ارزیابی کمّی قابلیت استتار طرح‌های استتاری

سعیده گرجی کندی[1]، محمد امانی تهران[2]

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۸/۰۸
تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۲۶

چکیده

نمونه‌های شگفت‌آوری از استتار در طبیعت و در بین انواع مختلف جانداران به چشم می‌خورد که الهام‌بخش بشر برای دستیابی به پوشش‌های استتاری بوده است. برای بررسی کمّی میزان قابلیت طرح‌های استتاری ابتدا نیاز است عوامل مؤثر بر میزان استتار یک طرح در یک محیط شناخته شود. پیشرفت علم و تکنولوژی به تدریج نشان داد که موفقیت یک طرح استتاری علاوه بر همانندی رنگی طرح با محیط پیرامون، به همسانی تباینی بین طرح و زمینه نیز وابسته است. با وجود اینکه کشورهای مختلف تلاش بسیاری را برای دستیابی به طرح‌های استتاری موفق داشته‌اند، اما تاکنون روش کمّی مناسبی برای ارزیابی میزان کارایی طرح‌ها ارائه نشده است. پژوهش حاضر با در نظر داشتن دو عامل مؤثر در استتار، اندیسی بدین منظور پیشنهاد نموده است. میزان تباین تصاویر، با به‌کارگیری تابع تباین فازی معرفی شده در یکی از مقالات مربوط به بهسازی تصاویر رنگی استفاده شده محاسبه شده است و اختلاف تباینی بین طرح و پس‌زمینه بدین ترتیب به‌دست آمد. محاسبات مربوطه در فضا رنگ HSV که نسبت به RGB به درک بصری نزدیک‌تر می‌باشد انجام شد. میزان همانندی رنگی، با بهره‌گیری از فرمول‌های اختلاف رنگ و تخمین میزان اختلاف رنگ بین طرح و پس‌زمینه محاسبه شد. بدین ترتیب رابطه‌ای با متغیرهای حاصل برای بیان کمّی استتار ارائه گردید. نتایج بکارگیری این رابطه بر روی تعدادی از طرح‌های استتاری موجود رضایت‌بخش بوده و همبستگی قابل قبولی با ارزیابی‌های بصری نشان داده است.

کلیدواژه‌ها: قابلیت استتار، طرح استتاری، تباین، همانندی رنگی

۱- استادیار گروه نمایش رنگ و پردازش تصاویر رنگی، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ Email: sgorji@icrc.ac.ir
۲- دانشیار دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

