محبه علمی بژوبش «علوم وفناوری *پ*هی پدافند نوین»

سال پنجم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳؛ ص ۱۷–۹

یک روش ابتکاری مبتنی بر ANP برای ارزیابی

و مقایسه طرحهای استتاری لباسهای نظامی

مسعود مصدق خواه* ، بهروز فرهاد زارع ، هاتف فتوحى ، محمدباقر مختارى ً

۱ - دانشیار ۲ - کارشناس ارشد، دانشگاه جامع امام حسین (ع)
 (دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۱۸, پذیرش:۱۳۹۲/۰۹/۲۶)

چکیدہ

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 می شود. این روش به دلیل وابستگی انتخاب، به میزان خبرگی و دقت مشاهده کنندگان و همچنـین احتمال ناسازگاری میان نظرات کارشناسان، روش کارامدی نمی باشد. با مطالعه منابع مربوط، تاکنون دو معیار تأثیرگذار در استتار شناسایی شده اند کـه شامل میزان همانندی تباین طرح با زمینه و میزان همانندی رنگی طرح با زمینه می باشند. با توجه به وابستگی این دو معیار به یکدیگر، استفاده از روش فرایند تحلیل شبکهای (ANP)، می تواند جایگزین مناسبی برای روش بصری، به منظور نتیجه گیری دقیق تر باشد. در مقاله حاضر با توجه به پیچیدگی و زمان بر بودن محاسبات روش ANP و لزوم استفاده از نرمافزار SUPER DECSION با استفاده از یک روش ابتکاری، فرمولی ارائه می شود که از نرمافزار مذکور بی نیاز گشته و در نتیجه، سرعت و سهولت نتیجه گیری را تا حد قابل توجهی بالا می برد. دقت این روش با نتی روش با نتایج

كليد واژهها: طرحهاى استتارى، فرايند تحليل شبكهاى (ANP)، البسه نظامى، روش ابتكارى.

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

Advanced Defence Sci. & Tech., 2014, 4, 9-17

۱. مقدمه

استتار مناسب نیروهای نظامی نقش تعیین کنندهای در کاهش تلفات و در نتیجه موفقیت در مأموریتها وعملیات نظامی، بهویژه در عملیات شناسایی که نیروها باید بدون اطلاع نیروهای دشمن تحرکات آنها را رصد نمایند، دارا می باشد. به تازگی یژوهشها و تمایلات زیادی برای طراحی پوشش های 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 جـورجس بـراک [۷ و ۸] بودهاند. اصول طراحی، اغلب از طبیعت الهام گرفته می شدند و بر اساس اصول بیولوژیکی مانند ادغام با طبیعت بودهاند [۱۰ و ۹]. 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 شئ در طبیعت، بهمیزان جزئیات و ترکیب ساختاری صحنه بستگی دارد [۱۳ و ۱۴]. با وجود انجام مطالعاتی در زمینه نجوه ارزیابی كارايي طرحهاي استتارى البسه نظامي توسط روش هاي محاسباتي، یکی از پرکاربردترین روشهای ارزیابی، ارزیابیهای بصری میباشد [۱۵].

در ارزیابیهای بصری، مدت زمانی که طول میکشد تا فرد مشاهده کننده جسم مستور را از فاصله تعیین شده تشخیص دهد معیار ارزیابی بصری تلقی شده که هر چه ایـن مقـدار بیشـتر باشـد، طرح استتاری نیز بهتر است [۱۶]. گرجی و امانی [۱۷] عوامل مـؤثر 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. شفیعی و همکاران [۱۸] نـرمافـزاری را برای ارزیابی میزان کارایی طرحهای استتاری ارائه نمودهاند که با داشتن تصاویری از محیط استتاری، طرح استتاری و شیئ استتار شده، آزمونی را طرح می کند 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 ارائه شده از تناظر الگو و الگوریتم کارامد استخراج عارضه UR-SIFT جهت ارزيابی کیفیت استتار در تصاویر سنجش از دور استفاده شده است.

۱–۱. استتار

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

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 اصولي استتار عبارتند از:
 - مخفى نمودن[†]
 - همگونسازی^۵
 - شبيەسازى

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

همگونسازی: همگونسازی، به کارگیری وسایل استتار در بالا و اطراف هدف میباشدبهطوری که با زمینه طبیعی اطراف آن، نوعی همآمیختگی ایجاد نموده و هدف،جزئی از زمینه بهنظر آید. برای مثال، سرباز با استفاده از پماد سیاه کننده 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 هدف های حقیقی و اصلی میشود. انتخاب نوع و روش استتار به عواملی چون موضوع، زمان استتار، وضعیت استتار و موقعیت محیطی بستگی دارد.

