نشریه علمی "پدافند الکترونیکی و سایبری"

سال هفتم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، ص ۱۵۵-۱۳۳

# الگوی انتخاب راه‌کار عملیاتی برای مقابله عملیات شبکه‌محور

مهدی ملازاده گل‌محله[1*]، حمیدرضا لشکریان[2]، مجید شیخ‌محمدی[3]، کمال میرزائی[4]

۱- دانشجوی دکتری ۲- استادیار، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، ۳- استادیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها دانشگاه تربیت مدرس،

۴- استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی میبد، ایران

(دریافت: ۹۷/۰۶/۲۱، پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۴)

## چکیده

صحنه نبرد احتمالی علیه جمهوری اسلامی ایران (ج.ا.ا) به‌صورت عملیات شبکه محور و با رویکرد تاثیرمحوری است. یکی از توانمندی‌های مقابله‌ای ج.ا.ا در این صحنه نبرد پیچیده، قابلیت‌های حوزه سایبرالکترونیک است. از چالش‌های مهم طرح‌ریزی عملیات سایبرالکترونیک برای مقابله با چنین صحنه نبردی در فرایند تصمیم‌گیری نظامی، مقایسه و انتخاب راه‌کارهای عملیاتی می‌باشد. تعدد، وابستگی‌های متقابل، بازخوردها و تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بین شاخص‌های عملیات شبکه محور، مقایسه و انتخاب راه‌کار عملیاتی را به یک مسئله پیچیده، تبدیل کرده است. در این مقاله الگوی تصمیم برای انتخاب راه‌کار عملیاتی با در نظر گرفتن پیچیدگی مسئله، بر اساس روش‌های ترکیبی دیمتل-تحلیل فرایند شبکه‌ای و تاپسیس، ارائه شده است. الگوی پیشنهادی شامل سه مرحله است. در مرحله اول، تولید داده معتبر توسط خبرگان منتخب به‌عنوان ورودی داده، استفاده شده است. مرحله دوم، پردازش داده شامل محاسبه شبکه تأثیر شاخص‌هاست که نحوه تأثیرگذاری شاخص‌ها را مدل می‌کند. سپس وزن نسبی شاخص‌ها با در نظر گرفتن روابط بین آن‌ها محاسبه می‌شود. مرحله سوم ارزیابی و انتخاب بر اساس میزان شباهت به جواب ایده‌آل می‌باشد. برای ارزیابی الگوی پیشنهادی، سناریوی واقعی عملیات شبکه محور سپاه زمینی پنجم آمریکا در ۲۱ الی ۲۲ مارس ۲۰۰۳ به‌عنوان عملیات تصرف «پایگاه هوایی تلیل» مورد ارزیابی قرار گرفت. در این عملیات، شاخص تعاملات بین مراکز فرماندهی سپاه پنجم (۱۸۰ مرکز فرماندهی) به‌عنوان مهم‌ترین شاخص تعیین گردید. کیفیت شبکه‌سازی نیروها که اساس آن بر پایه سامانه‌های FBCB2/BFT ایجاد شده به‌عنوان اثرگذارترین و اثربخشی ماموریت تأثیرپذیرترین شاخص در صحنه نبرد، تعیین شد. در گام دوم، میزان وزن نسبی شاخص‌ها تعیین شد که چابکی و اثربخشی بیشترین وزن و کیفیت اطلاعات کمترین وزن را به خود اختصاص داده است. از بین راه‌کارهای سایبرالکترونیک پیشنهادی توسط خبرگان، اختلال باند L ارتباط ماهواره‌ای، تزریق ویروس الکترونیکی به ترتیب راه-کارهای مؤثر در مقابله با مأموریت سپاه پنجم آمریکا برای تصرف پایگاه هوایی تلیل بوده است. صحت و رضایتمندی نتایج این الگو توسط خبرگان منتخب فرماندهی مورد ارزیابی و تأیید قرارگرفته است.

**کلیدواژه‌ها:** عملیات شبکه‌محور، تصمیم‌گیری چند شاخصه، روش ترکیبی دیمتل- فرایند تحلیل شبکه‌ای، روش تاپسیس، قابلیت‌های سایبرالکترونیک

## ۱- مقدمه

از تهدیدات پیش روی جمهوری اسلامی ایران، جنگ شبکه محوری[1] است. شناخت جنگ شبکه محور، شاخص‌ها، نحوه مقابله و برخورد با آن مسئله‌ای اساسی است که باید از منظرهای مختلف برای مقابله با چنین تهدیدی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. صحنه نبرد آن، پیچیده، غیرخطی، پویا و در فضای عدم قطعیت انجام خواهد شد [۱]. فرضیه‌های این جنگ بر روی مفاهیم غیرخطی، پیچیدگی و آشوب، بنا شده است. این مفاهیم کمتر جبری و بیش‌تر پدیده‌ای است [۲]. همچنین یکی از رویکردهای عملیات تاثیرمحور است. بلوغ شبکه محوری نیروی مشترک آمریکا و هم‌پیمانانش در سال ۲۰۲۰ منجر به نیرویی کاملاً فناوری‌محور خواهد شد.