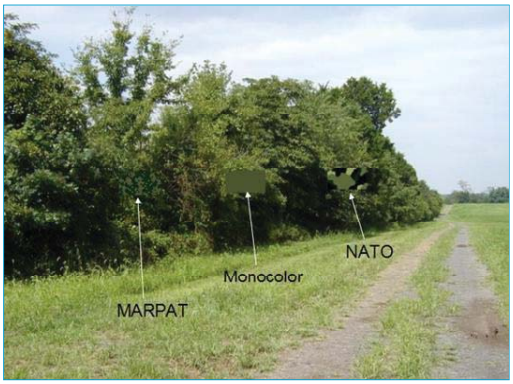
۱- مقدمه

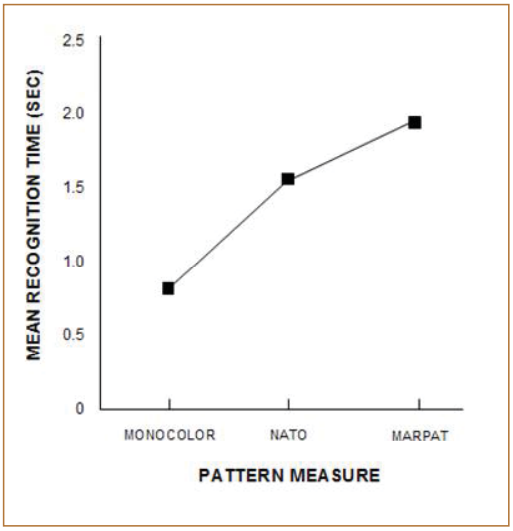
استتار[1] به معنای مخفی ماندن از دید مشاهده‌گر در محیطی مشخص می‌باشد. به‌عبارتی موجود استتار یافته طوری با محیط پیرامونش مخلوط می‌گردد که تشخیص آن غیرممکن یا حداقل مشکل است. گونه‌های شگفت‌انگیزی از استتار در بین جانوران از گذشته تاکنون شناخته شده و آنچه امروزه به‌عنوان استتار مطرح است، الهام گرفته از طبیعت می‌باشد. صنایع نظامی در کشورهای مختلف جهت بالا بردن امنیت، روی به استتار البسه و تجهیزات نظامی خویش آورده‌اند. یک مسئله مهم در این بین، یافتن طرح‌های استتاری مناسب برای مناطق زیست محیطی مختلف می‌باشد. برای بررسی میزان کارایی طرح‌های استتاری، نیاز است عوامل مؤثر بر کارایی یک طرح استتاری یا عوامل مؤثر بر میزان استتار یک طرح در یک محیط شناخته شود. بهترین انواع طرح‌های استتاری از نظر رنگ‌آمیزی و طراحی در طبیعت دیده می‌شود؛ جایی که شکار از دید شکارچی و بالعکس پنهان می‌ماند. با الهام از طبیعت و چگونگی استتار در حیوانات به‌طور کلی دو عامل به هم وابسته اما به‌طور منطقی جدا از هم برای کاهش خطر تشخیص داده شدن، پیشنهاد شده است [۵-۱].

- همانندی با زمینه یا استتار مخلوط شدنی[2]
- رنگ‌آمیزی در هم گسیخته یا استتار در هم گسیخته[3]

عامل نخست، در واقع میزان همانندی طرح با زمینه[4] یا به‌عبارتی شباهت رنگی طرح و زمینه را مد نظر دارد. عامل دیگر که در هم گسیختگی را مطرح می‌کند، می‌تواند با تباین[5] رنگ‌های موجود در طرح مرتبط باشد، چرا که به منظور استتار در یک محیط نیاز به شکسته شدن یا بعبارتی از هم گسیختگی مرزها و لبه‌ها بین طرح و زمینه است تا بدین ترتیب تشخیص مشکل شود.

در مورد نحوه ارزیابی کارایی طرح‌های استتاری آنچه مطرح می‌باشد ارزیابی‌های بصری است و تاکنون روش محاسباتی مناسبی برای این منظور ارائه نشده، هر چند مطالعاتی در خصوص یافتن اجسام مستور در یک تصویر صورت گرفته است [۶]. در ارزیابی بصری مدت زمان لازم برای تشخیص جسم مستور توسط مشاهده‌کننده از فاصله تعیین شده به‌عنوان یک معیار در نظر گرفته می‌شود؛ هر چقدر میزان این زمان افزایش یابد، طرح استتاری مطلوب‌تر می‌باشد [۵]. در همین ارتباط جهت مقایسه طرح‌های تک رنگ، طرح سه رنگ جنگلی ناتو و نمونه‌ای از طرح‌های معروف MARPAT، بررسی‌هایی صورت گرفت. هر سه طرح دارای میانگین رنگی یکسان می‌باشند. چنانچه از شکل (۱) مشاهده می‌شود، با توجه به این نتایج MARPAT که مدت زمان بیشتری برای تشخیص آن در دید مشاهده‌گر نیاز است، طرح مناسب‌تری بوده است [۵].





شکل ۱- بررسی میزان کارایی سه طرح پیشنهادی برای یک پس زمینه جنگلی با روش ارزیابی بصری [۵]

در ارزیابی بصری بدیهی است دقت مشاهده‌کننده و شرایط آزمایش نتایج را بشدت متأثر خواهد نمود. لذا ارائه یک اندیس

1- Camouflage
2- background matching or blending camouflage
3- disruptive coloration or disruptive camouflage
4- background pattern matching
5- contrast

استتار برای ارزیابی طرح‌های استتاری بسیار مطلوب است تا بدین ترتیب بتوان برای هر زمینه، طرح مناسب‌تر را انتخاب نمود. در پژوهش حاضر سعی شده با در نظر داشتن دو عامل تأثیرگذار در موفقیت طرح‌های استتاری و به کمک راه‌کارهای پردازش تصویر، اندیس کمّی برای استتار ارائه شود.

۲- تجربیات

همانگونه که در مقدمه اشاره شد دو عامل تأثیرگذار در کارایی یک طرح استتاری: الف) مسئله تباین در طرح جهت شکستن مرزها و ب) میزان همانندی رنگی بین طرح و زمینه می‌باشد. بنابراین برای بررسی کمی میزان موفقیت طرح‌های استتاری یا بعبارتی نسبت دادن یک اندیس استتاری به هر طرح از نظر قابلیت پنهان شدن در محیط، نیاز به محاسبه هر دو عامل یاد شده است.