۲-۱. تقسیم،بندی استتار

استتار با توجه به تقسیم بندی دیگری به دو دسته نظامی و شکاری تقسیم می شود که استتار نظامی خود به دو دسته دور و نزدیک دسته بندی می شود. استتار دور، مربوط به مناطق تجمع نیروها، نیروهای لجستیکی، مواضع تو پخانه، ادوات، قرارگاهها، مقرها و غیره است که به لحاظ دید مستقیم از انضباط کاملی بر خوردار نیست و تنها از طریق دیده بان نفوذی، نیروی هوایی و غیره قابل شناسایی است. استتار نزدیک مربوط به مناطق خیلی نزدیک به دشمن است که می توان با چشم غیر مسلح؛ نفرات، تجهیزات و سلاح آنان را مشاهده و مورد اصابت قرار داد. استتار نزدیک به دو روش انجام می پذیرد:

الف – استفاده از استتار طبیعی:در این استتار تجهیزات و نفرات توسط اجزاء طبیعت استتار می شوند.

¹ Georges Braque

² Camouflage

³ Concealment

⁴ Hiding

⁵ Blending

⁶ Distinguishing

ب- استفاده از استتار مصنوعی: این نوع از استتار بهوسیله انسان بهوجود 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.

۱–۳. معیارهای مؤثربراستتار مناسب در محیط

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

- میزان همانندی تباین طرح با زمینه (Δ۵)
- میزان همانندی رنگی طرح با زمینه (ΔE)

همانطور که اشاره شد، استتار مناسب نیروها، نقش تعیین کنندهای در موفقیت عملیات نظامی دارد. انتخاب طرح استتاری مناسب برای یک محیط، از میان چندین طرح و با استفاده از روش بصرى انجام مى شود. اين روش بەدليل وابستگى انتخاب، بهمیزان خبرگی و دقت مشاهده کنندگان و همچنین احتمال ناسازگاری میان نظرات کارشناسان، روش کارامدی نمی باشد. بنابراین، استفاده از یک روش علمی با توجه به اهمیت بالای میزان كارایی طرحهای استتاری نیروهای نظامی در مباحث استراتژیک نظامی و نقش تعیین کننده استتار نیروهای نظامی در موفقیت عملیات نظامی و عدم اعتماد به نتایج ارزیابی های بصری احساس می شود. با مطالعه منابع مربوط به استتار، تاکنون دو معیار تأثیر گذار 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 محیط های عملیاتی گوناگون بر اساس معیارهای ΔE و ΔE میباشد. بنابراین، با توجه به ماهیت مسئله، روشهای تصمیم گیری چندمعیاره (MCDM) برای حل آن مناسب است. یکی از روشهای طرحشده 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 می باشد. بنابراین، استفاده از روش فرایند تحلیل شبکهای (ANP)، مىتواند جايگزين مناسبى بەجاي روش بصرى بەمنظور نتيجە گيرى دقیق تر باشد. با توجه به پیچیدگی و زمان بر بودن ANP بهدلیل لزوم استفاده از نرمافزار SUPER DECSION، دریک روش ابتکاری فرمولی ارائه می شود که از نرمافزار مذکور بی نیاز گشته و در نتیجه سرعت و سهولت نتیجه گیری را تا حـد قابـل تـوجهی بـالا مـی.برد.

در واقع، بهجای حد سوپرماتریس موزون و لزوم استفاده از نـرمافزار مذکور، با فرمولی ابتکاری میزان ارجحیت طـرحها بـهدست آورده میشود. دقت این روش با نتایج بهدست آمده از نرمافزار 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 افـزایش مییابد.

