مجله علوم و فناوری نساجی
دوره ۸ ، شماره ۱، شماره پیاپی ۲۹
صفحه ۵۷-۴۵، ۱۳۹۸
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

تولید طرح استتاری نظامی بر اساس رنگ زمینه با استفاده از پردازش تصویر و الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای

Production Of Military Camouflage Based On Background Color By Using Image Processing And Interactive Genetic Algorithm

زهره منتظری ورنوسفادرانی[۱]، پدرام پیوندی[۲و۳*]، سیدجواد درخشن[۱]

۱- گروه طراحی پارچه، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
۲- دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی نساجی،دانشگاه یزد، ایران
۳-هسته علمی بینایی ماشین در صنعت نساجی وپوشاک،دانشگاه یزد، ایران

چکیده

مسئله استتار در موارد مختلف ازجمله صنایع نظامی چه در مورد لباس نیروهای نظامی و چه در مورد تسلیحات از اهمیت زیادی برخوردار است. طراحی پارچه‌های استتاری برای مصارف نظامی به‌صورت دستی بسیار سخت و زمان‌بر است و نیاز به تخصص زیادی در این زمینه دارد و همچنین طرح‌های ایجادشده از دقت کم و امکان خطای زیادی برخوردارند. درنتیجه روش‌های رایانه‌ای می‌تواند کمک بزرگی برای تسهیل ایجاد طرح استتاری و افزایش سرعت در طراحی لباس‌های استتاری نظامی باشد. در این راستا پردازش تصویر با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری می‌تواند روش مفیدی برای دستیابی به این هدف ارائه دهد. در این پژوهش برای نخستین بار، راهکاری ارائه گردید که با استفاده از روش خوشه‌بندی کی- مینز و الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، توانایی تولید تصاویر استتاری نظامی و بهبود آن را با توجه به نظر کاربر دارا می‌باشد. با کاربرد روش خوشه‌بندی کی- مینز تصاویر ورودی به ۱۰ رنگ کاهش رنگ داده می‌شوند، هر طرح نیز بین ۳ تا ۱۰ رنگ با توجه به حداکثر رنگ قابل‌چاپ بر روی پارچه کاهش رنگ می‌یابد. الگوریتم معرفی‌شده رنگ‌های موجود در پس‌زمینه کاهش رنگ یافته را با توجه به فراوانی آن‌ها بارنگ‌های موجود در طرح، جایگزین می‌کند. طرح‌های استتاری توسط الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای تولید می‌شوند، سپس برازندگی طرح‌ها توسط کاربر ارزیابی می‌گردد. نتایج حاصل از ارزیابی این نرم‌افزار توسط ۳۰ نفر کاربر نظامی نشان‌دهنده رضایت ۸۰ درصد کاربران از طرح‌های استتاری تولیدشده توسط نرم‌افزار پیشنهادی و قابلیت استتار و پنهان شدن آن‌ها در محیط‌های موردنظر می‌باشد.

کلمات کلیدی
طرح استتاری،
لباس‌های نظامی،
پردازش تصویر،
خوشه‌بندی کی مینز،
الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای

مقدمه

صنایع نظامی کشورهای مختلف جهت بالا بردن امنیت، اســـتتار البسه و تجهیزات نظامی را به‌عنوان یک پارامتر مهم همواره مدنظر قرار می‌دهند. یک مســـئله مهم در این میان، یافتن طرح‌های استتاری مناسب برای مناطق زیســـت‌محیطی مختلف می‌باشـــد. برای بررسی میزان کارایی طرح‌های استتاری، نیاز است عوامل مؤثر بر میزان استتار در یک محیط شناخته شود.

بهترین انواع طرح‌های اســـتتاری ازنظـــر رنگ‌آمیزی و طراحی در طبیعت دیده می‌شود. جایی که شکار از دید شـــکارچی و بالعکس پنهان می‌ماند. با الهام از طبیعت و چگونگی استتار در حیوانات به‌طورکلی دو عامل مؤثر بر میزان استتار عبارت‌اند از:

- همانندی با زمینه یا استتار مخلوط شدنی
- رنگ‌آمیزی در هم گسیخته یا استتار در هم گسیخته

عامل نخست درواقع میزان همانندی طرح با زمینه یا به عبارتی شباهت رنگی طرح و زمینه را مدنظر دارد. عامل دیگر که در هم گســـیختگی را مطرح می‌کند، می‌تواند با تباین رنگ‌های موجود در طرح مرتبط باشـــد، چراکه به‌منظور استتار در یک محیط نیاز به شکسته شدن یا به عبارتی ازهم‌گسیختگی مرزها و لبه‌ها بین طرح و زمینه است تا بدین ترتیب تشخیص مشکل شود [۱].

استتار

اســـتتار هنر تغییر ظاهر یک شیء برای پنهان‌سازی و گنجاندن آن در یک پس‌زمینه مشابه می‌باشد، همچنین

*مسئول مکاتبات،پیام نگار: peivandi@yazd.ac.ir

تلاشی برای محو کردن طرح و انطباق تصویر هدف به زمینه برای پنهان نمودن است [۲]. استتار به دو نوع نظامی و غیرنظامی (شکار) تقسیم‌بندی می‌شـــود که استتار نظامی خود به دو دســـته دور و نزدیک دسته‌بندی می‌شود. استتار دور مربوط به مناطق تجمع نیروها، مواضع توپخانه، ادوات، قرارگاه‌ها، مقرها است . استتار نزدیک مربوط به مناطق خیلی نزدیک به دشمن است که می‌توان با چشم غیرمسلح نفرات، تجهیزات و سلاح آنان را مشاهده و مورد اصابت قرار داد. استتار نزدیک به دو روش انجام می‌پذیرد: الف- استفاده از اســـتتار طبیعی: این نوع استتار به‌طور طبیعی به وجود آمده است بنابراین انسان در ایجاد آن نقشی ندارد. ب- استفاده از استتار مصنوعی: این نوع استتار به‌وسیله‌ی انسان به وجود می‌آید مانند استفاده از تور، پارچه و... [۱].

تاریخچه استتار در جنگ

استتار در جنگ جهانی اول

استتار نظامی یکی از موضوعات بسیار جالب و مهم و تأثیرگذاری بود که از قرن ۱۹ تا به امروز به‌صورت جدی در جریان است. ولیکن در قرن ۲۰ بود که لباس استتار نظامی به‌صورت خاص و به‌سرعت برای جنگ جهانی اول بر اساس دانسته‌های قبلی اندیشمندان و طراحان لباس و جانورشناسان طراحی شـــد. در نیروی زمینی و دریایی کشـــوری چون فرانسه افرادی همچون آندره ماره (طراح و نقاش فرانســـوی) در ســـال ۱۸۸۵– ۱۹۳۲ اقدام به طراحی لباس برای نیروهای ارتش نمود که این لباس اســـتتار و فریب را بر اســـاس درختان طراحی کرده بودند. وی طراحی لباس‌هایش را بر اساس سبک‌های نقاشی آن دوره مانند کوبیسم انجام داده است. در جنگ جهانی اول از استتار (فریب) جهت حفاظت و کاهش خطر استفاده دشمن از توپخانه و هواپیما به‌طور گسترده استفاده شد. نمونه‌ای از استتار توپ‌های هویتزر توســـط استرالیایی‌ها در جنگ جهانی اول در شکل (۱) نشان داده‌شده است [۳].

استتار در جنگ جهانی دوم

در جنگ جهانی دوم برای طراحی اســـتتار از نقاشان سورئالیستی چون رولند پنزور اســـتفاده گردید. بعد از پایان جنگ جهانی دوم و جمع‌آوری

شکل ۱- استتار توپ‌های هویتزر توسط استرالیایی‌ها [۴].

شکل ۲- نمونه‌ای از خطای دید در استتار [۴].

تجارب حاصل از دو نبرد جهانی، عملاً آماده‌ســـازی طرح استتاری برای تمامی تجهیزات و تأسیسات و نفرات به‌صورت پیشرفته جرقه خورد. اغلب استتارها با حرکت، توانایی اثرگذاری خود را از دست می‌دهند؛ اما یکی از روش‌های استتار در حال حرکت استفاده از الگوی راه‌راه ضخیم و متضاد مبتنی بر حرکت خیره‌کننده می‌باشد که در شکل (۲) مشاهده می‌شود [۳].

