

یک روش ابتکاری مبتنی بر ANP برای ارزیابی

و مقایسه طرح‌های استتاری لباس‌های نظامی

مسعود مصدق خواه^{۱*}، بهروز فرهاد زارع^۲، هاتف فتوحی^۲، محمدباقر مختاری^۲

۱- دانشجویار ۲- کارشناس ارشد دانشگاه جامع امام حسین (ع)

(دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۱۸، پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۲۶)

چکیده

استتار مناسب نیروها، نقش تعیین کننده‌ای در موفقیت عملیات نظامی دارد. معمولاً انتخاب طرح استتاری مناسب برای یک محیط، از میان چندین طرح با استفاده از روش بصری انجام می‌شود. این روش به دلیل وابستگی انتخاب، به میزان خبرگی و دقت مشاهده‌کنندگان و همچنین احتمال ناسازگاری میان نظرات کارشناسان، روش کارآمدی نمی‌باشد. با مطالعه منابع مربوط، تاکنون دو معیار تأثیرگذار در استتار شناسایی شده‌اند که شامل میزان همانندی تباین طرح با زمینه و میزان همانندی رنگی طرح با زمینه می‌باشند. با توجه به وابستگی این دو معیار به یکدیگر، استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش بصری، به منظور نتیجه‌گیری دقیق‌تر باشد. در مقاله حاضر با توجه به پیچیدگی و زمان‌بر بودن محاسبات روش ANP و لزوم استفاده از نرم‌افزار SUPER DECISION، با استفاده از یک روش ابتکاری، فرمولی ارائه می‌شود که از نرم‌افزار مذکور بی‌نیاز گشته و در نتیجه، سرعت و سهولت نتیجه‌گیری را تا حد قابل توجهی بالا می‌برد. دقت این روش با نتایج حاصل از نرم‌افزار مقایسه شده که نشانگر دقت بالای این روش می‌باشد.

کلید واژه‌ها: طرح‌های استتاری، فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، البسه نظامی، روش ابتکاری.

An ANP Based Heuristic Method for Evaluating and Comparing Field Dress Camouflage Patterns

M. Mosadegh-Khah^{*}, B. FarhadZare, H. Fotouhi, M. B. Mokhtari

Imam Hossein University

(Received: 08/06/2013; Accepted: 17/12/2013)

Abstract

A proper camouflage pattern for military forces has an important role in success of military operations. Visual evaluation often is used for selecting the most proper camouflage pattern. The visual methods are not efficient, because they are depending on the accuracy and expertise of observers, and also inconsistency between experts opinion. Therefore, an efficient scientific method is necessary. Based on the literature review, two important criteria were found based on background matching and disruptive coloration. Beacause of the dependency between these criteria, a method based on analytic network process (ANP), which is more accurate than visual methods, has been presented. Also, a heuristic calculating process for this ANP-based method, has been used instead of SUPER DECISION software. The proposed calculating process afforded the results in much easier way with the same accuracy, without using the relevant software.

Keywords: Camouflage Patterns, Analytic Network Process(ANP), Battledress, Heuristic Method, Passive Defence.

* Corresponding Author E-Mail: mmosdegh@ihu.ac.ir

۱. مقدمه

حسگرها و آشکارسازهای دشمن می‌باشد. استتار شامل پنهان نمودن از منظر، مشکل نمودن دیدن به‌طور واضح، کارگذاری موانع در مقابل دید، فریب دادن و تشخیص و ایجاد صدا برای فریب می‌باشد.

سه روش اصولی استتار عبارتند از:

- مخفی نمودن^۴
- همگون‌سازی^۵
- شبیه‌سازی^۶

مخفی نمودن: مخفی نمودن، عبارت از اختفای کامل یک شیء به‌وسیله پوشش‌های فیزیکی می‌باشد. همچنین پوشانیدن میدان مین توسط علف و بوته موجب مخفی نگه‌داشتن این میدان از دید دشمن می‌گردد. شاخه، برگ و سایه درخت، هدف‌ها و اشیاء زیر آنها را از دیده‌بانی زمینی و هوایی مخفی نگه می‌دارد.

همگون‌سازی: همگون‌سازی، به‌کارگیری وسایل استتار در بالا و اطراف هدف می‌باشد به‌طوری که با زمینه طبیعی اطراف آن، نوعی هم‌آمیختگی ایجاد نموده و هدف، جزئی از زمینه به‌نظر آید. برای مثال، سرباز با استفاده از پماد سیاه‌کننده صورت، قسمت‌های شفاف و صیقلی صورت را با محیط اطراف آن یکسان می‌نماید. همگون‌سازی در تجهیزات و تأسیسات نیز می‌تواند موجب عدم توجه و حساسیت دشمن به آنها گردد.

شبیه‌سازی: اقدام اصلی در بدل‌سازی، تغییر قیافه هدف حقیقی و اصلی و استفاده از تجهیزات و تأسیسات کاذب و فریبنده در فاصله‌ای مجاز و منطقی از هدف حقیقی می‌باشد که در صورت اجرای درست، موجب مصون و محفوظ ماندن هدف‌های حقیقی و اصلی می‌شود. انتخاب نوع و روش استتار به عواملی چون موضوع، زمان استتار، وضعیت استتار و موقعیت محیطی بستگی دارد.

۱-۲. تقسیم‌بندی استتار

استتار با توجه به تقسیم‌بندی دیگری 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 غیره است که به‌لحاظ دید مستقیم از انضباط کاملی برخوردار نیست و تنها از طریق دیده‌بان نفوذی، نیروی هوایی و غیره قابل‌شناسایی 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 تجهیزات و نفرات توسط اجزاء طبیعت استتار می‌شوند.