* رایانامه نویسنده مسئول: mmollazadeh@ihu.ac.ir

1- Network Centric Warfare/Operation

برای اثبات مزیت‌های دکترین جنگ شبکه محور[1]، وزارت دفاع آمریکا رزمایش‌های نظامی زیادی را انجام داده است. آمریکا پس از اطمینان اولیه در رزمایش‌ها از اثربخشی مفهوم جنگ شبکه محور در سال ۲۰۰۳ در منطقه غربی از نبرد با عراق از این رویکرد استفاده کرده است [۴-۳]. در جنگ‌های نامنظم در افغانستان از این رویکرد برای مبارزه با گروه طالبان استفاده‌شده است [۶-۵]. همچنین نیروی هوایی رژیم اسرائیل در جنگ ۲۲ روزه غزه از این رویکرد استفاده نموده است [۷]. نیروی هوایی روسیه نیز بخشی از قابلیت‌های مربوط به عملیات شبکه محور خود را در نبرد با داعش و معارضین سوری در سوریه استفاده نموده است [۹-۸].

اصول دکترین جنگ شبکه‌محور عبارت است از: بهبود نیروی شبکه‌شده قوی از طریق اشتراک اطلاعات و متعاقباً افزایش کیفیت اطلاعات و آگاهی اشتراکی وضعیت[2] به واسطه تعاملات و در نتیجه فراهم‌نمودن تعاملات و خودهماهنگی بر اساس آگاهی اشتراکی وضعیت که موجب افزایش مقاومت در مقابل دشمن و سرعت در فرماندهی شده است، پس به‌صورت چشمگیری اثربخشی مأموریت افزایش می‌یابد [۱۰].

هر آسیبی در زنجیره فوق می‌تواند منجر به کاهش اثربخشی مأموریت شود و در نتیجه باعث ناکارآمدی در صحنه نبرد گردد. وابستگی نیروها به الکترونیک در عصر فناوری و اطلاعات امری بدیهی و روزافزون خواهد بود. بنابراین، اولین نکته‌ای که به ذهن متبادر می‌شود این است که حوزه الکترونیک و به تبع آن جنگ الکترونیک/سایبرالکترونیک دارای بهترین فرصت‌ها در این زمینه است. این بدان معنی است که پویش راه‌کارهای مقابله و یا الگو مقابله با چنین جنگی از منظر جنگ الکترونیک می‌تواند پاشنه آشیل این دکترین باشد. پس می‌توان بیان نمود که اثرگذاری سایبرالکترونیک، قابلیت‌ها و توانمندی‌های آن در برابر استفاده غالب عناصر تشکیل‌دهنده نیرو از تجهیزات ارتباطی، الکترونیکی و در فضای سایبرالکترونیکی به مراتب پررنگ‌تر و تأثیرگذارتر از قبل شده و به‌طور حتم از چالش‌های جدی جنگ شبکه محور خواهد بود. در این راستا یکی از مسائل اصلی برای طرح‌ریزی عملیات سایبرالکترونیک برای مقابله با چنین صحنه نبرد، مقایسه و انتخاب راه‌کارهای عملیاتی[3] است. با توجه به شاخص‌های عملیات شبکه محور و وابستگی‌های متقابل بین شاخص‌ها، ارزیابی و مقایسه راه‌کارها و انتخاب راه‌کار مؤثر، یک مسئله پیچیده است. در این پژوهش بر مبنای روش ترکیبی دیمتل[4] فرایند تحلیل شبکه‌ای و روش تاپسیس الگویی بر اساس تاثیرمحوری برای ارزیابی و مقایسه راه‌کارهای سایبرالکترونیک از منظر شاخص‌ها با توجه به وابستگی بین آن‌ها و همچنین انتخاب راه‌کار مؤثر ارائه شده است. این الگو برای صحنه عملیات شبکه‌محور آمریکا در عراق پیاده‌سازی شده است. سپس توسط خبرگان منتخب حوزه سایبرالکترونیک شامل فرماندهی عملیات، اطلاعات، پشتیبانی، نتایج آن ارزیابی و مورد تایید واقع شده است.

ساختار این مقاله به این‌صورت است که بعد از مقدمه در بخش دوم مبانی نظری تحقیق شامل، جنگ شبکه‌محور، جنگ سایبرالکترونیک، طرح‌ریزی عملیات و فرایند تصمیم‌گیری نظامی، راه‌کارهای عملیاتی، تصمیم‌گیری چندشاخصه و روش‌شناسی پژوهش است. بخش سوم به ارائه الگوی پیشنهای پرداخته است. بخش چهارم مطالعه موردی عملیات شبکه‌محور آمریکا در عراق است. سپس اجرای الگو و نتیجه‌گیری و پیشنهادها در بخش پنجم و ششم ارائه شده است.

## ۲- مبانی نظری تحقیق

مبنای نظری تحقیق شامل جنگ/عملیات شبکه‌محور[5]، جنگ سایبرالکترونیک، طرح‌ریزی عملیات و مبانی تصمیم‌گیری چندشاخصه است.

### ۲-۱- جنگ شبکه‌محور

جنگ شبکه‌محور، فرایند و تدبیری راهبردی است که با شبکه‌نمودن حسگرها، فرماندهان و تسلیحات ذیربط، برتری اطلاعاتی–عملیاتی فوق‌العاده‌ای را با افزایش توان رزمی ایجاد کرده تا دسترسی به شاخصه‌هایی همچون هشدار وضعیت، افزایش سرعت تصمیم‌گیری، تسریع در انجام عملیات، انهدام کاملِ هدف و مراقبت بیشتر از منطقه نبرد امکان‌پذیر باشد.

