

## ارائه نرم افزار ارزیابی کننده میزان کارایی طرح های استتاری

سیدمصطفی شفیعی<sup>۱</sup>، محمد امانی تهران<sup>۲</sup>، سعیده گرجی کندی<sup>۳\*</sup>

۱- کارشناس، ۲- دانشیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳- استادیار، گروه پژوهشی نمایش رنگ و پردازش تصاویر رنگی، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ

(دریافت: ۱۳۹۰/۰۷/۱۴، پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۰۵)

### چکیده

مسئله استتار در موارد مختلف از جمله صنایع نظامی چه در مورد لباس نیروهای نظامی و چه در مورد تسلیحات از اهمیت زیادی برخوردار است. از این رو، این سؤال مطرح می شود که کدام طرح استتاری، با چه ابعاد و چه ترکیب رنگی برای پوشش جسم مستور در محیط مورد نظر مناسب تر می باشد. معمولاً بازدهی طرح استتاری بر اساس مدت زمان لازم جهت تشخیص طرح در محیط استتاری، تخمین زده می شود. این پژوهش به دنبال فراهم آوردن نرم افزاری رایانه ای، جهت پاسخ گویی به سؤالاتی از این قبیل بوده است. نرم افزار ارائه شده، با داشتن تصاویری از محیط استتاری، طرح استتاری و شیء استتار شده، آزمونی طراحی می کند که نتیجه هر آزمون «میانگین زمان شناسایی» درون تصویر پس زمینه می باشد. جهت بهینه سازی طرح استتاری امکان ایجاد و تغییر رنگ طرح استتاری با استفاده از تصاویر موجود، در نظر گرفته شده است. نرم افزار دارای قابلیت های پیشرفته ای از قبیل امکان بزرگ نمایی تصویر پس زمینه، تغییر اندازه، رنگ و زاویه طرح استتاری، محو نمودن لبه های شیء، محاسبه گر اندازه شیء استتاری و غیره می باشد. نتایج حاصل از این نرم افزار از راه های مختلف و در دفعه های متعدد بررسی شده اند و مطابق با اصول اثبات شده در استتار می باشند.

**کلیدواژه ها:** استتار، طرح استتاری، محیط استتاری، شیء استتار شده، زمان شناسایی.

## Providing a Designing Assistant Software Predicting the Effectiveness of Camouflage Patterns

S. M. Shafiei<sup>1</sup>, M. Amani Tehran<sup>2</sup>, S. Gorji Kandi<sup>3\*</sup>

Color Imaging & Color Image Processing Dep., Institute for Color Science and Technology

(Received: 10/06/2011, Accepted: 12/26/2011)

### Abstract

*In different fields, including military industries, for whether military forces or military armament, camouflage is of high importance. The question is which camouflage pattern, in what size, with which color composition is more suitable for soldier's camouflage, in a specific environment. The performance of camouflage patterns are usually estimated by on the time needed for recognizing the concealed object. This effort is seeking to prepare a computer software to answer such questions. Having images of camouflage Environment, Pattern & Object, this software designs a test; The result of each test is the "mean recognition time" among the background image. The prepared software has advanced features such as zoom background image, change size, angle, color and camouflage schemes, blur the edges of the object, the size of an object to be camouflaged, and so on. The results were analysed several times and through different ways, and are compatible with the proved principles of camouflage issue.*

**Keywords:** Camouflage, Camouflage Pattern, Camouflage Environment, Hiding Object, Recognition Time.

\* Corresponding author E-mail: sgorji@icrc.ac.ir

## ۱. مقدمه

## ۱-۱. استتار و انواع آن

استتار به معنی مخفی ماندن یک موجود یا جسم از دید مشاهده‌گر در محیط اطراف خود می‌باشد. این پنهان ماندن می‌تواند از دید چشم غیرمسلح در یک فاصله مشخص، یا حتی از دید دوربین‌های حرارتی و ... باشد. آنچه در اینجا مد نظر است استتار در ناحیه مرئی است. استتار از اصول و عوامل پدافند غیرعامل می‌باشد و از مهم‌ترین حیل‌های جنگی است که باید برای فریب دشمن به کار رود.

استتار به دو دسته نظامی و شکاری تقسیم می‌شود که استتار نظامی خود به دو دسته دور و نزدیک دسته‌بندی می‌شود. استتار دور مربوط به مناطق تجمع نیروها، نیروهای لجستیکی، مواضع توپخانه، ادوات، قرارگاه‌ها، مقرها و ... است که از انضباط کاملی به لحاظ دید مستقیم برخوردار نیست و تنها از طریق دیده‌بان نفوذی، نیروی هوایی و ... قابل کشف 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 استتار طبیعی: در این استتار نفرات و تجهیزات توسط اجزاء طبیعت استتار می‌شوند.

ب - استفاده از استتار مصنوعی: این نوع از استتار به‌وسیله انسان به وجود می‌آید مانند استفاده از تور، پارچه، و ... در این حالت شناخت محیط و رنگ طبیعی آن از اهمیت خاصی برخوردار است و باید کاملاً مورد توجه قرار گیرد. استتار طبیعی باید به گونه‌ای اجرا شود که حداکثر همگونی و هم‌رنگی با محیط و روییدنی‌های بومی را داشته باشد [۱].