در مورد مسئله تباین، به نظر می‌رسد همسانی تباین بین طرح و محیط پیرامون حائز اهمیت است چرا که به منظور استتار در یک محیط با تباین بالا نیاز به طرحی با تباین مشابه است تا بدین ترتیب با شکسته شدن مرزها و لبه‌ها بین طرح و زمینه، تشخیص مشکل شود و برعکس در یک محیط کاملا یکنواخت مانند یک سطح تک رنگ، پنهان نمودن طرح یکنواخت مشابه موفق خواهد بود. در این تحقیق برای محاسبه میزان تباین، از رابطه معرفی شده در یکی از مقالات مربوط به بهسازی تصاویر رنگی استفاده شده است [۷]. در مقاله مذکور که با هدف افزایش تباین تصاویر رنگی است، یک تابع فازی جهت محاسبه تباین تصاویر معرفی شده است. بر این اساس، تصویر I با اندازه M*N و سطوح شدت بین (0,L-1) می‌تواند به‌صورت یک مجموعه فازی در نظر گرفته شود.

$$I = \cup\left\{\mu_x\left(x_{mn}\right)\right\} = \left\{\mu_{mn} / x_{mn}\right\}; \quad m = 1,2,...,M \; ; n = 1,2,...,N \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، $\mu_X(x_{mn})$ یا μ_{mn} / x_{mn} بیانگر درجه عضویت x_{mn} است که x_{mn} نشان‌دهنده شدت رنگی در پیکسل (m,n) ام می‌باشد. برای یک تصویر رنگی، توابع عضویت برای هر یک از مشخصه‌های رنگی نظیر[۱] $X \in \{R,G,B\}$ یا $X \in \{H,S,V\}$[۲] می‌تواند داده شود. جهت تبدیل شدت رنگی X از رنج (0,255) به محدوده (0,1) استفاده از یک تابع عضویت گوسی پیشنهاد شده است.

$$\mu_x\left(x_{mn}\right) = exp\left[-\left(x_{max} - x_{min}\right)^2 / 2f_h^{\,2}\right] \qquad (۲)$$

در رابطه (۲)، f_h عامل فازی‌ساز بوده و مقدار تابع عضویت (μ_x) در محدوده [α,1] که $\alpha = \exp(-x_{\max}^2 / 2f_h^2)$ می‌باشد، محاسبه می‌شود. برای انجام محاسبات، هیستوگرام X مد نظر قرار می‌گیرد به نحوی که $\mu_X(k)$ نشان‌دهنده عضویت X برای شدت‌های k=0,1,2,…,L-1 است.

$$\mu_x\left(k\right) = exp\left[-\left(x_{max} - k\right)^2 / 2f_h^{\,2}\right] \qquad (۳)$$

چنانچه ملاحظه می‌شود رابطه فوق مشابه رابطه (۲) است با این تفاوت که x_{mn} با اندیس k که نشان‌دهنده شدت رنگی در مکان (m,n) می‌باشد، جایگزین شده است. f_h نیز با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید که در این رابطه p(k) احتمال وقوع شدت k در تصویر می‌باشد.

$$f_h^{\,2} = \frac{1}{2}\frac{\sum_{k=0}^{L-1}\left(x_{max} - k\right)^4 p\left(k\right)}{\sum_{k=0}^{L-1}\left(x_{max} - k\right)^2 p\left(k\right)} \qquad (۴)$$

در نهایت، تابع تباین فازی در این روش به‌صورت رابطه (۵) محاسبه می‌گردد.

$$C = \sum_{k=0}^{L-1}\left[\mu_x\left(k\right) - 0.5\right]^2 p\left(k\right)$$
$$\sum_{k=0}^{L-1} p\left(k\right) = 1 \qquad (۵)$$

در این تحقیق، محاسبات در فضای {H,S,V} که محورهای آن نسبت به RGB به درک بصری نزدیک‌تر می‌باشد، انجام گرفته است. به این ترتیب میزان تباین برای هر سه محور H، S و V برای هر طرح و همچنین زمینه مورد نظر محاسبه می‌شود. در نهایت به‌منظور تخمین اختلاف تباین بین طرح و زمینه مد نظر، از رابطه (۶) استفاده شده است.