شکل (۱) سه شبکه کاملاً متصل به هم در جنگ شبکه‌محور که شامل شبکه اطلاعات، شبکه حسگر و شبکه درگیری و سه بخش اصلی آن‌ها شامل حسگرها، عناصر فرماندهی و تسلیحات را نشان می‌دهد. شبکه اطلاعات، زیرساخت لازم برای دریافت، پردازش، انتقال، ذخیره و حفاظت اطلاعات را فراهم می‌کند. شبکه حسگر، شامل تمامی حسگرهاست، چه آن‌هایی که به صورت ابزارهای خاص نصب شده بر روی سامانه‌های تسلیحاتی توسط سربازان حمل‌می‌شوند یا درون تجهیزات جاسازی شده

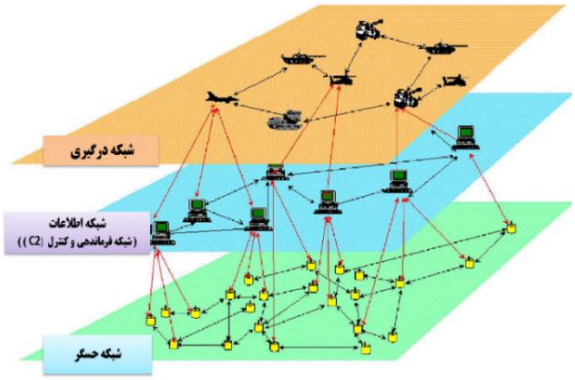
1- Network Centric Warfare/Operation
2- Shared Situational Awareness
3- Course Of Action (COA)

4- DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)

۵- در اکثر منابع این دو عبارت به‌جای هم استفاده شده است.

باشند. شبکه درگیری شامل سامانه‌های است که برای ایجاد کارایی لازم در میدان جنگ انجام وظیفه می‌کنند. این سه شبکه در فضا، هوا، زمین و روی و زیردریا مناطق نبرد را پوشش خواهند داد.

جنگ شبکه‌محور شامل همکاری[۱] و اشتراک اطلاعات[۲] است تا اطمینان حاصل شود که تمامی تجهیزات اختصاص یافته شده توسط فرماندهان در حین عملیات رزمی، خیلی سریع، می‌توانند تأثیرگذار باشند. جنگ شبکه‌محور یک مفهوم اشراف اطلاعاتی[۳] در عملیات است که با حسگرهای شبکه شده، تصمیم‌گیرندگان، پرتاب‌کننده‌ها، توان رزمی را افزایش داده و می‌تواند به آگاهی مشترک، سرعت فرماندهی، سرعت بالاتر عملیات، کشندگی و مرگ‌آوری بیشتر و افزایش مقاومت در مقابل دشمن و درجه‌ای از خود همگام‌سازی[۴] دست یابد [۱۰].




**شکل (۱):** صحنه نبرد شبکه‌محور

## ۲-۲- جنگ سایبرالکترونیک

امروزه نقش سایبری به‌عنوان یک نقش محوری و هم‌افزا در جنگ الکترونیک، جنگ سایبرالکترونیک را رقم زده است. جنگ الکترونیک یکی از سه قابلیت از فعالیت‌های سایبر الکترومغناطیس[۵] است. فعالیت‌های دیگر آن شامل عملیات فضای سایبری[۶] و عملیات مدیریت طیف است (FM-3-36). تسلط بر طیف الکترومغناطیسی یک مؤلفه حیاتی در اکثر عملیات نظامی است. کمتر عنصری در میدان جنگ نیازی به ارتباطات و سامانه‌های اطلاعاتی نداشته باشد. همان‌طور که می‌دانیم چرخه فرماندهی و کنترل وابستگی شدیدی به طیف الکترومغناطیسی برای حداکثر راندمان در مراقبت و هدف‌یابی ارتباطات و سامانه‌های اطلاعاتی دارد. جنگ الکترونیک را می‌توان این‌طور تعریف نمود «استفاده از طیف الکترومغناطیسی برای کاهش عملکرد و یا خراب‌کردن قابلیت رزمی دشمن که می‌تواند شامل پایین آوردن توانایی و یا ممانعت از استفاده دشمن از طیف الکترومغناطیسی و نیز پایین آوردن عملکرد تجهیزات، کارکنان و امکانات دشمن باشد و متقابلاً محافظت از توانایی رزمی خودی که شامل محافظت از طیف الکترومغناطیسی مورد استفاده نیروهای خودی و نیز تجهیزات، کارکنان و امکانات خودی که می‌تواند در برابر حمله از طریق طیف الکترومغناطیسی آسیب‌پذیر باشند تعریف کرد». جنگ الکترونیک یک اقدام و فعالیت نظامی شامل استفاده از انرژی الکترومغناطیس و انرژی مستقیم برای کنترل طیف الکترومغناطیسی یا حمله به دشمن است (JP-3-13.1). تقسیم‌بندی اقدام‌های جنگ الکترونیک شامل پشتیبانی الکترونیکی[۷]، حمله الکترونیکی[۸] و حفاظت الکترونیکی[۹] است که توضیح‌های هر یک از اقدام‌ها به صورت زیر می‌باشد (FM-3-36).