استتار تلاش برای جلوگیری از دیده شدن است بنابراین می‌بایست متناسب با قوه بینایی مشاهده‌کننده مورد نظر باشد. استفاده از استتار، بدون توجه به اینکه در چه موردی است، اصول مشخصی دارد که می‌بایست مراعات شوند. اولین اصل این است که استتار باید متناسب با مشاهده‌کننده باشد. دومین اصل این است که استتار می‌بایست مشاهده‌کننده را فریب داده و یک قضاوت اشتباه درباره جسم استتار شده در او ایجاد نماید. استراتژی‌های استتار را می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد که همه برآمده از طبیعت و نحوه استتار حیوانات بوده و عبارتند از: پنهان‌سازی<sup>۱</sup>، از هم گسیخته‌سازی<sup>۲</sup>، مقابله با سایه<sup>۳</sup> و تقلید<sup>۴</sup> [۲-۴].

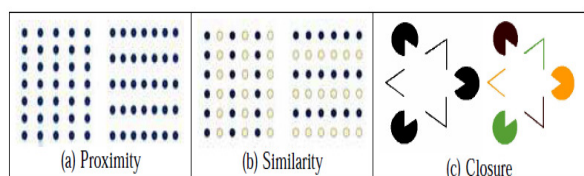
هر گروه از روش‌های متفاوتی برای فریب مشاهده‌کننده استفاده

می‌کند و اغلب ترکیب استراتژی‌های مختلف با هم باعث می‌شود که میزان استتار افزایش یابد. ترکیب دو استراتژی از هم گسیخته‌سازی و رنگ‌آمیزی پنهان‌کننده، از هم گسیخته‌سازی همزمان<sup>۵</sup> نامیده می‌شود. دو گروه استراتژی‌های پنهان‌سازی و از هم گسیخته‌سازی اصلی‌ترین استراتژی‌های مورد نیاز و توجه در کاربردهای انسانی هستند که امروزه در طرح‌های استتار نظامی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

## ۲-۱. استتار و ادراک بصری

کشف و شناسایی یک شیء استتار شده در محیط توسط احساس بینایی، ۴ مرحله دارد:

- الف - پیدا کردن خصوصیتی که بخشی از پس‌زمینه نیست.  
 ب - شناسایی یک منطقه در تصویر که نماینده تصویری واحد است.  
 ج - تعریف لبه‌های تصویر (به‌دست آوردن شکل دوبعدی) [۲]. در این مرحله بر اساس اصول اولیه گشتالت<sup>۶</sup> که عبارتند از نزدیکی، شباهت و بسته بودن، تصویری از لبه‌های مرحله ب، تولید می‌شود. یادآور می‌شود که گشتالت، هفت اصل اولیه دارد که در شکل (۱) سه اصل آن مشاهده می‌شود: نزدیکی، شباهت و بسته بودن [۱].



شکل ۱. اصول اولیه گشتالت: (a) نزدیکی، (b) شباهت، (c) بسته بودن [۱].

عناصر نزدیک هم (نزدیکی) به شکل یک گروه دیده می‌شوند. هم‌چنین، عناصری که شبیه هم‌اند (شباهت) نیز به‌صورت یک گروه به‌نظر می‌آیند. اصل سوم را بسته بودن می‌گویند، مانند قسمت c از شکل بالا که مغز انسان مثلث را کامل می‌کند حتی وقتی که مقداری از اطلاعات ناقص باشد. حتی با عناصر متفاوت رنگ شده، شکل c به عنوان یک مثلث سفید در بالای یک مثلث رنگ شده به‌نظر می‌آید. د - تشخیص این مطلب که آیا شکل دو بعدی توسط یک شیء سه بعدی (که قبلاً در حافظه بیننده ذخیره شده است) ایجاد شده است [۲]. اگر در هر یک از این ۴ مرحله اختلال ایجاد شود، فرآیند شناسایی مختل می‌شود.

<sup>5</sup> Coincident Disruption

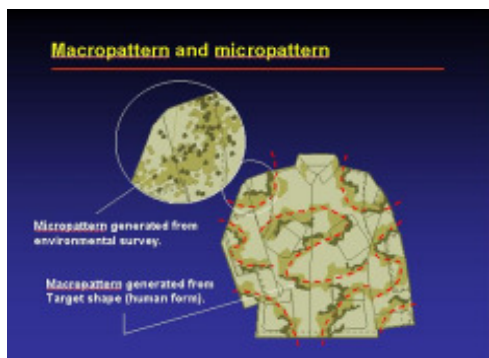
<sup>۶</sup> «گشتالت» را علم روانشناسی شناخت فرم و شکل معنا می‌کند که از سال ۱۹۲۰ در بین روانشناسان آلمانی مطرح شد. نظریه گشتالت بیان می‌کند که مغز انسان برای درک موضوعات پیچیده‌ای که از اجزای گوناگون تشکیل شده‌اند، این روش را در پیش می‌گیرد که تمام اجزاء را در قالب یک موضوع واحد جمع‌بندی کند و در ابتدا یک درک کلی از آن موضوع حاصل کند.

<sup>1</sup> Cryptic

<sup>2</sup> Disruptive

<sup>3</sup> Counter-shading

<sup>4</sup> Mimicry



شکل ۳. الگوی استتاری درشت و الگوی استتاری ریز [۶]

بر اساس مکانیزم ادراک بصری طرح‌هایی مانند طرح استتاری پلنگ، ببری و ... به وجود آمدند و نهایتاً امروزه بر اساس مکانیزم بینایی کانونی و محدود، نسل جدید طرح‌های استتاری که به طرح‌های دیجیتالی معروفند، به دنیای طرح‌های استتاری ارائه شدند [۸ و ۷]. نمونه این فرآیند در شکل (۴) به نمایش در آمده است.