۱- شدت کانال‌های قرمز، سبز و آبی

۲- Hue: فام رنگ نظیر زرد، آبی، قرمز...
Saturation: بیانگر میزان اشباع یا خلوص رنگی است.
Value: ارزش یا روشنایی که شدت روشنایی رنگ را بیان می‌کند.

$$\Delta C = \sqrt{(C_{H,p} - C_{H,B})^2 + (C_{S,p} - C_{S,B})^2 + (C_{V,p} - C_{V,B})^2} \quad (۶)$$

در رابطه فوق، اندیس p نشان دهنده طرح و اندیس B مشخصه زمینه می‌باشد. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به روابط یاد شده، برای یک تصویر همگن تک رنگ که از نظر مفهوم تباین، فاقد تباین است میزان عامل فازی‌ساز (f_h) برای هر سه محور صفر می‌باشد و مقدار تباین هر محور نیز 0.25 به‌دست می‌آید. لذا با توجه به نحوه محاسبات، میزان دور شدن از مرکز 0.25 نمادی از افزایش تباین می‌باشد، نه بزرگی تباین محاسبه شده. البته می‌توان همه محاسبات را نسبت به نقطه 0.25 انجام داد (به‌عبارتی قدر مطلق اختلاف تباین محاسبه شده از 0.25 را مد نظر قرار داد) لیکن با توجه به اینکه در اینجا میزان اختلاف تباینی مد نظر بوده، این عمل ضرورتی ندارد.

چنانچه بیان شد، دیگر عامل تأثیرگذار در موفقیت یک طرح استتاری، میزان مشابهت رنگی بین طرح و زمینه مد نظر می‌باشد. ساده‌ترین فرمول اختلاف رنگ که در عین حال به درک بصری نیز نزدیک است فرمول اختلاف رنگ CIELAB1976 است که در اینجا نیز برای تخمین میزان همانندی رنگی بین طرح و زمینه استفاده شده است. به این منظور میزان اختلاف رنگ برای میانگین مقادیر رنگی طرح و زمینه در فضا رنگ $L^*a^*b^*$ [۱] با استفاده از رابطه (۷) محاسبه می‌گردد.

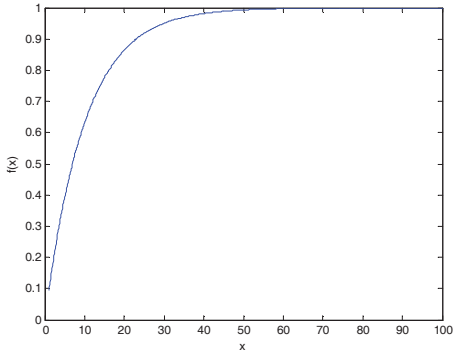
$$\Delta E = \sqrt{\left(\bar{L}_p - \bar{L}_B\right)^2 + \left(\bar{a}_p - \bar{a}_B\right)^2 + \left(\bar{b}_p - \bar{b}_B\right)^2} \quad (۷)$$

جهت بیان میزان اختلاف تباین و اختلاف رنگ در محدوده صفر و یک با در نظر داشتن این مطلب که چشم، فواصل را به‌صورت نمایی درک نموده و با افزایش اختلافات رنگی از یک حدی دیگر حساسیت تغییر نمی‌کند، از یک تابع نمایی به‌صورت رابطه (۸) استفاده شده است. این رابطه با الهام از معادله معرفی شده در یکی از مطالعات مربوط به فشرده سازی تصاویر رنگی به‌دست آمده است [۸]. هرچند آن تحقیق، هدفی کاملاً متفاوت از بحث فعلی را دنبال نموده است لیکن در آنجا نیز ناچار به محاسبه اختلاف رنگ بین نقاط بوده و معادله مشابهی را مورد استفاده قرار داده بود. چگونگی عملکرد این رابطه در شکل (۲) نشان داده شده است.

$$f = 1 - e^{(-x/\gamma)} \quad (۸)$$

در نهایت به منظور ارائه اندیس استتار به هر طرح، رابطه (۹) پیشنهاد شده است. در این رابطه چنانچه اختلاف تباینی و رنگی طرح با زمینه مورد نظر صفر باشد، اندیس استتار، یک خواهد بود که نمادی از حالت ایدآل استتار می‌باشد.