### ۲-۲-۱- پشتیبانی الکترونیکی

«جمع‌آوری هرگونه اطلاعات از اقدامات و تجهیزات دشمن در کل طیف الکترومغناطیسی می‌باشد» پشتیبانی الکترونیکی به عنوان بخشی از فعالیت‌های جنگ الکترونیک، تحت کنترل مستقیم فرمانده عملیات در پشتیبانی از فعالیت‌های شنود، شناسایی و تعیین محل منابع عمدی و غیرعمدی پرتوهای الکترومغناطیسی، به‌کار گرفته می‌شود.

### ۲-۲-۲- حمله الکترونیکی

حمله الکترونیکی شامل هر اقدامی به منظور مختل‌کردن عملکرد سامانه‌های الکترومغناطیسی دشمن است. در تقسیم‌بندی جدید، حمله الکترونیکی علاوه بر آنکه شامل همه اقدامات حوزه ضدالکترونیکی است، شامل استفاده از سلاح‌های انرژی مستقیم[۱۰]، موشک‌های ضد تشعشع[۱۱]، پالس‌های الکترومغناطیسی[۱۲] و هسته‌ای جهت از بین بردن تجهیزات

1- Collaboration
2- Information Sharing
3- Information Superiority
4- Self-Synchronization
5- Cyber Electromagnetic Activities (CEMA)
6- Cyberspace

7- Electronic Support (ES)
8- Electronic Attack(EA)
9- Electronic Protection(EP)
10- Direct Energy Weapons (DEW)
11- Antiradiation Missiles(ARM)
12- Electromagnetic Pulse

الکترونیکی دشمن نیز می‌باشد. حمله الکترونیکی بر مبنای اقدام[1] می‌تواند آفندی یا پدافندی باشد. در اقدام آفندی هدف، تهاجم به کارکنان، تسهیلات و تجهیزات، با قصد کاهش کارایی، خنثی‌سازی و یا از بین بردن توانایی جنگ‌افزارهای دشمن است. در اقدام پدافندی تمرکز بر محافظت از کارکنان، تسهیلات و تجهیزات نیروی خودی است (FM 3-36). در رویکرد جدید اقدام‌های روانی و شناختی با استفاده از ویروس‌های الکترونیکی، شناختی نیز به‌عنوان اقدامات الکترونیکی برجسته شده است.

### ۲-۲-۳- حفاظت الکترونیکی

حفاظت الکترونیکی شامل مقاوم‌سازی سامانه‌های خودی در برابر حملات الکترونیکی دشمن است. همچنین حمله الکترونیکی علاوه بر اقدامات گذشته شامل اقداماتی مانند کنترل باند الکترومغناطیسی[2]، اقدامات امنیت مخابراتی[3]، حذف تداخل در فرکانس‌های جنگ الکترونیک، است. همچنین حفاظت الکترونیکی به آن دسته از تدابیری اتلاق می‌شود که جهت حفاظت از کارکنان، تأسیسات و تجهیزات در برابر هرگونه تأثیر ناشی از به‌کارگیری جنگ‌افزارهای الکترونیکی توسط نیروهای خودی یا دشمن که منجر به تنزل، خنثی و خراب‌شدن توان رزمی خودی شوند، در نظر گرفته می‌شود.

## ۲-۳- طرح‌ریزی عملیات و فرایند تصمیم‌گیری نظامی

طرح‌ریزی یا برنامه‌ریزی[4]، هنر و علم رؤیایی آینده مطلوب و روش‌های مؤثر رسیدن به آن است [۱۱]. اصول و فرایند طرح‌ریزی برای تمامی نیروهای نظامی، دریایی، زمینی، هوایی و هر شکل دیگر آن مشابه است. از نگاه اقدامات جنگ سایبرالکترونیک طرح‌ریزی برای یکپارچه‌سازی اقدامات در عملیات نیاز به فهم فرایند و روند عملیات مرتبط با آن است [۱۲]. از ملاحظه‌های اصلی طراحان جنگ فرایند تصمیم‌گیری نظامی می‌باشد که به‌عنوان هسته اصلی طرح‌ریزی می‌باشد. طراحان جنگ سایبرالکترونیک می‌بایست این هفت مرحله را درک کنند و به‌کار بگیرند. حتی در محیط‌هایی با محدودیت‌های زمانی[5] نیز از تمامی این هفت مرحله به‌طور مقتضی و مناسب (حتی به‌طور خلاصه‌شده) پیروی می‌شود. مراحل فرایند تصمیم‌گیری نظامی در هفت مرحله و مطابق جدول (۱) است [۱۲].