استتار مناسب نیروهای نظامی نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش تلفات و در نتیجه موفقیت در مأموریت‌ها و عملیات نظامی، به‌ویژه در عملیات شناسایی که نیروها باید بدون اطلاع نیروهای دشمن تحرکات آنها را رصد نمایند، دارا می‌باشد. به تازگی پژوهش‌ها و تمایلات زیادی برای طراحی پوشش‌های استتاری نظامی کارمندان ایجاد شده است [۵-۱]. در گذشته و حتی هم‌اکنون طراحی و انتخاب طرح استتاری لباس‌های نظامی بر پایه سلیقه و غریزه طراحان بوده و برای ارزیابی آن، از سلیقه‌های فردی استفاده می‌شده است. حتی بسیاری از این طراحان، جزء هنرمندانی [۶] مانند جورجس براک^۱ [۷ و ۸] بوده‌اند. اصول طراحی، اغلب از طبیعت الهام گرفته می‌شدند و بر اساس اصول بیولوژیکی مانند ادغام با طبیعت بوده‌اند [۹ و ۱۰]. به‌تازگی نیز پژوهش‌های روان‌شناسی، بافت طبیعت، الگوهای استتار نیز در انتخاب و طراحی طرح‌های استتاری نقش مهمی داشته‌اند. طرح‌های استتاری مختلفی برای نواحی مختلفی مانند مراتع، جنگل‌ها، صحرا و غیره طراحی شده‌اند [۱۱]. طرح‌های دیجیتالی نیز از جمله طرح‌های جدید استتاری می‌باشد [۱۲]. میزان استتار هر شیء در طبیعت، به‌میزان جزئیات و ترکیب ساختاری صحنه بستگی دارد [۱۳ و ۱۴]. با وجود انجام مطالعاتی در زمینه نحوه ارزیابی کارایی طرح‌های استتاری البسه نظامی توسط روش‌های محاسباتی، یکی از پرکاربردترین روش‌های ارزیابی، ارزیابی‌های بصری می‌باشد [۱۵]. در ارزیابی‌های بصری، مدت زمانی که طول می‌کشد تا فرد مشاهده‌کننده جسم مستور را از فاصله تعیین‌شده تشخیص دهد معیار ارزیابی بصری تلقی شده که هر چه این مقدار بیشتر باشد، طرح استتاری نیز بهتر است [۱۶]. گرجی و امانی [۱۷] عوامل مؤثر بر میزان استتار یک طرح در یک محیط را معرفی و روشی را برای ارزیابی کمی طرح‌های استتاری توسط دو عامل تباین تصاویر و همانندی رنگی ارائه کرده‌اند. شفییعی و همکاران [۱۸] نرم‌افزاری را برای ارزیابی میزان کارایی طرح‌های استتاری ارائه نموده‌اند که با داشتن تصاویری از محیط استتاری، طرح استتاری و شیء استتار شده، آزمونی را طرح می‌کند که نتیجه آن تعیین «میانگین زمان شناسایی» درون تصویر پس‌زمینه می‌باشد و از این طریق می‌توان طرح استتاری را بهینه نمود. صداقت و دهقانی [۱۹] روشی را جهت ارزیابی اقدامات استتاری در تصاویر ماهواره‌ای برای تجهیزات نظامی ارائه نموده‌اند. در روش ارائه‌شده از تناظر الگو و الگوریتم کارآمد استخراج عارضه UR-SIFT جهت ارزیابی کیفیت استتار در تصاویر سنجش از دور استفاده شده است.

۱-۱. استتار

استتار^۲ و اختفا^۳، هم‌رنگ نمودن تأسیسات، تجهیزات و نیروها با محیط اطراف به‌منظور تقلیل امکان کشف و شناسایی آنها توسط

^۴ Hiding

^۵ Blending

^۶ Distinguishing

^۱ Georges Braque

^۲ Camouflage

^۳ Concealment

در واقع، به جای حد سوپرماتریس موزون و لزوم استفاده از نرم افزار مذکور، با فرمولی ابتکاری میزان ارجحیت طرح‌ها به دست آورده می‌شود. دقت این روش با نتایج به دست آمده از نرم افزار مقایسه شده که نشانگر دقت بالای این روش می‌باشد. بنابراین، هدف از این مقاله، ارائه روشی مناسب و کارا بر مبنای منطق علمی برای تشخیص اینکه در یک محیط عملیاتی کدام لباس نظامی بیشترین تطابق و کارایی را با محیط مدنظر داشته است، می‌باشد. با رسیدن به این هدف، امکان شناسایی نیروها در زمان عملیات کاهش و در نتیجه امنیت نیروها افزایش یافته و در نهایت احتمال موفقیت عملیات نظامی افزایش می‌یابد.

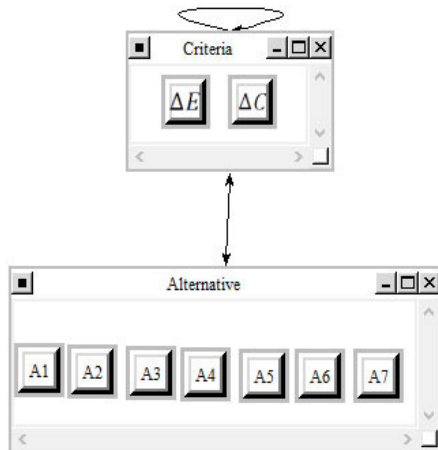
۲. روش تحقیق

مراحل این تحقیق که بر پایه روش ANP می‌باشد، به شرح زیر است [۲۳]:

ساخت مدل و تبدیل مسئله/موضوع به یک ساختار

شبکه‌ای: ساخت مدل شامل مراحل زیر می‌باشد:

- تعریف مسئله و هدف آن.
 - تعیین معیارها و گزینه‌های تصمیم‌گیری.
 - ترسیم ساختار شبکه‌ای که در آن، گره‌ها به عنوان خوشه‌ها مطرح هستند.
 - مشخص کردن وابستگی‌های بیرونی عناصر موجود در یک خوشه با یال‌های جهت‌دار وارد بر خوشه و وابستگی‌های درونی آنها با حلقه‌های موجود در خوشه مربوطه.
- برای کلیه مسائل استتار چنین مدل شبکه‌ای قابل ترسیم می‌باشد. در شکل (۱) ساختار شبکه‌ای مسئله نشان داده شده است:



شکل ۱. ساختار شبکه‌ای مسئله

معیار ΔC میزان همانندی تباین طرح با زمینه و معیار ΔE میزان همانندی رنگی طرح با زمینه را بیان می‌کند. در این مدل تفسیر فلش‌های کشیده شده از خوشه‌ها به یکدیگر به صورت زیر می‌باشد:

ب- استفاده از استتار مصنوعی: این نوع از استتار به وسیله انسان به وجود می‌آید مانند استفاده از تور، پارچه و سایر موارد. استتار طبیعی باید به گونه‌ای اجرا شود که حداکثر همگونی و هم‌رنگی با محیط و روئیدنی‌های بومی را داشته باشد [۲۰]. به عبارت دیگر، استتار مناسب استتاری است که بیشترین تطابق را با محیط عملیاتی داشته باشد.