#### ۴-۱. نحوه بررسی بازدهی طرح های استتاری

معمولاً بررسی بازدهی طرح استتاری بر اساس زمان تشخیص طرح در محیط استتاری، محاسبه می‌شود. برای این کار، می‌توان لباسی با طرح استتاری مورد نظر تهیه کرد و لباس را بر تن یک سرباز در محیط واقعی و در فاصله دلخواه امتحان کرد، که این کار آزمونی خوب ولی بسیار سخت نیز می‌باشد.



شکل ۴. سه نسل لباس استتار (زیتونی دهه ۷۰؛ درختی دهه ۸۰ و ۹۰؛ و استتار دیجیتالی ۲۰۰۰ به بعد) [۶]

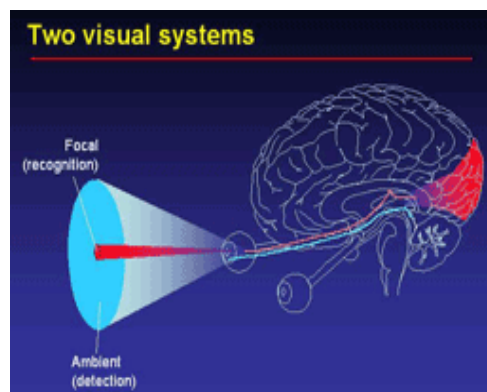
دلیل خوب بودن کار این است که تمام فاکتورهای محیطی در این آزمون به‌طور طبیعی اعمال می‌شوند و سختی بسیاری دارد، چرا که برای هر بار آزمون نیاز به تولید پارچه و دوخت لباس و امتحان آن در محیط طبیعی می‌باشد. از این رو فعالان عرصه استتار به دنبال روش‌های نوین و آسان‌تر با دقت نزدیک به واقعیت برای آزمودن طرح‌های استتاری هستند. قرار دادن تصویر لباس بر روی تصویری از محیط طبیعی یکی از این روش‌هاست.

#### ۳-۱. ارتباط طرح‌های استتاری با ساختمان چشم

مسئولیت تبدیل علائم نوری به پیام‌های عصبی در چشم انسان، با شبکه چشم می‌باشد. سلول‌های گیرنده نوری شبکه از دو نوع مخروطی و استوانه‌ای می‌باشند، که نوع مخروطی، جهت تشخیص رنگ و جزئیات ظریف می‌باشد. تعداد سلول‌های مخروطی در ناحیه مرکزی شبکیه<sup>۱</sup> بیشتر از سایر نقاط است. به همین سبب است که وقتی فردی به صورت مستقیم به شیء نگاه می‌کند تصویر آن شیء مستقیماً روی ناحیه مرکزی می‌افتد و در نتیجه شیء با وضوح بیشتری مشاهده می‌شود [۵].

بنابراین واقعیت دو سیستم بینایی موازی برای کشف و شناسایی برای انسان (و برخی حیوانات) تعریف می‌شود که می‌توان آنها را بینایی کانونی<sup>۲</sup> و بینایی محدود<sup>۳</sup> نامید (شکل (۲)). سیستم بینایی محدود به سؤال «شیء کجاست؟» پاسخ می‌دهد و برای کشف عناصر بسیار حیاتی است. سیستم بینایی کانونی به سؤال «آن شیء چیست؟» پاسخ می‌دهد و برای شناسایی اشیاء وظیفه حیاتی به عهده دارد. بر همین اساس، دو استراتژی استتار ضروری است: یکی برای بینایی محدود که الگوی استتاری درشت<sup>۴</sup> نام دارد و دیگری برای بینایی کانونی که الگوی استتاری ریز<sup>۵</sup> نامیده می‌شود (شکل (۳)) [۹].

یک از دلایل عمده تغییر و تحول در طرح‌های استتاری طی قرن گذشته همین مسئله بوده است.



شکل ۲. دو سیستم بینایی؛ سیستم کانونی (ناحیه قرمز) و سیستم محدود (ناحیه آبی) [۶]

پس از دورانی که برای لباس سرباز از رنگ‌های تند و روشن، جهت ایجاد رعب و وحشت در دشمن و شناسایی افراد خودی، استفاده می‌شد، ارتش‌ها به سمت رنگ‌های مشابه طبیعت مانند خاکی و زیتونی روی آوردند.

<sup>۱</sup> Macula

<sup>۲</sup> Focal

<sup>۳</sup> Ambient

<sup>۴</sup> Macropattern

<sup>۵</sup> Micropattern

شیء می‌باشد - میانگین زمان شناسایی به دست می‌آید. برای پاسخ‌گویی به نیازهای مطرح شده در تعریف پروژه امکانات ضروری و پیشرفته در این نرم‌افزار در نظر گرفته شده است.

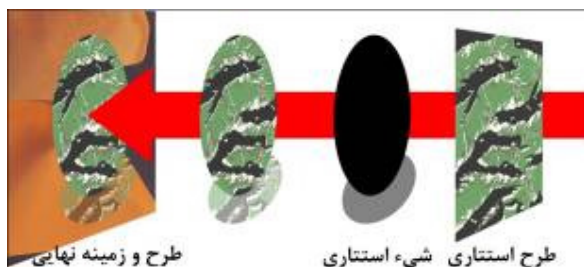
## ۲-۲-۱. قابلیت‌های ضروری نرم‌افزار

الف- در این نرم‌افزار امکان انتخاب تصاویر پس‌زمینه به صورت یک پوشه حاوی تصاویر، داده شده است.