امروزه دقت و ســـرعت در طراحی پارچه و لباس دارای اهمیت بســـزایی می‌باشـــد، لذا تولیدکنندگان برای حفظ استمرار تولید و افزایش سرعت ترجیح می‌دهند از روش‌های کم‌هزینه و کارآمد برای تولید پارچه استتاری مدنظر استفاده کنند. ازآنجاکه روش‌های دستی برای طراحی پارچه‌های اســـتتاری از دقت کم و امکان خطای زیادی برخوردارند و بســـیار سخت و زمان‌بر است، درنتیجه روش‌های کامپیوتری با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی می‌تواند کمک بزرگی برای تسهیل ایجاد طرح استتاری و افزایش سرعت در طراحی پارچه‌های نظامی باشد. این الگوریتم‌ها به‌ویژه الگوریتم ژنتیک در صنعت طراحی پارچه و لباس کاربرد بسیاری دارند ازجمله این کاربردها درزمینه پوشاک می‌توان به چیدمان مارکر [۶،۵] و بهینه‌سازی خط تولید [۷،۸] و نرم‌افزارهای کمک طراحی لباس [۱۰،۹] اشـــاره کرد. اخیراً محققان بسیاری توجه خود را بر طراحی الگوهای استتار دیجیتالی به کمک کامپیوتر متمرکز کرده‌اند. گابریجالسیک و همکاران [۱۱]، در مقاله خود کاربرد آنالیز تصویر برای توصیف اشـــکال طرح استتاری ارائه کردند.

تصویر و تحلیل بصری منجر به تعیین سه گروه اصلی از اشکال در محیط شهری اسلوونی گردید. اشکال هندسی، اشکال ارگانیک و عناصر بزرگ. تحقیق ارائه‌شده متدها و اصول متفاوت به دست آوردن جلوه‌های استتاری نقش شـــهری در فضای شهری اسلوونی را در بر می‌گیرد: تحلیل بصری، پردازش دیجیتال، توصیف ویژگی‌ها و دسته‌بندی اشکال و تحلیل تصویر. یانگ و همکاران [۱۲]، روش جدیدی برای طراحی الگوی استتار زیستی و در پروژه دیگر[۱۳] یک خوشه‌بندی کی - مینز بهبودیافته بر انتخاب رنگ در استتار را ارائه نمود. باین و همکاران [۱۴]، روش جدیدی برای طراحی الگوی استتار دیجیتالی نوین بر اساس خوشه‌بندی فازی و ارزیابی آن، برای اجرای آن در هر دو زمینه رنگ و بافت ارائه داده‌اند. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که روش طراحی الگوی استتار پیشنهادی با محیط اطراف هدف مستتر شده ترکیب می‌شود و تأثیر و نتیجه خوبی به دست می‌آید. چو و همـــکاران [۲]، برنامه‌ی خودکار ایجاد طرح تصویر دانه‌ای را برای ارزیابی استتار ایجاد کردند. برای ساختن طرح‌ها، اطلاعات رنگ استخراج‌شده از پس‌زمینه را مورداســـتفاده قرار دادند . برنامه‌ی خودکار ایجادشده در این پژوهش چندین گام را دنبال می‌کند: بارگیری کردن یک تصویر، انتخاب یک محیط، استخراج رنگ‌ها و ایجاد یک طرح. پاتیل و همکاران [۱۵]، یک روش تحلیل بافت اســـتتاری ارائه کردند. این روش تحلیل بافت استتاری بر پایه شباهت ساختاری و پارامترهای تصویر طبیعی بین بافت استتاری و تصویر پس‌زمینه بناشده است که برای کمک به هدایت پنهان‌سازی و تغییر شـــکل بافت استتاری، مورد محاسبه قرار می‌گیرند نتایج آزمایشی اولیه و مقایسه آن‌ها نشان داد که روش پیاده‌سازی شده برای تغییر شکل و پنهان‌سازی بافت استتاری مفید و مؤثر است. شفیعی و همکاران [۱۶]، نرم‌افزاری ارائه کردند که با داشـــتن تصاویری از محیط اســـتتاری، طرح استتاری و شیء استتار شده، آزمونی طراحی می‌کند که نتیجه هر آزمون میانگین زمان شناسایی معیاری زمینه می‌باشد. گرجی و همکارش [۱]، روشی برای ارزیابی میزان کارایی طرح‌های استتاری ارائه نموده‌اند. نتایج به‌کارگیری این روش که بر مبنای شبیه‌ســـازی تصاویر طرح استتاری بر روی تصویر زمینه می‌باشد، بر روی تعدادی از طرح‌های استتاری موجود، رضایت‌بخش بوده و همبســـتگی قابل قبولی با ارزیابی‌های بصری نشان داده است. امروزه در بحث طراحی کامپیوتری، الگوریتم‌های فرا ابتکاری مورداســـتفاده قرارگرفته‌اند، ازجمله الگوریتم‌هایی که درزمینه‌ی طراحی پارچه و لباس استفاده می‌شود، الگوریتم ژنتیک است که محققان زیادی از ایـــن الگوریتم در ســـامانه‌های کمک طراحی بـــرای ارتقاء امر طراحی بهره‌جسته‌اند. در مواردی که سلیقه‌ی مصرف‌کننده مطرح است، ارتباط با کاربر حائز اهمیت است. درواقع در این پژوهش با استفاده از الگوریتم کی-مینز رنگ پس‌زمینه را اســـتخراج کرده و از آن برای تولید طرح استتاری اســـتفاده می‌شود، سپس طرح‌های تولیدی با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای با توجه به نظر کاربر تکامل و بهبود پیدا می‌کنند.

شرح مسئله

از دغدغه‌های طراحان پارچه و لباس‌های نظامی، دســـتیابی به فرم‌های جدید استتاری مناسب با شرایط اقلیمی و محیط می‌باشد . از مهم‌ترین اصول استتار فردی که از اهمیت زیادی در نبردها برخوردار است، استتار لباس است که لازم است بر اساس نوع محیط عملیاتی، لباسی که همگون با محیط اطراف باشد، مورداستفاده قرار گیرد بنابراین، طراحی پارچه‌های اســـتتاری که یکی از گونه‌های طراحی منســـوجات نظامی است همواره موردتوجه بسیاری از طراحان پارچه بوده است، طرح‌هایی که غالباً منبع اصلی خود را از طبیعت برداشت می‌کنند. طرح‌های استتاری در لباس‌های نظامی به ۱۳ نوع دسته‌بندی می‌شود که در ادامه به آن‌ها اشاره‌شده است.

طرح استتار تکه شکلاتی

لغت تکه شکلاتی نامی مستعار برای طرح استتاری شش رنگه‌ی تنکی (با طرح‌های تک‌تک و دور از هم) اســـت که در آغاز، در ســـال ۱۹۷۱ توسط ایالات‌متحده ایجاد شـــد. این طرح در ابتدا از شرایط رودررو در بیابان‌های صخره‌ای کالیفرنیا الهام گرفته شد [۱۷]. نمونه‌ای از طرح اولیه صحرایی تکه شکلاتی در جدول (۱) ردیف (۱) نشان داده‌شده است.

طرح شکارچی اردک

واژه‌ی استتار شکارچی اردک عموماً به طراحی اطلاق می‌شود که دارای نقاط نامنظم و بزرگ در چندین رنگ بر روی یک پس‌زمینه تیره (یکپارچه) می‌باشـــد. نقوش شـــکارچی اردک از طرح اســـتتاری نقطه‌نقطه ۱۹۴۲ ایالات‌متحده در جنگ جهانی دوم ریشـــه می‌گیرد [۱۷]. نمونه‌ای از این طرح در جدول (۱) ردیف (۲) نشان داده‌شده است.

استتار فلکتارن

واژه فلکتارن از لغت آلمانی فِلِک به معنای نقطه / لکه و وُتارنانگ به معنای اســـتتار گرفته‌شده است. این واژه در دهه‌ی ۷۰ میلادی و در طول آزمون یونیفرم نظامی آلمان در سال ۷۶، به‌وسیله‌ی طراحان آلمانی اختراع شد [۱۷]. نمونه‌ای از این طرح در جدول (۱) ردیف (۳) نشان داده‌شده است.