۲. روش تحقیق

مراحل این تحقیق که بر پایـه روش ANP مـیباشـد، بـه شـرح زیـر است [۲۳]:

ساخت مـدل و تبـدیل مسئله/موضـوع بـه یـک سـاختار

شبکهای: ساخت مدل شامل مراحل زیر میباشد:

- تعريف مسئله و هدف آن.
- تعیین معیارها و گزینههای تصمیم گیری.
- 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 میباشـد. در شکل (۱) ساختار شبکهای مسئله نشان دادهشده است:



شکل ۱. ساختار شبکهای مسئله

معیار ΔC میزان همانندی تباین طرح با زمینه و معیار ΔE میـزان همانندی رنگی طرح با زمینه را بیان میکنـد. در ایـن مـدل تفسـیر فلشهای کشیده شده از خوشهها به یکدیگر بهصورت زیر میباشد:

- رابطه بازخوردی نشان داده شده در خوشه معیارها به این معناست که عناصر این خوشه یعنی ΔC و ΔE به یکدیگر وابسته می اشند.
- پیکان وارد شده از خوشه گزینهها به معیارها به این معناست که معیارها به گزینهها وابسته میباشند. درنظر گرفتن این وابستگی نیز منطقی است، زیرا معیارهای ΔΔ و ΔΔ 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 به صورت منطقی جدا از هم میباشند.
- پیکان وارد شده از خوشه معیارها به گزینه ها به این معناست که گزینه ها برای انتخاب شدن بر مبنای معیارهای ΔC و ΔC سنجیده میشوند. لازم به ذکراست در تمامی مدل های شبکه ای، لزوماً از خوشه معیارها به گزینه ها پیکان وارد می شود. منطق تعریف شده در مدل های شبکه ای این است که ارزش گزینه ها بر مبنای معیارها سنجیده می شود.

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 می شود. این مقایسهها در ابتدا به صورت کیفی بوده و سپس دریک مقیاس عددی مطابق جدول (۱) کمی می گردد.

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شخصی)
٩	كاملاً مهم تر يا كاملاً مطلوب تر
٧	اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	اهمیت یا مطلوبیت قوی
٣	کمی مهمتر یا کمی مطلوبتر
١	اهميت يا مطلوبيت يكسان
۲،۴،۶،۸	ترجيحات بين فواصل فوق

د (قضاوت شخصی)	عددى ترجيحات	۱ .مقدار	جدول
----------------	--------------	-----------------	------

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 می
شود: $CR = \frac{CI}{RI}$ (۱)

برای قضاوت انفرادی از رابطه $\frac{\lambda_{max}-n}{n-1} = CI$ و برای قضاوت گروهـی از رابطه CI = $\frac{\lambda_{max}}{n}$ استفاده میشود.

برای سازگاری قابل قبول در قضاوتها، لزوماً باید CR کمتر از ۰/۱ باشد، در غیر این صورت از خبرگان خواسته می شود در نظرات خود تجدید نظر کنند.

با توجه به این که کلیه اطلاعات مورد نیاز در ارزیابی کمی طرحهای استتاری قابل محاسبه می باشد، 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 می باشد.

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 Δ۵: در ابتدا میزان تباین برای هر سه محور ^۱^۱ (فام رنگ نظیر زرد، آبی، قرمز)، ^۲۵ (میزان اشباع یا خلوص رنگی) و ^۷۷ (ارزش یا روشنایی که شدت روشنایی رنگ را بیان میکند)، محاسبه میگردد. به بیان روشن تر، تباین در محور فام (_HC)، تباین در محور خلوص (_CS) و تباین در محور روشنایی (_VC) برای هر طرح و همچنین برای زمینه مورد نظر محاسبه می شود. در نهایت به منظور تخمین اختلاف تباین بین طرح و زمینه و در نتیجه محاسبه کمی میزان همانندی تباین طرح با زمینه مد نظر از رابطه زیر استفاده می شود [۲۵]:

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

ر رابطه فوق، اندیس ²نشان دهنده طرح و اندیس B مشحصه زمینه یباشد.

محاسبه ΔE دیگر عامل تأثیرگذار در موفقیت یک طرح استتاری، میزان مشابهت رنگی بین طرح و زمینه مد نظر می اشد. ساده ترین فرمول اختلاف رنگ که درعین حال به درک بصری نیز نزدیک می اشد، فرمول اختلاف رنگ IOPE 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 ^{*} d با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد:

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

که در آن، ^L محور روشنایی، ^{*} محور قرمز- سبز و ^{*} d 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

¹ Hue

² Saturation

³ Value

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

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

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. *زاع* عنصر زام از خوشه اام و *برا* ماتریس بلوکی است که نشاندهنده وزن برداری است که تحت تأثیر عنصر آام خوشه در ارتباط با خوشه اام قرار گرفته است.