۳-۱. معیارهای مؤثر بر استتار مناسب در محیط

با الهام از طبیعت و چگونگی استتار در حیوانات، به طور کلی دو عامل به هم وابسته اما به طور منطقی جدا از هم برای کاهش خطر تشخیص داده شدن، پیشنهاد شده است [۲۱].

- میزان همانندی تباین طرح با زمینه (ΔC)
- میزان همانندی رنگی طرح با زمینه (ΔE)

همان‌طور که اشاره شد، استتار مناسب نیروها، نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت عملیات نظامی دارد. انتخاب طرح استتاری مناسب برای یک محیط، از میان چندین طرح و با استفاده از روش بصری انجام می‌شود. این روش به دلیل وابستگی انتخاب، به میزان خبرگی و دقت مشاهده‌کنندگان و همچنین احتمال ناسازگاری میان نظرات کارشناسان، روش کارآمدی نمی‌باشد. بنابراین، استفاده از یک روش علمی با توجه به اهمیت بالای میزان کارایی طرح‌های استتاری نیروهای نظامی در مباحث استراتژیک نظامی و نقش تعیین‌کننده استتار نیروهای نظامی در موفقیت عملیات نظامی و عدم اعتماد به نتایج ارزیابی‌های بصری احساس می‌شود. با مطالعه منابع مربوط به استتار، تاکنون دو معیار تأثیرگذار در استتار شناسایی شده‌اند که عبارت از میزان همانندی تباین طرح با زمینه و میزان همانندی رنگی طرح با زمینه می‌باشند. مسئله مورد بحث در مقاله حاضر، انتخاب یک طرح استتاری از میان چندین طرح در یک محیط عملیاتی مدنظر و در واقع ارزیابی کمی طرح‌های استتاری البسه نظامی در محیط‌های عملیاتی گوناگون بر اساس معیارهای ΔE و ΔC می‌باشد. بنابراین، با توجه به ماهیت مسئله، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) برای حل آن مناسب است. یکی از روش‌های مطرح شده در حوزه MCDM، فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) است که توسط ساعتی ارائه شده است [۲۲]. این روش قادر به اعمال کلیه وابستگی‌ها از جمله وابستگی معیارها به یکدیگر می‌باشد. با توجه به ماهیت مسئله پیش رو که انواع وابستگی‌ها از جمله وابستگی معیارهای مدنظر یعنی ΔE و ΔC به یکدیگر وجود دارد، ANP روش مناسبی برای ارزیابی کمی طرح‌های استتاری می‌باشد. بنابراین، استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، می‌تواند جایگزین مناسبی به جای روش بصری به منظور نتیجه‌گیری دقیق‌تر باشد. با توجه به پیچیدگی و زمان‌بر بودن ANP به دلیل لزوم استفاده از نرم افزار SUPER DECISION، در یک روش ابتکاری فرمولی ارائه می‌شود که از نرم افزار مذکور بی‌نیاز گشته و در نتیجه سرعت و سهولت نتیجه‌گیری را تا حد قابل توجهی بالا می‌برد.

برای سازگاری قابل قبول در قضاوت‌ها، لزوماً باید CR کمتر از ۱/۱ باشد، در غیر این صورت از خبرگان خواسته می‌شود در نظرات خود تجدید نظر کنند.

با توجه به این‌که کلیه اطلاعات مورد نیاز در ارزیابی کمی طرح‌های استتاری قابل محاسبه می‌باشد، بنابراین نیازی به مرحله ۲-۲ یعنی مقایسات زوجی بر مبنای تحلیل‌های ذهنی نداشته و با توجه به اینکه از اطلاعات دقیق استفاده کرده و از تحلیل‌های ذهنی بهره نبرده، نرخ ناسازگاری در مرحله ۲-۳ صفر می‌باشد.

برای محاسبه کمی میزان همانندی تباین طرح‌ها با زمینه مدنظر (ΔC) و همچنین میزان همانندی رنگی طرح‌ها با زمینه مدنظر (ΔE) به طریق زیر عمل می‌شود:

محاسبه ΔC : در ابتدا میزان تباین برای هر سه محور H^1 (فام رنگ نظیر زرد، آبی، قرمز)، S^2 (میزان اشباع یا خلوص رنگی) و V^3 (ارزش یا روشنایی که شدت روشنایی رنگ را بیان می‌کند)، محاسبه می‌گردد. به بیان روشن‌تر، تباین در محور فام (C_H)، تباین در محور خلوص (C_S) و تباین در محور روشنایی (C_V) برای هر طرح و همچنین برای زمینه مورد نظر محاسبه می‌شود. در نهایت به‌منظور تخمین اختلاف تباین بین طرح و زمینه و در نتیجه محاسبه کمی میزان همانندی تباین طرح با زمینه مدنظر از رابطه زیر استفاده می‌شود [۲۵]:

$$\Delta C = \sqrt{(C_{H,P} - C_{H,B})^2 + (C_{S,P} - C_{S,B})^2 + (C_{V,P} - C_{V,B})^2} \quad (۲)$$

در رابطه فوق، اندیس P نشان دهنده طرح و اندیس B مشخصه زمینه می‌باشد.