طرح‌های دیجیتالی

واژه دیجیتال در کاربرد رایج آن برای اشـــاره به هرگونه طرح استتاری که بجای آنکه از اشـــکال ارگانیک و طبیعی برای ایجاد طرح اســـتفاده کند از پیکســـل‌ها تشکیل می‌گردد که با استفاده از الگوریتم‌های کامپیوتری ایجاد می‌شوند. در فاصله نزدیک این طرح‌های دیجیتالی به‌صورت پیکسل پیکسل دیده می‌شـــوند ولی در فاصله دور به‌صورت طرح‌های معمولی و بزرگ مشـــاهده می‌شوند [۱۸]. نمونه‌ای از این طرح در جدول (۱) ردیف (۴) نشان داده‌شده است.

طرح منقطع

طرح منقطع واژه‌ای است که وزارت دفاع بریتانیا برای آن دسته طرح‌های اســـتتاری که از اواخر دهه‌ی شصت به بعد تولید شدند، ابداع کرد [۱۸]. نمونه‌ای از این طرح در جدول (۱) ردیف (۵) نشان داده‌شده است.

استتار ضربه قلم مویی (آبرنگی)

واژه ضربـــه قلم مو به ضربه‌های رنگی قلم موهـــای بزرگ برمی‌گردد که نوارهای پهن از رنگ که عموماً از جایی که ضربه‌ها شـــروع می‌شـــوند، با

دنباله‌های باریک‌تری آغاز می‌شوند [۱۸]. نمونه‌ای از این طرح در جدول (۱) ردیف (۶) نشان داده‌شده است.

طرح‌های برگی

واژه طرح برگی در مقوله طراحی استتاری عموماً به طرح استتاری (ERDL) ایالات‌متحده پوشیده شده در جنگ ویتنام برمی‌گردد. ویژگی طرح‌های برگی داشتن اشکال شاخه مانند نامنظم و باریک در دو یا چندرنگ بر روی یک پس‌زمینه یکدست می‌باشد [۱۸]. نمونه‌ای از این طرح در جدول (۱) ردیف (۷) نشان داده‌شده است.

جورچین / جیگساو

واژه پازل توسط مجموعه‌داران و مورخان برای اشاره به دسته‌ای از طرح‌های استتاری ابداع شد و داشتن اشکالی که یادآور تکه‌های پازل هستند، ویژگی بارز آن‌هاست. این تم اشکالی هستند که یا شبیه تکه‌های پازل جیگساو هســـتند یا به‌صورت بصری برای ما یادآور تکه‌های پازل می‌باشند [۱۷]. نمونه‌ای از این طرح در جدول (۲) ردیف (۱) نشان داده‌شده است.

استتار تکه شکسته (جداشده)

واژه‌ی تکه شکســـته دربرگیرنده تمام طرح‌هایی است که دارای اشکالی هندسی هستند که شبیه تکه‌های شکسته شیشه یا یک شیء شکستنی دیگر می‌باشند. واژه آلمانی اصلی برای این طرح اسپلیترتارن یا اسپلیتر ماســـتر بود [۱۷]. نمونه‌ای از این طرح در جدول (۲) ردیف (۲) نشـــان داده‌شده است.

طرح‌های بارانی

واژه طرح بارانی به یک طرح اســـتتاری اشـــاره دارد که حاوی درصدی از باریکه‌ها یا رگه‌های عمود- چین شده است که تصویری از ریزش باران را پدید می‌آورند. ایده‌ی کلی ریزش باران که در آن رگه‌های باران خودشان به‌عنوان طرح اصلی بر یک پس‌زمینه‌ی تک‌رنگ (با رنگ یکدست) از دیگر طرح‌ها متمایز و جدا شـــدند، از کشورهای پیمان ورشو در اروپای شرقی بیرون آمد [۱۷] نمونه‌ای از آن در جدول (۲) ردیف (۳) نشـــان داده‌شده است.

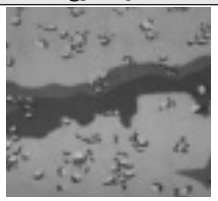
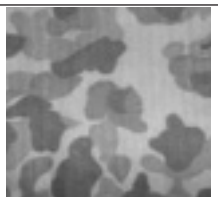
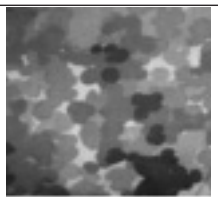
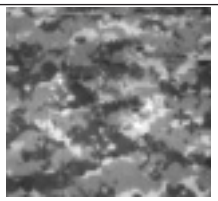
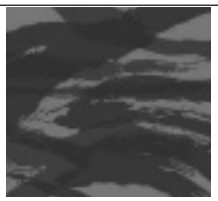
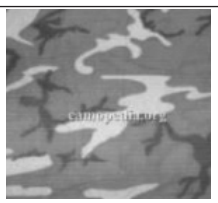
استتار راه‌راه ببری

واژه ببری راه‌راه به خانواده‌ای از طرح‌های استتاری اشاره دارد که در طول دهه‌ی شصت در جنوب شرق آسیا (مشخصاً در جمهوری ویتنام) تولید شـــد. واژه ببری راه‌راه یا (طرح ببری) به شـــباهت اساسی بین ضربه قلم موهای باریک طرح استتاری و طرح پنهان طبیعی گونه ببر برمی‌گردد] [۱۷]. نمونه‌ای از این طرح در جدول (۲) ردیف (۴) نشان داده‌شده است.

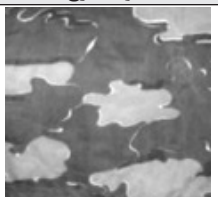
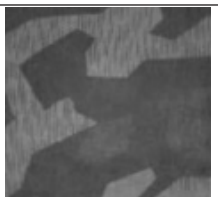
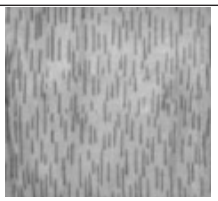
طرح‌های مارمولکی

در طـــول زمان واژه طرح مارمولک به طرح‌های فرانســـوی دهه‌ی پنجاه با راه‌راه‌های افقی اطلاق شـــده اســـت . در حقیقت واژه مارمولک به یک نام مســـتعار محلی برای چتربازان نظامی فرانسه در طول جنگ الجزایر برمی‌گردد. به‌طورکلی دو نوع از طرح مارمولک وجود دارد: طرح‌هایی که دارای جهت افقی هســـتند و آن‌هایی که دارای جهت عمودی می‌باشند [۱۸]. نمونه‌ای از این طرح در جدول (۲) ردیف (۵) نشان داده‌شده است.

جدول ۱- انواع طرح‌های استتاری[۱۹].

ردیف	نوع طرح	نمونه طرح
۱	طرح استتاری تکه شکلاتی	
۲	طرح استتاری شکارچی اردک	
۳	طرح استتاری فلکتارن	
۴	طرح استتاری دیجیتال	
۵	طرح استتاری DPM	
۶	طرح استتاری ضربه قلم مویی	
۷	طرح استتار برگی	

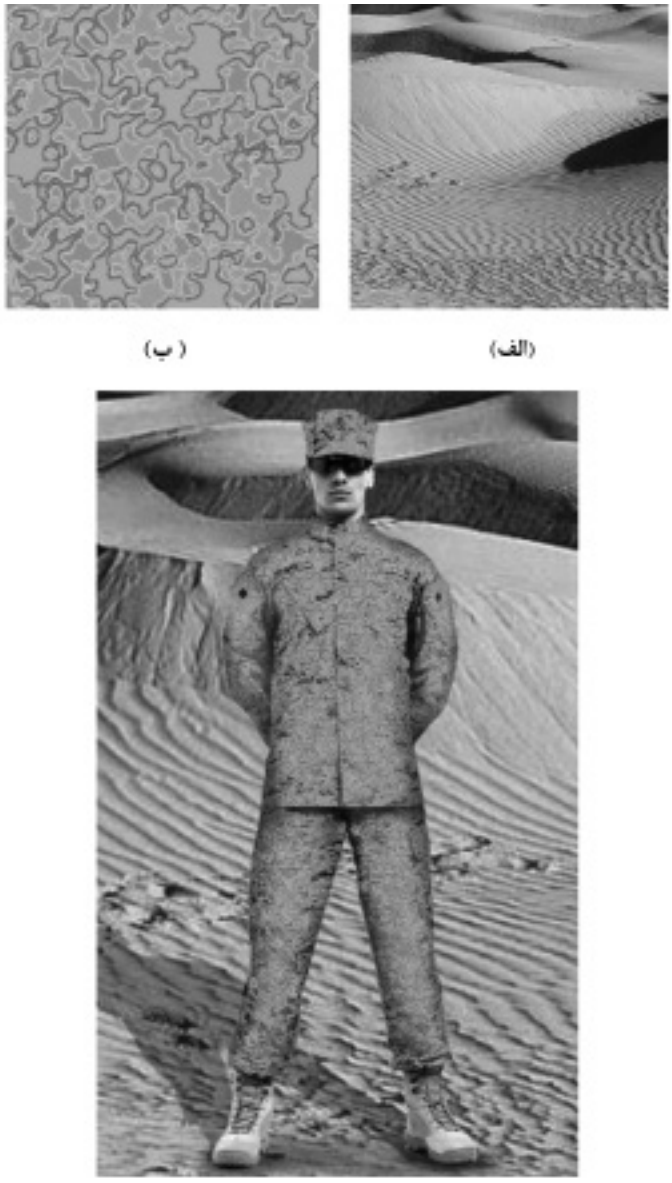
جدول ۲- انواع طرح‌های استتاری [۱۹].