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

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

شکل ۳. سوپرماتریس ناموزون برای مسئله

تشکیل سوپر ماتریس موزون (وزندهی شده) (⁽): در این مرحله سوپر ماتریس موزون (⁽)) از طریق ضرب مقادیر سوپرماتریس ناموزون در ماتریس خوشهای و نرمالیزه کردن ها ساون سوپرماتریس ناموزون بهدست میآید [۲۷]. سوپرماتریس موزون برای مسئله حاضر به صورت شکل (۴) تعریف میشود:

$$\Delta C \begin{bmatrix} 0 & 0.5 & \frac{\Delta C_1}{\Delta C_1 + \Delta E_1} & \frac{\Delta C_m}{\Delta C_m + \Delta E_m} \\ 0.5 & 0 & \frac{\Delta E_1}{\Delta C_1 + \Delta E_1} & \dots & \frac{\Delta E_m}{\Delta C_m + \Delta E_m} \\ \frac{1}{2 * \sum_{l=1}^{m} \frac{1}{\Delta C_1}} & \frac{1}{2 * \sum_{l=1}^{m} \frac{1}{\Delta E_1}} & 0 & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{2 * \sum_{l=1}^{m} \frac{1}{\Delta C_l}} & \frac{1}{2 * \sum_{l=1}^{m} \frac{1}{\Delta E_1}} & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

شکل ۴. سوپرماتریس موزون برای مسئله

(8)

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].

$$\dot{W}^{\infty} = \lim_{k \to \infty} \dot{w}^k \tag{(b)}$$

اعداد همگرا شده برای هر یک از طرحهای استتاری، نشاندهنده وزن نهایی مطلق آنها می اشد. با نرمالیزه درصدی، وزن نهایی نسبی آنها نسبت بههم بهدست می آید. طرح استتاری با بالاترین وزن نهایی نسبی نشاندهنده کار امدترین طرح استتاری برای محیط مدنظر می باشد. اگر ایاW وزن نهایی مطلق گزینه ها باشد، وزن نهایی نسبی گزینه ها برابر است با:

$$\hat{W}_{m_i} = \frac{W_{m_i}}{\sum_{i=1}^m W_{m_i}}$$

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

$$I_{i} = ((0.5 + \sum_{i=1}^{m} \frac{\Delta C_{i}}{\Delta C_{i} + \Delta E_{i}}) \times \frac{\frac{1}{\Delta C_{i}}}{2\sum_{i=1}^{m} \frac{1}{\Delta C_{i}}}) + ((0.5 + \sum_{i=1}^{m} \frac{\Delta E_{i}}{\Delta C_{i} + \Delta E_{i}}) \times \frac{\frac{1}{\Delta E_{i}}}{2\sum_{i=1}^{m} \frac{1}{\Delta E_{i}}})$$

$$i = 1, \dots m = 4c \times 4d$$
(V)

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 if بهصورت زیر بهدست میآید:

$$\hat{I}_{i} = \frac{I_{i}}{\sum_{i=1}^{m} I_{i}} \quad i = 1, ..., m = x$$

مقادیر if با نتایج نرمالیزهشده از نرمافزار SUPER DECSION منطبق میباشد.

۳. مطالعات موردی ۳-۱. مطالعه موردی اول

بهمنظور بررسی میزان کارایی این روش حل ابتکاری در ارزیابی کمی طرحهای استتاری البسه نظامی از مطالعه موردی به کاربرده 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 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.

مطالعه موردى اول	موزون	ماتريس	سوپر	۴.	مدول
------------------	-------	--------	------	----	------

تشكیل سوپرماتریس موزون: سوپرماتریس موزون مسئله،
بهصورت جدول (۴) تشکیل داده میشود. سـپس بـهجـای بـه تـوان
رساندن سوپر ماتریس موزون با نرمافزار ذکر شده، بهراحتی با استفاده از
روابط (۷) و (۸) وزن هر طرح بهدست می آید. همچنین برای این
مطالعه موردی وزنهای مطلق طرحها در جدول (۵) و وزنهای
نسبی طرحها در جدول (۶) نمایش داده شدهاند.

له محور فام، خلوص،	ـذکور در هر س	طرحها و زمينه ه	۲. میزان تباین ۱	جدول '
زمینه برای هر طرح	رنگ طرحها و	تباين و اختلاف	بههمراه اختلاف	روشنايي