محاسبه ΔE : دیگر عامل تأثیرگذار در موفقیت یک طرح استتاری، میزان مشابهت رنگی بین طرح و زمینه مدنظر می‌باشد. ساده‌ترین فرمول اختلاف رنگ که در عین حال به درک بصری نیز نزدیک می‌باشد، فرمول اختلاف رنگ 1976 CIELAB است که در اینجا نیز برای تخمین میزان همانندی رنگی بین طرح و زمینه استفاده شده است. بدین منظور میزان اختلاف رنگ برای میانگین مقادیر رنگی طرح و زمینه در فضای رنگ در سه محور L^* ، a^* و b^* با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\Delta E = \sqrt{(\bar{L}_P - \bar{L}_B)^2 + (\bar{a}_P - \bar{a}_B)^2 + (\bar{b}_P - \bar{b}_B)^2} \quad (۳)$$

که در آن، L^* محور روشنایی، a^* محور قرمز-سبز و b^* محور زرد-آبی می‌باشد [۱۷]. با در نظر گرفتن این مطلب که چشم، فواصل را به‌صورت نمایی درک نموده و با افزایش اختلافات رنگی از یک حدی دیگر حساسیت تغییر نمی‌کند.

در مقاله حاضر از تابع نمایی مطرح شده زیر برای نرمالیزه کردن مقادیر ΔC و ΔE استفاده می‌شود [۲۶]. این تابع نمایی به‌صورت زیر

- رابطه بازخوردی نشان داده شده در خوشه معیارها به این معناست که عناصر این خوشه یعنی ΔC و ΔE به یکدیگر وابسته می‌باشند.
- پیکان وارد شده از خوشه گزینه‌ها به معیارها به این معناست که معیارها به گزینه‌ها وابسته می‌باشند. در نظر گرفتن این وابستگی نیز منطقی است، زیرا معیارهای ΔC و ΔE دو معیار هم جنس هستند. مثلاً در خرید یک کالا، دو عامل هزینه خرید و هزینه حمل و نقل از یک جنس می‌باشند (قابل جمع شدن باهم هستند) ولی به‌صورت منطقی جدا از هم می‌باشند.
- پیکان وارد شده از خوشه معیارها به گزینه‌ها به این معناست که گزینه‌ها برای انتخاب شدن بر مبنای معیارهای ΔC و ΔE سنجیده می‌شوند. لازم به‌ذکر است در تمامی مدل‌های شبکه‌ای، لزوماً از خوشه معیارها به گزینه‌ها پیکان وارد می‌شود. منطق تعریف شده در مدل‌های شبکه‌ای این است که ارزش گزینه‌ها بر مبنای معیارها سنجیده می‌شود.

تشکیل ماتریس مقایسه دودویی و تعیین بردارهای اولویت: مقایسات زوجی را بر اساس تحلیل‌های ذهنی بین عناصر وابسته یک خوشه از لحاظ عنصر وابسته به آن که از همان خوشه یا خوشه دیگر است را انجام داده و این مقایسه‌ها برای همه خوشه‌ها انجام می‌شود. این مقایسه‌ها در ابتدا به‌صورت کیفی بوده و سپس در یک مقیاس عددی مطابق جدول (۱) کمی می‌گردد.

جدول ۱. مقدار عددی ترجیحات (قضاوت شخصی)

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شخصی)
۹	کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر
۱	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲,۴,۶,۸	ترجیحات بین فواصل فوق

سپس ماتریس‌های مقایسات زوجی را تشکیل داده و وزن‌های نسبی عناصر همانند روش AHP سنجیده می‌شود.

محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی: در این گام، خطای ناشی از ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی محاسبه می‌شود [۲۴]. این خطا توسط نسبت معروف همانند AHP محاسبه می‌شود.

مقدار شاخص ناسازگاری (CI) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (۱)$$

برای قضاوت انفرادی از رابطه $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$ و برای قضاوت گروهی از

رابطه $CI = \frac{\lambda_{max}}{n}$ استفاده می‌شود.

¹ Hue

² Saturation

³ Value

$$\Delta C \begin{bmatrix} 0 & 0.5 & \frac{\Delta C_1}{\Delta C_1 + \Delta E_1} & \frac{\Delta C_m}{\Delta C_m + \Delta E_m} \\ 0.5 & 0 & \frac{\Delta E_1}{\Delta C_1 + \Delta E_1} & \frac{\Delta E_m}{\Delta C_m + \Delta E_m} \\ \frac{1}{\Delta C_1} & \frac{1}{\Delta E_1} & 0 & 0 \\ \frac{1}{2 * \sum_{i=1}^m \frac{1}{\Delta C_i}} & \frac{1}{2 * \sum_{i=1}^m \frac{1}{\Delta E_i}} & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{\Delta C_m} & \frac{1}{\Delta E_m} & 0 & 0 \\ \frac{1}{2 * \sum_{i=1}^m \frac{1}{\Delta C_i}} & \frac{1}{2 * \sum_{i=1}^m \frac{1}{\Delta E_i}} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

شکل ۴. سوپرماتریس موزون برای مسئله

به‌دست آوردن وزن نهایی عناصر: ماتریس موزون آنقدر به توان رسانده می‌شود تا در هر سطر به همگرایی برسد. برای رسیدن به همگرایی و تسهیل محاسبات ریاضی از نرم‌افزار Super Decision استفاده می‌شود [۲۴].

$$\hat{W}^\infty = \lim_{k \rightarrow \infty} \hat{W}^k \quad (5)$$

اعداد همگرا شده برای هر یک از طرح‌های استتاری، نشان‌دهنده وزن نهایی مطلق آنها می‌باشد. با نرمالیزه درصدی، وزن نهایی نسبی آنها نسبت به هم به‌دست می‌آید. طرح استتاری با بالاترین وزن نهایی نسبی نشان‌دهنده کارآمدترین طرح استتاری برای محیط مدنظر می‌باشد. اگر W_{m_1} وزن نهایی مطلق گزینه‌ها باشد، وزن نهایی نسبی گزینه‌ها برابر است با:

$$\hat{W}_{m_1} = \frac{W_{m_1}}{\sum_{i=1}^m W_{m_i}} \quad (6)$$

به‌منظور ساده‌تر شدن محاسبات و عدم نیاز به نرم‌افزار خاص، یک اندیس ابتکاری پیشنهاد می‌شود که جواب‌های به‌دست آمده از این اندیس کاملاً با خروجی‌های حاصل از نرم‌افزار یکسان می‌باشد. فقط کافی است در هر مسئله مقادیر ΔC , ΔE را به‌دست آورده و سپس از اندیس ابتکاری زیر استفاده نمود:

$$I_i = ((0.5 + \sum_{i=1}^m \frac{\Delta C_i}{\Delta C_i + \Delta E_i}) \times \frac{\frac{1}{\Delta C_i}}{2 \sum_{i=1}^m \frac{1}{\Delta C_i}}) + ((0.5 + \sum_{i=1}^m \frac{\Delta E_i}{\Delta C_i + \Delta E_i}) \times \frac{\frac{1}{\Delta E_i}}{2 \sum_{i=1}^m \frac{1}{\Delta E_i}}) \quad (7)$$