ردیف	نوع طرح	نمونه طرح
۱	طرح استتاری جوچین/ جیگساو	
۲	طرح استتاری تکه شکسته	
۳	طرح استتاری بارانی	
۴	طرح استتاری راه‌راه ببری	
۵	طرح استتاری مارمولکی	

استتارجنگل

واژه جنگل عموماً به طرح استتاری جنگل ایالات‌متحده ارائه‌شده در سال ۱۹۸۱ میلادی که خودش نیز از طرح ای آر دی ال ۱۹۴۸ ریشه گرفته بود و تمام مشتقات آن اطلاق می‌گردد [۱۷]. نمونه‌ای از این طرح در جدول (۲) ردیف (۶) نشان داده‌شده است.

در پژوهش حاضر طرح‌های استتاری به‌وسیله پردازش تصویر زمینه و به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای تولید شد. هدف استخراج طرح رنگی استتاری از تصاویر پس‌زمینه می‌باشد. بدین منظور ابتدا طرح پس‌زمینه بر روی تمامی طرح‌های استتاری نظامی موجود با تعداد رنگ مختلف از ۳ تا ۱۰ رنگ به دلیل قابلیت چاپ آن روی پارچه، پیاده‌سازی شده، سپس جهت رسیدن به طرح بهتر از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای استفاده شد. در شکل (۳) نمونه‌ای از تصویر زمینه، بهترین طرح انتخاب‌شده توسط کاربر و لباس استتاری نظامی نمایش داده‌شده بر روی زمینه نشان داده‌شده است.



شکل ۳- پردازش تصویر زمینه و استخراج طرح استتاری موردنظر الف- تصویر زمینه ب- طرح استتاری استخراج‌شده از زمینه ج- نمایش لباس استتاری بر روی زمینه

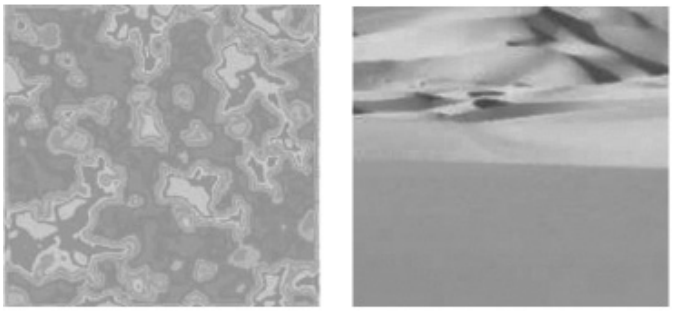
روش کار

پردازش تصویر

در این پژوهش از روش پردازش تصویر میانی که ورودی آن تصویر و خروجی آن صفات تصویر می‌باشد استفاده‌شده است. ازجمله عملیاتی که بر روی تصویر انجام گرفت، تقسیم‌بندی اشکال در تصویر و شناسایی لبه می‌باشد. در شکل (۴) نمونه‌ای از این پردازش نشان داده‌شده است.

نحوه ایجاد طرح استتاری

در این پژوهش برای ایجاد طرح استتاری ابتدا تصویر زمینه انتخاب



شکل ۴- پردازش سطح میانی الف- ورودی: تصویر ب- خروجی: صفات تصویر.

می‌گردد، در مرحله بعد کنتراست تصویر تنظیم می‌شود و نیز فیلتر میانه جهت حذف نویز بر روی تصویر اعمال می‌گردد. تصویر پس‌زمینه با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی کی‌مینز به تعداد ۱۰ رنگ، کاهش رنگ می‌یابد. پس‌ازآن رنگ‌ها بر اساس فراوانی آن‌ها در تصویر مرتب‌سازی می‌شوند. در این مرحله طرح استتاری دریافت می‌گردد و فیلتر میانه جهت حذف نویز بر روی آن اعمال می‌شود. پس از طی این مراحل طرح استتاری با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی کی‌مینز به ۳ تا ۱۰ رنگ، کاهش رنگ داده می‌شود. در این مرحله مرتب‌سازی رنگ‌ها هر طرح استتاری کاهش رنگ یافته بر اساس فراوانی آن‌ها انجام می‌شود.

سپس جایگذاری رنگ‌های پس‌زمینه کاهش رنگ یافته در هر یک از طرح‌های استتاری کاهش رنگ یافته بر اساس فراوانی آن‌ها که بر اساس روش مؤثر ارائه‌شده جهت جابجایی رنگ در تصاویر توسط گرجی و همکاران [۲۰] ارائه‌شده است صورت می‌گیرد. این روش بر پایه‌ی تطبیق هیستوگرام سه کانال R،G،B تصویر کاهش رنگ یافته زمینه با هیستوگرام متناظر تصویر طرح قرار دارد؛ که هر کانال کاهش رنگ یافته تصویر زمینه به‌طور مجزا با کانال متناظر تصویر طرح تطبیق داده می‌شود. در ادامه برای هر کانال در دو تصویر تابع احتمال توزیع فراوانی شدت نور با استفاده از هیستوگرام تصویر محاسبه می‌شود. سپس شدت نورهای که در کانال تصویر کاهش رنگ یافته زمینه دارای نزدیک‌ترین مقدار احتمال توزیع فراوانی شدت نور با کانال تصویر طرح می‌باشند.

در تصویر طرح جایگزین می‌شوند. این فرایند برای هر سه کانال تکرار می‌گردد. درنهایت طرح استتاری ۳ تا ۱۰ رنگ برای تصویر پس‌زمینه انتخابی تولید می‌شود. طرح استتاری به‌دست‌آمده در بانک داده ذخیره می‌گردد. فرآیند ساخت طرح استتاری توسط نرم‌افزار در فلوچارت شکل (۵) نمایش داده‌شده است. در این مرحله بانک داده ساخته‌شده و بعدازآن الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای اعمال می‌گردد.

الگوریتم کی‌مینز

الگوریتم کی‌مینز (K-means) یکی از پرکاربردترین الگوریتم‌های خوشه‌بندی می‌باشد. حرف k که در اسم این الگوریتم وجود دارد به این واقعیت اشاره دارد که هدف این الگوریتم پیدا کردن تعداد

شکل ۵- فلوچارت فرآیند ساخت طرح استتاری توسط نرم‌افزار.

ثابتی از خوشه‌ها بر اساس نزدیکی نقاط داده‌ها به هم می‌باشد [۲۱]. از الگوریتم کی‌مینز جهت کاهش رنگ تصویر پس‌زمینه و طرح در این پژوهش استفاده‌شده است [۲۲]. یکی از مهم‌ترین مسائل در خوشه‌بندی یافتن خوشه‌بندی بهینه می‌باشد که ۱). تراکم: نمونه‌های موجود در یک خوشه تا حد امکان شبیه به یکدیگر باشند. معیار رایج برای تعیین میزان تراکم داده‌ها واریانس داده‌ها است و ۲). جدایی: نمونه‌های متعلق به خوشه‌های متفاوت تا حد امکان از یکدیگر جدا باشند. به‌عبارت‌دیگر، خوشه‌ها باید دارای ماکزیمم فشردگی باشند و فاصله بین خوشه‌ها نیز زیاد باشد [۲۳]. روند الگوریتم کی‌مینز در شکل (۶) نشان داده‌شده است.شاخص‌های اعتبارسنجی برای سنجش مقدار صحت نتایج خوشه‌بندی به‌منظور مقایسه بین روش‌های خوشه‌بندی مختلف یا مقایسه نتایج حاصل از یک روش استفاده می‌شوند. طبق تعریف، خوشه‌بندی مطلوب است که در آن فاصله مراکز خوشه‌بندی از یکدیگر زیاد بوده و مقدار پراکندگی داده‌ها درون هر خوشه کم باشد. یکی از این شاخص‌ها، شاخص دیویس- بولدین می‌باشد. شاخص

شکل ۶- فلوچارت روند الگوریتم کی‌مینز [۲۴].