ب- امکان انتخاب تصویر طرح استتاری نیز به همراه گزینه انتخاب اندازه تصویر بر حسب درصد، نسبت به تصویر اولیه، وجود دارد. هم‌چنین می‌توان تصویر پس‌زمینه را از نظر رنگ و زاویه طرح توسط بخشی به نام «ویرایش‌گر تصویر» ویرایش کرد.

ج- توسط گزینه‌های تعبیه شده در لیست برنامه، شیء استتاری قابل تعیین است. اندازه شیء نیز بر حسب پیکسل قابل مقدار دهی است.

لازم به ذکر است تصویری که به عنوان شیء استتاری در این نرم‌افزار استفاده می‌شود، تصویری از نوع مقیاس خاکستری<sup>۲</sup> یعنی تشکیل شده از سیاه، خاستری، سفید است. این تصویر به صورت یک ماسک عمل می‌کند که بسته به میزان تیرگی یک پیکسل، رنگ پیکسل معادل آن را در تصویر طرح استتاری بر روی تصویر پس‌زمینه منتقل می‌کند.



شکل ۵. استفاده از تصویر شیء استتاری به عنوان ماسک جهت اعمال طرح استتاری بر روی زمینه

## ۲-۲-۲. قابلیت‌های پیشرفته

الف- تنظیمات تصاویر پس‌زمینه؛ علاوه بر انتخاب تصاویر، امکان بزرگنمایی تصاویر نیز وجود دارد. هم‌چنین در صورتی که تصاویر نیاز به برش و تغییر ابعاد داشته باشند، در قسمت «ویرایش‌گر تصویر» این امکانات در نظر گرفته شده است.

ب- تنظیمات طرح استتاری؛ علاوه بر تعیین تصویر، تعیین اندازه، رنگ و زاویه طرح استتاری، گزینه‌ای در نرم‌افزار قرار گرفته که امکان

یکی از به‌روزترین روش‌ها استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری برای نمایش تصاویر محیط به همراه طرح استتاری در تصویر و اندازه‌گیری زمان تشخیص مکان طرح می‌باشد ولی این قبیل روش‌ها نیز از خطا عاری نیستند. از جمله مسائلی که در این روش‌ها نسبت به آزمودن طرح استتاری در محیط طبیعی ایجاد خطا می‌کند، اثر محیط پیرامون در دیده شدن طرح استتاری (مثلاً لباس سرباز) می‌باشد.

## ۲. بخش نرم‌افزاری

### ۲-۱-۱. تعریف پروژه نرم‌افزار کمک طراحی

با توجه به اصول نظری مطرح شده، نیاز به یک محیط نرم‌افزاری داریم که به ما امکانات ذیل را بدهد:

الف- انتخاب تصاویر پس‌زمینه به عنوان محیط استتار.

ب- انتخاب طرح استتاری جهت ارزیابی طرح.

ج- امکان تغییر رنگ طرح استتاری جهت اجرای آزمون.

د- امکان دادن قالب‌هایی نظیر قالب بدن انسان، تجهیزات نظامی و غیره به طرح استتاری.

ه- امکان انتخاب اندازه شیء استتاری (که شامل قالب و طرح استتاری می‌باشد).

و- امکان برگزاری یک آزمون که شیء را در تصویر پس‌زمینه به صورت تصادفی قرار داده و زمان تشخیص شیء توسط کاربر را در هر تصویر ثبت کرده و نهایتاً میانگینی از زمان تشخیص شیء در مجموعه تصاویر جاری، ارائه دهد.

### ۲-۲-۲. پیاده‌سازی نرم‌افزار

نرم‌افزار Camouflage Simulator (شبیه‌ساز استتار) جهت بررسی میزان کارکرد طرح‌های استتاری از نظر رنگ و اندازه طرح، در راستای تولید طرح‌های استتاری نظامی تهیه شده است. عملکرد اصلی نرم‌افزار، طراحی یک آزمون است که طی آن طرح استتاری به صورت یک شیء در تصاویر پس‌زمینه تهیه شده، نمایش داده می‌شود.

برای اجرای هر آزمون به سه عامل زیر نیاز هست:

الف- تصاویر پس‌زمینه مربوط به طبیعتی یکسان یا مشابه.

ب- طرح استتاری به صورت یک فایل تصویری.

ج- شیء استتاری به صورت یک فایل تصویری با سطوح خاکستری<sup>۱</sup>!

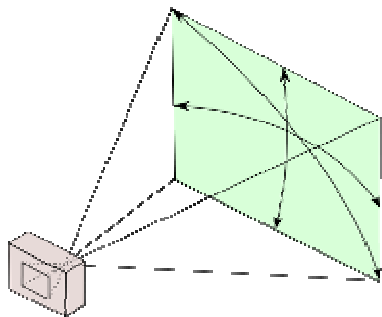
در هر آزمون، میانگین زمان کلیک کردن اندازه‌گیری می‌شود که با تفاضل میانگین زمان کلیک کردن یک شیء کاملاً غیر استتاری از آن - که میانگین زمان کلیک کردن آن فقط مربوط به تصمیم‌گیری برای کلیک و جابه‌جایی موس رایانه برای کلیک بر روی