طرح ها $i = 1, \dots, m =$

در مرجع [۲۸]، یک الگوریتم ابتکاری برای حل مسائل شبکه‌ای (ANP) ارائه شده است. با اعمال این الگوریتم بر سوپرماتریس موزون مسئله مدنظر که در شکل (۴) آمده است، اندیس ابتکاری ارائه شده به‌دست می‌آید و در نهایت مقادیر I_i به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\hat{I}_i = \frac{I_i}{\sum_{i=1}^m I_i} \quad i = 1, \dots, m = \text{تعداد طرح ها} \quad (8)$$

مقادیر \hat{I}_i با نتایج نرمالیزه‌شده از نرم‌افزار SUPER DECISION منطبق می‌باشد.

مقادیر ΔC و ΔE استفاده می‌شود [۲۶]. این تابع نمایی به‌صورت زیر تعریف شده است:

$$f = 1 - e^{-x/\gamma} \quad (4)$$

تشکیل سوپر ماتریس ناموزون (وزن‌دهی نشده): در ساختمان سوپرماتریس، هم گزینه‌ها هم معیارها و زیرمعیارها در سطرها و ستون‌ها آورده می‌شود و وزن‌های نسبی به‌دست آمده در ماتریس‌های مقایسات زوجی در این ماتریس قرار می‌گیرد و همچنین اگر عنصری دارای رابطه بازخوردی با خودش باشد در ارتباط با خودش در سوپر ماتریس نامتوازن مقدار ۱ می‌گیرد. شکل (۲) ساختار کلی سوپر ماتریس را نشان می‌دهد. عنصر e_{ij} از خوشه λ_m و w_{ik} ماتریس بلوکی است که نشان‌دهنده وزن برداری است که تحت تأثیر عنصر λ_m خوشه در ارتباط با خوشه λ_k قرار گرفته است.

$$W = \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & \dots & C_N \\ e_{11}e_{12} \dots e_{1n_1} & e_{21}e_{22} \dots e_{2n_2} & \dots & e_{n1}e_{n2} \dots e_{nn} \\ \begin{matrix} e_{11} \\ e_{12} \\ \vdots \\ e_{1n_1} \end{matrix} & \begin{matrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1N} \end{matrix} \\ \begin{matrix} e_{21} \\ e_{22} \\ \vdots \\ e_{2n_2} \end{matrix} & \begin{matrix} W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2N} \end{matrix} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \begin{matrix} e_{n1} \\ e_{n2} \\ \vdots \\ e_{nn} \end{matrix} & \begin{matrix} W_{N1} & W_{N2} & \dots & W_{NN} \end{matrix} \end{bmatrix}$$

شکل ۲. سوپرماتریس وزن‌دهی نشده [۲۸]

در صورت وابستگی بین خوشه‌ها، ماتریس مقایسات زوجی خوشه‌ها را تشکیل داده و مانند روش AHP وزن‌های نسبی خوشه‌ها به‌دست آورده می‌شود و در ماتریسی به نام ماتریس خوشه‌ای وارد می‌شود. سوپرماتریس ناموزون برای مسئله مدنظر، به صورت شکل (۳) تعریف می‌شود:

$$\Delta C \begin{bmatrix} 0 & 1 & \frac{\Delta C_1}{\Delta C_1 + \Delta E_1} & \frac{\Delta C_m}{\Delta C_m + \Delta E_m} \\ 1 & 0 & \frac{\Delta E_1}{\Delta C_1 + \Delta E_1} & \frac{\Delta E_m}{\Delta C_m + \Delta E_m} \\ \frac{1}{\Delta C_1} & \frac{1}{\Delta E_1} & 0 & 0 \\ \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{\Delta C_i}} & \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{\Delta E_i}} & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{\Delta C_m} & \frac{1}{\Delta E_m} & 0 & 0 \\ \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{\Delta C_i}} & \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{\Delta E_i}} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

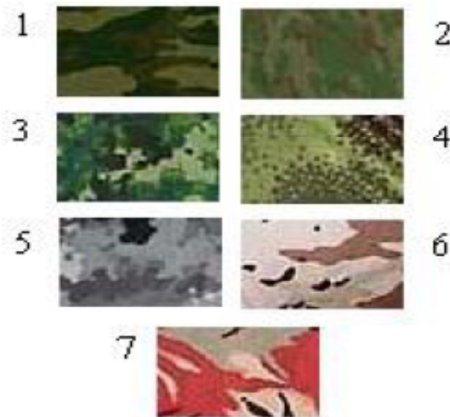
شکل ۳. سوپرماتریس ناموزون برای مسئله

تشکیل سوپر ماتریس موزون (وزن‌دهی شده) (\hat{W}): در این مرحله سوپر ماتریس موزون (\hat{W}) از طریق ضرب مقادیر سوپرماتریس ناموزون در ماتریس خوشه‌ای و نرمالیزه کردن هر ستون سوپرماتریس ناموزون به‌دست می‌آید [۲۷]. سوپرماتریس موزون برای مسئله حاضر به‌صورت شکل (۴) تعریف می‌شود:

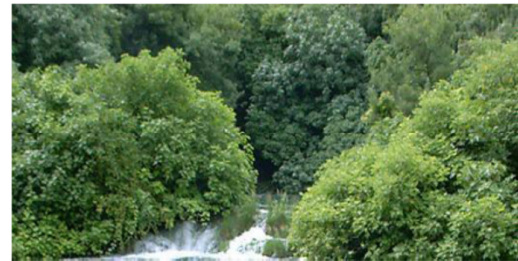
۳. مطالعات موردی

۳-۱. مطالعه موردی اول

به منظور بررسی میزان کارایی این روش حل ابتکاری در ارزیابی کمی طرح‌های استتاری البسه نظامی از مطالعه موردی به کار برده شده در مرجع [۱۷] استفاده شده است. در این مطالعه موردی، هفت طرح انتخابی نسبت به یک زمینه انتخابی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن در شکل (۵) و (۶) ارائه شده است:



شکل ۵. هفت طرح انتخابی مطالعه موردی اول



شکل ۶. زمینه انتخابی مورد مطالعاتی اول

محاسبه ΔC و ΔE : در ابتدا ΔC و ΔE را محاسبه کرده و نتایج

آن در جدول (۳) نمایش داده شده است.