دیویس بولدین بر طبق معادله (۱) تعریف می‌شود.

$$DB_k = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} \max_{j=1,\ldots,k,\, j\neq i} \left\{ \frac{d(c_i)+d(c_j)}{\|c_i - c_j\|} \right\} \qquad (1)$$

که در معادله (۱)، d قطر یک خوشه و برابر است با:

$$d(c_i) = \left(\frac{1}{n_i} \sum_{x \in c_i} \|x - z_i\|^2 \right)^{1/2} \qquad (2)$$

که در معادله (۲)، n_i تعداد نقاط و Z_i مرکز خوشه C_i می‌باشد. این شاخص درواقع میانگین شـــباهت بین هر خوشه با شـــبیه‌ترین خوشه به آن را محاسبه می‌کند. بهینه‌ترین حالت خوشه‌بندی زمانی حاصل می‌شود که فاصله درون خوشه‌ای کمترین و فاصله بین خوشه‌ای بیشترین مقدار خود را داشـــته باشـــد. با توجه به تعاریف بالا می‌توان دریافت که هرچه مقدار این شاخص کمتر باشد، خوشه‌های بهتری تولیدشده است [۲۵]. در این پژوهش هر فرآیند خوشه‌بندی ۲۰۰ بار تکرار و شاخص DB آن محاسبه شد سپس بهترین خوشه‌بندی که دارای کمترین DB می‌باشد برای هر مرحله از کاهش رنگ انتخاب گردید.

الگوریتم‌ژنتیک

الگوریتم‌های ژنتیک با پیروی از اصـــول انتخاب طبیعی داروین، درواقع روش‌های جست‌وجوی نرم‌افزاری هستند که برای یافتن بهترین پیش‌بینی یا تطبیق الگو از آن‌ها استفاده می‌شود. به‌عبارت‌دیگر الگوریتم ژنتیک روش برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به‌عنوان الگوی حل مسئله استفاده می‌کند. الگوریتم ژنتیک شامل عملگرهای نخبه گزینی، ترکیب و جهش می‌باشد.

الگوریتم‌ژنتیک محاوره‌ای

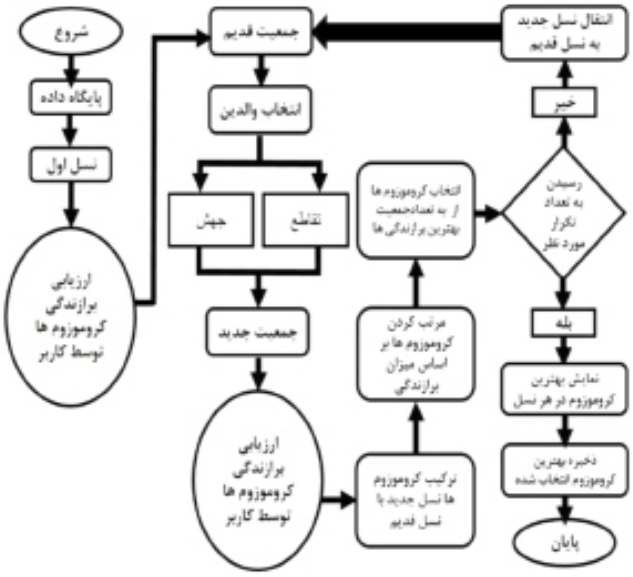
در الگوریتم ژنتیک ارزیابی به کمک تابع برازندگی انجام می‌شود؛ اما ارزیابی مسائل کیفی یا توصیفی در عمل پیچیده یا گاهی ناممکن است. برای حل این مشکل الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای ابداع شد که در آن تابع برازندگی با ارزیابی انسان جایگزین شـــده است. بدین ترتیب تعاملی بین انسان و رایانه به وجود می‌آید. الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، فقط درروش بیان مقدار برازندگی، با الگوریتم ژنتیک تفاوت دارد. الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای به کاربر اجازه می‌دهد، به‌طور مستقیم طرح‌های پارچه تولیدشده توسط الگوریتم ژنتیـــک محاوره‌ای را ارزیابی کند. در شـــکل (۷) روند الگوریتم ژنتیک و الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای نشان داده‌شده است.

شکل ۷- نمایش الگوریتم ژنتیک و الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای [۲۶].

روند اجرای الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای در شکل (۸) نشان داده‌شده است. پارامترهای الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای بکار رفته در این پژوهش در جدول (۳) نشان داده‌شده است.

جدول ۳- پارامترهای الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای

تعداد تکرار (نسل)	تعداد جمعیت	درصد ترکیب	درصد جهش	درصد تغییرات جهش
۴	۸	۷۵٪	۲۵٪	٪۵۰



شکل ۸- روند اجرای الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای

نحوه کدگذاری (تبدیل مسئله به ژن و کروموزوم)

برای حل مسئله با استفاده از الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، تصاویر و راه‌حل‌ها باید به کدهای قابل‌فهم به‌وسیله این الگوریتم تبدیل شوند. درواقع هر طرح پارچه به‌عنوان یک کروموزوم و اجزای آن به‌عنوان ژن‌ها در نظر گرفته می‌شوند. این اشکال بانک اطلاعاتی را تشکیل می‌دهند. در این پژوهش ۴ ژن تعریف‌شده که از ترکیب آن‌ها کروموزوم به وجود می‌آید. ژن‌هایی که کروموزوم‌ها را تشکیل می‌دهند به ترتیب زیر می‌باشند.

۱-نوع طرح، ۲- تعداد رنگ، ۳- ابعاد طرح، ۴- زاویه چرخش طرح نمونه‌ای از کروموزوم در شکل (۹) نشان داده‌شده است. دامنه تغییرات ژن‌ها در جدول (۴) نمایش داده‌شده است. با استفاده از رابط کاربری، کاربر می‌تواند هر تعداد طرحی که در نظر داشته باشد را به پایگاه داده نرم‌افزار اضافه کند.

جمعیت‌اولیه

نسل اولیه به‌طور تصادفی از بین طرح پارچه‌های استتاری در پایگاه داده استخراج می‌گردد. درواقع با قرار گرفتن ژن‌ها در کنار یکدیگر و شکل دادن کروموزوم‌ها،۸ عدد طرح استتاری ساخته می‌شوند و در نقاط مختلف زمینه نمایش داده می‌شود که جمعیت اولیه را تشکیل می‌دهد. در شکل (۱۰) نمونه‌ای از جمعیت اولیه نشان داده‌شده است.

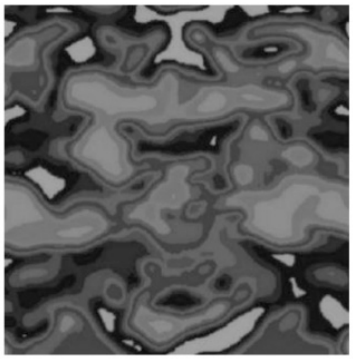
ارزیابی برازندگی اعضاء توسط کاربر

طرح‌هایی که به‌وسیله الگوریتم ژنتیک تولید می‌شوند باید ازنظر میزان

جدول ۴- دامنه تغییرات ژن‌ها در کروموزوم

بازه	نوع طرح	تعداد رنگ	ابعاد طرح*	زاویه چرخش**
حداقل	۳	۳	ریز	۰ درجه
حداقل	۳	۳	ریز	۰ درجه

* زاویه چرخش. گام ده درجه
** نوع طرح: ریز، متوسط، درشت



شکل ۹- نمونه کروموزوم طرح استتاری

قابلیت استتار توسط کاربر مورد ارزیابی قرار بگیرند، بدین منظور طرح‌های تولیدی بر روی پس‌زمینه اصلی قرار داده می‌شوند تا میزان پوشانندگی طرح‌ها برای کاربر به‌راحتی قابل‌تشخیص باشد و به‌منظور ایجاد شرایط یکسان برای طرح‌های تولیدی در نرم‌افزار قابلیت چرخش و جابجایی طرح‌ها نیز در این رابط کاربری گرافیکی در نظر گرفته‌شده است که جمعیت اولیه را تشکیل می‌دهد. در شکل (۱۱) نمونه‌ای از جمعیت اولیه نشان داده‌شده است. کاربر نظر خود را به‌صورت عددی در بازه صفر و صد که به‌عنوان برازندگی طرح در نظر گرفته می‌شود در زیر هر طرح وارد می‌کند. نمایش طرح‌ها در یک جمعیت ۸ تایی بر روی زمینه موردنظر صورت می‌گیرد.