**جدول (۱):** فرایند تصمیم‌گیری نظامی [۱۲].

| | مراحل تصمیم‌گیری نظامی | توضیحات |
|---|---|---|
| ۱ | دریافت مأموریت | مأموریت نباید دقیقاً بیان کننده یک وظیفه باشد بلکه نیت و اهداف فرمانده را روشن می‌کند. (چه چیزی و چرا بایستی انجام شود) |
| ۲ | تجزیه و تحلیل مأموریت | بخش‌های محول شده مأموریت را تعبیر و وظایف انجام مأموریت را مشخص می‌کند. (چه چیزی باید انجام شود؟ قیود و محدودیت‌ها چیست؟) |
| ۳ | راه‌کار و اقدام عملیاتی | چندین راه‌کار و اقدام فرماندهان به‌صورت کلی مشخص می‌شود |
| ۴ | تجزیه و تحلیل راه‌کارهای عملیاتی | تحلیل و ارزیابی راه‌کارهای پیشنهادی در قالب بازی جنگ انجام می‌شود |
| ۵ | مقایسه و انتخاب راه‌کارها | استخراج نقاط ضعف و قوت راه‌کارها و مقایسه و اولویت‌بندی آن‌ها بر مبنای نتایج بازی جنگ و انتخاب راه‌کارهای مناسب |
| ۶ | تصویب راه‌کار عملیاتی | ارائه نتایج مقایسه راه‌کارها به فرماندهی و در صورت وجود یک‌سری از گزینه‌ها، فرماندهی یکی از آن‌ها را برای اجرا انتخاب می‌کند. |
| ۷ | تولید دستور | تولید دستور به‌صورت سند به‌عنوان یک طرح گسترده به‌همراه چندین پیوست جهت مشخص نمودن جزئیاتی مانند طرح آتش، ارتباطی، مهندسی و... |

مطابق جدول (۱) یکی از مسائل مهم و پیچیده طرح‌ریزی عملیات در صحنه پیچیدهِ عصر اطلاعات مراحل چهارم و پنجم فرایند تصمیم نظامی است. به دلیل آن‌که در عصر اطلاعات شاخص‌های تأثیرگذار عملیات نظامی دارای وابستگی‌ها و بازخوردهای بسیار زیادی نسبت به هم می‌باشند که منجر به تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم زیادی نسبت به هم شده‌اند، در نتیجه ارزیابی دقیق تأثیر شاخص‌ها و همچنین میزان وزن نسبی شاخص‌ها به‌تبع آن راه‌کارها و مقایسه راه‌کارها به یک مسئله پیچیده تبدیل شده است. در این پژوهش با رویکرد آن‌که صحنه نبرد یک سامانه پیچیده است بر مبنای روش دیمتل[6]، شبکه ارتباط تأثیر شاخص‌ها با درنظرگرفتن روابط میان آن‌ها نسبت به هم تعیین شده است [۱۳]. سپس بر پایه روش تحلیل فرایند شبکه‌ای با درنظر گرفتن روابط و بازخوردهای بین شاخص‌ها، میزان وزن نسبی آن‌ها محاسبه شده است. در گام نهایی مقایسه، رتبه‌بندی و انتخاب راه‌کارهای سایبرالکترونیک در صحنه نبرد

1- Action
2- Electromagnetic Emissions Control
3- Communications Security
4- Planning
5- Time-Constrained Environment
6- DEMATEL=(Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)

پیچیده را با توجه به وزن نسبی آن‌ها، بر اساس روش تاپسیس، محاسبه خواهد شد.

## ۲-۴- فعالیت‌های انجام شده در زمینه راه‌کارهای عملیاتی

فعالیت‌های پژوهشی انجام شده در زمینه راه‌کارهای عملیاتی غالباً به‌عنوان ابزار و بستر نرم‌افزاری و شبیه‌سازهای بازی جنگ ارائه شده است که دسترسی به جزئیات آن امکان‌پذیر نمی‌باشد و فقط به‌عنوان ابزار معرفی شده‌اند. همچنین در مراکز تحقیقات نظامی ایران چنین بسترها و تجربیاتی وجود ندارد و یا اگر باشد اطلاع‌رسانی و دسترسی بسیار محدود است. بعد از بررسیِ منابع آشکار مهم‌ترین فعالیت‌های پژوهشی که در پس‌زمینه این ابزارها وجود دارد به‌صورت زیر است:

### ۲-۴-۱- روش‌های مبتنی بر آگاهی[1]

سامانه سایپبرس[2] مبتنی بر آگاهی برای تولید راه‌کارهای عملیاتی ارائه شده است. این سامانه دارای ساختار مستقل برای محیط‌های پویا و متغیر است. دارای چندین قسمت مسئول و پاسخگو مانند قسمت‌های برنامه‌ریزی برای تولید راه‌کارها، استدلال در مورد عدم اطمینان و قطعیت و اجرا است. این سامانه قابلیت تحلیل بر مبنای احتمالی و فازی را دارد در این روش برای محاسبه احتمال کران بالا و پایین از روش شبیه‌سازی استفاده شده است [۱۴]. سامانه هی‌کپ[3] نیز مبتنی بر آگاهی برای عملیات خروج غیرنظامیان[4] در صحنه نبرد طراحی شده است [۱۵].

### ۲-۴-۲- روش‌های مبتنی بر توسعه استراتژی و ابزار تحلیل علّی

در سال ۲۰۰۱ آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی هوایی آمریکا[5] برنامه‌ای را حوزه عملیات تاثیر محور شروع و توسعه داده است. این مجموعه برنامه‌ها، مفهومی جدید در ابزارها را با توجه به نیازمندی‌های نیروی هوایی برای ارزیابی نبرد و همچنین هدف‌یابی تاثیر محور[6]، ارائه نموده است. هسته این مجموعه ابزارها بر اساس ابزار توسعه راهبردی[7] و ابزار تحلیل علی[8] است. راهنمای ابزار توسعه استراتژی از طریق، توسعه راه‌کارهای عملیاتی مبتنی بر تأثیرات کاربران است. در مرحله مقداردهی اولیه طرح‌ریزی، ابزار تحلیل علی، احتمال دست‌یابی به نیت و قصد فرمانده را از طریق راه‌کارهای عملیاتی تاثیرمحور، پیش‌بینی می‌کند. همچنین روشی جدید برای طرح‌ریزی راه‌کارهای عملیاتی تعاملی تحت شرایط عدم قطعیت بر اساس استفاده از ابزار تحلیل علیت[9] بر پایه تئوری شبکه بیزین[10] ارائه شده است. از از این ابزار برای ایجاد و تحلیل طرح‌ریزی‌های عملیات ائتلافی استفاده می‌شود [۱۶].