تشکیل سوپر ماتریس موزون: سوپر ماتریس موزون مسئله، به صورت جدول (۴) تشکیل داده می‌شود. سپس به جای به توان رساندن سوپر ماتریس موزون با نرم افزار ذکر شده، به راحتی با استفاده از روابط (۷) و (۸) وزن هر طرح به دست می‌آید. همچنین برای این مطالعه موردی وزن‌های مطلق طرح‌ها در جدول (۵) و وزن‌های نسبی طرح‌ها در جدول (۶) نمایش داده شده‌اند.

جدول ۳. میزان تباین طرح‌ها و زمینه مذکور در هر سه محور فام، خلوص، روشنایی به همراه اختلاف تباین و اختلاف رنگ طرح‌ها و زمینه برای هر طرح

	تباین در محور فام C_{II}	تباین در محور خلوص C_S	تباین در محور روشنایی C_E	اختلاف تباین ΔC	اختلاف رنگ طرح و زمینه ΔE
زمینه	۰/۰۴۱۰	۰/۰۳۵۶	۰/۰۱۹۲	-	-
طرح ۱	۰/۰۴۶۴	۰/۰۶۴۴	۰/۰۳۳۹	۰/۴۰۰۳۱	۰/۸۹۲۷
طرح ۲	۰/۰۴۹۷	۰/۰۲۶۷	۰/۰۵۸۷	۰/۴۱۴۱۴	۰/۶۹۷۲
طرح ۳	۰/۰۴۶۸	۰/۰۲۷۰	۰/۰۲۱۳	۰/۰۱۰۵۸۳	۰/۵۶۶۶
طرح ۴	۰/۰۵۲۹	۰/۰۳۰۲	۰/۱۷۱۱	۰/۱۵۲۴۶۱	۰/۶۵۶۴
طرح ۵	۰/۰۴۱۴	۰/۱۸۱	۰/۰۷۱۰	۰/۰۵۴۶۷۸	۰/۹۳۶۰
طرح ۶	۰/۱۱۳۱	۰/۰۲۷۸	۰/۰۲۰۱	۰/۰۷۲۵۲۶	۰/۹۶۵۷
طرح ۷	۰/۰۸۲۶	۰/۰۶۰۰	۰/۰۶۵۸	۰/۰۶۷۰۶۳	۰/۹۹۱۲

همان‌طور که بیان شد طرح‌ها با وزن نهایی نسبی بالاتر برای استتار در زمینه مدنظر مطلوب‌تر می‌باشند. با توجه به مقادیر ΔC در جدول (۶) طرح ۳ به عنوان برترین طرح برای استتار در زمینه مدنظر انتخاب می‌شود و بعد از این، طرح‌های ۲-۴-۵-۶-۷ قرار می‌گیرند. لازم به ذکر است نتایج با نظرات مشاهده‌کنندگان آورده شده در [۱۷] کاملاً منطبق می‌باشد.

همان‌طور که از جدول (۷) قابل مشاهده می‌باشد، نتایج به یکدیگر بسیار نزدیک و ترتیب انتخاب طرح‌ها با یکدیگر در روش ابتکاری و نرم‌افزار تفاوتی ندارد.

جدول ۴. سوپر ماتریس موزون مطالعه موردی اول

	ΔC	ΔE	طرح ۱	طرح ۲	طرح ۳	طرح ۴	طرح ۵	طرح ۶	طرح ۷
ΔC	۰	۰/۵	۰/۰۴۲۹	۰/۰۵۶۱	۰/۰۱۸۳	۰/۱۸۸۵	۰/۰۵۵۲	۰/۰۶۹۹	۰/۰۶۳۴
ΔE	۰/۵	۰	۰/۹۵۷۱	۰/۹۴۳۹	۰/۹۸۱۷	۰/۸۱۱۵	۰/۹۴۴۸	۰/۹۳۰۱	۰/۹۳۶۶
طرح ۱	۰/۰۶۳۳	۰/۰۶۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
طرح ۲	۰/۰۶۱۲	۰/۰۸۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
طرح ۳	۰/۲۳۹۶	۰/۰۹۸۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
طرح ۴	۰/۰۱۶۶	۰/۰۸۵۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
طرح ۵	۰/۰۴۶۴	۰/۰۵۹۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
طرح ۶	۰/۰۳۵	۰/۰۵۷۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
طرح ۷	۰/۰۳۷۸	۰/۰۵۶۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۵. وزن‌های مطلق طرح‌ها

I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7
۰/۰۶۲۶	۰/۰۷۷۷	۰/۱۱۶۱	۰/۰۷۶۶	۰/۰۵۸	۰/۰۵۵	۰/۰۵۴

جدول ۶. وزن‌های نهایی نسبی طرح‌ها

\hat{I}_1	\hat{I}_2	\hat{I}_3	\hat{I}_4	\hat{I}_5	\hat{I}_6	\hat{I}_7
۰/۱۲۵۲۸	۰/۱۵۵۴۷	۰/۳۳۲۱۴	۰/۱۵۳۱۱	۰/۱۱۶	۰/۱۰۹۹۵	۰/۱۰۸۰۵

جدول ۷. مقایسه نتایج نرم‌افزار با نتایج روش ابتکاری مطالعه موردی اول

	نتایج روش ابتکاری	نتایج نرم‌افزار
طرح ۱	۰/۱۲۵۲۸	۰/۱۲۹
طرح ۲	۰/۱۵۵۴۷	۰/۱۵۶
طرح ۳	۰/۳۳۲۱۴	۰/۳۲
طرح ۴	۰/۱۵۳۱۱	۰/۱۵۱
طرح ۵	۰/۱۱۶	۰/۱۲
طرح ۶	۰/۱۰۹۹۵	۰/۱۱۴
طرح ۷	۰/۱۰۸۰۵	۰/۱۱