$$Index_{camouflage} = 1 - 0.5\Delta C - 0.5\Delta E \quad (۹)$$



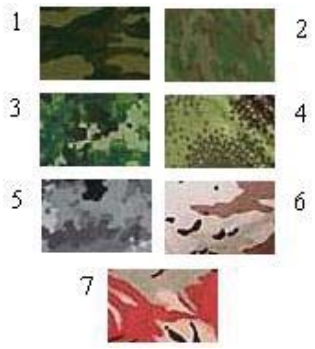
شکل ۲- نحوه عملکرد رابطه (۸)

۳- نتایج

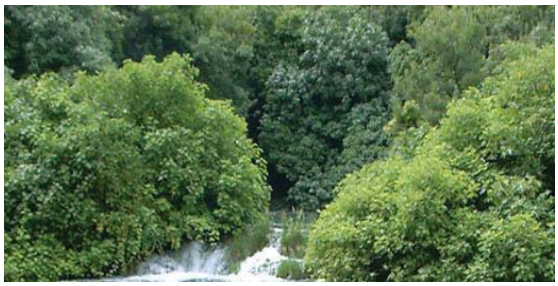
جهت بررسی کارایی اندیس پیشنهادی، هفت نمونه از طرح‌های معرفی شده در کشورهای مختلف مطابق شکل (۳) انتخاب شده و میزان استتار آنها بر روی زمینه شکل (۴) بررسی شده است. چنانچه ملاحظه می‌شود سعی شده بیشتر از طرح‌های مربوط به محیط جنگلی و هماهنگ با زمینه مد نظر انتخاب شود. در ضمن برای مقایسه طرح‌های مربوط به مناطق کاملاً متفاوت نیز آورده شده است.

میزان تباین محاسبه شده برای هر یک از هفت طرح و زمینه مذکور برای هر سه محور فام، روشنایی و خلوص و هم‌چنین میزان اختلاف تباین و اختلاف رنگ بین هر طرح و زمینه و در نهایت مقدار اندیس استتاری برای هر طرح بر روی زمینه مد نظر با استفاده از روابط یاد شده، در جدول (۱) آورده شده است.

۱- *L محور روشنایی، *a محور قرمز-سبز و *b محور زرد-آبی



شکل ۳- هفت طرح انتخابی



شکل ۴- زمینه انتخابی

چنانچه از نتایج جدول (۱) ملاحظه می‌شود، طرح شماره ۳ کمترین اختلاف رنگ و اختلاف تباینی را با محیط داشته و بالاترین مقدار استتار را حاصل نموده است. پس از آن به‌ترتیب طرح‌های شماره ۲، ۴، ۱، ۵، ۶ و ۷ قرار می‌گیرند. جهت بررسی صحت نتایج به‌دست آمده، طرح‌های مربوطه بر روی زمینه مد نظر قرار داده شده که در شکل (۵) نشان داده شده است. از ده مشاهده‌کننده درخواست شد تا طرح‌های مذکور را از نظر قابلیت استتار بر زمینه مورد نظر مرتب نمایند. نتایج حاصل از ارزیابی‌های بصری در جدول (۲) نشان داده شده است. با توجه به اینکه در تمامی موارد، انحراف معیار، عددی کوچک‌تر از یک واحد بوده است میانگین رتبه‌های به‌دست آمده بعنوان اندیس استتار بصری در نظر گرفته شد. جهت داشتن مقیاس مناسب با در نظر گرفتن بالاترین استتار برای طرحی که بخشی از محیط باشد و بعبارتی کاملاً در محیط مخفی گردد، یک رتبه بالاتر از بهترین رتبه موجود فرض شده و برای انتقال نتایج بصری حاصل به محدوده (۱ ۰) رتبه‌های حاصل به عدد ۸ تقسیم شد. سپس میزان همبستگی آنها با نتایج اندیس محاسباتی پیشنهادی با روش رگراسیون خطی به‌دست آمد که شکل (۶) چگونگی این ارتباط را نشان می‌دهد. چنانچه ملاحظه می‌گردد هماهنگی مطلوبی بین نتایج اندیس محاسباتی استتار و ارزیابی‌های بصری با ضریب همبستگی ۰/۹۴ (ضریب تعیین ۰/۸۸) وجود داشته است. در ضمن با توجه به مقادیر محاسبه شده به‌عنوان اندیس استتار هر طرح و مقایسه با شکل (۵)، اولاً طرح با اندیس بالاتر از ۰/۷ قابلیت استتار مناسبی را ارائه می‌کند و ثانیاً برای طرح‌های با اندیس کمتر از ۰/۵ تقریبا هیچ‌گونه قابلیت استتاری نمی‌توان قائل بود.