	تباین در محور فام C _H	تباین در محور خلوص C _s	تباین در محور روشنایی=C	اختلاف تباین Δ C	اختلاف رنگ طرح و زمینهΔ <i>E</i>			
زمينه	•/•۴١•	•/•۳۵۶	•/•١٩٢	-	-			
طرح ۱	•/• 494	•/•۶۴۴	•/•٣٣٩	•/۴••۳١	۰/۸۹۲۷			
طرح ۲	•/•۴۹٧	•/•797	•/• ۵AV	•/41414	•/۶٩٧٢			
طرح۳	•/• 498	•/• ٣٧•	•/•٢١٣	۰/۰۱۰۵۸۳	•/۵۶۶۶			
طرح ۴	•/•۵۲۹	•/• ٣• ٢	•/١٧١١	•/167481	•/8084			
طرح ۵	•/•۴1۴	•/١٨١	•/•٧١•	•/•۵۴۶۷۸	•/988•			
طرح ۶	•/11٣1	•/• ٣٧٨	•/•٢•١	•/•٧٢۵٢۶	•/986V			
طرح ۷	•/• ٨٢۶	•/•۶••	۰/۰۶۵۸	•/•97•97	•/9917			

همان طور که بیان شد طرحها با وزن نهایی نسبی بالاتر برای $\mathbf{\hat{l}_i}$ استتار در زمینه مدنظر مطلوبتر میباشند. با توجه به مقادیر در جدول (۶) طرح ۳ بهعنوان برترین طرح برای استتار در زمینه مدنظر انتخاب میشود و بعد از ایـن، طـرحهـای ۲-۴-۱-۵-۶-۷ قـرار می گیرند. لازم به ذکر است نتایج با نظرات مشاهده کنندگان آورده شده در [۱۷] کاملاً منطبق میباشد.

همان طور که از جدول (۲) قابل مشاهده می باشد، نتایج به یکدیگر بسیار نزدیک و ترتیب انتخاب طرحها با یک دیگر در روش ابتک اری و نرمافزار تفاوتي ندارد.

						ردى اول	رون مطالعه مو	بر مائریس مور	جدو ن ۱. سوپ
	Δc	ΔE	طرح ۱	طرح ۲	طرح ۳	طرح ۴	طرح ۵	طرح ۶	طرح ۷
Δc	•	•/۵	•/•۴۲٩	۰/۰۵۶۱	۰/۰۱۸۳	۰/۱۸۸۵	•/•۵۵۲	•/•۶٩٩	•/•984
ΔE	•/۵	•	•/9۵V1	•/9479	٠/٩٨١٧	۰/۸۱۱۵	•/9448	•/93•1	•/9888
طرح ۱	•/•۶۳۳	•/•970	•	•	•	•	•	•	•
طرح ۲	•/•۶١٢	•/•٨•١	•	•	•	•	•	•	•
طرح۳	۰/۲۳۹۶	٠/٠٩٨٥	•	•	•	•	•	•	•
طرح ۴	•/• 188	۰/۰۸۵۱	•	•	•	•	•	•	•
طرح ۵	•/• 484	•/•۵٩۶	•	•	•	•	•	•	•
طرح ۶	۰/۰۳۵	•/• ۵YA	•	•	•	•	•	•	•
طرح ۷	•/• ٣٧٨	•/•۵۶۳	•	•	•	•	•	•	•

I_1	I_2	I ₃	I_4	I_5	I ₆	I ₇
•/•979	•/• ٧٧٧	•/1181	•/• 788	•/•۵٨	•/•۵۵	۰/۰۵۴

حدول ۵. وزنهای مطلق ط حها

طرحها	نسبى	نهایی	وزنهای	ل ۶.	جدوا
-------	------	-------	--------	------	------

Í ₁	Í ₂	Í ₃	Í4	Í ₅	Í ₆	Í ₇
•/١٢۵٢٨	•/10044	•/٣٣٢١۴	•/۱۵۳۱۱	۰/۱۱۶	٠/١٠٩٩۵	۰/۱۰۸۰۵

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

	نتايج روش ابتكاري	نتايج نرمافزار
طرح ۱	۰/۱۲۵۲۸	٠/١٢٩
طرح ۲	·/1004V	•/108
طرح ۳	۰/۲۳۲۱۴	۰/۲۲
طرح ۴	•/۱۵۳۱۱	•/161
طرح ۵	•/118	٠/١٢
طرح ۶	٠/١٠٩٩۵	•/118
طرح ۷	۰/۱۰۸۰۵	•/\\1

۲-۳. مطالعه موردی دوم

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



شکل ۷. شش طرح انتخابی مطالعه موردی دوم

محاسبه شده و نتایج آن Δc محاسبه شده و نتایج آن Δc محاسبه شده و معا در جدول (۸) نمایش داده شده است. سپس برای این مطالعه موردی

وزنهای مطلق طرحها در جدول (۹) و وزنهای نسبی طرحها در جدول (۱۰) نمایش داده شدهاند. با توجه به مقادیر أ طرح ۴، بهترین طرح استتاری برای زمینه مدنظر انتخاب می شود و بعد از این طرح، بهترتیب طرحهای ۵-۱-۶-۲-۳ قرار می گیرند. در این مسئله نیز با توجه به جدول (۱۱) نتایج حاصل از نرمافزار و روش ابتکاری، كاملاً با يكديگر همخواني دارند و ترتيب انتخاب طرحها با يكديگر تفاوتی ندارد.