<sup>2</sup> Grayscale

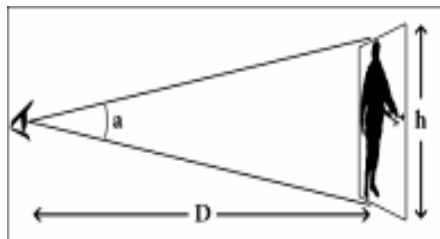
<sup>1</sup> Grayscale

از محل مشاهده کننده، اندازه‌گیری کرد. ولی در بررسی طرح استتاری بر روی یک عکس از محیط طبیعی چنین امکانی بدون انجام محاسباتی که ذکر خواهد شد، امکان‌پذیر نمی‌باشد. با بررسی‌هایی انجام شده، مشخص شد که مبنای اندازه‌گیری فاصله در روش‌های نظامی، اختلاف زاویه و فاصله می‌باشد [۹]. از این رو با بررسی لنزهای عکاسی و زاویه دید آنها - که تابعی از فاصله کانونی و ابعاد سنسور دوربین عکاسی می‌باشد [۱۰] - جهت اندازه‌گیری فاصله شیء در تصویر که پهنا یا ارتفاع آن در دست است، فرمول زیر حاصل می‌شود:

$$D(m) = \frac{h/2}{\tan(a/2)} \quad (1)$$



شکل ۶. زاویه دید افقی، زاویه دید عمودی و زاویه دید قطری برای یک دوربین عکاسی با لنز مشخص [۱۱]



شکل ۷. مقادیر مؤثر در محاسبه فاصله شیء بر اساس زاویه دید

در رابطه (۱)،  $h$  ارتفاع شیء مورد نظر بر حسب متر،  $a$  زاویه دید اشغال شده توسط شیء و  $D$  فاصله شیء از بیننده بر حسب متر است. برای اندازه‌گیری زاویه دید اشغال شده توسط شیء استتاری در تصویر پس‌زمینه، از نسبت مقدار پیکسل‌های ارتفاع یا پهنای شیء استتاری به ارتفاع یا پهنای تصویر پس‌زمینه استفاده می‌شود.

محو کردن<sup>۱</sup> طرح استتاری را به میزان دلخواه می‌دهد. این گزینه برای حالتی در نظر گرفته شده است که تصاویر پس‌زمینه کیفیت پایینی داشته باشند و دقت بالای تصویر طرح استتاری که خود یک مزیت محسوب می‌شود، به کشف و تشخیص شیء استتاری کمک کند و در میانگین زمان شناسایی تأثیر معکوس داشته باشد. این گزینه جهت تطبیق کیفیت طرح استتاری با تصاویر پس‌زمینه در نظر گرفته شده است.

ج- بازیافت یا تولید طرح استتاری؛ گاهی نیاز است که طرح استتاری از تصویری - مانند تصویر یک سرباز - استخراج شود. این امکان در نرم‌افزار طی ۳ مرحله از طریق بخش «ویرایش‌گر تصویر» امکان‌پذیر است. ابتدا باید محدوده‌ای از تصویر اولیه که حاوی طرح استتاری است، برش داده و با ابعاد مناسب ذخیره شود. سپس بر روی تصویر ذخیره شده، عملیات ساده‌سازی رنگ انجام می‌شود. در این مرحله، تصویر به تصویری ۱ تا ۶ رنگ، تبدیل می‌شود. سپس می‌توان هر یک از رنگ‌ها را با رنگی دلخواه جایگزین کرد و طرح استتاری مورد نظر را به‌دست آورد.

د- تنظیمات شیء استتاری؛ علاوه بر انتخاب شیء استتاری و تعیین اندازه آن بر حسب پیکسل، امکان محو کردن لبه‌های شیء، تولید و تغییر شیء و مقدار دهی اندازه شیء بر حسب سانتی‌متر نیز، در بخش تنظیمات نرم‌افزار در نظر گرفته شده است.

در صورتی که شیء استتاری مورد نظر لبه‌هایی محو داشته باشد، جهت شبیه‌سازی آن، از گزینه محو کردن لبه‌های شیء استتاری استفاده می‌شود. میزان محو شدگی نیز قابل انتخاب است. نمونه‌ای از این حالت در استتارهای شاخ و برگ است که لبه‌های پوشش سرباز، به‌صورت محو دیده می‌شود. همچنین با استفاده از بخش «ویرایش‌گر تصویر» می‌توان شیء استتاری مورد نظر را با ترسیم چندضلعی‌های سفید و سیاه، تولید و یا ویرایش کرد.

ه- محاسبه‌گر اندازه شیء استتاری بر حسب سانتی‌متر؛ قسمتی نیز در نرم‌افزار تعبیه شده است که در آن، با مشخص کردن یک شیء در تصویر پس‌زمینه که اندازه آن معلوم یا قابل تخمین است، می‌توان شیء استتاری را با اندازه‌ای دلخواه بر حسب سانتی‌متر، مقدار دهی کرد.

برای مثال اگر در تصویر پس‌زمینه تیرکی چوبی وجود داشته باشد که ارتفاع تقریبی آن ۱ متر باشد، با تعیین محدوده بالا و پایین تیرک در تصویر پس‌زمینه و دادن مقدار ۱۰۰ سانتی‌متر، از نرم‌افزار تقاضا می‌شود که شیء استتاری را با توجه به اندازه تیرک، به ارتفاع ۱۸۰ سانتی‌متر در نظر گیرد.

و- محاسبه‌گر فاصله شیء؛ در صورتی که آزمون بررسی طرح استتاری، در طبیعت انجام گیرد، به راحتی می‌توان فاصله شخص را

<sup>1</sup> Blur



### ۳. نتایج و بحث

#### ۳-۱. مقایسه تصاویر تولید شده توسط نرم‌افزار با تصاویر استتارهای واقعی

با بررسی‌ها و آزمون‌های متعددی که توسط این نرم‌افزار انجام شد، قابلیت‌های این نرم‌افزار در مقابل آزمون‌های استتار در طبیعت قابل قبول بودند. نمونه‌هایی از این مقایسه‌ها در ادامه ارائه می‌شوند.