### ۲-۴-۳- رویکرد فرسایش و تلفات نیرو

ابزارهای بازی جنگِ نبردهای فرسایشی به‌عنوان پشتیبان تحلیل راه‌کارهای عملیاتی نیز توسعه داده شده است. هدف این پژوهش‌های نرم‌افزاری کمک به راهبردهای راه‌کارهای عملیاتی برای داشتن رویکرد تاثیرمحوری بوده است [۱۷].

### ۲-۴-۴- تجربه انسانی و تئوری استنتاج

سامانه شی‌کن[11] مبتنی بر آگاهی برای آنالیز راه‌کارهای عملیاتی نظامی ارائه شد. این ابزار با استفاده از دانش و آگاهی خبرگان و با استفاده از استنتاج و شبیه‌سازی به ارزیابی راه‌کارهای عملیاتی می‌پردازد. رویکرد کلی طرحان در این سامانه منجر به آن شده که از آن می‌توان در قلمروهای دیگر استفاده نمود [۱۸]. همچنین مدل‌سازی برای عملیات ائتلافی با رویکرد استفاده از تجربه انسانی و با روش ابتکاری ترکیبی سعی در کمک به تجزیه و تحلیل عدم قطعیت و تولید طرح‌های بهینه و یا نزدیک بهینه بوده است [۱۶].

### ۲-۴-۵- سامانه عامل مبنا و شبیه‌سازی

در پروژه تحقیقاتی در سال ۲۰۰۶ فعالیت‌هایی چون تولید خودکار راه‌کار عملیاتی، تولید سناریوهای شبیه‌سازی خودکار، توصیفی از نمایش متادیتا از راه‌کارهای عملیاتی، کاهش داده‌ها به‌صورت خودکار، نمایش خودکار شاخص‌ها، روش‌های مقایسه و تصویرسازی راه‌کارهای عملیاتی، ذکر شده و مقایسه راه‌کارها و انتخاب راه‌کارها بر مبنای نتایج و شبیه‌سازی خروجی‌های بازی جنگ است [۱۹]. همچنین با روش موازی‌سازی چندگانه توانستند سرعت تحلیل راه‌کارهای عملیاتی را در این روش به صورت برخط انجام دهند [۲۰].

رویکرد دیگر، استفاده از سامانه عامل مبنا[12] برای مدل‌سازی ارزیابی و انتخاب راه‌کارهای عملیاتی می‌باشد. در این رویکرد برای

1- Knowledge Based
2- CYPRESS
3- HICAP
4- Noncombatant Evacuation Operations(NEO)
5- Air Force Research Laboratory(AFRL)
6- Effects Based Targeting
7- Strategy Development Tool (SDT)
8- Causal Analysis Tool(CAT)
9- Causal Analysis Tool(CAT)
10- Bayesian Networks
11- SHAKEN
12- Agent Based System

عملیات ائتلافی برای بررسی همکاری میان نیروها و همچنین تحلیل راه‌کارها استفاده شده است [۲۳-۲۱]. در آزمایشگاه شبیه‌سازی و تحلیل مناقشات نامنظم[1] شبیه‌ساز راه‌کار عملیاتی[2] مبتنی بر عامل، در سطح استراتژیک برای سناریوهای مختلف برای دو کشور ایران و آمریکا ارائه شده است و آن را به‌عنوان یک الگوی آموزشی و تحلیلی که چگونه دو دولت راه‌کارهای اقدام خود را در پاسخ به تهدیدات و محدودیت‌های منابع و همچنین اولویت‌ها و ترجیحات پیچیده اتخاذ می‌کنند، ارائه شده است [۲۴].

با توجه به مبانی نظری استفاده شده از رویکردها و ابزارهای ارائه شده نتیجه‌گیری می‌شود که روش مبتنی بر شبکه‌های بیزین به عنوان اولین و جذابترین روش‌ها بوده است اما بعد از مدتی با مسائلی از قبیل حساس بودن به وابستگی‌های ورودی و همچنین وابستگی‌های پیچیده بین گره‌ها روبرو شد. رویکرد فرسایش و تلفات نیرو، فقط به بررسی و مقایسه مستقیم راه‌کارها می‌پردازد و زمانی که رویکرد تاثیرمحوری باشد؛ باعث افزایش پیچیدگی و الگو خواهد شد. راه‌کارهای دیگر همگی بر مبنای میزان تأثیرات راه‌کارها در ایجاد اثرات مطلوب و کاهش هزینه‌های نبرد بر مبنای شبیه‌سازهای بازی جنگ بوده است و با ساده‌سازی مسائل به حل آن‌ها پرداخته است.