انتخاب‌والدین

انتخاب والدین بر اساس چرخ گردان و بر اساس بیشترین برازندگی‌ها انجام می‌شود. بدین‌صورت که هر کروموزوم که برازندگی بیشتری دارد شانس انتخاب بیشتری خواهد داشت. ابتدا دو کروموزوم به‌عنوان والدین انتخاب می‌شوند که این انتخاب بر اساس چرخ گردان و بر اساس بیش‌ترین برازندگی‌ها صورت می‌گیرد. انتخاب بر اساس چرخ گردان در شکل (۱۲) نشان داده‌شده است.

عملگرهای‌الگوریتم

عملگرهای استفاده‌شده در این مقاله شامل ترکیب و جهش است که بر روی کروموزوم‌هایی که به‌عنوان والد انتخاب‌شده‌اند اعمال می‌گردد.

عملگر تقاطع (دورگه شدن)

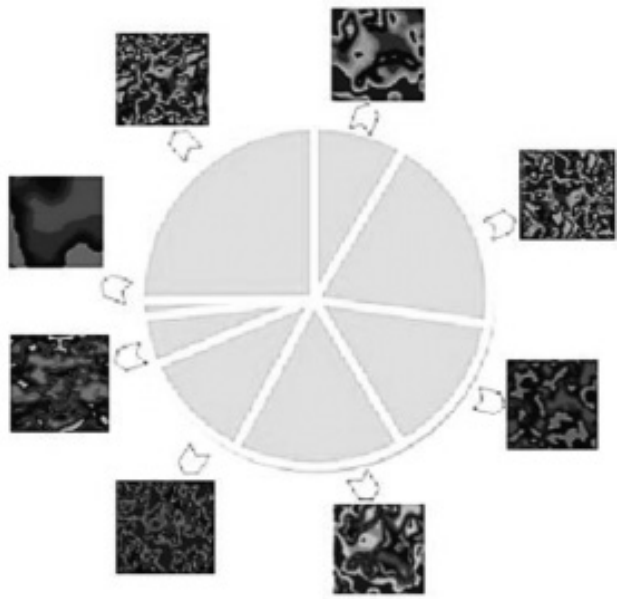
عملگر تقاطعی، فرآیندی است که دو والد را در نظر می‌گیرد و بر اساس آن‌ها دو فرزند جدید تولید می‌کند. برای این کار قسمتی از ژن‌های والدین در ژن‌های فرزندان کپی می‌شود . انتخاب ژن‌هایی که باید از هر یک از والدین کپی شوند به روش‌های مختلف انجام می‌شود که شامل تقاطع تک نقطه‌ای، دونقطه‌ای و تقاطع یکنواخت است. در این پژوهش از روش تقاطع تک نقطه‌ای استفاده‌شده است که در تقاطع تک نقطه‌ای دو کروموزوم به‌طور تصادفی از یک نقطه شکسته و بخش‌های شکسته شده جابجا می‌شوند و دو کروموزوم فرزند تولید می‌شود. به این معنی که امکان شکست کروموزوم‌ها از ۳ نقطه وجود

دارد. این نقاط شکست شـــامل عدد تصادفی بین ۴ ژن است که نوع طـــرح، تعداد رنگ، ابعاد طرح و زاویه چرخـــش را در برمی‌گیرند که به‌عنوان‌مثال در شـــکل (۱۳) یک نمونه عمل تقاطع نشان داده‌شده است که در آن، والدین و یکی از فرزندان که حاصل از جابجایی زاویه چرخش طرح و تعداد رنگ اســـت، نمایش داده‌شده‌اند که فرزند اول نوع طرح را از مادر و تعداد رنگ و زاویه چرخش طرح را از پدر به ارث برده است و فرزند دوم نوع طرح را از پدر و تعداد رنگ و زاویه چرخش طرح را نیز از مادر به ارث برده است.

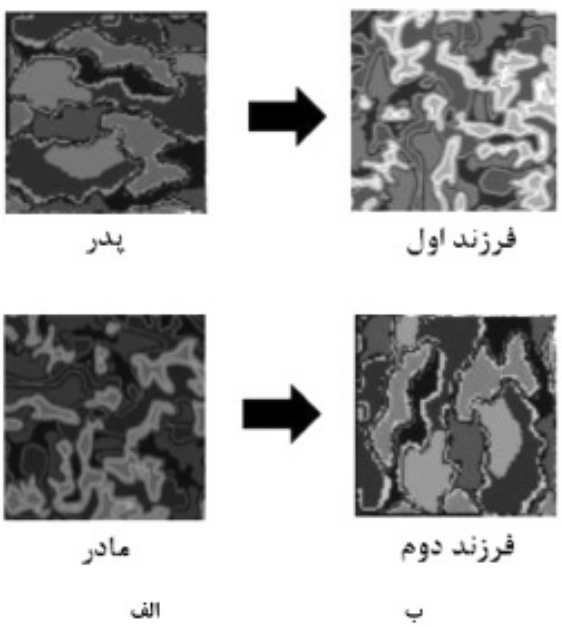
شکل ۱۰- نمونه جمعیت اولیه.

شکل ۱۱- ارائه طرح‌ها به کاربران جهت تعیین برازندگی.

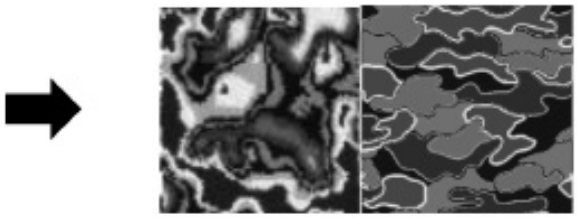
می‌کند. این کار با انجام تغییرات کوچکی در رشته اولیه به وقوع می‌پیوندد. با استفاده از یک توزیع یکنواخت یک ژن به‌صورت تصادفی انتخاب و مقدار آن نیز به‌صـــورت تصادفی تغییر پیدا می‌کند. در این پژوهش ۴ ژن (نوع طرح، ابعاد طرح، تعداد رنگ و زاویه چرخش) وجود دارد بنابراین جهش در هر ۴ ژن قابل‌اجراست. در شکل (۱۴) جهش در نوع طرح نمایش داده‌شده اســـت. الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای تا چهار نسل ادامه پیدا می‌کند و کاربر نیز در هر نسل برازندگی طرح‌های استتاری را تعیین می‌کند پس از طی این مراحل ۴ طرح استتاری که از برازندگی بالاتری نسبت به بقیه طرح‌ها برخوردار بوده‌اند به کاربر نمایش داده می‌شود تا کاربر بتواند از بین آن‌ها یک طرح را انتخاب کند.



شکل ۱۲- انتخاب با چرخ گردان.



شکل ۱۳- عملگر دورگه شدن (با تغییر تعداد رنگ و زاویه چرخش).



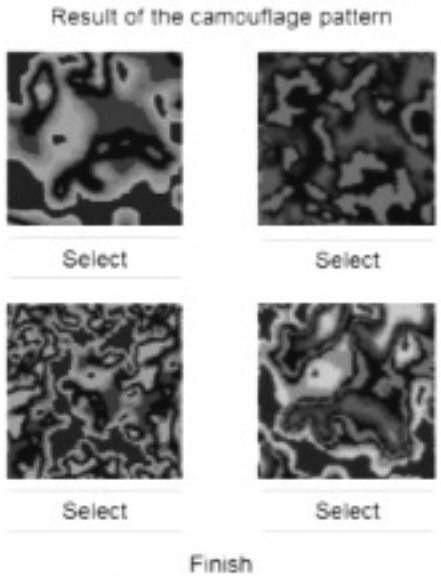
شکل ۱۴- جهش در نوع طرح.