شکل ۸. زمینه انتخابی مورد مطالعاتی دوم

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 دای ه. ط ح

					طرح	میته برای هر	ت طرحها و ر
	C _H	Cs	C _v	ΔC	ΔE	ΔC_n	$\Delta \boldsymbol{E}_{\mathrm{n}}$
زمينه	•/•٣٣۶	•/• ١٧٢	•/• ٣۴٨	-	-	-	-
طرح ۱	۰/۰۲۰۵	•/• ١٩١	•/•٧٣۴	•/•۵•٣	۰/۰۹۵۸	۱۰/۶۵۸	•/۶۵۵۵
طرح ۲	•/•YAY	•/• ٢۵١	•/• ٧۵٢	۰/۰۶۸۱	•/١٢٧٣	10/918	•/٧٩۶۴
طرح۳	•/•\•	•/• ١٨١	•/•٨۵٢	۰/۰۷۰۹	•/١٣٢٢	18/422	•/\\477
طرح ۴	٠/٠١٨٧	•/• ٣٣۵	•/• ۵Y۲	•/•٣٩٢	•/•Y۵۵	۲/۳۲۳	•/7•74
طرح ۵	•/•٣۶۶	٠/٠١٧	•/•174	۰/۰۹۵۵	•/11.4	٧/۵۵١۶	۰/۵۳۰۱
طرح ۶	٠/٠١٨	•/•٢۵٩	•/•۵۶٨	•/• ٣۶۶	•/•٧•۶	۲۳/۳۷	•/9•84

	جدول ٦ . وزنهای مطلق طرحها					
I_1	I ₂	I ₃	I_4	I ₅	I ₆	
•/۴٨٩•١٣	•/٣٩٣١۴۴	•/٣٧٣۴۵٩	1/2968.1	•/۵۱۱۱۳۶	•/۴۳۸۵۴۷	

جدول ۱۰. وزنهای نهایی نسبی طرحها

			_ 1		
Í ₁	Í ₂	Í ₃	Í ₄	Í ₅	Í ₆
•/١٣٩٧١٨	•/١١٢٣٢٧	•/1•۶4•٣	•/889910	•/148•39	•/175799

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

	نتايج روش ابتكاري	نتايج نرمافزار	
طرح ۱	·/IT9YIA	٠/١۴١	
طرح ۲	•/\\\\\\\	•/١•٩	
طرح ۳	۰/۱۰۶۷۰۳	•/١•١	
طرح ۴	۰/۳۶۹۹۱۵	•/٣٧۴	
طرح ۵	•/148•29	•/١٥٢	
طرح ۶	•/١٢۵٢٩٩	•/17۴	

- [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).

۴. نتیجه گیری

با توجه به اهمیت بالای میزان کارایی طرحهای استتاری در استراتژیک نظامی و نقش تعیین کننده استتار در موفقیت عم نظامی، لزوم ارائه روشی مناسب و کارا بر مبنای منطق علمی با دقت بالا برای ارزیابی و مقایسه و در نهایت انتخاب طـرحهـای اسـتتاری احساس میشود. برای این منظور، روشهای کمی که کارایی اثبات رسیده از جمله روشهای موجود در تصمیم گیری 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 ازجمله وابستگی معیارها به یکدیگر میباشد. با توجه به ماهیت مسائل استتار که انواع وابستگیها از جمله وابستگی معیارهای مدنظر یعنی ΔE و Δ به یکدیگر وجود دارد، ANP مناسب ترین روش برای ارزیابی کمی طرحهای استتاری است. با توجه به اینکه این روش دارای فرایندی طولانی و پیچیده میباشد، یک اندیس ابتکاری بهمنظور 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 ازاین روش و همچنین نرمافزار مذکور را بینیاز میسازد. در نهایت در دو مطالعه موردی واقعی کارایی و نتایج روش ییشنهادی نشان داده شد.

۵. مراجع

- 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.

۱۷