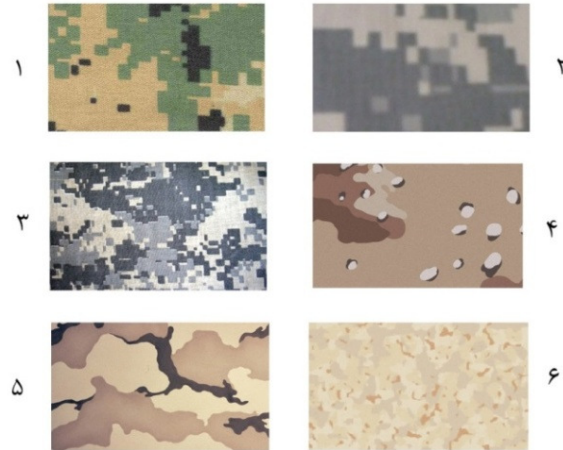
وزن‌های مطلق طرح‌ها در جدول (۹) و وزن‌های نسبی طرح‌ها در جدول (۱۰) نمایش داده شده‌اند. با توجه به مقادیر \hat{I}_1 طرح ۴، بهترین طرح استتاری برای زمینه مدنظر انتخاب می‌شود و بعد از این طرح، به ترتیب طرح‌های ۵-۶-۳ قرار می‌گیرند. در این مسئله نیز با توجه به جدول (۱۱) نتایج حاصل از نرم‌افزار و روش ابتکاری، کاملاً با یکدیگر هم‌خوانی دارند و ترتیب انتخاب طرح‌ها با یکدیگر تفاوتی ندارد.



شکل ۸. زمینه انتخابی مورد مطالعاتی دوم

۲-۳. مطالعه موردی دوم

در این مطالعه موردی، شش طرح انتخابی (شکل ۷) نسبت به یک زمینه انتخابی (شکل ۸) مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۷. شش طرح انتخابی مطالعه موردی دوم

محاسبه ΔE ، ΔC : در ابتدا ΔC و ΔE محاسبه شده و نتایج آن در جدول (۸) نمایش داده شده است. سپس برای این مطالعه موردی

جدول ۸. میزان تباین طرح‌ها و زمینه مذکور در هر سه محور فام، خلوص، روشنایی به همراه اختلاف تباین و اختلاف رنگ طرح‌ها و زمینه برای هر طرح

	C_H	C_S	C_V	ΔC	ΔE	ΔC_n	ΔE_n
زمینه	۰/۰۳۳۶	۰/۰۱۷۲	۰/۰۲۴۸	-	-	-	-
طرح ۱	۰/۰۲۰۵	۰/۰۱۹۱	۰/۰۷۳۴	۰/۰۵۰۳	۰/۰۹۵۸	۱۰/۶۵۸	۰/۶۵۵۵
طرح ۲	۰/۰۷۸۷	۰/۰۲۵۱	۰/۰۷۵۲	۰/۰۶۸۱	۰/۱۲۷۳	۱۵/۹۱۶	۰/۷۹۶۴
طرح ۳	۰/۰۷۰۷	۰/۰۱۸۱	۰/۰۸۵۲	۰/۰۷۰۹	۰/۱۳۲۲	۱۸/۴۷۲	۰/۸۴۲۳
طرح ۴	۰/۰۱۸۷	۰/۰۳۳۵	۰/۰۵۷۲	۰/۰۳۹۲	۰/۰۷۵۵	۲/۳۲۳	۰/۲۰۷۴
طرح ۵	۰/۰۳۶۶	۰/۰۱۷	۰/۰۱۲۴	۰/۰۹۵۵	۰/۱۸۰۴	۷/۵۵۱۶	۰/۵۳۰۱
طرح ۶	۰/۰۱۸	۰/۰۲۵۹	۰/۰۵۶۸	۰/۰۳۶۶	۰/۰۷۰۶	۲۳/۳۷	۰/۹۰۳۴

جدول ۹. وزن‌های مطلق طرح‌ها

I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
۰/۴۸۹۰۱۳	۰/۳۹۳۱۴۴	۰/۳۷۳۴۵۹	۱/۲۹۴۷۰۱	۰/۵۱۱۱۳۶	۰/۴۳۸۵۴۷

جدول ۱۰. وزن‌های نهایی نسبی طرح‌ها

\hat{I}_1	\hat{I}_2	\hat{I}_3	\hat{I}_4	\hat{I}_5	\hat{I}_6
۰/۱۳۹۷۱۸	۰/۱۱۲۳۲۷	۰/۱۰۶۷۰۳	۰/۳۶۹۹۱۵	۰/۱۴۶۰۳۹	۰/۱۲۵۲۹۹

جدول ۱۱. مقایسه نتایج نرم‌افزار با نتایج روش ابتکاری مطالعه موردی اول

	نتایج روش ابتکاری	نتایج نرم‌افزار
طرح ۱	۰/۱۳۹۷۱۸	۰/۱۴۱
طرح ۲	۰/۱۱۲۳۲۷	۰/۱۰۹
طرح ۳	۰/۱۰۶۷۰۳	۰/۱۰۱
طرح ۴	۰/۳۶۹۹۱۵	۰/۳۷۴
طرح ۵	۰/۱۴۶۰۳۹	۰/۱۵۲
طرح ۶	۰/۱۲۵۲۹۹	۰/۱۲۴

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت بالای میزان کارایی طرح‌های استتاری در مباحث استراتژیک نظامی و نقش تعیین‌کننده استتار در موفقیت عملیات نظامی، لزوم ارائه روشی مناسب و کارا بر مبنای منطق علمی با دقت بالا برای ارزیابی و مقایسه و در نهایت انتخاب طرح‌های استتاری احساس می‌شود. برای این منظور، روش‌های کمی که کارایی آنها به اثبات رسیده از جمله روش‌های موجود در تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) در این زمینه می‌تواند کارساز باشد. یکی از روش‌های مطرح شده در حوزه MCDM، فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) است. این روش قادر به اعمال کلیه وابستگی‌ها از جمله وابستگی معیارها به یکدیگر می‌باشد. با توجه به ماهیت مسائل استتار که انواع وابستگی‌ها از جمله وابستگی معیارهای مدنظر یعنی ΔE و ΔC به یکدیگر وجود دارد، ANP مناسب‌ترین روش برای ارزیابی کمی طرح‌های استتاری است. با توجه به اینکه این روش دارای فرایندی طولانی و پیچیده می‌باشد، یک اندیس ابتکاری به منظور افزایش سرعت و سهولت انجام کاربر مبنای ANP، معرفی شد که دارای فرایند ساده بوده و با همان دقت و بدون پیچیدگی محاسباتی ANP، استفاده از این روش و همچنین نرم‌افزار مذکور را بی‌نیاز می‌سازد. در نهایت در دو مطالعه موردی واقعی کارایی و نتایج روش پیشنهادی نشان داده شد.