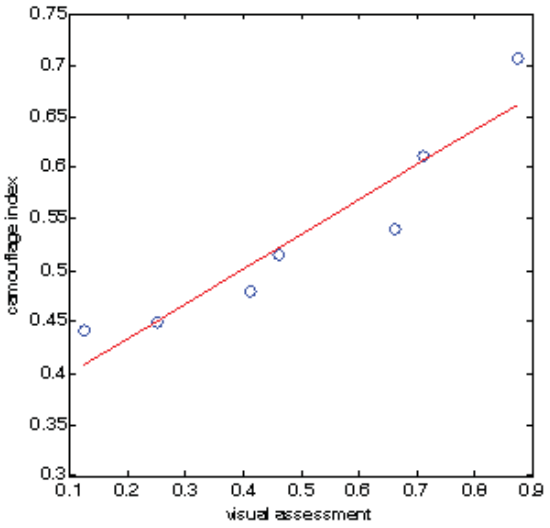
جدول ۱- میزان تباین طرح‌ها و زمینه مذکور در هر سه محور فام، خلوص و روشنایی به همراه اختلاف تباین و اختلاف رنگ طرح‌ها و زمینه و هم‌چنین اندیس استتار محاسبه شده برای هر طرح

	تباین در محور فام C_H	تباین در محور خلوص C_S	تباین در محور روشنایی C_V	اختلاف تباین ΔC	اختلاف رنگ طرح و زمینه ΔE	اندیس استتار
زمینه	۰/۰۴۱۰	۰/۰۳۵۶	۰/۰۱۹۲	-	-	-
طرح ۱	۰/۰۶۴۶	۰/۰۶۴۴	۰/۰۳۳۹	۰/۰۷۶۹	۰/۸۹۲۷	۰/۵۱۵۲
طرح ۲	۰/۰۴۹۷	۰/۰۲۶۷	۰/۰۵۸۷	۰/۰۷۹۶	۰/۶۹۷۲	۰/۶۱۱۶
طرح ۳	۰/۰۴۶۸	۰/۰۲۷۰	۰/۰۲۱۳	۰/۰۲۱۰	۰/۵۶۶۶	۰/۷۰۶۲
طرح ۴	۰/۰۵۲۹	۰/۰۳۰۲	۰/۱۷۱۱	۰/۲۶۲۹	۰/۶۵۶۴	۰/۵۴۰۴
طرح ۵	۰/۰۴۱۴	۰/۰۱۸۱	۰/۰۷۱۰	۰/۱۰۳۷	۰/۹۳۶۰	۰/۴۸۰۱
طرح ۶	۰/۱۱۳۱	۰/۰۲۷۸	۰/۰۲۰۱	۰/۱۳۵۰	۰/۹۶۵۷	۰/۴۴۹۶
طرح ۷	۰/۰۸۲۶	۰/۰۶۰۰	۰/۰۶۵۸	۰/۱۲۵۵	۰/۹۹۱۲	۰/۴۴۱۶

جدول ۲- نتایج رتبه‌بندی طرح‌های موجود توسط ۱۰ مشاهده‌کننده

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	میانگین	انحراف معیار
طرح ۱	۴	۴	۴	۴	۴	۳	۴	۳	۳	۴	۳/۷	۰/۴۸۳
طرح ۲	۶	۶	۵	۶	۶	۶	۶	۵	۵	۶	۵/۷	۰/۴۸۳
طرح ۳	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۰
طرح ۴	۵	۵	۶	۵	۵	۵	۵	۶	۶	۵	۵/۳	۰/۴۸۳
طرح ۵	۳	۳	۳	۳	۳	۴	۳	۴	۴	۳	۳/۳	۰/۴۸۳
طرح ۶	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۰
طرح ۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰

شکل ۵- نمایشی از قرارگیری هفت طرح استتاری انتخابی بر روی زمینه مورد نظر



شکل ۶- نمایشی از میزان همبستگی بین نتایج بصری و اندیس محاسباتی برای طرح‌های استتاری

