتری مورد آزمایش قرار خواهد گرفت.

#### ۶- سپاسگزاری

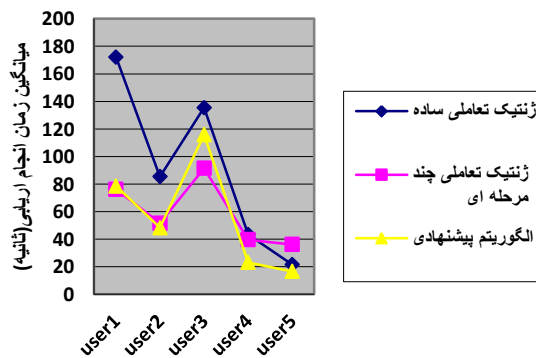
این پژوهش تحت حمایت انجمن علمی تجارت الکترونیکی ایران و شرکت گسترش الکترونیک مبین ایران انجام شده‌است که بدین‌وسیله مراتب سپاسگزاری بعمل می‌آید.

جدول ۲- نتایج حاصل از مقایسه‌ی الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم‌های ژنتیک تعاملی ساده و چند مرحله‌ای بر روی مسأله‌ی طراحی جلد کتاب

کاربر	ژنتیک تعاملی ساده		ژنتیک تعاملی چند مرحله‌ای		روش پیشنهادی	
	میانگین زمان انجام طراحی (ثانیه)	میانگین تعداد تکرار الگوریتم	میانگین زمان انجام طراحی (ثانیه)	میانگین تعداد تکرار الگوریتم	میانگین زمان انجام طراحی (ثانیه)	میانگین تعداد تکرار الگوریتم
کاربر ۱	۱۷۲/۲	۱۰/۴	۷۶/۲	۹/۸	۷۸/۶	۵
کاربر ۲	۸۵/۴	۶	۵۱/۶	۷	۴۸/۴	۲/۴
کاربر ۳	۱۳۵/۴	۷/۶	۹۱/۴	۹/۴	۱۱۵/۸	۶
کاربر ۴	۴۳/۴	۲/۴	۳۹/۶	۴/۲	۲۳/۲	۱
کاربر ۵	۲۱/۶	۰/۸	۳۶/۲	۴/۶	۱۶/۶	۰/۶



شکل ۲- مقایسه‌ی میانگین تعداد تکرارهای الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم‌های ژنتیک تعاملی ساده و چند مرحله‌ای برای مسأله‌ی طراحی جلد کتاب



شکل ۳- مقایسه‌ی میانگین زمان ارزیابی در الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم‌های ژنتیک تعاملی ساده و چند مرحله‌ای برای مسأله‌ی طراحی جلد کتاب

- [10]. Y. Fei, L. Yuanxiang, K. Li, and L. Zhijie, "Developing support system for cover design with interactive evolutionary computation", in Control and Decision Conference (2014 CCDC), The 26th Chinese, 2014, pp. 408-431
- [11]. R. Dou, C. Zong, and M. Li, "An interactive genetic algorithm with the interval arithmetic based on hesitation and its application to achieve customer collaborative product configuration design", Applied Soft Computing, 2016.
- [12]. L. Garcia-Hernandez, H. Pierreval, L. Salas-Morera, and A. Arauzo-Azofra, "Handling qualitative aspects in Unequal Area Facility Layout Problem: An Interactive Genetic Algorithm", Applied Soft Computing, vol. 13, pp. 1718-1727, 4// 2013
- [13]. A. M. Brintrup, J. Ramsden, and A. Tiwari, "An interactive genetic algorithm-based framework for handling qualitative criteria in design optimization", Computers in Industry, vol. 58, pp. 279-291, 2007.
- [14]. L. García-Hernández, J. M. Palomo-Romero, L. Salas-Morera, A. Arauzo-Azofra, and H. Pierreval, "A novel hybrid evolutionary approach for capturing decision maker knowledge into the unequal area facility layout problem", Expert Systems with Applications, vol. 42, pp. 4697-4708, 6/15/ 2015.
- [15]. S. W. Mahfoud, "Niching methods for genetic algorithms", University of Illinois at Urbana-Champaign, 1995.
- [16]. R. Dou, c. Zong, and G. Nan, " Multi-stage interactive geneticalgorithm for collaborative product customization", Knowledge-Based Systems, vol. 92, pp. 43-54, 1/15/ 2016
- [17]. T. Mitchell, Machine learning, McGrawHillScience, Boston, 1997.
- [18]. A. Eiben, J. Smith, "Introduction to evolutionary computing", Springer, USA, 2015.
- [19]. S. Joshi, "Concept learning by example decomposition", Journal Experimental & Theoretical Artificial Intelligence, 22(1), 2008, doi: 10.1080/09528130802386051.
- [1]. Y. Wang , M. M. Tseng, "Integrating comprehensive customer requirements into product design", CIRP Annals – Manufacturing Technology, vol. 60, pp. 175-178, 2011.
- [2]. S. Ono, H. Maeda, K. Sakimoto, and S. Nakayama, "User-system cooperative evolutionary computation for both quantitative and qualitative objective optimization in image processing filter design", Applied Soft Computing, vol. 15, pp. 203-218, 2014.
- [3]. H. Takagi, "Interactive evolutionary computation: fusion of the capabilities of EC optimization and human evaluation", Proceedings of the IEEE, vol. 89, pp. 1275-1296, 2001.
- [4]. H. S. Kim , S. B. Cho, "Application of interactive geneticalgorithm to fashion design, Engineering Applications of Artificial Intelligence", vol .13 ,pp. 635-644, 12// 2000.
- [5]. J. H. Lee , M. L. Chang, "Stimulating designers' creativity based on a creative evolutionary system and collective intelligence in product design", International Journal of Industrial Ergonomics, vol. 40, pp. 295-305, 5//.2010
- [6]. P. Walsh and P. Gade, "Terrain generation using an Interactive Genetic Algorithm", in Evolutionary Computation (CEC), 2010 IEEE Congress on, 2010, pp. 1-7.
- [7]. L. Chih-Chin , C. Ying-Chuan, " A User-Oriented Image Retrieval System Based on Interactive Genetic Algorithm", Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, vol. 60, pp. 3318-3325, 2011.
- [8]. G. V. Nicolas Monmarché , A. Oliver, " Interactive design of web sites with a genetic algorithm", presented at the ICWI2002, Lisbon, Portugal, 2002.
- [9]. M. Miki, H. Orita, S. H. Wake, and T. Hiroyasu, "Design of Sign Sounds using an Interactive Genetic Algorithm", Systems, Man and Cybernetics, 2006. SMC '06. IEEE International Conference on, 2006, pp. 3486-3490.