۵. مراجع

- [3] Chang, C. C. "Visual Assessment of Camouflaged Targets with Different Background Similarities"; *Percept. Motor Skill* 2012, 114, 527-541.
- [4] Venezia, J.; Hepfinger, L. "Using a Constructive Simulation to Assess the Survivability of Various Camouflage Patterns"; *Army Natick Soldier Research, Development and Eng. Center*, 2012.
- [5] Fakin, D.; Ojstrsek, A. "The Effect of Camouflage Shades on Clothing's Low Visibility"; *Colour—Effects & Affects. Proc. Interim Meeting Int. Colour Assoc.*, 2008.
- [6] Behrens, R. P. "The Role of Artists in Ship Camouflage During World War"; *Leonardo* 2006, 32, 53-59.
- [7] Delouche, D. "Cubisme et Camouflage"; *Guerres Mondiales et Conflits Contemporains* 1993, 171, 123-137.
- [8] Behrens, R. P. "The Weave (and Warp) of Invention"; *J. Creat. Behav.* 1974, 8, 81-92.
- [9] Cott, H. B. "Adaptive Coloration in Animals"; *Methuen & Co.*, UK London, 1940.
- [10] Thayer, G. H. "Concealing-Coloration in the Animal Kingdom: an Exposition of the Laws of Disguise through Color and Pattern"; *The Macmillan Co.*, New York, 1909.
- [11] Dugas, A. "Universal Camouflage for the Future Warrior"; *Proceedings of the 4th Int. Conf. Safety and Protective Fabrics: Solutions and Opportunities for the Safety and Protective Fabrics Industry*, Industrial Fabrics Association Int., 2004.
- [12] Friškovec, M.; Gabrijelčič, H. "Development of a Procedure for Camouflage Pattern Design"; *Fibres & Textiles in Eastern European* 2010, 18, 68-76.
- [13] Cole, B. L.; Jenkins, S. E. "The Effect of Variability of Background Elements on the Conspicuity of Objects"; *Vision Res.* 1984, 24, 261-270.
- [14] Pelli, D. G.; Tillman, K. A. "The Uncrowded Window of Object Recognition"; *Nat. Neurosci.* 2008, 11, 1129-1135.
- [15] Tankus, A.; Yeshurun, Y. "A Model for Visual Camouflage Breaking"; in *Proc. of the 1st IEEE Int. Workshop on Biologically Motivated Computer Vision* 2000, 139-149.
- [16] Cramer, G. "The Science of Digital Camouflage Design"; <https://www.Hyperstealth.Com/Digitaldesign/Index.Html>.
- [17] Gorji Kandi, S.; Amani Tehran, M. "Quantitative Assessment of Camouflage Patterns"; *Passive Defence Quarterly* 2010, 3, 51-57, (In Persian).
- [1] Baumbach, J. "Colour and Pattern Composition to Blend Objects into a Natural Environment"; *Colour—Effects & Affects. Proc.*, 2008.
- [2] Billock, V. A.; Cunningham, D. W.; Tsou, B. H. "What Visual Discrimination of Fractal Textures Can Tell Us About Discrimination of Camouflaged Targets"; *Human Factors Issues in Combat Identification Workshop* Ashgate Pub., 2008.

- [23] Saaty, T. L. "The Analytic Network Process"; Springer US, 2006, 95, 1-26.
- [24] Saaty, T. L. "Decision Making in Complex Environments"; Super Decisions, 2003.
- [25] Hanmandlu, M.; Jha, D.; Sharma, R. "Color Image Enhancement by Fuzzy Intensification"; Pattern Recognition Letters 2003, 24, 81-87.
- [26] Yoon, K. J.; Kweon, I. S. "Color Image Segmentation Considering the Human Sensitivity for Color Pattern Variations"; SPIE Photonics Boston 2001: Intelligent Robot and Computer Vision XX: Algorithms, Techniques and Active Vision, 4572, pp. 269-278, 2001.
- [27] Saaty, T. L.; Vargas, L. G. "Decision Making with the Analytic Network Process"; Springer, 2006.
- [28] Ahamdvand, A.; Farhadzare, B. "SIMANP Hueristic Method for Solving Analytical Network Process Method"; Innovation and Creativity in Human Sci. 2012, 3, 168-188 (In Persian).
- [18] Shafiei, S. M.; Amani Tehran, M.; Gorji Kandi, S. "Providing a Designing Assistant Software Predicting the Effectiveness of Camouflage Patterns"; J. Passive Defence Sci. Tech. 2011, 5, 231-239 (In Persian).
- [19] Sedaghat, A.; Dehghani, H. "An Efficient Camouflage Assessment Approach for Remote Sensing Images"; J. Passive Defence Sci. Tech. 2012, 6, 295-306 (In Persian).
- [20] Aumbach, J. "Colour and Pattern Composition to Blend Objects Into a Natural Environment"; Association Internationale De La Couleur (AIC), 2008.
- [21] Merilaita, S.; Lind, J. "Background-Matching and Disruptive Coloration, and the Evolution of Cryptic Coloration"; In Proc. of the Royal Soc. B, 2005, 272, 665-670.
- [22] Saaty, T. L. "Decision Making with Dependence and Feedback: the Analytic Network Process"; Second Ed., RWS Pub., Pittsburg, 2001a.