

## طراحی مدل ریاضی برای پیش‌بینی مکان بهینه مراکز آمادی در شرایط جنگ‌های آینده

ناصر شهلائی (دانشیار مدیریت راهبردی دفاعی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا)

محسن مرادیان (استادیار مدیریت راهبردی دانشگاه عالی دفاعی ملی)

احمد لطفی (کارشناس ارشد ریاضیات کاربردی دانشگاه تبریز)

فرهاد هادی‌نژاد\* (دانشجوی دکترای مدیریت تحقیق در عملیات، دانشگاه علامه طباطبائی)

### چکیده

در نسل جدید نبردها و در میدان‌های منازعات آینده، سرعت عمل بالا و پشتیبانی سریع و دقیق منابع و تجهیزات به‌واسطه پیش‌بینی مکان بهینه مراکز آمادی از عوامل اصلی موفقیت محسوب می‌شوند. در این تحقیق تلاش گردیده با استفاده از مدل‌های ریاضی مکان‌یابی و همچنین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، مدلی علمی برای پیش‌بینی مکان بهینه مراکز آمادی در جنگ‌های آینده، ضمن در نظر گرفتن محدودیت‌هایی مانند طول مسیر و هزینه عملیاتی ارائه گردد. تحقیق حاضر از منظر هدف کاربردی و از منظر ماهیت توصیفی پیمایشی بوده که از هر دو شیوه کتابخانه‌ای و میدانی برای گردآوری اطلاعات و از روش هدفمند قضاوتی در مرحله نمونه‌گیری استفاده نموده است. در مسیر تحقیق در گام اول، شاخص‌های تأثیرگذار شناسایی و در سه محور: "سرعت جریان آمادی"، "امنیت مسیرهای پشتیبانی" و "امکان استقرار منابع و تجهیزات" با کمک تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی و بهره‌گیری از نظرات خبرگان سازمانی وزن‌دهی می‌شوند. سپس اهمیت نسبی گزینه‌های بالقوه تحقیق با کمک فرماندهان و مدیران عملیاتی محاسبه می‌گردد و در ادامه مدل ریاضی مسئله با کمک داده‌های به‌دست‌آمده و روش‌های مکان‌یابی روی شبکه طراحی و ارائه می‌گردد. در انتها نیز با کمک چند سناریو طراحی شده و شناسایی ۱۵ گزینه به‌عنوان کاندیدهای انتخاب مرکز آمادی (گره‌های شبکه) به تشریح مدل پیشنهادی و تحلیل نتایج حاصله می‌پردازیم.

### واژگان کلیدی

آماد و پشتیبانی، جنگ آینده، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، مدل مکان‌یابی.

مکان‌یابی از پرکاربردترین تصمیم‌گیری‌های مکانی است که می‌تواند تحت تأثیر بسیاری از عوامل زیست‌محیطی قرار بگیرد. هدف از مکان‌یابی، یافتن مجموعه‌ای از گزینه‌های مکانی مناسب برای یک کاربرد خاص است (رجبی و همکاران، ۱۳۹۰). پروسه تعیین مناسبت مکانی نیازمند بررسی یک مجموعه گسترده از عوامل و متعادل کردن چندین هدف برای تعیین مناسبت یک ناحیه خاص برای کاربری خاص است (آل شلبی و همکاران، ۲۰۰۶)<sup>۱</sup>. این مسئله در جابجایی مراکز و اماکن حیاتی نظامی با توجه به حساسیت بالا و تعدد و تنوع عوامل تأثیرگذار از پیچیدگی و اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود.

امروزه در ارتش‌های پیشرفته جهان، برنامه‌های آموزشی مبتنی بر دکترین‌های نظامی، توجه ویژه‌ای به شرایط جغرافیایی دارد. باوجود همه پیشرفت‌هایی که در علوم و فناوری حاصل شده است، هنوز هم پدیده‌های جغرافیایی، بدون جایگزین باقی‌مانده‌اند (مقیم و همکاران، ۱۳۹۱). اهمیت مکان‌یابی در مسائل استراتژیک مانند جنگ‌های آینده در حوزه‌های مختلف قابل بررسی و حائز اهمیت است. به‌عنوان مثال موضوع آماد در جنگ‌های آینده در سطوح عملیاتی از اولویت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. تغییر و تحولات سریع و غیرقابل پیش‌بینی در صحنه نبرد در سطح عملیاتی همیشه یک موضوع مورد بحث در میان فرماندهان و مسئولان این رده است. با توجه به جنگ‌های اخیر منطقه، یکی از آسیب‌پذیرترین سامانه‌های ۹ گانه عملیات نظامی، سامانه آماد و پشتیبانی خدمات رزمی است. آماد و پشتیبانی و جنگ رابطه تنگاتنگ و انفصال‌ناپذیری دارند. جنگ آینده در حقیقت، جنگ میان سامانه‌های پشتیبانی است؛ هر قدر که سامانه پشتیبانی خدمات رزمی یک ارتش قدرتمندتر باشد، به همان میزان توان دفاعی و قدرت بازدارندگی، قابلیت اجرایی و تحمل‌پذیری ارتش قوی‌تر خواهد بود. در هر شرایطی از جنگ، در هر نوع جنگ، هر ارتشی برای بقاء و انجام مأموریت‌های خود به پشتیبانی خدمات رزمی نیاز دارد. جنگ ناهم‌تراز نیز که در واقع جنگ آینده است از این قاعده پیروی می‌نماید (منشادی، ۱۳۹۰). جنگ ترکیبی نیز از مصداق‌های جنگ آینده است که طیف وسیعی از روش‌های مختلف جنگ از جمله جنگ‌افزارهای متعارف، تاکتیک‌ها، تکنیک‌ها و روش‌ها و اقدامات تروریستی و غیرمتعارف را شامل می‌شود (ماتیس و هافمن، ۲۰۰۵)<sup>۲</sup>. با توجه به این‌که در این نوع جنگ‌ها حداکثر سرعت حائز اهمیت است؛ می‌توان طولانی بودن فاصله نقاط آمادی از صحنه رزم احتمالی یگان‌های مانوری را از نقاط ضعف سامانه آماد و پشتیبانی برشمرد (صالحی، ۱۳۸۷).

در زمان نبرد، نقطه ضعف جبهه مقابل می‌تواند عامل اصلی برتری میدانی را موجب شود. این نقاط ضعف می‌تواند شامل ناکارآمدی سامانه دفاعی، عدم توازن نظامی، عدم چیدمان صحیح مواضع دفاعی، عدم پشتیبانی مناسب و متناسب از نیروها، عدم رهبری نظامی کارآمد و مواردی از این قبیل باشد. (جی انکر و کلینتون، ۱۳۸۳: ۷۳). در جنگ‌های آینده هیچ‌چیز به‌طور کامل قابل پیش‌بینی نیست؛ زیرا این جنگ، جنگی نامنظم با شیوه‌ای نامشخص و روش‌های نامعین می‌باشد؛ لذا با توجه به شیوه‌های مختلف آماد رسانی

درصحنه نبردهای مدرن می‌توان گفت که یکی از مهم‌ترین عوامل پیروزی طرفین درگیر، وجود آمادگی بالا و پیش‌بینی زیرساخت‌های لازم برای تأمین آماد و منابع موردنیاز در زمان و مکان مناسب می‌باشد.