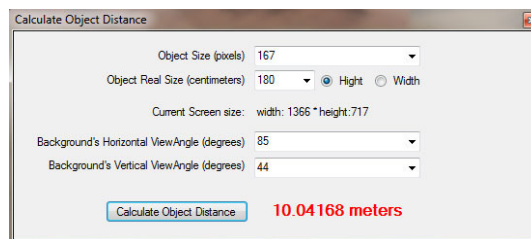
شکل ۱۰. تصویر سمت راست متعلق به نرم‌افزار و تصویر سمت چپ تصویر واقعی یک سرباز است

در شکل (۱۰) مشاهده می‌شود که با پس زمینه، طرح استتاری و شیء مشابه تصویر واقعی، می‌توان آزمونی نزدیک به آزمون واقعی در طبیعت برگزار کرد. حتی امکان استتار دستگاه‌های نظامی نیز در این نرم‌افزار در نظر گرفته شده است.

مشاهده می‌شود که با این نرم‌افزار می‌توان از یک طرح استتاری ثابت، به‌وسیله تغییر رنگ، طرح‌هایی مناسب با محیط‌های متفاوت ایجاد کرد. در شکل‌های (۱۱)، (۱۲)، و (۱۳) مشاهده می‌شود که اشیاء مختلف در این نرم‌افزار در نظر گرفته شده‌اند.



شکل ۱۱. بررسی طرح لباس سرباز در نرم‌افزار در مقایسه با ارزیابی بصری یک لباس واقعی

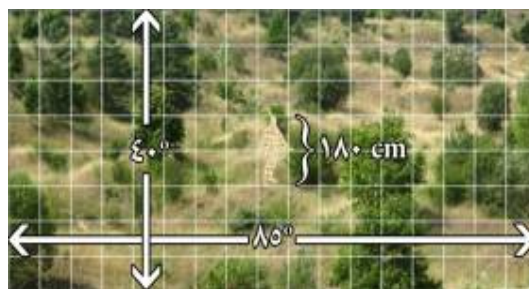


شکل ۸. پنجره محاسبه فاصله شیء تعبیه شده در نرم‌افزار

با توجه به مرکز شکل (۸) سرباز استتار شده مشاهده می‌شود که ارتفاع آن برابر ۱۰ و عرض آن ۵ درجه می‌باشد. با فرض اینکه ارتفاع این سرباز ۱/۸ متر باشد، در این صورت فاصله سرباز از بیننده از فرمول زیر به دست می‌آید.

$$D = \frac{1.8 \text{ m}}{\tan 10^\circ} = 10 \text{ m} \quad (۲)$$

در شکل (۸) نیز مقدار فاصله محاسبه شده توسط نرم‌افزار، برای تصویر مشابه شکل (۹) مشاهده می‌شود.



شکل ۹. نمونه تصویر و شیء استتاری درجه‌بندی شده بر اساس زاویه دید افقی و عمودی تصویر

ز- تغییر زبان نرم‌افزار؛ یکی از امکاناتی که ارزش نرم‌افزاری برای این پروژه دارد، امکان تغییر زبان نرم‌افزار می‌باشد. تا کنون زبان‌های انگلیسی و فارسی برای این نرم‌افزار در نظر گرفته شده است.

#### ۳-۲. برنامه‌نویسی رایانه‌ای

این نرم‌افزار توسط زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک دات نت ۲۰۱۰ نوشته شد. کد نویسی این نرم‌افزار به‌طور کامل، اعم از توابع مختلف گرافیکی شامل تلفیق تصاویر با شدت‌های مورد نیاز، ایجاد افکت محو کردن، اندازه‌گیری میانگین‌های رنگ تصویر در محدوده‌های مورد نیاز، ماسک کردن تصویر توسط یک تصویر سیاه و سفید، ساده‌سازی رنگی تصویر به تصویری با تعداد رنگ و مجموعه رنگ دلخواه و برش تصاویر، توسط توابع اولیه و کتابخانه‌های ویژوال بیسیک و بدون استفاده از ابزارهای پیچیده و آماده، توسط پژوهش‌گران این پژوهش، تولید شده است. این نرم‌افزار صرفاً جهت اجرای پژوهش حاضر تولید شده است و در صورت نیاز، قابل گسترش و ارتقاء می‌باشد.

### ۲-۳. بررسی نموداری صحت کارکرد نرم افزار

برای بررسی نموداری صحت کارکرد نرم افزار، از مقایسه نمودار حاصل از آزمونهای نرم افزار با نموداری که توسط ارزیابی بصری توسط مقالات دیگر بدست آمده، استفاده شد. تصویر و نمودار زیر از مقاله «ارزیابی کمی قابلیت استتار طرح های استتاری» استخراج شده است [۱۲].

در شکل (۱۴) سه طرح تک رنگ جنگلی، طرح جنگلی NATO و طرح جنگلی دیجیتالی به نام MARPAT دیده می شوند. نتیجه ارزیابی این سه طرح در محیط جنگلی نمودار سمت راست تصویر است که نتایج در جدول (۱) ارائه شده است.

نمودار این جدول به صورت شکل (۱۶) می باشد. با مقایسه نمودار نرم افزار حاضر و نمودار موجود از سایر مقالات، به تطابق نتایج حاصل از نرم افزار و مقادیر محاسبه شده قبلی پی برده می شود.