مسئله‌ای که تاکنون برای راه‌کارهای اقدام عملیاتی برای صحنه نبرد پیچیده‌ای مانند عملیات شبکه در نظر گرفته نشده است، حل مسئله پیچیدگی شاخص‌های عملیات در چنین صحنه‌های نبردی است. در رویکردهای گذشته به‌صورت دانشی ارتباط بین شاخص‌های عملیات و بازخوردها و وابستگی‌های متقابل بین آن‌ها لحاظ نشده است؛ بنابراین، در این پژوهش با استفاده از روش ترکیبی شامل تجربیات متخصصان (تجربه انسانی)، تحلیل علّی ( رابطه علی بین شاخص‌های نبرد) و روش تحلیل فرایند شبکه‌ای برای حل مسئله پیچیدگی شاخص‌های عملیات شبکه‌محور و همچنین استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه (تاپسیس) الگویی برای مقایسه و آنالیز راه‌کارهای عملیاتی و انتخاب بهترین و مؤثرترین آن با در نظر گرفتن پیچیدگی مسئله ارائه شده است.

## ۲-۵- تصمیم‌گیری چندشاخصه

اغلب مسائلی که نیاز به تصمیم‌گیری از سوی فرماندهان دارند مسائل تک‌بعدی نیستند و شاخص‌های مختلف کمی و کیفی و همچنین متعارضی وجود دارد که مسئله تصمیم‌گیری را پیچیده می‌کند. در اغلب اوقات لازم است که یک گزینه از بین گزینه‌های موجود انتخاب شود و یا گزینه‌های موجود رتبه‌بندی شود. بدیهی است که خطا در تصمیم‌گیر، موجب کاهش اعتبار فرمانده و هزینه مالی و جانی زیادی را می‌تواند تحمیل کند. امروزه روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در زمینه‌های متعدد و مختلف به‌طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند. دلیل این امر توانایی و قابلیت بالای این روش‌ها در مدل‌سازی مسائل واقعی و سادگی و قابل فهم بودن آن‌ها برای اکثر کاربران است. در این پژوهش الگوی پیشنهادی برای تصمیم‌گیری انتخاب راه‌کار عملیاتی از روش‌های تحلیل فرایند شبکه، دیمتل و تاپسیس برای حل پیچیدگی مسئله استفاده نموده است.

### ۲-۵-۱- روش تحلیل فرایند شبکه‌ای

روش تحلیل فرایند شبکه‌ای توسط آقای ساعتی برای حل مسائلی که در آن‌ها شاخص‌ها و گزینه‌ها از هم مستقل نیستند و روابط بین اجزای مسئله به صورت غیرخطی است، ارائه شده است [۲۵]. در این روش تصمیم‌گیرنده به جای تشکیل سلسله مراتب اجزای مسئله، اقدام به یک شبکه از اجزای مسئله می‌کند تا به این وسیله، ارتباط داخلی بین اجزای مسئله را ممکن سازد. گره شبکه می‌تواند، شاخص‌ها، زیرشاخص‌ها و گزینه‌ها باشد. از این روش در کاربردهای فراوانی مورد استفاده قرار گرفت. به‌عنوان نمونه؛ انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین، ارزیابی طرح‌های بهبود فرایند کسب و کار، ارزیابی استراتژی تولید را می‌توان اشاره نمود.

### ۲-۵-۲- روش دیمتل

روش آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری یا روش دیمتل[3] یکی از ابزارهای جامع به منظور ساخت و تحلیل مدل‌های ساختاری است که رابطه بین فاکتورهای پیچیده را تحلیل و مشخص می‌کند. این روش در سال‌های ۱۹۷۲ تا ۱۹۷۶ در موسسه بی ام آی[4] سویس برای بررسی و حل مسائل پیچیده ارائه شده است [۲۶]. این روش یک ساختار سیستماتیک به‌وسیله دانش و آگاهی[5] متخصصان و کارشناسان[6] ایجاد می‌کند. روش دیمتل به‌عنوان یک مدل مؤثر برای شناسایی اجزای زنجیره علت-اثر و نتیجه[7] یک سامانه پیچیده است. این روش همچنین به دلیل پیشگام بودن در حل مسائل کاربردی نمود پیدا کرد.

### ۲-۵-۳- روش ترکیب دیمتل- تحلیل فرایند شبکه‌ای

نقطه اشتراک روش تحلیل فرایند شبکه‌ای و دیمتل درنظر گرفتن روابط شبکه‌ای گزینه‌ها یا شاخص‌ها است. در هر دوی این

1- Unconventional Conflict Analysis and Simulation
2- Course of Action Simulator

3- Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (Dematel)
4- BMI=Battelle Memorial Institute
5- Knowledge
6- Expert
7- Cause - Effect

روش‌ها روابط گزینه‌ها، شاخص‌ها یا گروهایی از گزینه‌ها یا شاخص‌ها بررسی می‌شود و هر دو برای نمایش روابط و تأثیرات متقابل بین گزینه‌ها یا شاخص‌ها، توانایی دارند. با توجه به وجه اشتراک دو تکنیک می‌توان به صورت ترکیبی از آن استفاده نمود. این رویکرد از مزایای هر دو تکنیک بهره می‌برد و نقاط ضعف هرکدام را با نقاط قوت دیگری پوشش می‌دهد. روش دیمتل تنها می‌تواند روابط گروه (خوشه) هایی از شاخص‌ها یا گزینه‌ها را بیان کند؛ اما توانایی رتبه‌بندی گزینه‌ها یا شاخص‌ها را ندارد. در مقابل تحلیل فرایند شبکه‌ای توانایی ارزیابی گزینه‌ها یا خوشه‌ها به صورت کلی و نسبی را دارد اما روش نظام‌مندی برای ارزیابی روابط بین خوشه‌ها وجود ندارد و تنها به نظر مستقیم خبرگان اکتفا می‌کند [۲۷].