برای موفقیت در میدان نبرد، نیاز به طراحی سامانه‌های مختلف می‌باشد. چگونگی پشتیبانی (تهیه، ذخیره و توزیع به‌موقع) نیروهای رزمنده یکی از راهبردهای نیل به هدف می‌باشد. با توجه به پیشرفت‌های نظامی کشورهای متخاصم در عرصه‌های مختلف، شرایط میدان نبرد غیرقابل‌پیش‌بینی شده است. برای نیروهای مدافع پوشیده نیست که در این رزم تمام امکانات و تجهیزات باید در کمترین زمان تأثیر و کارایی خود را نشان دهند، در غیر این صورت از بین خواهند رفت. از جهت دیگر داشتن حداکثر پراکندگی در این نوع نبردها، ما را ملزم می‌کند تا یک راه‌کار عملی (بسته به شرایط میدان نبرد) برای کاهش زمان و مسافت نیروهای رزمنده از یگان‌های پشتیبانی‌کننده ارائه دهیم. به عبارت بهتر زنجیره تأمین و آماد به دنبال آن است که نیاز واقعی واحدهای عملیاتی را شناسایی و در کوتاه‌ترین زمان و با حداقل هزینه ممکن آن را رفع نماید (صالحی، ۱۳۷۵: ۲۱۵). لذا تعیین مکان بهینه مراکز آمادی گسترده شده در عمق میدان نبرد، به شکلی که مجموع فواصل وزن‌دار مراکز آمادی از نزدیک‌ترین گره‌ها کمینه باشند، بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

از طرف دیگر آینده‌نگاری به‌عنوان ابزار سیاست‌گذاری جهت توانمندسازی کشورها استفاده‌شده و امروزه به‌عنوان رویکرد غالب برنامه‌ریزی در اکثر کشورهای توسعه‌یافته درآمده‌است (ناظمی، ۱۳۸۵، ۱۲۳). یکی از روش‌های آینده‌شناسی استفاده از روش‌های محاسباتی و ریاضی می‌باشد که برای اولین بار از سوی سازمان فضایی آمریکا مورد استفاده قرار گرفته است (گیلانی، ۱۳۷۷). در این مقاله نیز تلاش می‌گردد با استفاده از تکنیک مدل‌سازی ریاضی به مطالعه جنگ آینده پرداخته شود. مطالعه و تحلیل تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که ارائه مدل ریاضی برای تعیین مراکز آمادی فاقد پیشینه مشابه بوده و در شرایطی که اهمیت تعیین مکان بهینه این مراکز در جنگ‌های آینده مورد تأکید کارشناسان و خبرگان این حوزه قرار دارد؛ ضرورت انجام تحقیق حاضر حیاتی و انکارناپذیر جلوه می‌نماید. لذا این تحقیق سعی در ارائه مدل ریاضی مبتنی بر نظرات خبرگان سازمانی و تکنیک‌های تصمیم‌سازی باهدف انتخاب مکان بهینه مراکز آمادی در شرایط نبردهای آینده دارد. به عبارت بهتر پیش‌بینی مراکز آمادی به شکلی که با کمترین هزینه و در سریع‌ترین زمان ممکن بتوان یگان‌های مستقر در میدان‌های نبرد آینده را پشتیبانی نمود. لذا اهداف تحقیق حاضر را می‌توان به شکل ذیل خلاصه نمود:

هدف اصلی

تعیین مکان بهینه مراکز آمادی در شرایط نسل جدید نبردها

اهداف فرعی

الف) شناسایی معیارهای تأثیرگذار در مکان‌یابی مراکز آمادی در شرایط جنگ‌های آینده

ب) تعیین میزان اهمیت هرکدام از معیارهای مؤثر در مکان‌یابی مراکز آمادی

ج) طراحی مدل ریاضی مبتنی بر نظرات خبرگی و تکنیک‌های تصمیم‌سازی

**مبانی نظری تحقیق**

در این بخش به بررسی چهارچوب و مبانی نظری متغیرهای اصلی تحقیق پرداخته می‌شود:

**مکان‌یابی در زنجیره تأمین:** به‌طور کلی مکان‌یابی عبارت است از انتخاب جایی برای تسهیلات جدید که هزینه تولید و توزیع کالا و خدمات را برای مشتریان بالقوه کمینه نماید (زنجیرانی و داوری، ۱۳۸۵). در زنجیره تأمین، هنگامی که تسهیل ارائه‌دهنده خدمات به دلیل بروز اختلال از دسترس خارج می‌شود، یا باید دنبال تسهیل جایگزین باشد یا زنجیره متحمل جریمه می‌شود (گاده و پوهل، ۲۰۱۱)<sup>۱</sup>. یافتن تسهیلات جایگزین و تحمیل جریمه، اغلب هزینه‌های بالایی دارد و می‌تواند منجر به ضرر و زیان‌های بزرگی شود. بنابراین یافتن یک پیکربندی اولیه از تسهیلات زمانی که نبود اطمینان در استقرار تسهیلات در نظر گرفته شده باشد، اهمیت فراوانی پیدا می‌کند (شن و ژانگ، ۲۰۰۹)<sup>۲</sup>.

**مکان‌یابی نظامی:** واژه مکان‌یابی بر مدل‌سازی، فرمول‌سازی و حل آن دسته از مسائلی اشاره دارد که به دنبال یافتن بهترین مکان جهت استقرار مراکز و تسهیلات هستند (آزاده و همکاران، ۲۰۰۸)<sup>۳</sup>. به‌عبارت‌دیگر مکان‌یابی به فعالیتی گفته می‌شود که در آن قابلیت‌ها و توانایی‌های یک منطقه‌ی خاص، از نظر وجود زمین مناسب و کافی و مرتبط بودن آن با سایر کاربری‌های شهری و روستایی، به‌منظور انتخاب مکانی مناسب برای کاربری موردنظر تجزیه و تحلیل می‌شود (بنای و همکاران، ۱۹۸۹)<sup>۴</sup>. مکان‌یابی مهم‌ترین اصل پدافند غیرعامل بوده و چنانچه مکان‌یابی صحیح، اصولی و مبتنی بر استفاده مناسب از عوارض طبیعی و اشکال زمین انجام گیرد، هزینه‌های اجرایی سایر اصول را کاهش و کارآمدی آن‌ها را افزایش می‌دهد و نسبت به اصول دیگر مقدم‌تر است (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۱). در مکان‌گزینی مراکز نظامی می‌بایست به مأموریت، نوع و اندازه یگان و ویژگی‌های طبیعی منطقه توجه داشت. از آنجاکه عوامل متعددی چون شرایط آب و هوایی، پدیده‌های ژئومورفولوژیکی، راه‌های ارتباطی، آب و مسائل امنیتی و ملاحظات سیاسی در گزینش پادگان مؤثر است، انتخاب مکانی که واجد شرایط و ویژگی‌های موردنظر باشد، نیازمند مطالعه‌ای دقیق و همه‌جانبه است که روش‌های سنتی نمی‌توانند پاسخگوی این نیاز باشند و این امر مستلزم فعالیت متخصصان رشته‌های مختلف و مرتبط با موضوع و استفاده از ابزار و امکاناتی کارآمد است (روستایی و همکاران، ۱۳۹۲).

**جنگ آینده:** جنگ آینده از اوایل قرن بیست و یکم وارد ادبیات نظامی شده است، به رویارویی دو قدرت ناهم‌تراز اشاره دارد که یک‌طرف ضمن اجتناب از مواجهه شدن با نقاط قوت طرف مقابل، در چارچوبی خارج از قواعد قابل‌هضم بری دشمن، نقاط ضعف او را مورد حمله قرار می‌دهد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۷). جنگ آینده دفاع همه‌جانبه اثربخشی است که با محوریت ایده و هوشمندی در مقابل دشمنی که با محوریت فن‌آوری و کارایی، توان رزمی خود را به بیش از شش برابر افزایش داده و قطعیت فضای رزم را از بین برده است، با افزایش تعداد و سرعت چرخه محرک‌های غیرقابل‌پیش‌بینی و دور از انتظار در کلیه سطوح او را سردرگم نموده و با پایداری خود در صحنه نبرد، جنگ را فرسایشی و دشمن را وادار به تغییر اراده و رفتار می‌کند، بنابراین حفظ آماد خودی و از بین بردن آماد دشمن یکی از ایده‌های هوشمندانه در جنگ آینده

- 1 - Gade & Pohl
- 2 - Shen & Zhan
- 3 - Azadeh et al
- 4 - Banai et al

می‌باشد. همچنین از مهم‌ترین ویژگی‌ها جنگ آینده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: تکرارناپذیری، کوتاه‌مدت بودن، غافلگیرانه بودن (راهکنشی و راهبردی)، غیرقابل پیش‌بینی بودن، صحنه نبرد مشخص نداشتن، نامشخصی و نامعینی جنگ جوینان، نداشتن ابزار و فن‌آوری مشخص، داشتن فضای رزمایش زیاد، ضربه دقیق عملیاتی، داشتن واحدهای اجرایی و رزمی کوچک، سرعت، شدت عمل، تحرک، حفاظت، صرفه‌جویی، پراکندگی، امنیت، دقت و انعطاف‌پذیری (منشادی، ۱۳۹۰).

**آماد نظامی:** فرآیند برنامه‌ریزی و اجرای فعالیت‌های مربوط به آماده نگه‌داشتن نیروها و پشتیبانی از عملیات نظامی است. این فعالیت‌ها عبارت‌اند از: طرح‌ریزی، گسترش، درخواست، انبارداری، حمل‌ونقل، تجهیز، توزیع، تخلیه و تدارک، سرویس‌های صحرایی و نگهداری و پشتیبانی فنی. بدین ترتیب آماد علمی است که در سراسر میدان عملیات نظامی گسترش داشته و قبل از جنگ آغاز شده و پس‌از آن نیز ادامه می‌یابد (حسنی، ۱۳۸۰: ۱۲۵).

**مراکز آمادی میدان نبرد:** مکان‌های از پیش تعیین شده در داخل منطقه نبرد ناهم‌تراز پیش‌بینی شده که وظیفه تهیه، ذخیره و توزیع به‌موقع آماد در صحنه نبرد را به عهده‌دارند. این مراکز به صورت شبکه‌ای به هم پیوسته، پشتیبانی مستمر و مداوم و تجهیز پیشرفته و به‌روز میدان نبرد را انجام می‌دهد. در واقع این مراکز دربرگیرنده زیرساخت‌های بنیادین آماد در نبرد ناهمگون است. این زیرساخت‌ها عبارت‌اند از: (۱) تونل‌های نظامی، (۲) مراکز تعمیراتی زیرزمینی، (۳) پناهگاه‌های زیرزمینی، (۴) تونل‌های پرتاب و (۵) مجتمع‌های ذخیره پرتاب (مک‌نایر، ۱۳۸۲: ۱۲۷). البته لازم به ذکر است که در این تحقیق مراکز آمادی به صورت چندمنظوره فرض شده و می‌توان هر کدام از زیرساخت‌های مذکور را در آن مکان‌گزینی نمود.

### پیشینه تحقیق

در زمینه مکان‌یابی و انتخاب مکان بهینه مطالعات و تحقیقات فراوانی در حوزه‌ها و کاربردهای مختلف انجام پذیرفته است که دامنه محدودی از این مطالعات در حوزه‌های نظامی و دفاعی می‌باشد؛ در ادامه به برخی از این مطالعات که در زمینه مشابه تحقیق حاضر انجام پذیرفته اشاره می‌شود:

آقاپاهر و همکارانش در تحقیقی با عنوان ارائه نقشه پهنه‌بندی مراکز مستعد دفاعی در مناطق جنگلی با تکیه بر GIS و AHP، به مکان‌یابی مراکز مستعد دفاعی در بخشی از جنگل‌های استان گلستان-شهرستان علی‌آباد کتول با کمک تکنیک‌های اشاره‌شده پرداخته‌اند (آقاپاهر و همکاران، ۱۳۹۴). رستمیان و همکارانش در پژوهشی مشابه با عنوان آمایش و مکان‌یابی مراکز و استقرارگاه‌های نظامی با رویکرد امنیتی-دفاعی به پهنه‌بندی ناحیه ریشی هیرکانی از دیدگاه نظامی پرداخته‌اند (رستمیان و همکاران، ۱۳۹۳). روستایی و همکارانش نیز به تحلیل ژئومورفولوژیکی مکان‌گزینی مراکز نظامی در دامنه‌های غربی کوهستان سهند پرداخته‌اند (روستایی و همکاران، ۱۳۹۲). منشادی در تحقیقی دیگر سعی در ارائه الگوی مناسب پراکنش آمادگاه‌های نزاجا با توجه به جنگ ناهم‌تراز و با تأکید بر اصول پدافند غیرعامل نموده است (منشادی، ۱۳۹۰). جلالی در مطالعه‌ای با عنوان طراحی الگوی آمایش سرزمین با اعمال اصول پدافند غیرعامل جهت نیل به توسعه پایدار امن، سعی در ارائه الگوی بهینه آمایش سرزمین شمالغرب ایران با اعمال پدافند غیرعامل

پرداخته و عوامل و متغیرهای فضایی و غیرفضایی و پدافندی مؤثر در الگوی فوق را شناسایی نموده است (جلالی، ۱۳۸۹). نورانی در پژوهشی دیگر به مطالعه مدل‌سازی مکان‌یابی پادگان‌ها با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی پرداخته است (نورانی، ۱۳۸۵). پژوهشگران دیگری نیز به بررسی مکان‌گزینی مراکز نظامی با کمک روش‌های مختلف پرداخته‌اند (فخری، ۱۳۷۸؛ مولوی، ۱۳۷۸؛ نصیری، ۱۳۸۸؛ مهدی نژاد و حاتمی، ۱۳۸۸؛ فخری و جلالی نسب، ۱۳۸۸؛ فتحی، ۱۳۸۹؛ وارن و همکاران، ۱۹۹۲؛ مندوزا و همکاران، ۲۰۰۲).

نتایج بررسی‌ها و مرور تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که موضوعی با عنوان تحقیق حاضر فاقد پیشینه مشابه بوده و ارائه مدل ریاضی مبتنی بر نظرات خبرگی و تکنیک‌های تصمیم‌سازی باهدف مکان‌گزینی بهینه مراکز آمادی در شرایط میدان‌ها منازعات آینده، دارای نوآوری و بداعت در حیطه مباحث مکان‌یابی می‌باشد.

### روش تحقیق

نوع تحقیق حاضر با توجه به گزاره‌های اشاره‌شده، از لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ ماهیت و روش جز پژوهش‌های توصیفی پیمایشی بوده که باهدف ارائه مدل ریاضی انجام پذیرفته است. ضمن آنکه با توجه به گستردگی موضوع، از هر دو شیوه رایج در گردآوری اطلاعات یعنی روش کتابخانه‌ای (کتاب و مقالات) و میدانی (پرسشنامه و مصاحبه) استفاده گردیده است.

### حجم و روش نمونه‌گیری

با توجه به ویژگی‌های تحقیق و شرایط ویژه‌ای که خبرگان انتخابی می‌بایست داشته باشند، در این پژوهش از روش نمونه‌گیری هدفمند<sup>۱</sup> استفاده گردید. نمونه‌گیری هدفمند یکی از روش‌های شایع نمونه‌گیری است که گروه‌های شرکت‌کننده بر اساس معیارهای از قبل مشخص شده مربوط به سؤال ویژه پژوهش انتخاب می‌شوند (انوبوزیه و کولینز، ۲۰۰۷)<sup>۲</sup>. به عبارت دیگر در این روش شرکت‌کننده‌ها توسط پژوهش‌گر دست‌چین میشوند؛ چراکه یا به‌صورت مشخص دارای ویژگی و یا پدیده موردنظر هستند و یا غنی از اطلاعات در مورد خاصی هستند. این روش بیشتر زمانی استفاده می‌شود که نیاز به نمونه‌های خبره می‌باشد (بوسول و کانون، ۲۰۱۲)<sup>۳</sup>. برای این منظور تعداد ۳۵ نفر از اساتید دانشگاه‌های نظامی که در ویژگی‌هایی مانند: سابقه عملیاتی، مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد و بالاتر، تجربه و تخصص کافی، تفکر راهبردی و آگاهی کافی نسبت موضوع موردبحث مشترک می‌باشند، انتخاب و موردنظر سنجی قرار گرفتند.

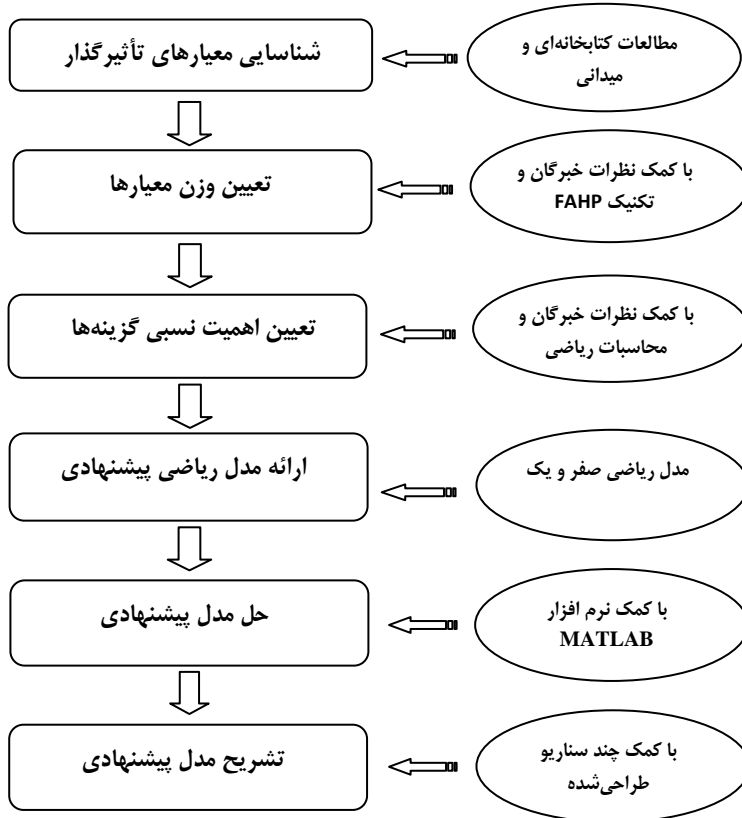
- 1- Warren et al
- 2 - Mendoza et al
- 3- Purposive Sampling
- 4 - Onwuegbuzie & Collins
- 5 - Boswell & Cannon

## ابزارهای تحقیق

در این تحقیق برای شناسایی و تعیین میزان اهمیت شاخص‌ها از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و پرسشنامه استاندارد آن استفاده گردیده و خبرگان انتخابی با کمک مقایسات زوجی فازی، وزن نهایی شاخص‌ها را تعیین نمودند. برای تعیین وزن نسبی گزینه‌ها و گره‌های شبکه نیز کارشناسان و خبرگان سازمانی مورد آزمون قرار گرفتند. همچنین برای تعیین مکان بهینه مراکز آمادی از مدل‌های ریاضی مکان-یابی استفاده گردیده است. ضمن آنکه در این مسیر برای تعیین اوزان معیارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ و برای به دست آوردن جواب مدل ریاضی از نرم‌افزار متلب ۸ بهره جسته‌ایم.

## فرآیند انجام تحقیق

با توجه به اهداف ذکر شده، فرآیند انجام تحقیق برابر شکل شماره یک ارائه گردیده است.



شکل شماره ۱: فرآیند انجام تحقیق

در ادامه گام‌های مدل پیشنهادی با کمک سناریوهای طراحی شده تشریح می‌گردد.

## شناسایی معیارهای تأثیرگذار در تعیین مکان بهینه مراکز آمادی در جنگ‌های آینده

الفبای آمادی در جنگ‌های امروزی، چالاکي، ناب بودن، دقت و پاسخگویی با حداکثر سرعت است و این عوامل مبنای شکل‌گیری و جهت‌گیری آماد ناهمگون در پشتیبانی از عملیات ناهمگون است (عصاریان نژاد

و آشتیانی، ۱۳۹۱: ۲۰۲). در گام اول تحقیق و پس از بررسی و مرور مطالعات و تحقیقات پیشین و بازنگری توسط خبرگان نظامی، متغیرها و گویه‌های مندرج در جدول شماره یک به‌عنوان شاخص‌های تأثیرگذار در مکان‌یابی مراکز آمادی در نسل جدید نبردها شناسایی و مورد تحلیل قرار گرفتند.

جدول شماره ۱. عوامل مؤثر در مکان‌یابی مراکز آمادی

ردیف	معیار	زیر معیار
۱	سرعت جریان آمادی	نزدیکی به شبکه‌های حمل‌ونقل
		نزدیکی به شبکه‌های خدمات درمانی
		امکان استقرار فرودگاه‌های اضطراری
		نزدیکی به منابع اولیه
۲	امنیت مسیرهای پشتیبانی	امکان ساخت سازه‌های مستحکم
		قرار داشتن در مسیر تونل‌های زیرزمینی از پیش تهیه‌شده
		قرار گرفتن در مسیرهای امن ایجادشده توسط عوارض طبیعی
		دور بودن از مسیرهای هوایی
۳	امکان استقرار منابع و تجهیزات	امکان استقرار سایت‌های موشکی و ضد موشکی
		امکان جانمایی رادار و تجهیزات مخابراتی پیشرفته
		امکان استقرار تجهیزات درمانی
		امکان استقرار تجهیزات نگهداری و تعمیرات
		امکان ذخیره مهمات و مواد قابل احتراق و خطرناک
		امکان دسترسی به منابع زیرساختی
		امکان استفاده چندمنظوره

(منبع: تحقیقات نظری و میدانی محققین)

### تعیین وزن هر معیار با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

در این مرحله میزان اهمیت هر شاخص با کمک تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و با نظرسنجی از خبرگان تعیین می‌گردد.

### فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی<sup>۱</sup>

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی چهارچوبی منطقی است که درک و تحلیل تصمیم‌گیری‌های پیچیده را با تجزیه آن به ساختاری سلسله مراتبی آسان می‌کند (آل شلیبی، ۲۰۰۶)<sup>۲</sup>. این مدل توسط توماس آل ساعتی<sup>۳</sup> (۱۹۸۰) ارائه گردید و همان‌طور که از اسمش پیداست برای حل مسائلی کار می‌رود که در سطح اول آن هدف، در سطوح میانی معیارها و در آخرین سطح گزینه‌های رقیب موجود می‌باشند. در تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی با کمک عبارتهای زبانی جدول شماره دو مفهوم فازی بودن در تعیین ماتریس مقایسات زوجی دخالت داده می‌شود، بنابراین با کمک این تکنیک روش‌هایی ارائه می‌گردد که در آن‌ها از اعداد فازی برای

1- Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)

2 - Al-Shalabi

3- Saaty



بیان میزان ارجحیت المان‌ها استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر، تحلیل سلسله مراتبی فازی به روش آنالیز توسعه چانگ، تشریح می‌گردد، زیرا این روش از سایر روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی ساده‌تر بوده و در ضمن مشابه روش تحلیل سلسله مراتبی کلاسیک نیز می‌باشد.

جدول شماره ۲: اعداد فازی متناظر با ارجحیت‌ها در مقایسات زوجی

عبارت زبانی برای تعیین ارجحیت	عدد فازی مثلثی
ترجیح یکسان	(1,1,1)
نسبتاً مرجح	(0.5,1,1.5)
ترجیح زیاد	(1,1.5,2)
ترجیح بسیار زیاد	(1.5,2,2.5)
ترجیح فوق‌العاده زیاد	(2,2.5,3)

### روش آنالیز توسعه چانگ<sup>۱</sup>

مرحله ۱. به دست آوردن بسط مرکب فازی برای هر هدف. برای این منظور از فرمول شماره ۵-۱ استفاده می‌شود:

$$s_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad \text{که (۱-۵)}$$

متغیرهای آن به شکل ذیل تعریف می‌گردد:

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left[ \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right]$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left[ \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right]$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left[ \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right]$$

مرحله ۲. محاسبه درجه ارجحیت (درجه امکان‌پذیری)  $M_2$  بر  $M_1$ .

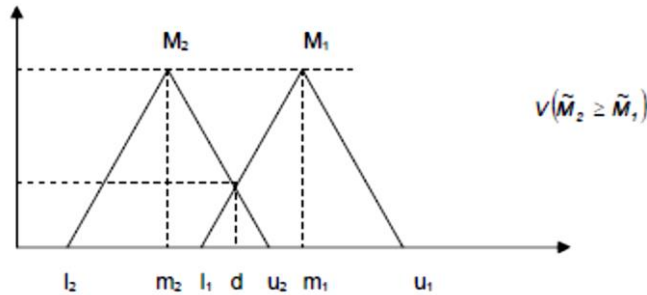
چنانچه  $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  و  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  باشد، آنگاه درجه ارجحیت  $M_2$  بر  $M_1$  که با  $V$  نشان داده می‌شود برابر است با:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[ \min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)) \right] \quad (۲-۵)$$

که آن را می‌توان به شکل ذیل نیز نشان داد:

(۳-۵)

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otherwise} \end{cases}$$



شکل شماره ۲: درجه ارجحیت  $M_2$  بر  $M_1$

مرحله ۳. محاسبه درجه ارجحیت (درجه امکان‌پذیری) یک عدد فازی محدب  $M$  که بزرگ‌تر از  $K$  عدد فازی محدب  $M_i; i = 1, 2, \dots, k$  باشد، به صورت زیر تعریف می‌گردد:

(۴-۵)

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] \\ = \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, \dots, k$$

چنانچه فرض شود:

$$d'(A_i) = \min V(s_i \geq s_k) \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (۵-۵)$$

آنگاه بردار وزن به صورت ذیل به دست می‌آید:

$$w' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (۶-۵)$$

مرحله ۴. نرمالیزه کردن بردار  $w'$  و به دست آوردن بردار وزن نرمالیزه شده  $w$ .

$$w = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (۷-۵)$$

(چانگ، ۱۹۹۶)

## تعیین وزن شاخص‌ها با کمک خبرگان

پس از شناسایی شاخص‌های مؤثر در مرحله قبل، در این بخش با کمک پرسشنامه و بهره‌گیری از تکنیک FAHP سعی در تعیین میزان اهمیت معیارها (وزن معیارها) نموده که نتیجه نهایی در جدول شماره ۳ ارائه گردیده است.

جدول شماره ۳: اوزان نهایی معیارهای مؤثر در مکان‌گزینی بهینه مراکز آمادی در جنگ‌های آینده

وزن نهایی	زیر معیارها
۰.۱۳۷۶	نزدیکی به شبکه‌های حمل‌ونقل
۰.۰۵۵۹	نزدیکی به شبکه‌های خدمات درمانی
۰.۰۷۷۴	امکان استقرار فرودگاه‌های اضطراری
۰.۱۵۹۱	نزدیکی به منابع اولیه
۰.۰۴۸	امکان ساخت سازه‌های مستحکم
۰.۱۲۱۶	قرار داشتن در مسیر تونل‌های زیرزمینی از پیش تهیه‌شده
۰.۱۱۲	قرار گرفتن در مسیرهای امن ایجادشده توسط عوارض طبیعی
۰.۰۳۸۴	دور بودن از مسیرهای هوایی
۰.۰۵۲۵	امکان استقرار سایت‌های موشکی و ضد موشکی
۰.۰۴۵	امکان جانمایی رادار و تجهیزات مخابراتی پیشرفته
۰.۰۱۲۵	امکان استقرار تجهیزات درمانی
۰.۰۲	امکان استقرار تجهیزات نگهداری و تعمیرات
۰.۰۵۷۵	امکان ذخیره مهمات و مواد قابل احتراق و خطرناک
۰.۰۳۷۵	امکان دسترسی به منابع زیرساختی
۰.۰۲۵	امکان استفاده چندمنظوره

## تعیین اهمیت نسبی گزینه‌ها

در این مرحله می‌بایست اهمیت نسبی گزینه‌های کاندید (یگان‌های موجود در منطقه موردنظر یا همان گره‌های شبکه مفروض) را با توجه به شاخص‌های شناسایی‌شده و همچنین وزن به‌دست‌آمده برای هر شاخص محاسبه گردد. برای این منظور در ابتدا امتیاز گزینه‌ها در هر شاخص توسط کارشناسان و خبرگان متخصص و با تجربه احصاء شده و در نهایت با اعمال وزن شاخص‌ها (میانگین حسابی) امتیاز نهایی هر گزینه محاسبه می‌شود. جدول شماره ۳ امتیاز نهایی ۱۵ گزینه موجود در سناریوهای طراحی‌شده را با داده‌های فرضی<sup>۱</sup> نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> - داده‌های مربوط به گزینه‌های مسئله یا همان گره‌های استقرار مراکز آمادی در شبکه به علت مسائل امنیتی از جمله امکانات و زیرساخت‌های موجود، بصورت فرضی وارد مسئله شده‌اند.

## مدل ریاضی مسئله

به منظور حل مسائل مکان‌یابی با توجه به شرایط متفاوت موجود در فضای مسئله، مدل‌های بسیار متنوعی در کتب و پژوهش‌های گذشته به چشم می‌خورد که می‌توان بعد از شناسایی ویژگی‌ها و عوامل مؤثر بر مسئله با استفاده از یکی یا ترکیبی از مدل‌های موجود اقدام به حل مسئله مربوطه کرد (مؤمنی و همکاران، ۱۳۹۰). در این تحقیق برای مدل‌بندی مسئله از مدل‌های مکان‌یابی (p-میانه) روی شبکه استفاده خواهد شد. در مدل‌های مکان‌یابی p-میانه، به‌طور کلی هدف به دست آوردن کمینه مجموع فواصل وزن‌دار سرویس‌دهندگان از نزدیک‌ترین مشتری‌ها است (میرچندانی، ۱۹۹۰).<sup>۱</sup> جهت مطالعه بیشتر در مورد مدل مکان‌یابی پیشنهاد شده روی شبکه می‌توان به (چنگ و همکاران،<sup>۲</sup> ۲۰۱۰؛ بوندی و مورتی،<sup>۳</sup> ۲۰۰۸؛ دولانی،<sup>۴</sup> ۲۰۰۱؛ بورکارد و همکاران،<sup>۵</sup> ۲۰۰۰) مراجعه نمود.

فرض کنید شبکه (گراف وزن‌دار)  $G = (V(G), E(G))$  با مجموعه رأسی  $V(G)$  و مجموعه یالی  $E(G)$  داده شده باشد. مفروضات این مدل عبارت‌اند از:

$G = (V(G), E(G))$	: شبکه
$V(G)$	: مجموعه گره‌های شبکه
$E(G)$	: مجموعه اتصالات شبکه
$e \in E(G)$	: هر عضو از مجموعه اتصالات
$l(e)$	: طول مثبت هر اتصال $e \in E(G)$
$w_i$	: وزن حقیقی مثبت برای هر گره $v_i$
$p(x, y)$	: کوتاه‌ترین مسیر بین دو گره شبکه
$d^l(x, y)$	: طول کوتاه‌ترین مسیر بین دو گره شبکه
$d_{ij}$	: عدد مثبت حقیقی
$D_j$	: بیش‌ترین تعداد متقاضیان که مرکز مستقر در گره $v_j$ می‌تواند پشتیبانی کند.
$N(v_j)$	: تعداد متقاضیان که مرکز مستقر در گره $v_j$ پشتیبانی می‌کند.
$Z_{v(j)}$	: هزینه استقرار مرکز آمادی در $v_j$
$B$	: هزینه پیش‌بینی شده جهت استقرار مراکز آمادی

همچنین فاصله بین یک گره  $x \in V(G)$  و یک زیر شبکه  $G' \subseteq G$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$d^l(x, G') = \min \{d^l(x, y) \mid y \in V(G')\} \quad (۸-۵)$$

ضمن آنکه متغیر  $t_{ij}$  مقدار یک خواهد پذیرفت، اگر متقاضی مستقر درگاه  $v_i$  توسط مرکز مستقر در گره  $v_j$  سرویس‌دهی شود و در غیر این صورت مقدار آن را برابر با صفر در نظر می‌گیریم.

- 1- Mirchandani
- 2- Cheng et al
- 3- Bondy & Murty
- 4- Dollani
- 5- Burkard et al

همچنین متغیر  $v_i$  مقدار یک خواهد پذیرفت، اگر گره  $v_j$  مکان استقرار مرکز آمادی باشد و در غیر این صورت مقدار آن برابر با صفر خواهد بود.  
در نهایت مدل ریاضی صفر و یک مسئله به صورت زیر تشکیل خواهد شد:

$$\text{Min} \quad \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n w_i d^l(v_j, v_i) t_{ij} \quad (9-5)$$

$$\sum_{i=1}^n t_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (10-5)$$

$$- t_{ij} + y_j^3 \leq 0, \quad (11-5)$$

$$d^l(y_j, y_k) \leq d_{ij} \quad k, j = 1, 2, \dots, n, \quad d_{ij} \in \hat{I} \quad (12-5)$$

$$N(v_j) \in D_j \quad (13-5)$$

$$\sum_{j=1}^n y_j = p, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (14-5)$$

$$\sum_{j=1}^p z_{v(j)} \in B, \quad j \in \{1, 2, \dots, n\}, \quad (15-5)$$

$$y_j \in \{0, 1\} \quad j \in \{1, 2, \dots, n\},$$

$$t_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j \in \{1, 2, \dots, n\}.$$

در مدل ارائه شده بالا، محدودیت (۵-۱۰) نشان دهنده آن است که هر متقاضی (یگان) فقط توسط یک مرکز سرویس دهی شود. محدودیت (۵-۱۱) نشان دهنده آن است که هر متقاضی یک سرویس دهنده داشته باشد. محدودیت (۵-۱۲) نیز حداقل فاصله تعیین شده توسط تصمیم گیرنده برای فاصله بین هر دو گره شبکه (مرکز) را نشان می دهد. در واقع با استفاده از این محدودیت می توان پراکندگی را در حد امکان توسعه داد. محدودیت (۵-۱۳) نشان دهنده حداکثر تعداد مراکز سرویس گیرنده توسط هر کدام از مراکز سرویس دهنده می باشد. محدودیت (۵-۱۴) تعداد مراکز مستقر شده را تعیین می کند که در این تحقیق بر مبنای سناریوهای مختلف مقدار آن را برابر ۱ و ۲ و ۳ قرار می دهیم. رابطه (۵-۱۵) نیز نشان دهنده محدودیت مربوط به میزان حداکثر هزینه می باشد

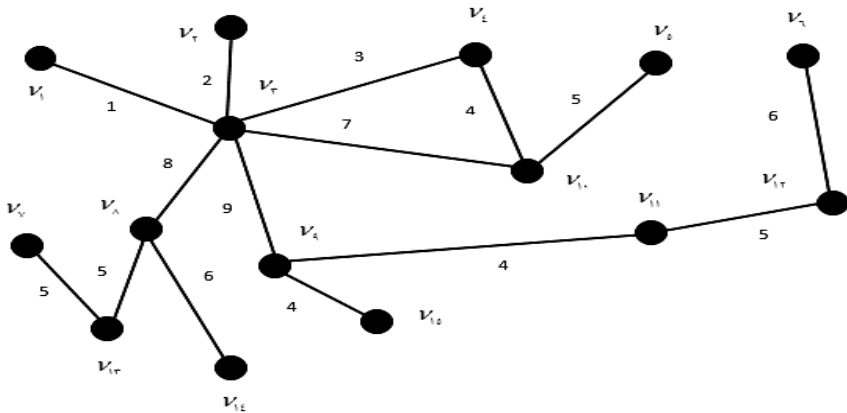
### حل مدل پیشنهادی تحقیق

در بخش های قبلی، پس از شناسایی شاخص های تأثیرگذار و تعیین میزان اهمیت هر شاخص، اوزان نسبی مراکز آمادی را محاسبه و مدل ریاضی مسئله تحقیق را ارائه گردید. در این مرحله اوزان به دست آمده برای گره های شبکه را در مدل پیشنهادی مسئله قرار داده و ضمن اعمال محدودیت های مورد نظر، مدل نهایی مسئله حل شده است.

شایان ذکر است مدل‌های مکان‌یابی جزء مسائل NP-سخت می‌باشند (حکیمی، ۱۹۶۴).<sup>۱</sup> به عبارت بهتر با بزرگ‌تر شدن ابعاد مسئله، زمان اجرای آن توسط الگوریتم‌های دقیق فعلی به صورت نمایی افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه برای حل مسائل با ابعاد بزرگ نیازمند بهره‌گیری از روش‌های فرا ابتکاری خواهیم بود. البته در مثال عددی این تحقیق، با توجه به تعداد محدود گره‌ها و بزرگ نبودن ابعاد مسئله، مدل پیشنهادی تحقیق را در محیط نرم‌افزار مطلب نسخه (R2009a) کدنویسی نموده و بر روی یک کامپیوتر شخصی با پردازشگر Intel(R)core(TM)i5CPU1GHZ و حافظه 4GB فراخوانی و مسئله را حل خواهیم نمود.

### تشریح مدل پیشنهادی با کمک سناریوهای محتمل از میدان‌ها منازعات آینده

آینده‌شناسان معمولاً دو یا چند سناریو یا متن متفاوت در مورد آینده که احتمال وقوع آن بیشتر است تدوین می‌نمایند. آن‌ها بر این باورند که آینده‌های متفاوتی احتمال وقوع دارند (دی تور، ۲۰۱۰: ۱۰۳). در این بخش سناریوهای محتمل در انتخاب مکان بهینه مراکز آمادی در جنگ آینده را بر اساس مطالب پیش گفته طراحی کرده تا ضمن تشریح مدل پیشنهادی به تحلیل نتایج حاصله پرداخته شود. برای این منظور فرض می‌شود ۱۵ یگان نظامی در یک منطقه جغرافیایی قرار داشته و بهترین یگان با توجه به اهداف و محدودیت‌های موجود به‌عنوان مرکز آمادی انتخاب شده است. برای تحلیل بیشتر و دقیق‌تر سه سناریو  $P=1$  (فقط یک یگان وظیفه پشتیبانی از ۱۵ یگان را بر عهده بگیرد)،  $P=2$  (دو یگان وظیفه پشتیبانی از ۱۵ یگان را بر عهده بگیرند)  $P=3$  (سه یگان وظیفه پشتیبانی از ۱۵ یگان را بر عهده بگیرند) مورد بررسی قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که در جنگ آینده برای تسریع در سرعت سامانه آمادی، می‌بایست مراکز با ساختار مناسب و اهدافی معین پیش‌بینی و در نظر گرفته شود. همچنین با توجه به خاصیت شبکه‌ای آماد می‌بایست مسیرهای مختلف بین این مراکز را پیش‌بینی و هزینه‌های انتقال بین آن‌ها را تعیین نمود. برای تشریح مدل پیشنهادی؛ در سناریوهای مفروض، گسترش ۱۵ یگان را به صورت شبکه مدل‌سازی کرده و هر کدام از یگان‌ها را به‌عنوان گره‌های شبکه در نظر گرفته‌ایم (شکل شماره ۳). همچنین طول مسیرهای مختلف ارتباطی بین واحدهای روی شبکه برحسب صد کیلومتر تعیین و در نمودار لحاظ گردیده است. هدف یافتن گره‌های منتخب به‌عنوان مرکز آمادی با توجه به طول مسافت کمینه و ارضاء محدودیت‌های پیش‌گفته می‌باشد.



شکل شماره ۳: گراف گسترش یگان‌ها و فواصل بین آن‌ها در سناریوی طراحی شده

شایان ذکر است پراکندگی جغرافیایی یگان‌ها (گره‌های شبکه)، فواصل بین آن‌ها، هزینه‌های مسیر، تعداد مراکز آمادی و سایر پارامترها در سناریوهای مفروض می‌تواند با توجه دکرترین دفاعی، برنامه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت، تحرکات دشمن و اهداف آتی نیروهای خودی قابل تغییر بوده و می‌توان نتایج مختلف را بررسی و مقایسه نمود.

برای اعمال محدودیت‌های تحقیق، هزینه استقرار کل مراکز را ۲۵ واحد در نظر گرفته و هزینه استقرار هر کدام از گره‌ها را با توجه به قابلیت‌های آن گره در جدول شماره ۳ نشان داده‌ایم.

جدول شماره ۳: هزینه استقرار مراکز آمادی در رئوس شبکه

$i$	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
$z(v_i)$	۱۲	۱۱	۸	۸	۹	۷	۷	۱۴
$i$	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	
$z(v_i)$	۱۱	۸	۹	۱۱	۹	۹	۱۴	

ضمن آنکه وزن نسبی فرضی هر کدام از گره‌ها که فرآیند محاسبه آن در مرحله ۵-۳ تشریح گردیده در جدول شماره ۴ نشان داده شده است.

جدول شماره ۴: وزن‌های تخصیص داده شده به رئوس شبکه (یگان‌های موجود در منطقه مفروض)

$i$	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
$w(v_i)$	۰.۳۴۷۷	۰.۱۵۰۰	۰.۵۸۶۱	۰.۲۶۲۱	۰.۰۴۴۵	۰.۷۵۴۹	۰.۲۴۲۸	۰.۴۴۲۴
$i$	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	
$w(v_i)$	۰.۶۸۷۸	۰.۳۵۹۲	۰.۷۳۶۳	۰.۳۹۴۷	۰.۶۸۳۴	۰.۷۰۴۰	۰.۴۴۲۳	

اوزان نشان داده شده در جدول فوق برای هر گره (یگان) با کمک نظرسنجی از فرماندهان و کارشناسان که با یگان‌های مفروض و ویژگی‌های آن‌ها آشنا بوده و بر مبنای معیارهای شناسایی شده به دست خواهد آمد.

- در نهایت مسئله را با کمک مدل ارائه شده حل نموده که نتیجه در جدول شماره ۵ ارائه گردیده است. در این جدول نتایج نهایی سه سناریوی مختلف ارائه گردیده است ( $P=1,2,3$ ) یعنی در شرایطی که یک یا دو و یا سه گره مختلف وظیفه پشتیبانی ۱۵ گره شبکه را بر عهده داشته باشند، کدام گره‌ها انتخاب

خواهند شد و با چه هزینه‌ای. به عبارت دیگر اگر سناریوهای مختلفی (یک الی سه مرکز آمادی) برای پشتیبانی آماد و تجهیزات یگان‌های موجود در منطقه برای جنگ‌های آینده پیش‌بینی شود کدامیک از ۱۵ یگان با توجه به محدودیت‌های هزینه و مسیر، مناسب‌ترین گزینه خواهند بود و هزینه هر کدام از حالات ( $P=1,2,3$ ) چه میزان خواهد شد.

نتایج به دست آمده در هر یک از سناریوها در یک سطر جدول شماره ۵ ارائه گردیده و هزینه نهائی هر سناریو نیز در ستون آخر ( $f^*$ ) بیان گردیده است.

جدول شماره ۵: جواب نهائی مسئله برای سناریوهای مختلف  $P=1,2,3$

$f^*$	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$	$v_7$	$v_8$	$v_9$	$v_{10}$	$v_{11}$	$v_{12}$	$v_{13}$	$v_{14}$	$v_{15}$	$P$
۳۷.۸۶۱۶			$v_3$			$v_{11}$	$v_7$	$v_3$	$v_{11}$	$v_3$	$v_{11}$		$v_7$	$v_3$	$v_{11}$	$P=۳$
۴۵.۱۱۵۲			$v_8$			$v_{11}$	$v_8$		$v_{11}$	$v_8$	$v_{11}$		$v_8$		$v_{11}$	$P=۲$
۷۵.۶۰۱۷	$v_3$															$P=۱$

- سطر اول جدول فوق، ۱۵ گره شبکه (یگان‌های موجود در منطقه مورد بررسی) را نشان می‌دهد. سطر دوم حالت بهینه مسئله را در شرایط  $P=3$  نشان می‌دهد؛ یعنی اگر بخواهیم ۳ یگان از ۱۵ یگان موجود وظیفه پشتیبانی از هر ۱۵ یگان را بر عهده داشته باشند، آنگاه با در نظر گرفتن محدودیت‌های مسئله، مجموع فاصله میان یگان‌های پشتیبانی و یگان‌های اصلی ( $f^*$ ) در حالت بهینه قرار داشته و برابر ۳۷۰۰ کیلومتر می‌باشد، ضمن آنکه سه مرکز  $V_3, V_7, V_{11}$  می‌بایست مسئولیت آمارسانی در منطقه مورد نظر را بر عهده داشته باشند. ارتباط نظیر به نظیر یگان‌ها با یگان‌های پشتیبان نیز در جدول مشخص گردیده است. یعنی یگان‌های  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_8, V_{10}, V_{14}$  می‌بایست توسط یگان شماره  $V_3$  تدارک شده، همچنین یگان‌های  $V_7, V_{13}$  می‌بایست توسط یگان  $V_7$  تدارک شده و یگان‌های  $V_6, V_9, V_{11}, V_{12}, V_{15}$  نیز می‌بایست توسط یگان شماره  $V_{11}$  پشتیبانی شوند.
- سطرهای دوم و سوم جدول نیز وضعیت یگان‌های منتخب، هزینه کل و ارتباط نظیر به نظیر یگان‌های پشتیبان را با سایر یگان‌ها در شرایط  $P=1,2$  (بخواهیم دو و یا یک یگان وظیفه پشتیبانی کل یگان‌ها را بر عهده داشته باشند) نشان می‌دهد. البته نتایج ستون آخر ( $f^*$ ) نشان می‌دهد که انتخاب سه یگان نسبت به دو سناریو دیگر مسافت و هزینه کمتری را در پی خواهد داشت.

### نتایج و پیشنهادها

در این تحقیق یک مدل ریاضی برای پیش‌بینی مکان بهینه مراکز آمادی در شرایط جنگ‌های آینده پیشنهاد گردید. برای این منظور، ضمن شناسایی و وزن دهی به شاخص‌های تأثیرگذار، مدل ریاضی مسئله تحقیق طراحی و با کمک سناریوهای مختلف، مدل پیشنهادی تشریح گردید. در این مسیر از تکنیک‌های تصمیم‌سازی مانند FAHP و مدل‌های مکان‌یابی بهره جسته و ضمن استفاده از نرم‌افزارهای



مربوطه، چگونگی حل مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن اهداف و محدودیت‌های مختلف ارائه گردید. بررسی نتایج و فرآیند انجام تحقیق نشان می‌دهد:

۱- مدل پیشنهادی می‌تواند ضمن اعمال محدودیت‌های مختلف، مکان بهینه مراکز آمادی در جنگ‌های آینده را شناسایی و رویکردی شفاف و ساده برای انتخاب بهینه تصمیم‌گیرنده فراهم نماید.

۲- همچنین با کمک مدل پیشنهادی و نتایج سناریوهای مختلف مندرج در جدول شماره ۵ می‌توان تعداد بهینه مراکز آمادی را نیز با توجه به اهداف و محدودیت‌های منطقه مورد مطالعه شناسایی نمود.

۳- با توجه به نظرسنجی از خیرگان و پشتوانه علمی مقایسات زوجی انجام‌شده، شاخص‌های شناسایی‌شده و اوزان به‌دست‌آمده برای این شاخص‌ها (جدول شماره ۲ و ۳)، می‌توانند نقش مؤثری در برنامه‌ریزی استراتژیک و تصمیمات آتی دکترین دفاعی کشور ایفا نمایند. به‌طور مثال با توجه به اهمیت بالای شبکه حمل‌ونقل و تونل‌های زیرزمینی در تعیین مراکز آمادی، می‌بایست در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان مورد توجه بیشتری قرار گیرند.

۴- الگوریتم پیشنهادی می‌تواند در سایر تصمیمات مکانی حساس و پیچیده نظامی راهگشا بوده و در تصمیم‌سازی برای امکان حساسی مانند: مرکز کنترل و فرماندهی، بیمارستان‌های نظامی، شبکه‌های ارتباطی و .... نتایج قابل قبولی ارائه نماید.

ضمن آنکه بهره‌گیری از رویکرد پیشنهادی در حل سایر مسائل مکان‌یابی و استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری در مسائل با ابعاد بزرگ‌تر می‌تواند بستری مناسب برای تحقیقات آتی پژوهشگران فراهم نماید.

## منابع.

- آقا طاهر، رضا و فلاح ززولی، محمد و زرافشار، مهرداد و جعفری، محسن (۱۳۹۴)، ارائه نقشه پهنه‌بندی مراکز مستعد دفاعی در مناطق جنگلی با تکیه بر AHP و GIS، مطالعه موردی: علی‌آباد کتول استان گلستان، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۴، شماره ۹۵، صص ۸۰-۹۲.
- تقوی گیلانی، مهرداد (۱۳۷۷)، مطالعه روش‌های آینده‌شناسی، طرح سیاست‌گذاری علم و فناوری در کشور، مؤسسه آموزش و تحقیقاتی صنایع دفاعی، دفتر مطالعات.
- جلالی، غلامرضا (۱۳۸۹)، طراحی الگوی آمایش سرزمین با اعمال اصول پدافند غیرعامل جهت نیل به توسعه پایدار امن؛ مورد مطالعه منطقه شمال غرب ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- جی انکر، مایکل و دی بورک، کلینتون (۱۳۸۳). ره نامه منازعات آینده، مترجم: دانیالی، ماهنامه خلیج فارس و امنیت، شماره ۴۲.
- حسنی، عباس (۱۳۸۰)، آماد و اطلاع‌رسانی. مجموعه مقالات اولین همایش سراسری اطلاع‌رسانی نیروهای مسلح، تهران: ناشر اطلاع‌رسانی دانشگاه مالک اشتر.
- حیدری، کیومرث (۱۳۸۹) جنگ‌های آینده، تهران، انتشارات معاونت تربیت و آموزش نزاچا.
- حیدری، کیومرث، قمری، موسی‌الرضا، کلاتنری، فتح‌الله (۱۳۹۳) راهبردشناسی جنگ‌های آینده (با نگاهی به

- بیانات مقام معظم رهبری)، تهران، سازمان عقیدتی سیاسی ارتش جمهوری اسلامی ایران، نشر آجا.
- دی تور، جیمز، ترجمان سید احمد ابراهیمی، ملکی فر، عقیل (۲۰۱۰)، آینده‌پژوهی به‌عنوان دانش کاربردی، فصلنامه سیاست علمی و پژوهشی رهیافت، شماره ۲۰.
  - رجبی، محمدرضا، منصوریان، علی و طالعی، محمد (۱۳۹۰) مقایسه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP، Fuzzy AHP-OWH، AHP-OWH برای مکان‌یابی مجتمع‌های مسکونی در شهر تبریز، مجله محیط‌شناسی، سال ۳۷، شماره ۵۷، صص ۷۷-۹۲.
  - رستمیان، محمد و نبیونی، سیروس و عباسی سمنانی، علیرضا (۱۳۹۳) آمایش و مکان‌یابی مراکز و استقرارگاه‌های نظامی با رویکرد امنیتی- دفاعی (مطالعه موردی: ناحیه رویش هیرکانی)، اولین همایش ملی رویکردهای نوین آمایش سرزمین در ایران، دانشگاه سمنان، صص ۳۱۱-۳۱۹.
  - روستایی، شهرام، فخری، سیروس و فتحی، محمدحسین (۱۳۹۲)، تحلیل ژئومورفولوژیکی مکان‌گزینی مراکز نظامی (مطالعه‌ی موردی: دامنه‌های غربی کوهستان سهند)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۵، شماره ۳، صص ۲۰۹-۲۲۸.
  - زنجیرانی، رضا و داوری، سهیل (۱۳۸۵). طراحی سیستم‌های صنعتی (مکان‌یابی تسهیلات)، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
  - صالحی، راشد (۱۳۸۷)، لجستیک درنبرد ناهم‌تراز. تهران: دانشکده فرماندهی و ستاد ارتش جمهوری اسلامی ایران.
  - صالحی، سید مهدی (۱۳۷۵)، شناخت آماد، مقالات برگزیده نخستین سمینار آماد و کاربرد آن در سازمان. تهران: دانشگاه امام حسین (ع).
  - عساریان نژاد، حسین و قرائی آشتیانی، محمدرضا (۱۳۹۱)، سامانه آمادی دفاع همه‌جانبه در منازعات آینده، فصلنامه مطالعات دفاعی استراتژیک، سال دوازدهم، شماره ۵۰، صص ۱۷۷-۲۱۶.
  - فتحی، محمدحسین (۱۳۸۹)، تحلیل ژئومورفولوژیکی مکان‌گزینی مراکز نظامی با استفاده از RS& GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.
  - مقیمی ابراهیم، یمانی مجتبی، بیگلو، جعفر، مرادیان، محسن و فخری، سیروس (۱۳۹۱)، تأثیر ژئومورفولوژی زاگرس جنوبی بر پدافند غیرعامل در منطقه شمال تنگه هرمز (با تأکید بر مکان‌یابی مراکز ثقل جمعیتی) فصلنامه مدیریت نظامی، ۴۸، ۱۲، ۷۷-۱۱۲.
  - مک نایر (۱۳۸۲)، جنگ ناهمگون، مترجم: تمنای، تهران، دانشکده فرماندهی و ستاد، انتشارات دوره عالی جنگ.
  - منشادی، محمدعلی (۱۳۹۰)، ارائه الگوی مناسب پراکنش آمادگاه‌های نزاجا در جنگ ناهم‌تراز با رعایت اصول پدافند غیرعامل. فصلنامه مدیریت نظامی، سال یازدهم، شماره ۴۳، صص ۱۳۵-۱۶۴.
  - مؤمنی، منصور و جعفرنژاد، احمد و صادقی، شکوفه (۱۳۹۰)، جایابی بهینه مراکز توزیع در فرآیند بازاریابی با استفاده از روش‌های ریاضی، فصلنامه مدیریت صنعتی، دوره ۳، شماره ۶، صص ۱۲۹-۱۴۸.
  - ناظمی قدیری، امیری (۱۳۸۵)، آینده‌نگاری از مفهوم تا اجرا، مرکز صنایع و معادن، تهران.
  - نصیری، محمدرضا (۱۳۸۸)، ارائه مدل مکان‌یابی مراکز حساس و حیاتی با توجه به اصول پدافند غیرعامل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، گرایش سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه علم و صنعت، دانشکده صنایع.

- Azadeh, A. Ghaderi, S.F. Maghsoudi, A (2008). Location Optimization of solar plants by an integrated hierarchical DEA PCA approach, *Energy Policy*, 36, 3993-4004.
- AL-Shalabi et al (2006), GIS based Multi criteria Approaches to Housing Site suitability assessment.
- Banai, K (1989), a New Method for Site Suitability Analysis: An Analytical Hierarchy Process, *Environmental*, 13, 6, 693-785.
- Bondy, j. A and Murty, U. S. R (2008). *Graph Theory*. Berlin: Springer.
- Boswell, C and Cannon, Sh (2012), *Introduction to nursing research*. 3rd ed. Burlington, MA: Jones & Bartlett Publishers.
- Burkard, R.E and Cela, E and Dollani, H (2000), 2-median in trees with pos/neg weights. *Discrete Applied Mathematics*, 105, 51-71.
- Chang, D (1996), Application of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95, 649–655.
- Cheng, Y. K and Kang, L. Y and Lu, C, H (2010). The pos/neg-weighted 1-median problem on tree graphs with subtree-shaped customers. *Theoretical Computer Science*, 411, 1044-1038.
- Christopher O. Bowers (2012), *Identifying Emerging Hybrid Adversaries*, Strategic Studies Institute, US Army War College, Carlisle-PA, *Parameters*, pp 40 – 41.
- Dollani, H (2001), *Location Problems on Networks with Positive and Negative Vertex Weights*, Ph.D Thesis. Graz University of Technology.
- Fakhri, M (2000), *Land Suitability Analysis for Site Selection Military Logistics Bases Using Geographical Information Systems*, Thesis of Master Degree, School of Science and Humanist Literature, Supervisor Pahizgar, A., Tarbiat Modarres University. (in Persian).
- Fakhri, M and Jalali Nasab, A (2010), the Military Applications of Geographic Information Systems, National Conference on Geographic Information Systems GIS, Information and Communication Technology and Society, April, Tehran. (in Persian).
- Frank G. Hoffman (2007), *Conflict in the 21st Century: The Rise of Hybrid Wars*, Potomac Institute for Policy Studies, Arlington – Virginia, December, p. 27.
- Gade, D. Pohl, E.A (2011), The reliable facility location problem: formulation, heuristics, and approximation algorithm, *journal on computing*, 23, 3, 470-482.
- Hakimi, S. L (1964), Optimum location of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. *Operations Research*, 12, 450- 459.
- James N. Mattis and Frank Hoffman (2005), *Future Warfare: The Rise of Hybrid Wars*, U.S. Naval Institute, *Proceedings Magazine*, p. 2.
- Mahdinezhad, M and Hatami, H (2010), Mode of Use GIS in Defence Forces, National Conference on Geographic Information Systems GIS, Information and Communication Technology and Society, April, Tehran. (in Persian).
- Mendoza, Guillermo, Alan B. Anderson, George Z. Gertner (2002), Integration Multi Criteria Analysis and GIS for Land Condition Assessment, Part II, Allocation for Military Training Area, *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 6, 1, 17-30.
- Mirchandani, p (1990), *Discrete Location Theory: The p-median problem and*

- generalizations. New York: Wiley.
- Mulavi, A (2000), Site Aselection a Division of Operations in an Attack Using GIS and Remote Sensing (Case Study: the Zaviye), Remote Sensing and GIS, School of Science and Humanist Literature, Tarbiat Modarres Univercity. (*in Persian*).
  - Nurani, H (2005), Military Bases Location Modeling Using Geographic Information Systems GIS and Analytical Hierarchy Process AHP, National Conference on Geographic Information Systems, Information and Communication Technology and Society. (*in Persian*).
  - Onwuegbuzie, A. J and Collins, K. M. T (2007), A typology of mixed methods sampling designs in social science research. Qualitative Report, 12(2), 281-316.
  - Saaty, T.L (1980), *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
  - Shen, Z.J.M. and Zhan, R.L (2009), Sample average approximation applied to the capacitated facilities location problem with unreliable facilities, Journal of risk and reliability, 15, 4, 223-259.
  - Warren, S. D. and Calvin F. Bagley (1992), SPOT Imagery and GIS in Support of Military Land Management, Geocarto International, 7, 1, 35 - 43.