جدول ۱. میانگین زمان شناسایی برای طرح های بررسی شده

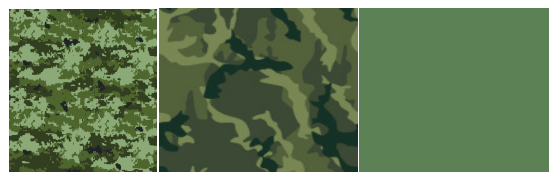
طرح استتاری	تعداد آزمون	میانگین زمان شناسایی (میلی ثانیه)
تک رنگ	۱۰	۷۹۸
Nato	۱۰	۱۷۵۰
MARPAT	۱۰	۲۴۷۰



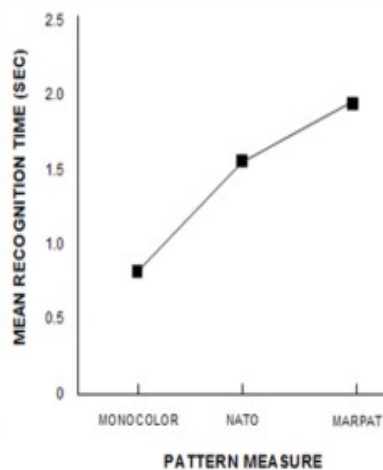
شکل ۱۲. هلی کوپتر سمت راست متعلق به نرم افزار و سمت چپ تصویر واقعی است



شکل ۱۳. تغییر رنگ و بررسی طرح استتاری مشابه واقعیت؛ سه لباس سمت چپ لباس های واقعی و لباس های سمت راست، تصاویر تولید شده توسط نرم افزار می باشند.



شکل ۱۵. سه طرح مشابه طرح استفاده شده در ارزیابی بصری شکل (۱۴)



شکل ۱۴. ارزیابی بصری انجام شده سه طرح تک رنگ، جنگلی و دیجیتالی در پس زمینه جنگلی [۱۲]



شکل ۱۸. طرح Red Desert DPM

جدول ۲. میانگین زمان شناسایی برای طرح‌های بررسی شده

طرح استتاری	تعداد آزمون	میانگین زمان شناسایی (میلی ثانیه)
Red desert DPM	۱۰	۲۷۴
Modified 1	۱۰	۷۰۵
Modified 2	۱۰	۱۱۴۹

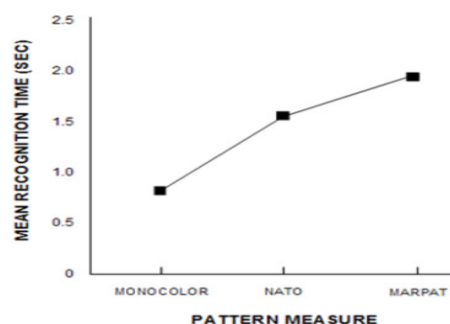
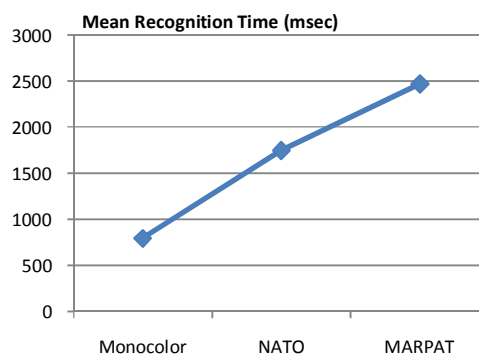


شکل ۱۹. دو طرح اصلاح شده به دست آمده از طرح Red Desert DPM modified 1 (طرح سمت چپ) و modified 2 (طرح سمت راست)

مشاهده می‌شود که طی دو مرحله با ایجاد تغییرات مناسب در رنگ، طرح Red desert DPM، به طرح Modified 2 خواهد رسید که میانگین زمان شناسایی را در تصاویر زمینه این آزمایش، تقریباً ۴/۲ برابر کرده است.

#### ۳-۴. بهینه‌سازی توسط چرخش ۹۰ درجه‌ای طرح استتاری

هدف از این آزمایش بررسی این است که راستای خطوط طرح استتاری چه میزان می‌تواند در بازدهی طرح استتاری مؤثر باشد. برای این کار از تصاویر پس‌زمینه مربوط به علفزار استفاده شده است. شکل (۲۰) یک نمونه از این تصاویر می‌باشد. طرح استتاری انتخاب شده، طرح Indonesian Kostrad است (شکل (۲۱)) که با تغییر رنگ، برای زمینه مورد آزمایش آماده شد. طرح‌های این آزمایش، دو تصویر شکل (۲۲) هستند.



شکل ۱۶. مقایسه نمودار حاصل از ارزیابی نرم‌افزار (بالا) با نمودار موجود (پایین) [۱۲]

#### ۳-۳. بهینه‌سازی طرح استتاری به وسیله اصلاح رنگ

در این بخش با انجام یک آزمون، میزان بهینه‌سازی طرح استتاری به وسیله تغییر در رنگ‌های آن بررسی شده است. در شکل (۱۷) یک نمونه از تصاویر پس‌زمینه این آزمون نمایش داده شده است. طرح استتاری شکل (۱۸) نیز به عنوان طرح آغازین انتخاب شد. در ادامه در ۲ مرحله تغییر رنگ‌هایی در طرح ایجاد شد که نتایج حاصل در جدول (۲) مشاهده می‌شود. طرح‌های اصلاح شده در شکل (۱۹) نشان داده شده است.