۴- بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از طرح‌های استتاری در البسه و تجهیزات نظامی به‌منظور بالا بردن ضریب امنیت از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. با بررسی استتار در طبیعت این نتیجه حاصل آمده که جهت مخفی شدن در محیط علاوه بر مشابهت رنگی با محیط پیرامون، همسانی تباینی نیز ضروری است و حتی به اعتقاد برخی، مسئله تباین مهم‌تر می‌باشد. با این وجود تاکنون یک معیار کمّی مناسب جهت تخمین میزان موفقیت یک طرح جهت استتار در محیطی مشخص ارائه نشده است. در این مقاله با در نظر گرفتن دو عامل تأثیرگذار بر استتار و بهره‌گیری از روش‌های پردازش تصاویر رنگی سعی در ارائه اندیسی به منظور ارزیابی میزان کارایی طرح‌های استتاری شده است. با این هدف، میزان تباین با استفاده از تابع فازی معرفی شده در یکی از مقالات مربوط به بهسازی تصاویر رنگی و همانندی رنگی با بهره‌گیری از فرمول اختلاف رنگ CIELAB1976 محاسبه شده و در نهایت، رابطه‌ای با متغیرهای حاصل به‌عنوان اندیس استتار ارائه شده است. نتیجه به‌کارگیری اندیس مذکور بر روی مجموعه‌ای انتخابی از طرح‌های استتاری مطرح موجود، جهت استتار بر یک زمینه جنگلی رضایت بخش بوده است. البته ذکر این نکته ضروری است که این تحقیق می‌تواند نقطه شروعی در این بحث باشد و بدیهی است جهت بهبود روش پیشنهادی نیاز به بررسی‌های وسیع‌تری است.

مراجع

1. S. Merilaita, J. Lind, “Background-matching and disruptive coloration, and the evolution of cryptic coloration”, Proc. R. Soc. B, 272, 665-670.
2. I. C. Chuthill, M. Stevens, J. Sheppard, T. Maddocks, C.A. Parraga, T. S. Troscianko, “Disruptive coloration and background pattern matching”, Nature, Vol. 434, 72-74, (**2005**).
3. “BDU - Battle Dress Uniforms”, http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/bdu.htm
4. “Camouflage” http://en.wikipedia.org/wiki/ Camouflage
5. G. Cramer, “The Science of Digital Camouflage Design”, http://www.hyperstealth. com/digital-design/index.htm
6. A. Tankus, Y. Yeshurun, ‘‘A model for visual camouflage breaking’’, In Proceedings of the 1st IEEE International Workshop on Biologically Motivated Computer Vision, pages 139-149, Seoul, Korea, May (**2000**).
7. M. Hanmandlu, D. Jha, R. Sharma, “Color image enhancement by fuzzy intensi-fication”,Pattern Recognition Letters, 24, 81–87, (**2003**).
8. K. Yoon, I. Kweon, “Color image seg-mentation considering the human sensitivity for color pattern variations”, in SPIE Photonics Boston 2001: Intelligent Robot and Computer Vision XX: Algorithms, Techniques and Active Vision, vol. 4572, 269-278, (**2001**).

Quantitative Assessment of Camouflage Dffectiveness for Camouflage Patterns

Saeideh Gorji Kandi[1]

Mohammad Amani Tehran[2]

Abstract

There are interesting types of camouflage in environment and between animals, which inspired the human to find camouflage patterns. To be able to evaluate the effectiveness of camouflage patterns it is necessary to find those factors which influence the camouflage ability. The research showed that the accuracy of a camouflage pattern is dependent on both the color matching and contrast similarity of the pattern and its surrounding. Despite the considerable work that have been done in different countries to provide suitable camouflage patterns, there is not an acceptable method to determine the camouflage accuracy of a pattern quantitatively. In this paper, a camouflage index is proposed considering the two mentioned factors. To determine the contrast, a fuzzy function which had been introduced in an article about color image enhancement was used. In this way, the contrast difference between the pattern and background could be determined. Computational process was done in HSV color space which is more related to human visual system than RGB space. The magnitude of color matching between the pattern and background was estimated by applying a color difference formula. Consequently, an equation was obtained based on these two factors. The results of employing this equation for some camouflage patterns were satisfactory and showed acceptable correlation with visual assessment.

Key Words: *Camouflage Ability, Camouflage Pattern, Contrast, Color Matching*

1- Associate Professor of Color Imaging & Color Image processing, Institute for Color Science & Technology, Tehran, Iran
2- Department of Textile Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran