

ارائه مدل گسترش سامانه‌های متحرک موشکی در جنگ‌های آینده با استفاده از نظریه بازی و GIS (مطالعه موردی: منطقه کرمانشاه)

علی حنفی*^۱

احمد لطفی^۲

چکیده

در پژوهش حاضر مدل برنامه‌ریزی خطی صفر و یک مسئله گسترش سامانه متحرک موشکی به عنوان یکی از سامانه‌های مهم و تاثیرگذار در جنگ‌های آینده در منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است. بی‌شک یکی از اهداف دشمن متخاصم در اولین قدم برای حمله به نیروهای خودی، حمله به سامانه متحرک موشکی خواهد بود. در واقع زمانی که دشمن در صدد حمله به سامانه متحرک موشکی و افزایش خسارات است، نیروی مدافع در راستای کاهش خسارات به دنبال استقرار تعداد بهینه و بهترین نوع چیدمان این سامانه‌ها در مقابله با حملات نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای است. روش کار بدین صورت انجام گرفت که ابتدا با تنظیم پرسش نامه و مصاحبه با خبرگان نظامی، نظرات متخصصان نظامی و جغرافیا درباره عوامل مؤثر در استقرار و گسترش سامانه‌های متحرک موشکی جمع‌آوری شد، سپس با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و نیز رقومی کردن آن‌ها، پایگاه داده در نرم‌افزار ArcGIS تهیه و همچنین وزن‌دهی داده‌ها با استفاده از مدل تصمیم‌گیری AHP انجام گرفت. در نهایت با استفاده از روش AHP و پردازش داده‌های مکانی و غیرمکانی در محیط نرم افزار ArcGIS تعداد ۲۲ نقطه برای استقرار و گسترش سامانه‌های موشکی شناسایی گردید. در ادامه بعد از تعیین وزن خسارت احتمالی نقاط مذکور، به چگونگی گسترش این سامانه‌ها با هدف کاهش خسارات ناشی از حملات دشمن پرداخته شد. در پایان با حل مدل ریاضی مسئله میزان سود نیروی مدافع، میزان زیان نیروی مهاجم و محل استقرار و گسترش سامانه‌های موشکی برای تعداد ۱ تا ۵ سامانه مشخص گردید.

واژگان کلیدی:

مدل برنامه‌ریزی صفر و یک، جنگ‌های آینده، سامانه موشکی، تئوری بازی.

^۱ - استادیار اقلیم شناسی دانشگاه افسری امام علی (ع)

^۲ - عضو هیئت علمی دانشگاه افسری امام علی (ع)

مقدمه

در طول تاریخ جنگ، بشر چهار نسل از جنگ‌ها را پشت سر گذاشته است و در حال حاضر با جنگ‌های نسل پنجم روبرو هستیم. در نسل پنجم از جنگ‌ها، عواملی مانند افکار، اندیشه‌ها و تئوری‌ها همچنین رشد فناوری، به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته در ساخت سلاح‌ها و تجهیزات نیز از عناصردیگری هستند که موجب عدم شباهت جنگ‌ها نسبت به یکدیگر می‌گردند. یکی از رویکردهای مطرح در این نوع جنگ‌ها، رویکرد شبکه محور می‌باشد (حیدری: ۱۳۸۹، ۴۴). در جنگ آینده دشمن برای غلبه بر طرف مقابل خود از تمام ظرفیت‌ها و حالت‌های جنگ استفاده خواهد نمود. به بیان بهتر راهکار دشمن در جنگ آینده همان جنگ ترکیبی خواهد بود. جنگ ترکیبی عبارت است از حالت‌های مختلف نبرد از جنگ اطلاعات تا جنگ اقتصادی، از تهدید به استفاده از زور تا تهاجم روانی و رسانه‌ای، از شورش‌های چریکی تا رویارویی نظامی. در این نوع از جنگ، توسعه فن‌آوری موجب شده که عرصه‌های سیاسی، اقتصادی، نظامی، دیپلماتیک و مذهبی با یکدیگر ترکیب شوند. جنگ ترکیبی شامل طیف وسیعی از روش‌های مختلف جنگ از جمله قابلیت‌ها و توانمندی‌های متداول، تاکتیک، تکنیک و روش‌ها و اقدامات تروریستی را شامل می‌شود (کرنل^۱ و همکاران، ۱۹۹۹). یکی از مهم‌ترین جنبه‌های جنگ آینده، جنبه فناورانه و جنبه اقتصادی آن می‌باشد. در جنگ‌های آینده کنترل و در اختیار داشتن این جنبه‌ها می‌تواند کلید پیروزی باشد. جنبه‌ها هدف از این مقاله را توجیه می‌کنند. در واقع در این نوع از جنگ، طرفی برنده خواهد بود که بتواند با کمترین خسارات، بیشترین صدمات را به دشمن وارد کند. یکی از پرکاربردترین و در عین حال با پرهزینه‌ترین سامانه‌ها در این نوع از جنگ، سامانه موشکی می‌باشد.

در عصر حاضر دامنه استفاده از سامانه‌های موشکی فقط به ارتش‌ها ختم نمی‌گردد، بلکه از آن برای ارسال ماهواره‌ها یا سفینه‌های فضایی و اکتشافی نیز استفاده می‌گردد. سامانه‌های موشکی با قدرت تخریب بالا و برد بلند به یک مزیت اساسی تبدیل شده‌اند. موشک را می‌توان در سه گروه کلی، موشک‌های ماهواره بر، موشک‌های تحقیقاتی و موشک‌های جنگی تقسیم‌بندی نمود. موشک‌های جنگی در پنج گروه بالستیک، کروز،

¹. Cornel Traian Scurt

پدافند هوایی، ضد زره و موشک‌های دوزیست تقسیم‌بندی می‌شوند. همچنین با توجه به دامنه استفاده، موشک در جنگ‌های آینده نقش اساسی بازی خواهند نمود. یکی از مهم‌ترین مزیت‌های استفاده از موشک‌ها، قابلیت جابجایی آن‌ها می‌باشد. این امر هر چند به عنوان یک مزیت می‌باشد ولی بازهم جایابی این نوع سامانه‌ها با توجه به شرایط آن‌ها و آسیب‌پذیری در مقابل سلاح‌های امروزی و به طبع برای سلاح‌های پیشرفته جنگ آینده بسیار حیاتی می‌نماید. به بیان بهتر پیش‌بینی مکان این نوع سامانه‌ها در ناهمواری‌های طبیعی و مناطق مناسب، تضمین‌کننده مزیت استفاده از قابلیت جابجایی می‌باشد. همچنین در استفاده از این نوع سامانه‌ها آگاهی احتمالی نیروهای دشمن از محل این نوع سامانه‌ها را نباید نادیده گرفت. نکته دیگر در استفاده از این نوع سامانه‌ها، هزینه بالای آن‌ها می‌باشد. سامانه‌های موشکی توان جابجایی و پرتاب از سکو را دارند. سامانه‌های مدنظر در این مقاله، موشک‌های دور برد با قابلیت دفاع در برابر دشمن فرامنطقه‌ای می‌باشد. منظور این تحقیق از سامانه‌های موشکی، موشک‌های دوربرد با قابلیت دفاع در برابر دشمن فرامنطقه‌ای می‌باشد. با توجه به مباحث قبلی در این مقاله مدل استقرار این نوع از سامانه‌ها را در منطقه کرمانشاه بررسی خواهیم نمود.

مبانی نظری تحقیق

مسائل مکان‌یابی تسهیلات جز مدل‌های پایه ای در بهینه‌سازی ترکیبی‌اتی و می‌باشند که با توجه به کاربردهای فراوانی که در تئوری و عمل دارند، همواره مورد توجه محققان بوده است. بعنوان کاربردهای مدل‌های مکان‌یابی می‌توان به پیدا کردن مکان‌های بهین مراکز پستی، بیمارستان‌ها، فرودگاه‌ها، ایستگاه‌های آتش نشانی، محل دفن زباله‌ها، نیروگاه‌های اتمی و غیره اشاره نمود (فرنسیس و همکاران ، ۱۹۹۲) و (میرچاندانی ، ۱۹۹۰). یک نوع مدل متداول از مسائل مکان‌یابی، مدل مکان‌یابی P -میان می‌باشد که در آن هدف این است که بهترین مکان برای تأسیس P سرویس‌دهنده را روی سیستم تحت مطالعه (گراف یا فضای حقیقی چند بعدی) پیدا کنیم بطوریکه مجموع فواصل (وزن‌دار) مشتریان موجود از نزدیک‌ترین سرویس‌دهنده حداقل باشد. حکیمی نشان داد

که روی گراف‌ها، جستجوی یک جواب بهینه برای مسئله مکان یابی P -میان می‌تواند به مجموعه رأس گراف محدود گردد که این ویژگی به خاصیت بهینگی رأسی معروف گردیده است (حکیمی، ۱۹۶۴). اما از آنجایی که در طراحی این مدل‌ها، هوشمندی دو طرف در نظر گرفته نشده است، تئوری بازی‌ها به عنوان یک رویکرد جدید گسترش پیدا کرد (سیکوئیرا و سندلر، ۲۰۰۶) و همچنین به عنوان یک استراتژی مهم در شرایط نامناسب دولت‌ها مورد استفاده قرار گرفت (لیو، ۲۰۰۸). بر این اساس، در این مقاله، به دنبال استقرار بهینه سامانه موشکی برای پاسخگویی به حملات دشمن فرمانطقه‌ای هستیم.

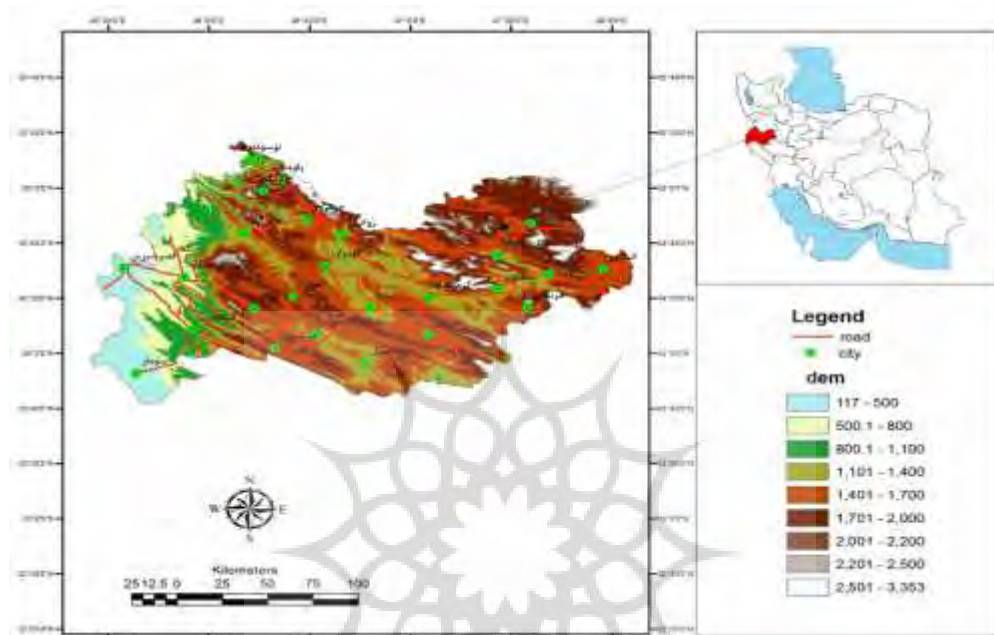
تئوری بازی‌ها در مقابل تئوری تصمیم‌گیری، رفتار یک بازیگر منطقی را در موقعیت استراتژیک توصیف می‌کند. بازیگر منطقی کسی است که اجرای تصمیمات خود را با توجه به محدودیت‌های محیطی بهبود بخشد. با توجه به این نکته در این مقاله با استفاده از تئوری بازی‌ها و برنامه‌ریزی خطی، به بررسی رفتار نیروی مدافع در قبال حملات نیروهای فرمانطقه‌ای در نقاط مختلف یک منطقه می‌پردازیم. در واقع نیروی مدافع در صدد مکان‌یابی مناسب و تأسیس تسهیلات شبکه‌ای است که توسط نیروی مهاجم مورد حمله قرار خواهد گرفت. یکی از اهداف اصلی تئوری بازی‌ها، توصیه به بازیکن‌ها برای در پیش گرفتن بهترین تصمیم در شرایط رقابتی است (موریس، ۱۹۹۴). لاپان و سندلر (۱۹۸۸) تعدادی مدل که در آن مراحل مختلف مذاکرات بین نیروی مهاجم فرمانطقه‌ای و سیاست‌گذاران نیروی مدافع نشان داده شده را ارائه کردند. آتکینسون و همکاران^۵ (۱۹۸۷)، بازی چانه‌زنی نش که در آن زمان مذاکرات مورد بررسی قرار می‌گیرد را بسط و توسعه دادند. دیگر کاربرد نظریه بازی در مسئله، انتخاب اهداف تروریست‌ها برای یک بازی سه نفره با دو کشور مورد هدف و تهدید رایج تروریست نیز مورد بررسی قرار گرفته است (سیکوئیرا، ۲۰۰۵).

- 1 . Siqueira, K, and Sandler, T
- 2 . Liu, D
- 3 . Morris, P
- 4 . Lapan, H, E and Sandler, T
- 5 . Atkinson, S, E, Sandler, T, and John, T
- 6 . Siqueira, K

یکی از روش‌های پژوهش در آینده، روش سناریوسازی می‌باشد. در این مقاله با توجه به اینکه جنگ‌های آینده به شیوه جنگ ترکیبی خواهند بود، بنابراین جنگ آینده را مترادف با جنگ ترکیبی در نظر گرفته‌ایم. این پژوهش با توجه به مدل برمن و گایوس (۲۰۰۷) به بررسی یک سناریو می‌پردازد که در آن دشمن مهاجم از مکان سامانه‌های موشکی آگاه است و می‌داند که باید برای ایجاد حداکثر خسارت به نقاط حساس و به نقاطی که خسارت بیشتری می‌بیند، حمله کند. بنابراین یک بازی با دو بازیکن داریم: سامانه متحرک موشکی نیروی مدافع و نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای. با توجه به این رویکرد، نیروی مدافع می‌تواند رفتار نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای را مد نظر قرار داده و برنامه مکان‌یابی بهینه را اجرا کند، به این صورت آسیب ناشی از حملات نیروی مهاجم به حداقل ممکن می‌رسد. همچنین فرض بر این است که نیروی مهاجم، حرکت و تصمیمات نیروی مدافع را در بازی می‌داند و بر این اساس عمل می‌کند. در واقع فرض بر این است که نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای از حرکت نیروی مدافع اطلاع دارد. با این آگاهی در این پژوهش، به ارائه مدل گسترش چند تسهیل به طور همزمان براساس حداقل کردن خسارت در صورت وقوع فقط یک حمله توسط نیروی مهاجم فرامنطقه‌ایی پرداخته شده و سپس حملات همزمان به چند منطقه مورد مطالعه قرار گرفته و در نهایت تعداد سامانه‌های بهینه با توجه به محدودیت‌هایی از قبیل هزینه پیشگیرانه و بودجه را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در پایان معادلات خطی با توجه به تعادل نش در تئوری بازی‌ها محاسبه و بهترین جواب بدست می‌آید.

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش استان مرزی کرمانشاه می‌باشد که در سمت غرب ایران بین مدارات ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و بین نصف‌النهارات ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. این استان از سمت شمال با استان کردستان، از سمت شرق با استان‌های همدان و لرستان، از سمت جنوب با استان ایلام و از سمت غرب با کشور عراق هم‌جوار می‌باشد. کرمانشاه منطقه کوهستانی است که قسمت قابل ملاحظه‌ای از وسعت آن را رشته ارتفاعات زاگرس تشکیل می‌دهد. وجود رشته ارتفاعات زاگرس با

جهت شمال غربی، جنوب شرقی در عمق منطقه که به طور متوالی و موازی هم قرار گرفته و شکل تراس را نیز نسبت به جبهه داشته، تشکیل مواضع پدافندی و تأخیری متعددی را ارائه می‌دهد که چنانچه به خوبی و بر اساس اصول و قواعد تاکتیکی بهره برداری شود نیروهای خودی را قادر خواهد ساخت تا در مقابل تهاجم کشور هدف به خوبی ایستادگی نمایند. موقعیت جغرافیایی، شرایط توپوگرافی و ویژگی‌های جغرافیایی استان کرمانشاه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی منطقه مورد مطالعه

اهداف تحقیق

الف) هدف اصلی تحقیق

بدست آوردن مدل بهینه گسترش سامانه موشکی در منطقه کرمانشاه

ب) اهداف فرعی تحقیق

- شناسایی منطق مستعد استقرار سامانه متحرک موشکی در کرمانشاه با استفاده از نرم

افزار GIS

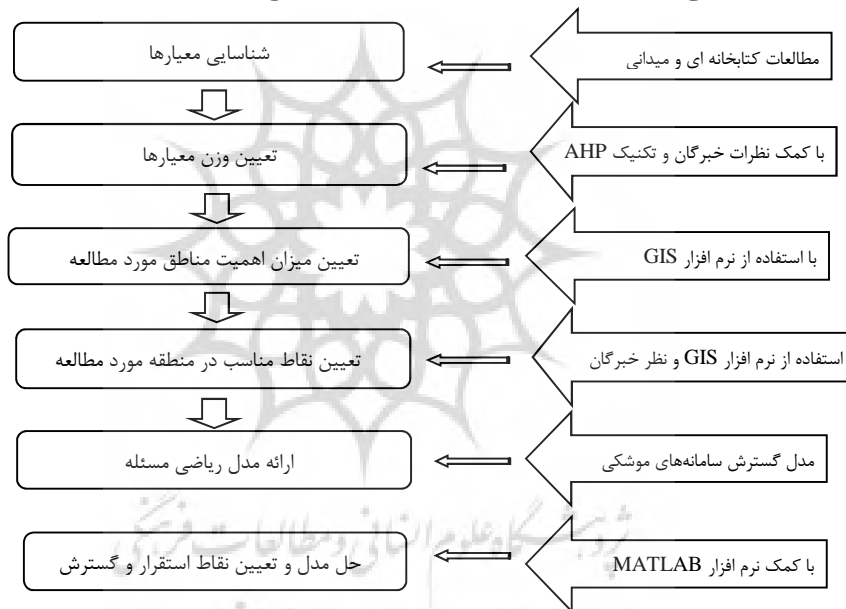
- تهیه نقشه‌های توپوگرافی، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی و... با استفاده از نرم

افزار GIS

- بدست آوردن نقاط مستعد با استفاده از حل مدل ارائه شده در تحقیق

مواد و روش‌ها

برای انتخاب مکان‌های مناسب برای استقرار و گسترش سامانه‌های متحرک موشکی در استان کرمانشاه از عوامل مختلفی مانند عوامل جغرافیایی و امنیتی با ماهیت چندگانه استفاده گردیده است. به منظور بدست آوردن عوامل مهم و تأثیرگذار در استقرار و گسترش سامانه‌های متحرک موشکی در منطقه کرمانشاه، ابتدا طی مصاحبه‌ای که با خبرگان نظامی انجام گردید، عوامل و محدودیت‌های مهم و تأثیرگذار در استقرار و گسترش سامانه‌ها مورد شناسایی قرار گرفت. به منظور بدست آوردن داده‌های جغرافیایی از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ استفاده گردید. سپس این نقشه‌ها در نرم‌افزار ArcGIS زمین مرجع و راقومی گردید و لایه‌های اطلاعاتی مانند پراکندگی ارتفاعی، شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از خطوط مواصلاتی، فاصله از مراکز سکونتگاهی و در منطقه مورد مطالعه استخراج گردید.



شکل ۲. شماتیک مراحل مختلف تحقیق

در ادامه به منظور به دست آمدن میزان اهمیت هر یک از عوامل از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و نرم‌افزار Expert Choice استفاده گردید. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) چهارچوبی منطقی است که درک و تحلیل تصمیم‌گیری‌های پیچیده را با

تجزیه آن به ساختاری سلسله مراتبی آسان می‌کند؛ که در سال ۱۹۷۰ توسط توماس آل ساعتی ابداع گردید. اساس روش AHP بر مقایسه زوجی یا دوبه‌دویی گزینه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری است. با توجه به اینکه کلیه مقایسه‌ها در فرایند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد ابتدا وزن معیارها نسبت به هدف تعیین می‌شوند، سپس وزن گزینه‌ها نسبت به معیارها استخراج می‌گردند. ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مؤثر در انتخاب مکان سامانه‌های موشکی در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱): ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مؤثر در انتخاب مکان سامانه‌های موشکی

معیار	کاربری اراضی	فاصله از آبراهه	نزدیکی به سکونتگاه	نزدیکی به جاده	جهت شیب	شیب	توپوگرافی
کاربری اراضی	۱	۸	۶	۴	۰.۲۵	۰.۵	۷
فاصله از آبراهه	۰.۱۳	۱	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۱۶	۰.۲	۰.۵
فاصله به سکونتگاه	۰.۱۷	۳.۰۳	۱	۰.۵	۰.۱۶	۰.۲	۵
نزدیکی به جاده	۰.۲۵	۳.۰۳	۲.۰۰	۱	۰.۲	۰.۲۵	۵
جهت شیب	۴.۰۰	۶.۲۵	۶.۲۵	۵.۰۰	۱	۳	۸
شیب	۲.۰۰	۵.۰۰	۵.۰۰	۴.۰۰	۰.۳۳	۱	۷
توپوگرافی	۰.۱۴	۲.۰۰	۰.۲۰	۰.۲۰	۰.۱۳	۰.۱۴	۱

بر اساس مقایسات زوجی جدول (۱) وزن نسبی هر یک از معیارها بدست می‌آید، ضمن اینکه مقدار ضریب سازگاری برای کنترل صحت ارزش دهی به معیارها برابر $0/084$ گردیده است که بدلیل پایین تر از یک بودن نشانه قضاوت قابل قبول می‌باشد. بعد از بدست آوردن ارزش نسبی عوامل مؤثر در مکان‌گزینی با استفاده از مدل AHP، این ارزش‌ها در محیط GIS به لایه‌های اطلاعاتی داده شد. سپس لایه‌ها در هم ضرب گردیده و در نهایت پیکسل‌هایی که بیش‌ترین ارزش عددی را داشته‌اند با رنگ‌های جداگانه بر روی نقشه مشخص می‌گردند. برای بدست آوردن نقشه نهایی مکان‌های مناسب برای سامانه متحرک موشکی از رابطه زیر استفاده گردید:

$$\text{بهینه مکان} = \frac{(X1*W1)+(X2*W2)+(X3*W3)+ \dots+(Xn*Wn)}{\sum W}$$

در رابطه بالا X_1 تا X_n نشان دهنده عوامل مؤثر در مکان‌گزینی سامانه‌های موشکی و W_1 تا W_n نشان دهنده وزن هر یک از عوامل می‌باشد.

در ادامه بعد از بدست آوردن مناطق مناسب از نظر عوامل جغرافیایی، با استفاده از وزن‌های نسبی بدست آمده در بخش قبلی و نرم افزار GIS برای مناطقی که امکان استقرار سامانه موشکی وجود داشت، نقاطی به صورت نمونه مشخص گردید. در نهایت با استفاده از نظریه بازی مدل گسترش سامانه‌های موشکی در منطقه کرمانشاه در نرم افزار Matlab حل گردید و مکان‌های مناسب برای استقرار و گسترش سامانه‌های متحرک موشکی براساس تعداد سامانه‌های موجود مشخص گردید. مراحل مختلف پژوهش در شکل (۲) نشان داده شده است.

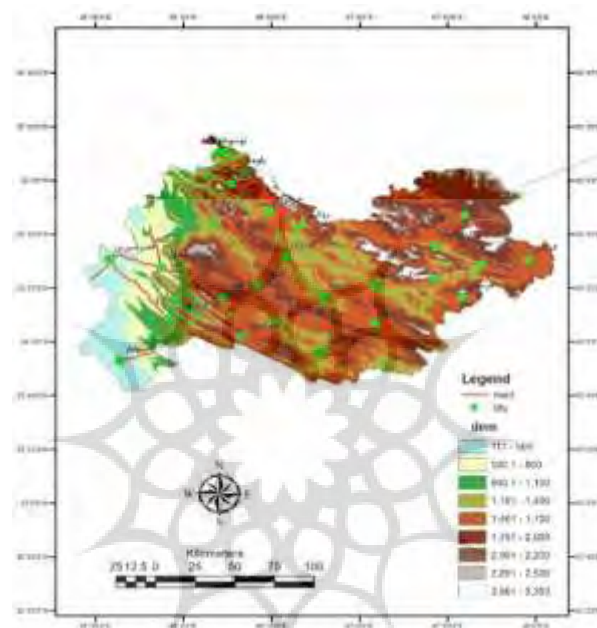
نتایج و یافته‌ها

در پژوهش حاضر از هفت پارامتر جغرافیایی برای تعیین مناطق مناسب برای استقرار سامانه‌های متحرک موشکی استفاده گردید. این پارامترها براساس نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای به دست آمده‌اند، که در ادامه به بررسی و تشریح آن‌ها پرداخته شده است.

توپوگرافی و شیب زمین

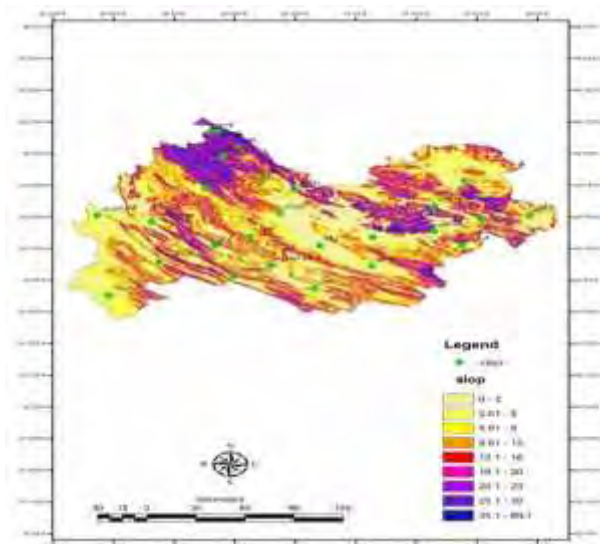
شیب، شکل زمین را از طریق خصوصیات مورفولوژیکی تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. دو پارامتر شیب و جهت آن از عوامل تاثیرگذار بر جابجایی و تحرکات رزمی نیروها و تجهیزات آن‌ها است. شیب‌ها معمولاً با توجه به جهت حرکت و به صورت ارقام درصد منفی و مثبت بیان می‌گردند که مشخص‌کننده میزان فراز و نشیب‌های قائم بر روی محورهای افقی فرضی هستند. به طور کلی شیب‌های بیشتر از ۷ درصد برای بیشتر فعالیت‌ها محدودکننده بوده و حرکات و جابجایی نیروها و تجهیزات را کند می‌کند (حنفی و موسوی، ۱۳۹۲). طبقه‌بندی شیب منطقه مورد مطالعه در شکل (۳) نشان داده شده است. شیب زمین در استان کرمانشاه بین صفر تا حدود ۷۰ درصد متغییر می‌باشد. کمترین میزان شیب زمین مربوط به مناطق مرزی کرمانشاه و از قصرشیرین تا سومار می‌باشد. همچنین بیشترین میزان شیب زمین مربوط به مناطق شمالی همجوار با استان کردستان و دامنه‌های ارتفاعی کوه‌های شاهو در شهرستان پاوه می‌باشد.

از جمله عوامل تاثیرگذار دیگر در مکان‌گزینی و گسترش سامانه‌های متحرک موشکی ارتفاع زمین است که می‌تواند روی میدان دید و تیر و حرکت و گسترش سامانه‌های متحرک موشکی تأثیر بگذارد. طبقه‌بندی ارتفاعی منطقه مورد مطالعه در شکل (۴) نشان داده شده است. میزان ارتفاع از سطح آب‌های آزاد در استان کرمانشاه بین ۱۱۷ تا ۳۳۵۰ متر متغیر می‌باشد. در محدوده نوار مرزی با کشور عراق در فاصله بین قصرشیرین تا سومار ارتفاع زمین کمتر از ۵۰۰ متر می‌باشد. در صورتی که در مناطق کوهستانی واقع در شمال و شمال شرق استان ارتفاع به بیشتر از ۲۵۰۰ متر می‌رسد. به طور کلی از غرب به شرق و از جنوب به شمال بر میزان ارتفاع زمین افزوده می‌شود.



شکل (۳): طبقه بندی شیب منطقه مورد مطالعه

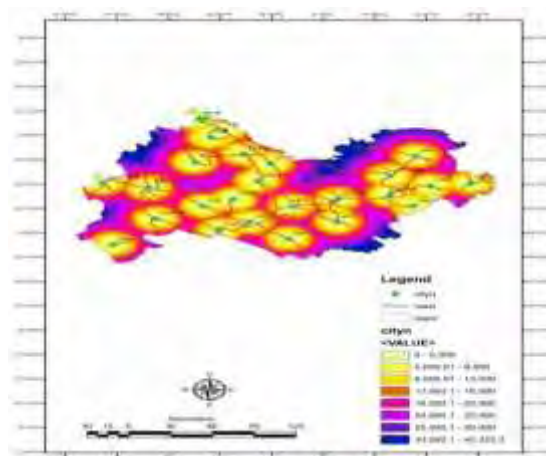
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 رتال جامع علوم انسانی



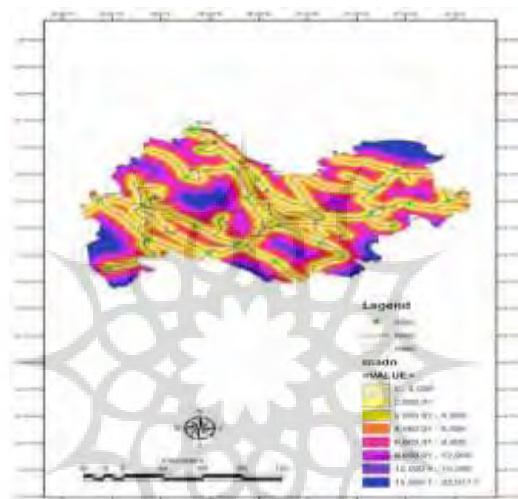
شکل (۴): وضعیت توپوگرافی منطقه مورد مطالعه

دسترسی به جاده و شهر

الگوی حمل و نقل و گسترش سامانه‌های متحرک موشکی نیاز مبرم به راه‌های زمینی مناسب دارد. به طور کلی برای سهولت و کاهش زمان گسترش و حمل و نقل و هزینه بهتر است مکان استقرار سامانه‌های متحرک موشکی حتی‌المقدور به جاده‌های اصلی و راه‌های ارتباطی نزدیک باشد. بنابراین دسترسی به محورها و جاده‌های مواصلاتی یکی از عوامل مهم در استقرار و گسترش سامانه‌های متحرک موشکی می‌باشد. میزان فاصله از محورها و جاده‌های مواصلاتی در بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه در شکل (۵) بر حسب متر نشان داده شده است. از دیگر عوامل مهم تاثیرگذار در استقرار و گسترش سامانه‌های متحرک موشکی دارا بودن فاصله از شهرها و مناطق مسکونی به منظور کاهش میزان آسیب پذیری افراد غیرنظامی در صورت هدف قرار گرفتن این سامانه‌ها توسط دشمن می‌باشد. بنابراین بهتر است این سامانه‌ها در مکان‌هایی با فاصله مناسب از شهرها مستقر شوند. در شکل (۶) نواحی مختلف منطقه از لحاظ میزان فاصله از شهرها و سکونتگاه‌ها طبقه‌بندی شده است.



شکل (۵): فاصله از محورهای مواصلاتی در منطقه مورد مطالعه



شکل (۶): فاصله از شهر در منطقه مورد مطالعه

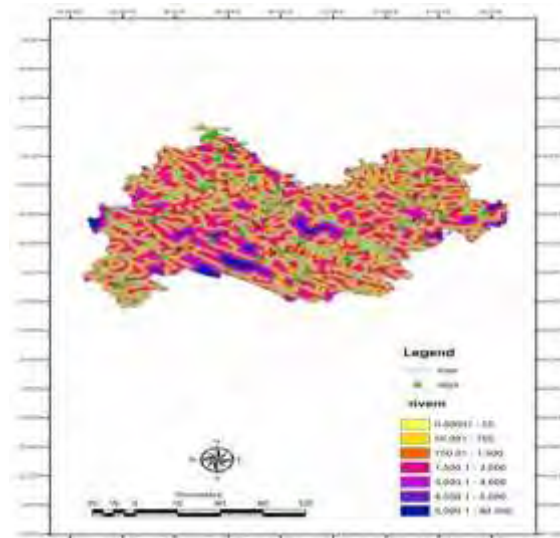
فاصله از رودخانه و جهت شیب

یکی از عوامل مهم در انتخاب مکان مناسب برای استقرار و گسترش سامانه‌های متحرک موشکی توجه به شبکه زهکشی رودخانه‌ها و بسترهای سیلابی می‌باشد. نزدیک بودن مکان استقرار و گسترش سامانه‌های موشکی به بستر و حریم رودخانه‌ها باعث کاهش سرعت گسترش و میزان بازدهی عملکرد این سامانه‌ها در شرایط نامساعد جوی و طغیانی و باتلاقی شدن بستر رودخانه‌ها می‌گردد. بنابراین دارا بودن فاصله مناسب از

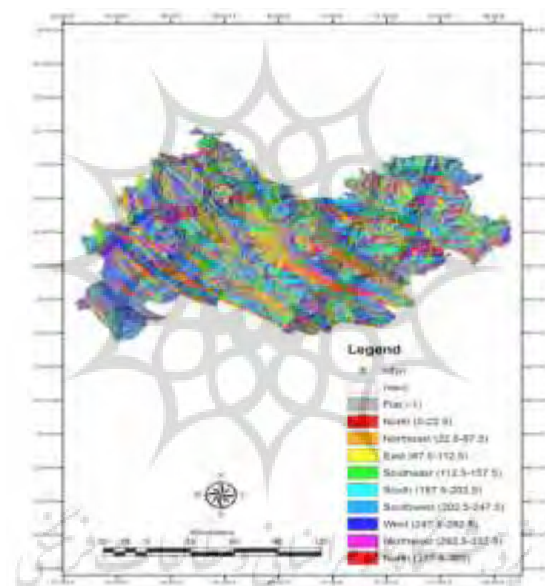
بستر رودخانه‌ها در الگوی استقرار و گسترش سامانه‌های موشکی باید مد نظر قرار گیرد. شکل (۷) فاصله از رودخانه را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. جهت شیب همچون خود شیب در الگوی استقرار و گسترش سامانه‌های موشکی دارای اهمیت است. از نظر عملیات دفاعی، جهت شیب مطلوب بر اساس جهت تهدید تعیین می‌گردد، لذا با توجه به اینکه جهت تهدید در استان کرمانشاه معمولاً از سمت غرب منطقه و کشور عراق می‌باشد، بنابراین دامنه‌های با جهت شیب شرقی برای استقرار و گسترش سامانه‌های موشکی مناسب و دامنه‌های غربی نامناسب می‌باشند. در طبقه بندی جهت شیب نیز بیشترین امتیاز به دامنه‌های شرقی و کمترین امتیاز به سطوح صاف و هموار و دامنه‌های غربی داده می‌شود. شکل (۸) جهت شیب را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

کاربری زمین

در تعیین مکان استقرار و گسترش سامانه‌های متحرک موشکی توجه به کاربری فعلی زمین نیز از شاخص‌های مهم است. بنابراین انتخاب مکان‌هایی همچون تالاب‌ها، مناطق مسکونی، مناطق جنگلی همراه با پوشش گیاهی متراکم و مناطق ساحلی برای استقرار و گسترش سامانه‌های متحرک موشکی مناسب نیستند و نمی‌توان در چنین مکان‌هایی از این سامانه‌ها استفاده مطلوب را به عمل آورد. بنابراین همواره باید مد نظر داشت که زمین انتخاب شده مصارف مهم‌تری نداشته باشد. کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در شکل (۹) نشان داده شده است.

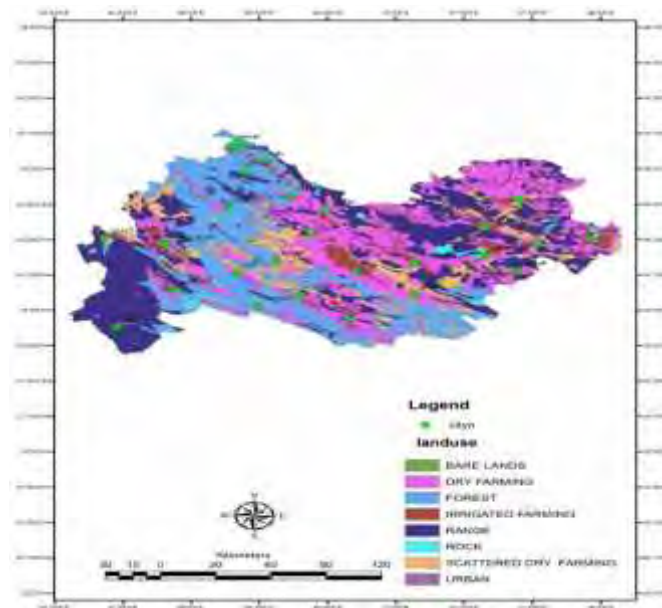


شکل (۷): فاصله از رودخانه در منطقه مورد مطالعه



شکل (۸): جهت شیب در منطقه مورد مطالعه

رتال جامع علوم انسانی

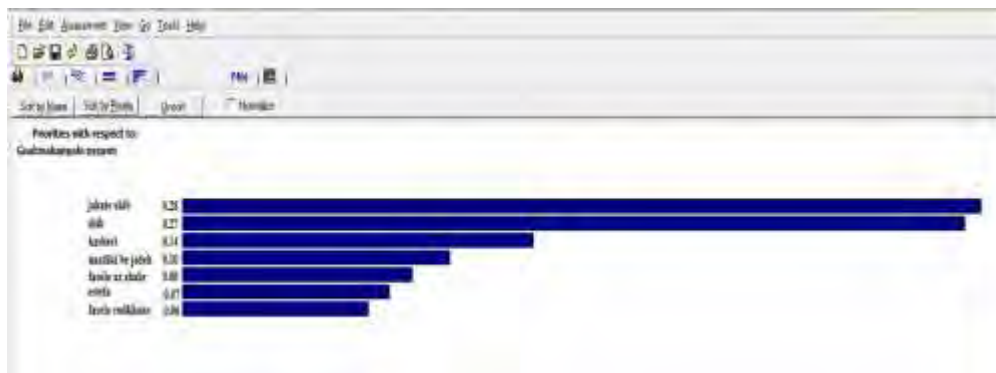


شکل (۹): کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه

پهنه‌بندی و شناسایی مناطق مناسب برای سامانه‌های موشکی

در انتخاب مناطق استقرار و گسترش سامانه‌های موشکی عواملی همچون دسترسی بهتر به مسیرهای مواصلاتی جهت تردد و رفت و آمد آسان‌تر، فاصله از سکونتگاه‌ها به منظور کاهش میزان آسیب پذیری در زمان حمله دشمن مد نظر می‌باشد. مکانیابی مناسب یکی از روش‌های اساسی کاهش هزینه و افزایش امنیت در استقرار و گسترش سامانه‌های موشکی می‌باشد و در این راستا باید عوامل متعدد و متنوعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. بخش از عوامل فوق کمی و بخش دیگری بصورت کیفی می‌باشند و این عوامل باید از طریق روش‌های مناسب علمی بصورت یکدست در تجزیه و تحلیل داده‌های فضایی مورد استفاده قرار گیرند. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان اطلاعات کیفی را از طریق روش‌های تحلیلی مناسب از قبیل AHP به اطلاعات کمی تبدیل نموده و سپس به همراه سایر اطلاعات مکانی مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. پس از بررسی و تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر در انتخاب مکان مناسب برای استقرار و گسترش سامانه‌های موشکی، برای هم مقیاس کردن لایه‌ها جهت همپوشانی به هر یک از نقشه‌های توپوگرافی، شیب، فاصله از محورهای مواصلاتی، فاصله از شهر، فاصله از

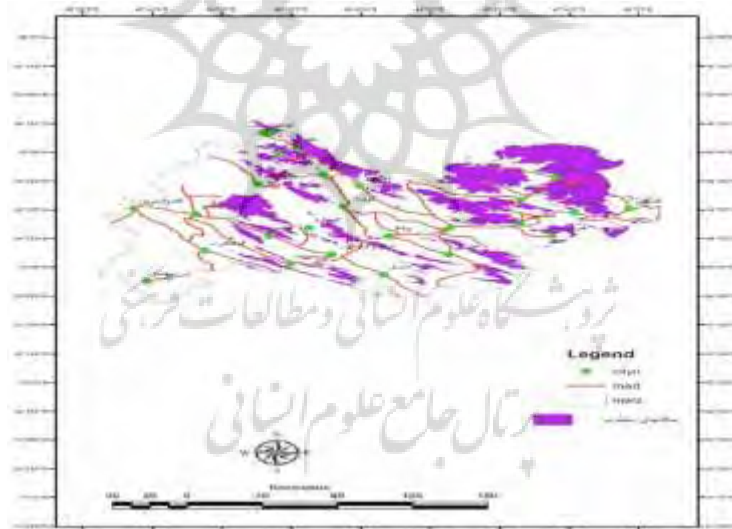
آبراهه، جهت شیب، کاربری اراضی و ... وزن عددی از طریق روش تحلیلی AHP اختصاص یافت (شکل ۱۰)



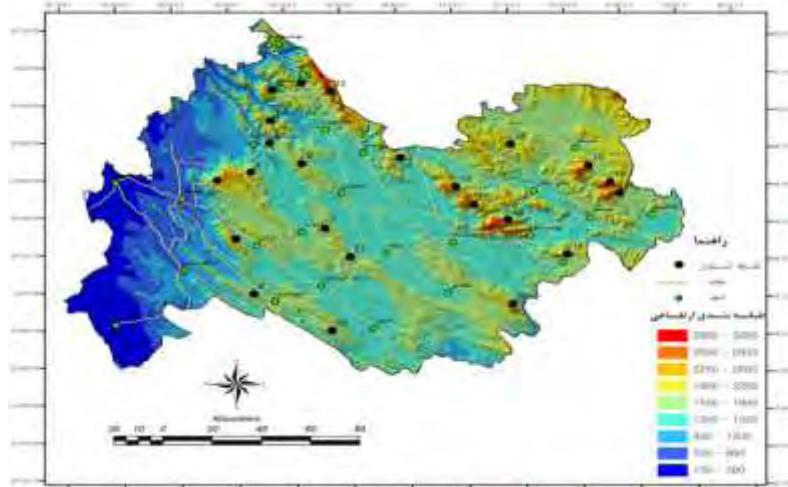
شکل (۱۰): وزن عددی اختصاص داده شده به هر یک از معیارها

در نهایت با بهره‌گیری از روش همپوشانی کلیه لایه‌های مؤثر در مکان‌یابی محل استقرار سامانه‌های موشکی در محیط GIS تلفیق شدند و در نهایت مناطق مناسب برای استقرار سامانه‌های موشکی شناسایی گردید (شکل ۱۱).

در ادامه با استفاده از وزن‌های نسبی بدست آمده در بخش قبلی و نرم افزار GIS از بین مناطق مطلوب برای استقرار سامانه‌های موشکی، ۲۲ نقطه را به عنوان نمونه مشخص نموده‌ایم که موقعیت جغرافیایی این نقاط در شکل (۱۲) آورده شده است.



شکل (۱۱): مناطق مناسب برای استقرار سامانه موشکی در کرمانشاه



شکل (۱۲): نقاط مناسب برای استقرار سامانه موشکی در کرمانشاه

مدل سازی ریاضی

بعد از انتخاب ۲۲ نقطه در منطقه کرمانشاه برای استقرار سامانه‌های موشکی، در ادامه به مدل سازی ریاضی الگوی گسترش این سامانه‌ها می‌پردازیم. شبکه $G(V, E)$ را در نظر بگیرید که V مجموعه گره‌ها و E مجموعه یال‌ها است. سامانه متحرک موشکی را مجموعه‌ای از گره‌ها در نظر می‌گیریم. به هر نقطه $i \in V$ وزن W_i تخصیص داده می‌شود (وزن خسارت مورد انتظار) که شامل خسارت مالی و جانی است. $d(i, j)$ نشان‌دهنده فاصله بین دو پایگاه استقرار سامانه i و j ($i, j \in V$) از یکدیگر و در واقع میزان تأخیر در حمل و نقل با این پارامتر متناظر است.

استراتژی بازی

در این پژوهش براساس استراتژی بازی، دو بازیکن در نظر گرفته می‌شوند، سامانه موشکی نیروی مدافع و نیروی مهاجم فرمانطقه‌ای، نیروی مدافع باید تصمیم بگیرد که مراکز استقرار سامانه‌های موشکی مورد نیاز برای دفع و کاهش خسارات حملات احتمالی را در چه مکانی مستقر کند. به علاوه نیروی مدافع ممکن است در زمینه پیشگیری از حملات احتمالی سرمایه‌گذاری کند. نیروی مهاجم فرمانطقه‌ای، نفر دوم بازی است که با توجه به تصمیم نیروی مدافع مبنی بر مکان استقرار سامانه‌ها تصمیم می‌گیرد که بهترین مکان برای حمله و ایجاد خسارت کدام است.

در این مقاله استراتژی نیروی مدافع را با نماد s معرفی می‌شود که مکان‌یابی و تأسیس k تسهیل در شبکه می‌باشد. در این خصوص تأسیس هر تسهیل هزینه دارد و نیازمند سرمایه‌گذاری ($C > 0$) است. همچنین نیروی مدافع برای عملیات پیشگیرانه حملات هزینه پیشگیرانه (C_{prev}) را متحمل می‌شود. لازم به ذکر است که منابع مصرف شده بستگی به موفقیت حمله نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای دارد. احتمال موفقیت یک حمله برنامه‌ریزی شده نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای به یک مکان برابر با $P(C_{prev})$ است که P یک تابع پیوسته کاهشی محدب در نظر گرفته شده است. استراتژی نیروی مدافع شامل $K+1$ بردار در k تسهیل و تصمیم در ارتباط با سطح منابع پیشگیرانه است. برای مطالعه بیشتر در خصوص مدل ارائه شده در این تحقیق به منابع (برمن و گایوس، ۲۰۰۶: ۲۲) و (قندهاری و موسوی زاده، ۱۳۹۳: ۲۲)، (موریس، ۱۹۹۴) مراجعه گردد.

نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای ابتدا استراتژی t را در پیش می‌گیرد. نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای یک گره (مرکز استقرار) را برای حمله انتخاب می‌کند، نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای می‌تواند یک استراتژی ترکیبی در پیش گیرد، یعنی یک انتخاب احتمالی بین مراکز استقرار انجام دهد. در این مورد استراتژی نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای، یک بردار احتمالی $t = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ که p_i ($i = 1, 2, \dots, n$) برابر با احتمال حمله به مرکز استقرار سامانه نام است. همچنین فرض کنید در صورت حمله به یک مرکز استقرار، خسارت ناشی از این حمله به مراکز دیگر اثر نمی‌کند. در اینجا بدون از دست دادن کلیت، احتمال حمله به مراکز مختلف یکسان فرض شده است.

محاسبه تابع مطلوبیت

بازیگران این بازی نیروی مدافع و نیروی فرامنطقه‌ای می‌باشند. زمانی که حمله نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای به یک مرکز استقرار (مکان i) موفقیت آمیز باشد، همه منابع در شبکه برای استفاده در دسترس هستند. منابع مورد نیاز در هر مرکز با میزان خسارت مورد انتظار W_i متناسب است. سامانه‌های مستقر در میان شبکه به فرستادن منابع خود

¹. Berman & Gavius

². Morris

با استفاده از کوتاه‌ترین مسیرها برای نزدیک‌ترین مرکز i اقدام می‌کنند. فرض کنید که هزینه برای نیروی مدافع (خسارت) یک تابع خطی متناسب با میزان تأخیر در انتقال سامانه‌های موشکی به مرکز استقرار است. این تأخیر برابر است با مجموع میانگین تأخیر در مکان مورد حمله و میانگین زمان انتقال بین مکان i و تسهیلات سامانه موشکی J است. هزینه ناشی از موفقیت نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای در حمله به مکان i برابر است با (برمن و درزرنر، ۲۰۱۰):

$$f_i = (r d(k, i) + y) W_i$$

که در آن

k : نزدیک‌ترین سامانه به مکان استقرار نام

r : میزان هزینه تأخیر تا رسیدن منابع

y : میزان نامطلوب بودن حمله به مکان استقرار i مستقل از کمبود منابع $y \geq 0$

$$U_S(t, s) = -P(C_{prev}) \sum_{i=1}^n P_i f_i - KC - C_{prev}$$

در واقع می‌توان تابع مطلوبیت را با توجه به منابع پیشگیرانه، تعداد سامانه‌ها و مکان استقرار آن‌ها ایجاد کرد. در صورت موفقیت‌آمیز بودن حمله، سود نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای در گروهی میزان خسارت و آسیب وارده است. بنابراین اگر تابع مطلوبیت مورد انتظار نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای را به صورت زیر تعریف کنیم:

$$U_T(t, s) = \sum_{i=1}^n P_i \cdot (x d(k, i) + u) W_i$$

در این صورت $U_i W_i$ ، موفقیت حمله به مرکز نام می‌باشد. همچنین اگر u و x (هزینه واحد تأخیر حمله با توجه به واحد مسافت) پارامترهای مربوط به تروریست باشند. در این صورت اگر u نسبت به x خیلی بزرگ‌تر باشد، استراتژی غالب نیروی مهاجم فرامنطقه‌ای حمله به مکان استقرار با ضریب خسارت بیشتر، مستقل از هرگونه تصمیم‌گیری و استراتژی نیروی مدافع است. لازم به ذکر است که هرچند توابع مطلوبیت هر کدام از بازیگران شبیه به بازی با مجموع صفر می‌باشند ولی در این مقاله یک بازی با مجموع غیر صفر ارائه می‌شود.

¹. Berman & Drezner

تعادل دانش

وقتی که مکان استقرار سامانه‌ها شناخته شده باشد، یک بازی پیشرو-پسرو در رقابت استکلبرگ خواهیم داشت. نیروی مدافع ابتدا استراتژی S را بازی می‌کند و پس از آن نیروی مهاجم فرمانطقه‌ای تصمیم استراتژی $t(S)$ خود را در پیش می‌گیرد. در این بازی یک تعادل عبارت است از زوج $(t^*(.), S)$ ، به طوری که برای هر s و $t(.)$ داریم:

$$\begin{cases} S \Rightarrow U_s(t^*(.), S) \leq U_s(t^*(.), S^*) \\ t(S) \Rightarrow U_t(t^*(.), S^*) \leq U_t(t^*(.), S^*) \end{cases}$$

برای هر تصمیم گرفته شده توسط نیروی مدافع یک استراتژی خالص موجود است که بهترین پاسخ به نیروی مهاجم فرمانطقه‌ای است.

هزینه‌های پیشگیرانه

مکان استقرار سامانه توسط نیروی مدافع معادله‌ای بر حسب x^* و مکان مورد حمله معادله‌ای بر حسب i^* می‌باشد. تابع مطلوبیت نیروی مدافع برابر است با:

$$U_s(x^*, i^*) = -P(C_{prev}) [rd(x^*, i^*) + y_{i^*}] \sum_{i=1}^n W_{i^*} - C - C_{prev}$$

با مشتق‌گیری نسبت به C_{prev} منابع پیشگیری بهینه از حل معادله زیر به دست می‌آیند:

$$-P'(C_{prev}) [rd(x^*, i^*) + y_{i^*}] \sum_{i=1}^n W_{i^*} = 1$$

یعنی سطح بهینه منابع هنگامی است که سود مورد انتظار نسبت به واحد اضافی منبع با هزینه یک واحد از منبع باشد.

محاسبه وزن خسارت احتمالی براساس نظر خبرگان به محاسبه وزن خسارت احتمالی مکان‌های استقرار سامانه موشکی در منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. برای محاسبه وزن خسارت احتمالی مکان‌های مستعد برای استقرار سامانه موشکی با توجه به پارامترهای کمی و کیفی از

جمله تعداد مراکز مرتبط با انرژی هسته‌ای و یا مناطق حساس، جمعیت، زیرساخت‌های امنیتی، نوع مناطق (از نظر نظامی)، شاخصه‌های جغرافیایی زمین، نزدیکی به مناطق مرزی، نوع مسیر حمل و نقل و ... از روش AHP استفاده شده است که وزن محاسبه شده مکان‌های استقرار سامانه‌های موشکی در منطقه کرمانشاه در جدول (۲) آورده شده است.

جدول(۲): وزن محاسبه شده مکان‌های استقرار سامانه‌های موشکی برای نقاط ۲۲ گانه انتخاب شده

شماره منطقه	خسارت احتمالی	شماره منطقه	خسارت احتمالی	شماره منطقه	خسارت احتمالی	شماره منطقه	خسارت احتمالی	شماره منطقه	خسارت احتمالی
۱	۰.۰۲۱	۲	۰.۰۳۱	۳	۰.۰۴۱	۴	۰.۰۰۱	۵	۰.۰۳۴
۶	۰.۰۱۲	۷	۰.۰۲۱	۸	۰.۰۰۵	۹	۰.۰۰۹	۱۰	۰.۰۳۳
۱۱	۰.۰۵۱	۱۲	۰.۰۷۰	۱۳	۰.۰۶۲	۱۴	۰.۰۱۹	۱۵	۰.۰۲۲
۱۶	۰.۰۱۱	۱۷	۰.۰۳۲	۱۸	۰.۰۰۳	۱۹	۰.۰۰۷	۲۰	۰.۰۱۵
۲۱	۰.۰۰۱	۲۲	۰.۰۰۴						

برنامه ریزی صفر و یک مسئله

پارامترهای مدل:

n : تعداد گره‌ها	W_i : میزان خسارت مورد انتظار در مکان استقرار آم
$d(i, j)$: مسافت بین دو مکان i و j	C : هزینه واحد تأخیر منابع با توجه به واحد مسافت
$U_i W_i$: میزان مطلوبیت حمله به مکان i با توجه به وزن خسارت مورد انتظار مکان i	X : هزینه تأخیر حمله با توجه به واحد مسافت
C : میزان هزینه پیشگیرانه نیروی مدافع از استقرار یک سامانه در شبکه	$Y W_i$: میزان نامطلوبیت تابع حمله به شهر آم
E : تابع مطلوبیت نیروی مهاجم در حالت تعادل	...: ضریب هزینه پیشگیرانه
M : یک عدد بزرگ	BO: بودجه کل شبکه

متغیرهای مدل: متغیرهای مدل را به صورت زیر تعریف می کنیم.

$y_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	اگر سامانه i به منطقه j تخصیص یابد در غیر اینصورت
$x_i = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	اگر رأس i بعنوان مکان سرویس دهنده انتخاب شود در غیر اینصورت
$z_i = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	اگر دشمن به رأس i ام حمله کند در غیر اینصورت

تابع هدف و محدودیت های مدل

زمانی که تعداد سامانه ممکن به یک سامانه محدود نباشد، مسئله بسیار پیچیده تر می شود. با این وجود اگر تعداد سامانه کم باشند، پیچیدگی باز هم می تواند مدیریت شود. در اینجا هزینه پیشگیری حیاتی تر به نظر می رسد؛ چرا که تعداد بهینه سامانه ها برای زمان بحران مجزا از میزان منابع نیروی مدافع نیست. ما در ابتدا به بررسی مسئله با تعداد ثابت سامانه ها می پردازیم. سپس مسئله را با توجه به میزان هزینه های پیشگیرانه مد نظر قرار می دهیم، در این رابطه $s_k = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ را به عنوان استراتژی نیروی مدافع در نظر می گیریم که $x_k, k=1, 2, \dots, K$ نشان دهنده مکان استقرار سامانه ها است. همچنین n را به عنوان مجموعه ای از نقاط بالقوه شبکه برای مکان یابی بهینه استقرار سامانه ها قرار می دهیم. با فرض ثابت بودن تعداد سامانه ها داریم:

تابع مطلوبیت نیروی مهاجم فرامنطقه ای زمانی که نیروی مدافع S_K را انتخاب می کند.

$$e^*(S_K) = \arg \max_{i=1, 2, \dots, n} [x d(S_k, i) + u_i] W_i$$

که $d(S_k, i)$ کوتاه ترین فاصله بین نزدیک ترین سامانه در S_k نسبت به مکان استقرار i است:

$$S_k^* = \arg \max_{s_k \in S} [r d(S_k, e^*(S_K)) + y_{e^*(S_K)}] W_{e^*(S_K)}$$

برای هر مقدار از Γ و x زمانی که $y_i = u_i = 0$ باشد، نقطه تعادل نیروی مدافع برابر است با حل مینی ماکس مسئله و نقطه تعادل نیروی مهاجم فرامنطقه ای برابر است با گره ای که حل مینی ماکس را برای نیروی مدافع مشخص می کند. در این حالت مسئله را به صورت یک مدل برنامه ریزی خطی صفر و یک می توان نوشت.

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \frac{\Gamma}{X} \epsilon + \sum_{i=1}^n Z_i W_i \left(y_i - \frac{\Gamma u_i}{X} \right) & 1 \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n y_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n, & 2 \\
 & -t_{ij} + y_i \geq 0, & 3 \\
 & \sum_{j=1}^n k = 1, & 4 \\
 & \sum_{i=1}^n z_i = 1, & 5 \\
 & \sum_{k=1}^n y_{ik} d(i, k) + (M - d(i, j)) x_j \leq M, & 6 \\
 & [d(i, j + u_i)] W_i y_{ij} = \epsilon & 7 \\
 & \left[X \sum_{j=1}^n y_{ik} d(i, j) + u_i \right] Z_i W_i \leq \epsilon & 8 \\
 & [\Gamma d(i, j) + y_i] y_{ij} W_i \leq \frac{\Gamma}{X} \epsilon + \sum_{i=1}^n Z_i W_i \left(y_i - \frac{\Gamma u_i}{X} \right) & 9 \\
 & - \left(\dots \sum_{i=1}^n W_i C X_i + \dots \sum_{i=1}^n W_i C \right) \leq BO & 10
 \end{aligned}$$

رابطه ۲ تضمین می‌کند که هر نقطه از منطقه مورد مطالعه به یک سامانه اختصاص یابد. روابط ۵، ۷ و ۸ برای محاسبه هدف نیروی مهاجم لازم است. رابطه ۶ تضمین می‌کند که برای هر نقطه مورد حمله نزدیک‌ترین سامانه تخصیص یابد. رابطه ۹ هدف نیروی مدافع را تضمین می‌کند. رابطه ۴-۱۰ برای محاسبه هزینه‌های پیشگیرانه متغیر و تعداد سامانه متغیر با توجه به میزان واحد بودجه کل شبکه BO بکار می‌رود.

یافته‌های مدل ریاضی مسئله

فرض کنید ماتریس فاصله بین شهرها (بوسیله نرم افزار GIS روی نقشه بدست آورده شده است) به عنوان یک ورودی در نظر گرفته شوند. سرعت حرکت ثابت و زمان تأخیر در داخل شهر برابر با صفر باشد. همچنین $0.5 = u_i = u, \dots = 0.5$ و مقدار X ثابت و برابر با یک بوده و $\Gamma = 0.5$ و $BO = 2000$ $u = 500$ و تعداد سامانه‌های مد نظر k از مجموعه $\{1, 2, 3, 4, 5\}$ می‌باشد. با توجه به مفروضات بالا، داریم:

۱- با توجه به اینکه با افزایش ابعاد مسئله، پیچیدگی زمای آن افزایش پیدا می کند، جدول ذیل نتایج حاصل از حل مدل ارائه شده در تحقیق را در نقاط منتخب $x = \{1, 2, 3, 4, 5, 12, 14, 15, 16, 18\}$ نشان می دهد که توسط نرم افزار Matlab حل گردیده است که این مطلب در مدل مفهومی ارائه شده است:

جدول (۳): نتایج حاصل از حل مدل در حالت $Z=1$

تعداد سامانه	$k=1$	$k=2$	$k=3$	$k=4$	$k=5$
شماره نقطه روی نقشه شماره ۱	۵	۱۴ و ۲	۱۴ و ۲۱ و ۴	۵ و ۳ و ۱۲ و ۱۵	۲ و ۳ و ۱۴ و ۱۸ و ۱۶
سود نیروی مدافع	۱۳۳	۵۵.۹۰	۴۰۰	۴۲۰	۵۰۰
زبان نیروی مهاجم	۶۱	۱۰۰.۵	۸۱۲	۸۵۰	۹۱۱

۲- می توان مسئله را در حالت های مختلف پارامترهای Y_i, U_i, Z و حل و جواب را در حالت های مختلف مقایسه نمود.

۳- الگوی ارائه شده در این تحقیق را می توان در شبکه های مختلف مستقر در میدان نبرد پیاده سازی نمود.

۴- برای نقاط بیشتری توان مسئله را به کمک الگوریتم فراابتکاری مانند الگوریتم رقابت استعماری، ازدحام ذرات و ... حل نمود.

نتیجه گیری

با توجه به گستردگی جنگ های آینده که می تواند دامنه وسیعی از انواع عملیات های متعارف و نامتعارف را در بر بگیرد، آمادگی های دفاعی به همراه بکارگیری از تکنیک ها و فناوری های نوین از ضروریات این جنگ ها می باشد. یکی از مهم ترین جنبه های جنگ آینده، جنبه فناورانه و جنبه اقتصادی آن می باشد. در جنگ های آینده کنترل و در اختیار داشتن این جنبه ها می تواند کلید پیروزی باشد. یکی از پرکاربردترین و در عین حال با پرهزینه ترین سامانه ها در این نوع از جنگ، سامانه موشکی می باشد که در این پژوهش به ارائه مدل استقرار و گسترش این سامانه ها با استفاده از نظریه بازی و سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) پرداخته شد. مکان یابی درصد بالایی از مطالعات و طراحی ها را پوشش می دهد، زیرا جوانب مختلفی در آن دیده می شود. امروزه در کشور هزینه های زیادی برای به کار بردن تمهیدات پدافند غیرعامل در پروژه های در حال بهره برداری صرف می شود و چنان چه در ابتدا مکان گزینی مناسبی انجام گیرد و

شیوه‌های حفاظتی، امنیتی و ایمنی به خوبی به کار گرفته شود، شاهد حفظ تجهیزات و نیروهای کارآمد با هزینه کم خواهیم بود. در این پژوهش با بکارگیری مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و نرم‌افزار GIS ابتدا مناطق مطلوب برای استقرار سامانه‌های متحرک موشکی تعیین گردید و سپس ۲۲ نقطه از این مناطق به منظور مدل سازی ریاضی با رویکرد استراتژی بازی انتخاب گردید. در ادامه پس از حل مدل برنامه‌ریزی صفر و یک، نقاط مطلوب برای استقرار سامانه‌های متحرک موشکی براساس تعداد سامانه‌های موجود مشخص گردید. به عنوان نمونه در صورت وجود یک سامانه موشکی بهترین نقطه برای استقرار آن، نقطه شماره ۵ می‌باشد که در روی شکل (۱۲) مشخص گردیده است و همچنین در صورت وجود تعداد دو سامانه موشکی، بهترین نقاط برای استقرار آن‌ها نقاط ۲ و ۱۴ می‌باشند.

منابع

- حیدری، کیومرث. (۱۳۹۱). جنگ‌های آینده. تهران: انتشارات آجا.
- قندهاری، مهسا. موسوی‌زاده، رضا. (۱۳۹۳)، مکان یابی بهینه تسهیلات پدافند غیرعامل با رویکرد تئوری بازی‌ها، نشریه تخصصی مهندس صنایع، دوره ۴۸، ص ۱۹ - ۳۲.
- حنفی، علی و حاتمی، ایرج (۱۳۹۲) مکان‌یابی مناطق مساعد برای استقرار نیروهای نظامی در منطقه مرزی مهران با استفاده از GIS، فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت نظامی، شماره ۴۹، سال سیزدهم.
- حنفی، علی و موسوی، میرنجف (۱۳۹۲) مکان‌یابی ماکز حساس و مهم نظامی در مناطق مرزی ایران و ترکیه با توجه به شاخص‌های هیدروژئومورفولوژیکی با رویکرد پدافند غیرعامل، فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت نظامی، شماره ۵۱، سال سیزدهم.
- سنجری، سارا (۱۳۸۷) راهنمای کاربردی ARC GIS، انتشارات عابد، چاپ سوم ۱۳۸۷.
- مهرگان محمد رضا (۱۳۸۲). مدل سازی ریاضی، انتشارات سمت.
- مؤمنی (۱۳۸۹). مباحث نوین در تحقیق در عملیات، دکتر منصور مؤمنی، نشر الیاس.
- Cornel, T.S & Raluca, C.L. (1995), "Consideration on hybrid war", Alvin Toffler, puterea in miscarry, Editura Antet, Bucuresti, pp.25.
- Francis R. L., McGinnis L. F., & White J. A., Facility Layout and Location, An Analytical Approach, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1992
- Hakimi S. L., Optimum location of switching centers and the absolute centers and medians of a graph, Operations Research, Vol. 12, 1964, pp.450. 459.

- Mirchandani P., The p-median problem and generalizations, in: P. Mirchandani, R. Francis (Eds.), Discrete Location Theory, Wiley, New York, 1990.
- Morris, P. (1994). Introduction to game theory, Springer. New York.
- Berman, O. and Gaviou, A. (2007). "Location of terror response facilities: A game between state and Terrorist." European Journal of Operational Research, Vol. 177, No. 2, PP. 1113-1117.
- Beraldi, P. and Ruszczyński A. (2002). A branch and bound method for stochastic integer problems under probabilistic constraints." Optimization Methods and Software, No.17, PP. 359-382.
- Siqueira, K. (2005). "Political and militant wings within dissident movements and organizations." Journal of Conflict Resolution, Vol. 2, No. 49, PP. 218-236.
- Liu, D. (2008). Terrorism root cause analysis based on subjective game model[C]// First International Workshop on Knowledge Discovery and Data Mining, PP. 612-617.
- T. Sandler and H. E. Lapan, "The calculus of dissent: an analysis of terrorists' choice of targets," Synthese, vol. 76, no. 2, pp. 245-261, 1988.
- Atkinson, S. E., Sandler, T. and John, T. (1987). Terrorism in a Bargaining Framework" Journal of Law & Economics Vol. 1, No. 30, PP. 1-21.
- Siqueira, K. (2005). "Political and militant wings within dissident movements and organizations." Journal of Conflict Resolution, Vol. 2, No. 49, PP. 218-236.
- Berman, O. Drezner, Z and Krass, D. (2010). "Cooperative cover location problems: the planar case," IIE Transactions, vol. 42, no.3, pp. 232-246.
- Lingpeng .M, Kang. Q, Chuanfeng .H, Weisheng, X and Qidi, W. (2013), A Game Theoretical Model for Location of Terror Response Facilities under Capacitated Resources, Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal Volume 2013, Article ID 742845, 10 pages, 18.
- Linear Programming Notes IX: Two-Person Zero-Sum Game Theory, <http://econweb.ucsd.edu>.