شکل ۱۷. نمونه‌ای از تصاویر پس‌زمینه استفاده شده در ارزیابی ۳-۳



#### ۴. نتیجه گیری

به طور کلی می توان گفت آسان ترین و کارآمدترین راه ارزیابی طرح استتاری، بررسی طرح در محیط طبیعی مورد نظر است. ولی با توجه به اتلاف هزینه و زمانی که این روش دارد، از روش های تصویری بدین صورت که تصویر طرح استتاری بر روی تصویر پس زمینه قرار داده شده و بررسی می شود، استفاده می شود. امروزه با توجه به پیشرفت تکنولوژی رایانه، امکانات جدیدی در این رابطه در اختیار همه قرار گرفته است. نرم افزار حاضر از الگوریتم های رایانه ای جهت شبیه سازی هر چه بهتر تصاویر استتاری بهره جسته است. صحت و دقت این نرم افزار از راه های مختلف و در دفعات متعدد بررسی شده و نتایج قابل قبولی کسب شده است. به طوریکه با اطمینان خاطر، از طرح های بهینه شده توسط این نرم افزار می توان برای مصارف استتاری، استفاده نمود. همچنین در این نرم افزار امکاناتی نیز علاوه بر قابلیت های ضروری، تعبیه شده است که استفاده از این نرم افزار و بهینه سازی طرح های استتاری را بسیار آسان تر نموده است.

جدول ۳. میانگین زمان شناسایی برای دو طرح بررسی شده

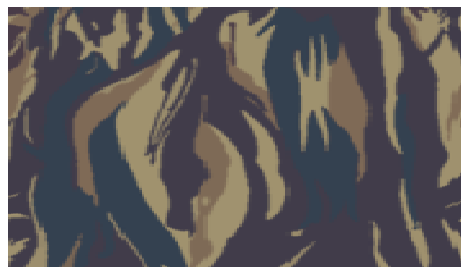
میانگین زمان شناسایی (میلی ثانیه)	تعداد آزمون	طرح استتاری
۱۱۲۴	۱۰	Vertical Mod.
۵۴۳	۱۰	Horizontal Mod.

#### ۵. مراجع

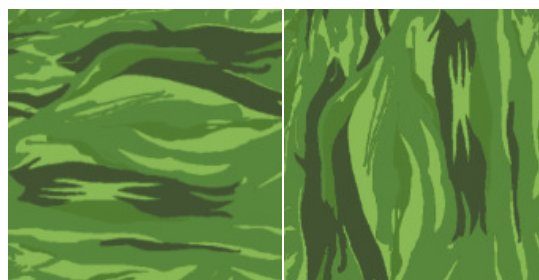
- Baumbach, J. "Colour and Pattern Composition to Blend Objects into a Natural Environment."; Association Internationale de la Couleur (AIC), South Africa 2008.
- Troscianko, T.; Benton, Ch.; Lovell, P. G.; Tolhurst, D. J.; Pizlo, Z. "Camouflage and Visual Perception."; Phil. Trans. R. Soc. B, 2009, 364, 449-461.
- Thayer, A. H. "The Law Which Underlies Protective Coloration."; Auk, April 1896, XIII, 124-129.
- Merilaita, S.; Lyytinen, A.; Mappes, J.; "Selection for Cryptic Coloration in a Visually Heterogeneous Habitat."; Proc. R. Soc. Lond. B, 2001, 268, 1925-1929.
- Guyton, C.; Hall, J. E. "Textbook of Medical Physiology."; Elsevier Ltd., 11th ed. 2005.
- www.hyperstealth.com/specam/science/index.html, Aug. 2011  
www.olive-drab.com/od\_soldiers\_gear\_compass.php, Aug. 2011.
- Friškovec, M.; Gabrijelčič, H.; "Development of a Procedure for Camouflage Pattern Design", Fibres & Textiles in Eastern Europe 2010, 18, 4 (81), 68-76.
- http://dvdprime.donga.com/bbs/view.asp?bbslist\_id=1378610&master\_id=40, Dec. 2011.
- www.olive-drab.com/od\_soldiers\_gear\_compass.php, aug 2011.
- www.prophoto.com.com/photography/part-3.asp, Aug 2011.
- en.wikipedia.org/wiki/Angle\_of\_view, Jun 2011.
- [۱۲]. سعیده گرجی کندی، محمد امانی تهرانی، "ارزیابی کمی قابلیت استتار طرح های استتاری"، پدافند غیرعامل، تابستان ۱۳۸۹، شماره سوم، ۵۷-۵۱.



شکل ۲۰. نمونه ای از تصاویر پس زمینه استفاده شده در ارزیابی ۳-۴



شکل ۲۱. طرح Indonesian Kostrad



شکل ۲۲. طرح های اصلاحی به دست آمده از طرح Indonesian Kostard: Horizontal Modified (راست) و Vertical Modified (چپ)

نتایج آزمایش پس از کسر فاصله زمانی تشخیص تا کلیک بر روی شیء به صورت جدول (۳) می باشد. با دقت در طرح پس زمینه و نتایج به دست آمده از دو طرح اصلاح شده، این مسئله که خطوط طرح باید با خطوط پس زمینه هم راستا باشند، تأیید می شود. در این آزمایش طرح Vertical Modified که خطوط آن با خطوط تصاویر پس زمینه علفزار هم راستا است، موفقیت بیشتری داشته و زمان شناسایی آن تقریباً دو برابر شناسایی طرح Horizontal Modified است.