نمایش طرح‌ها به کاربر برای انتخاب طرح نهایی

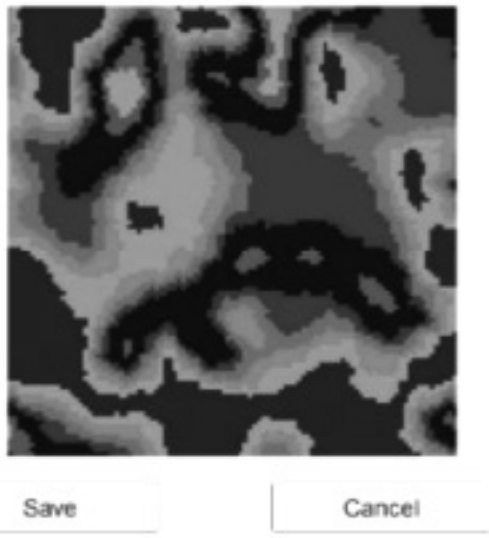
در این مرحله ۴ تا از طرح‌هایی که از بیشترین برازندگی برخوردارند توسط صفحات رابط کاربری گرافیکی به کاربر نمایش داده می‌شوند تا کاربر بتواند یکی از این طرح‌ها را به‌عنوان طرح دلخواه برگزیند که در شکل (۱۵) نشان داده‌شده است. نمونه‌ای از طرح پیشنهادی برنامه به کاربر در شکل (۱۶) نمایش داده‌شده است.

نتایج و بحث

در این بخش، جزئیات پیاده‌ســـازی و ارزیابی نرم‌افزار پیشنهادی به کاربر ارائه می‌گردد. جهت پیاده‌سازی فرآیند تولید نرم‌افزار طراحی پارچه‌های استتاری با استفاده از پردازش تصویر زمینه و به‌کارگیری روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای، از کد نویســـی در نرم‌افزار متلب استفاده شد و نیز از الگوریتم کی‌مینز جهت اســـتخراج رنگ زمینه اســـتفاده گردید. تمامی مراحل تولید آن در بخش روش کار بیان شـــد. درنهایت به‌منظور تسهیل استفاده از نرم‌افزار رابط کاربری گرافیکی مناسب طراحی گردید. رابـــط کاربری گرافیکی این امکان را فراهم می‌کند که تمامی فرایندهای ارزیابی شامل ورود تصاویر، مشاهده و بررسی آن‌ها، انتخاب، ذخیره‌سازی و مشـــاهده خروجی‌ها در یک ساختار به‌طور کامل مناسب و آسان میسر



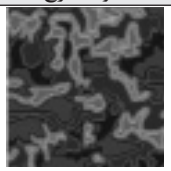
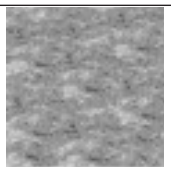
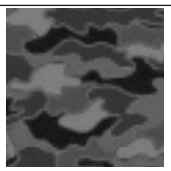
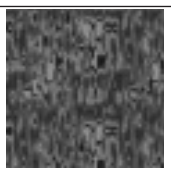
شکل ۱۵- نمایش طرح‌ها به کاربر برای انتخاب طرح نهایی.



شکل ۱۶- نمونه‌ای از طرح پیشنهادی برنامه به کاربر.

شـــوند. نمونه‌ای از تصاویر پس‌زمینه و بهترین طرح حامل در جدول (۵) نشان داده‌شده است. درروش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای نظر کاربر در مراحل تولید طرح مؤثر می‌باشـــد بنابراین در این پژوهش جهت بررسی عملکرد نرم‌افزار پیشـــنهادی و بررسی میزان موفقیت طرح‌های اســـتتاری ازنظر قابلیت پنهان شـــدن در محیط طبق موارد همانندی با زمینه یا استتار مخلوط شدنی و رنگ‌آمیزی در هم گسیخته یا استتار در هم گســـیخته [۱]، ۴ تصویر انتخاب گردید و از ۳۰ کاربر نظامی خواسته شد با استفاده از نرم‌افزار تهیه‌شده به تولید طرح استتاری برای این چهار

جدول ۵- نمونـــه‌ای از تصاویر پس‌زمینه و بهترین

طرح حامل نوع طرح	نمونه طرح
	
	
	
	

شکل ۱۷- نتایج حاصل از نظرسنجی از افراد نظامی.

زمینه اقدام نمایند. پس‌زمینه‌های انتخابی جهت نظرسنجی در جدول (۵) نشان داده‌شده است. نتایج به‌دســـت‌آمده از بررسی طرح‌های مذکور در شکل ۱۷ نشان داده‌شده است. در بخش ارزیابی طرح‌های استتاری سلیقه کاربر دخیل می‌باشد، بدین منظور پرسشنامه‌ای برای ارزیابی نرم‌افزار تهیه گردید و کاربران به طرح‌های استتاری ایجادشده در هر نسل امتیاز داده و

جدول ۶- نمونه پرسشنامه و آمار به‌دست‌آمده مربوط به هر سؤال

۱- آیا نرم‌افزار برای شما قابل‌درک بود؟			
الف. عالی ۳۳. ٪	ب.خوب ۵۰٪	ج.متوسط ۷. ۶٪	د. ضعیف ۱۰٪
۲- استفاده از نرم‌افزار برای شما ساده بود؟			
الف. عالی ۷. ۱۶٪	ب.خوب ۳. ۴۳٪	ج.متوسط ۴. ۲۳٪	د.ضعیف ۷. ۱۶٪
۳- به پارچه استتاری موردنظر خود رسیدید؟			
الف. عالی ۶. ۲۶٪	ب.خوب ۴۰٪	ج.متوسط ۱. ۳۰٪	د.ضعیف ۳. ۳٪
۴- فرم و اندازه طرح استتاری دلخواه به دست آمد؟			
الف. عالی ۱ . ۳۰٪	ب.خوب ۶. ۵۶٪	ج. متوسط ۳. ۱۳٪	د.ضعیف ۰
۵- طرح و رنگ طرح استتاری موردپسندتان قرار گرفت؟			
الف. عالی ۶ . ۳۰٪	ب.خوب ۷. ۴۶٪	ج. متوسط ۳. ۱۳٪	د.ضعیف ۳. ۳٪
۶- آیا در نسل‌های ابتدایی طرح موردنظر شما به دست آمد؟			
الف. عالی ۶ . ۲۶٪	ب.خوب ۳. ۲۳٪	ج. متوسط ۳. ۳۳٪	د.ضعیف ۷ .۱۶٪
۷- آیا تصویر نهایی که مشاهده کردید از طرح‌های استتاری ارائه‌شده به دست آمد؟			
الف. عالی ۴۰٪	ب.خوب ۴. ۵۳٪	ج. متوسط ۷. ۶٪	د.ضعیف ۰
۸- آیا نظرات شما در ارائه طرح‌های جدید توسط نرم‌افزار تأثیر داده‌شده است؟			
الف. عالی ۶. ۵۶٪	ب.خوب ۶. ۲۶٪	ج. متوسط ۴. ۱۳٪	د.ضعیف ۳. ۳
۹- آیا طراحی طرح استتاری موردنظر شما بدون نرم‌افزار برایتان مشکل می‌باشد؟			
الف. عالی ۳. ۵۳٪	ب.خوب ۷. ۶٪	ج. متوسط ۱. ۴۰٪	د.ضعیف ۰
۱۰- به نظر شما استفاده از این نرم‌افزار در طراحی پارچه‌های استتاری مؤثر است؟			
الف. عالی ۹. ۶۹٪	ب.خوب ۱. ۱۰٪	ج. متوسط ۲۰٪	د.ضعیف ۰

شکل ۱۸- ارزیابی بصری ۵ طرح استتاری بر روی زمینه.

طرح‌های ایجادشده را ازنظر قابلیت استتار و مواردی که در جدول (۶) نشان داده‌شده است بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده از بررسی کارایی نرم‌افزار توسط کاربران برای طرح (الف) ۲. ۴۶ درصد، طرح (ب) ۴. ۲۶ درصد، طرح (ج) ۵. ۱۶ درصد و طرح (د) ۹. ۹ درصد می‌باشد. نمونه‌هایی از لباس‌های استتاری نظامی نمایش داده بر روی زمینه در شکل (۱۸) و (۱۹) نشان داده‌شده است.

ارزیابی روش پیشنهادی ازلحاظ زمانی

برای بررسی و ارزیابی این روش ازلحاظ زمانی از روش ارزیابی بصری بر اساس روش پیشنهادی شفیعی و همکاران [۱۶] استفاده شد. در شکل (۱۸)، ۵ طرح استتاری تولیدشده توسط نرم‌افزار نشان داده‌شده است که هر یک از این طرح‌ها از بهترین طرح‌های استتاری در هر بار اجرای برنامه می‌باشند. نتیجه ارزیابی این ۵ طرح استتاری در محیط جنگلی در جدول (۷) ارائه‌شده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، نرم‌افزاری جهت طراحی پارچه‌های استتاری نظامی با استفاده از پردازش تصویر و بکار گیری روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای تولید شد. ازآنجایی‌که طراحی پارچه‌های استتاری برای لباس‌های نظامی امری بسیار مهم، دقیق و پیچیده است، بنابراین طراحی این‌گونه پارچه‌ها به‌صورت دستی از خطای زیاد، دقت و تنوع کمی برخوردار می‌باشد و نیاز به تخصص زیادی در این زمینه دارد، در این راستا نرم‌افزاری

جدول ۷- میانگین زمان شناسایی برای طرح‌های

طرح استتاری بررسی‌شده	تعداد آزمون	میانگین زمان شناسایی (میلی‌ثانیه)
طرح استتاری (۱)	۱۰	۱۲۰۰
طرح استتاری (۲)	۱۰	۳۲۵۰
طرح استتاری (۳)	۱۰	۸۲۰
طرح استتاری (۴)	۱۰	۲۶۰۰
طرح استتاری (۵)	۱۰	۱۸۶۰

شکل ۱۹- الف- ب - لباس‌های استتاری نظامی نمایش داده‌شده بر روی زمینه.

تهیه گردید که با استفاده از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای سرعت تولید، دقت، تنوع و جذابیت این طرح‌ها را افزایش می‌دهد. در این پژوهش با کاربرد روش خوشه‌بندی کی- مینز تصاویر زمینه به ۱۰ رنگ کاهش رنگ داده می‌شوند، هر طرح نیز بین ۳ تا ۱۰ رنگ با توجه به حداکثر رنگ قابل‌چاپ بر روی پارچه کاهش رنگ می‌یابد. الگوریتم معرفی‌شده رنگ‌های موجود در پس‌زمینه کاهش رنگ یافته را با توجه به فراوانی آن‌ها با رنگ‌های موجود در طرح، جایگزین می‌کند. طرح‌های استتاری توسط الگوریتم ژنتیک محاوره‌ای تولید می‌شوند، سپس برازندگی طرح‌ها توسط کاربر ارزیابی می‌گردد. نرم‌افزار طراحی‌شده ازنظر کاربر جهت تعیین برازندگی طرح‌های استتاری ایجادشده استفاده می‌کند و می‌تواند به طراح درزمینه طراحی پارچه‌های استتاری متنوع کمک کند. نتایج حاصل از ارزیابی این نرم‌افزار توسط ۳۰ نفر کاربر نظامی نشان‌دهنده رضایت ۸۰ در صد کاربران از طرح‌های استتاری تولیدشده توسط نرم‌افزار پیشنهادی و قابلیت استتار و پنهان شدن آن‌ها در محیط‌های موردنظر می‌باشد.

شکل ۲۰- الف- ب- لباس‌های استتاری نظامی نمایش داده‌شده بر روی زمینه.

مراجع

1. Gorji, S., Amani Tehrani, M. Quantitative Assessment of the Ability to Camouflage Designs. J. of. Passive. Def, 1, 3, 231-239. 2010.
2. Cho, w. J., Ahn,W., Shik Kim, M., Park, J. , Kim, S., Han, K.H., Making Pixel Patterns Automatically for Camouflage – Using Color Information from Their Background., Commun. Comput. Inf. Sci., 174, 98-101, 2011.
3. Rommel, E., Camouflage, Principles and Types of Military. http://www.military.ir/forums/topic, 2013.
4. Rommel, E., Camouflage, Principles and Types of Military, http://www.Military.ir/Forums/Topic/25706, 2013.
5. Wong, W.K., Leung, S.S., Hybrid Planning Process for Improving Fabric Utilization., Text. R. J, 79, 18, 1-16., 2009.
6. Abeysooria, R.P., Fernando, T.G.I. Hybrid Approach to Optimize Cut Order Plan Solutions in Apparel Manufactur-ing., Int. J. Of Inf. Commun., Technol. Res, 2, 4, 348-353, 2012.
7. Payvandy, P. Line Balancing in The Apparel Industry Using Genetic Algorithm., Int. Conf. of Fuzzy. Inf. Eng 2010, 1-2.
8. Bahador Najafabadi, M. Line Needlework Balancing Using Genetic Algorithms and Artificial Neural Network., Mas-ter Thesis Textile, Faculty of Textile Engineering, Yazd Univercity, 1-15, 2012.
9. Zarenezhad, Z., System Cloth Design Using Evolutionary Algorithms and Similarity., Master Thesis Textile, Faculty of Textile Engineering, Yazd Univercity, 2012.
10. Barari, V., Payvandy, P., Hadizadeh, M., Designing Fashion Using Interactive Genetic Algorithm., Int. Conf. of. Fuzzy. Inf. Eng, 2010, 1-7.
11. Gabrijelicic, H., Friskovec, M., Dimitrovski, K., The use of image analysis for defining the shapes of urban camou-flage pattern., AUTE. World. Text. Conf, 2009, 646- 653.
12. Yong, Z., Wenjian, W., Zhiming, L, Design of Bionic Camouflage Pattern., Comput. Eng., 35, 6, 35-37, 2009.
13. Yong, Z.; Wenjian, W., Zhiming, L., Camouflage Color Selection Based on Improved K-means Clustering., Com-put. Eng. Appl., 45, 6, 210-212, 2009.
14. Bian, P., YI, J., Zhang, N., Fuzzy C-Means Clustering Based Digital Camouflage Pattern Design and Its Evalua-tion., Signal. Process, IEEE 10th. Int. Conf 2010, 1017-1020.
15. Patil, R., Ramtic, S., Implementation of Weighted Structure Similarity & Texture Parameters for Camouflage Tex-ture., Int. J. Of. Eng. Res. Technol (IJERT),3,1, 2242-2245, 2014.
16. Shafie, M., Amani Tehrani, M., Gorji, S., Providing A Designing Assistant Software Predicting the Effectiveness of Camouflage Patterns., Passive. Def. Sci. Technol, 2, 3, 231-239, 2011.
17. منتظری، ز.، طراحی پارچه های استتاری با استفاده از پردازش تصویر زمینه، کارشناسی ارشد طراحی پارچه و لباس، دانشکده هنر و معماری، گروه طراحی پارچه و لباس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، ۱۳۹۳.
18. زینل‌پور یزدی م.، پیوندی پ.، ایزدان ح.، مروری بر روش‌های تولید، ارزیابی و تشخیص الگوی استتاری، مجله علوم و فناوری نساجی و پوشاک، دوره جدید، شماره ۳، صفحه ۲۱ – ۹، ۱۳۹۶.
19. Types of Camouflage, http://www.AllCamouflage.com / Type-Of-Camouflage-2/, 2013.
20. Gorji, S., Ansari, K. Color Scene Transform Between Images Using Rosenfeld-kak Histogram Matching Method., Prog. In. Color. Coat; 2013; Vol.6; No.1, 17-24.
21. Zare, A.; Dehghan, N.; Payvandy, P.; Hadizadeh, M., K-mean Clustering Method for Grouping the Body Form., 8th National Conf. Text. Eng 2012, 2-3.
22. Iranmanesh, N., Payvandy, P., K-mean Clustering Method to Influence the Factors for Buying Men's T-Shirts, 8th Natl. Conf. Text. Eng 2012, 3-4.
23. Zarenejad, Z., Payvandy, P, Using K-Means Algorithm in Category of Clothing Design., The Sixth Iran. Data. Min. Conf 2012, 4.
24. Shamsaei, R., Payvandy, P., Fatahi, S., Factorial Analysis and K-Means Clustering Methods for Extraction of Human Body Size Parameters and Shape Groupings., J. Text. Sci. Technol, 3, 3, 2014.
25. Mazdak, Z., Payvandy, P., Using K-Means Clustering the Extraction and Classification of Sngshvr Jeans., The First Iranian Conf. Pattern. Recognit. Image. Anal 2013, 395-396.
26. Zarenezhad, z., Hadizade, M., Payvandy, P., Mashrute, H., Garment Design Based on Similarity Principles and Interactive Genetic Algorithm., J. Text. Sci. Technol, 3, 4, 2, 2014.