از ۳۴۶ مقاله بررسی‌شده از سال ۲۰۰۶ الی ۲۰۱۶ در ژورنال‌ها، آن‌ها در پنج گروه دسته‌بندی شدند. دیمتل کلاسیک، دیمتل فازی، دیمتل خاکستری[1]، فرایند تحلیل شبکه‌ای[2] دیمتل[3] و دیگر روش‌ها؛ که به ترتیب فراوانی این مقالات ۳۰/۳٪، ۱۸/۲٪، ۳/۵٪، ۴۴/۵٪ و ۳/۵٪ بوده است [۲۸]. پس فراوانی بیشترین استفاده با رویکرد ترکیبی دیمتل-فرایند تحلیل شبکه‌ای می‌باشد که برای مدل‌سازی مسئله و تعیین ارتباط بین شاخص‌ها با در نظر گرفتن بازخوردها و وابستگی متقابل بین شاخص‌ها مورد استفاده قرار گرفت. بررسی مانند پژوهش‌های چیو و همکارانش در راهبردهای بازاریابی [۲۹]، لیون و همکاران در سامانه‌های کنترل [۳۰] و لین و وو در مسائل امنیتی خطوط هوایی، گسترش صلاحیت مدیریت جهانی [۳۱] و همچنین انتخاب پروژه‌های مناسب پالایشگاه‌های گاز [۳۲] را می‌توان به‌عنوان نمونه‌های کاربردی از این روش نام برد.

### ۲-۵-۴- روش تاپسیس

این روش توسط هوانگ[4] و یون[5] ارائه شده است. با توجه به سادگی مفهوم و مراحل اجرای آن یکی از پرکاربردترین تکنیک‌های تصمیم‌های چندشاخصه در تمام زمینه‌ها است [۲۷]. در این روش هر مسئله به صورت یک سامانه هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی فرض می‌شود. این روش بر این مفهوم استوار است که بهترین گزینه، نزدیک‌ترین به جواب ایده‌ال مثبت[6] و دورترین از جواب ایده‌ال منفی[7] است. مجموعه بهترین‌ها یا جواب ایده‌ال مثبت، نقطه‌ای فرضی است که در تمام شاخص‌ها بهترین مقدار آن شاخص را دارد و مجموعه بدترین‌ها یا جواب ایده‌ال منفی در تمامی شاخص‌ها حائز بدترین مقادیر است. هدف این روش حداکثر کردن فاصله بین گزینه انتخاب شده تا گزینه ضد ایده‌ال (ایده‌آل منفی) و حداقل کردن همین فاصله تا گزینه (ایده‌ال مثبت) است.

در این پژوهش با توجه به شرایط مسئله و وجود بازخوردها و وابستگی متقابل بین شاخص‌های عملیات شبکه‌محور، بهترین راه‌حل برای نزدیک شدن به شرایط واقعی مسئله و حل مسئله پیچیدگی استفاده از روش ترکیب دیمتل-فرایند تحلیل شبکه‌ای [۳۱] است. همچنین با توجه به فرض مسئله پژوهش، در بازه‌های زمانی مشخص گزینه‌های مسئله (راه‌کار عملیاتی سایبرالکترونیک) نسبت به هم مستقل درنظر گرفته شده است. برای کاهش پیچیدگی و ساده‌سازی اجرای الگو از روش ترکیب با تاپسیس استفاده شده است. روش تاپسیس با توجه به پیچیدگی بین شاخص‌ها، قادر به محاسبه مقدار وزن نسبی نیست و این مقدار را به‌صورت ورودی مستقیم از کاربر درخواست می‌کند. این مقدار ورودی در الگوی پیشنهای توسط روش ترکیب دیمتل- فرایند تحلیل شبکه‌ای انجام می‌شود.

## ۲-۶- روش‌شناسی پژوهش

از آنجا که هدف این تحقیق، توسعه دانشِ کاربردی در زمینه تصمیم‌گیری فرماندهان در صحنه نبرد شبکه‌محور جهت مقابله مؤثر است و به سمت کاربرد عملی هدایت می‌شود، نوع تحقیق کاربردی است که در آن به دنبال طراحی یک الگوی تصمیم‌گیری در صحنه پیچیده نبرد شبکه‌محور بر مبنای قابلیت‌ها و توانمندی‌های سایبرالکترونیک است؛ بنابراین، نتایج پژوهش کاربردی و تصمیم‌گرا است و به‌عنوان یک ابزار پشتیبانی تصمیم است. روش جمع‌آوری اطلاعات این پژوهش از بررسی اسناد و مدارک مربوط به رزمایش‌های نظامی آمریکا و هم‌پیمانانش و کتابخانه‌ای علمی و تخصصی و تجربیات میدانی شکل گرفته است.

### ۲-۶-۱- روایی و پایایی پژوهش

**روایی و پایایی متغیرهای پژوهش؛** شاخص‌های عملیات شبکه‌محور آمریکا به‌عنوان متغیرهای وابسته پژوهش بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای و ادبیات موضوع استخراج شد. شاخص‌ها، زیرشاخص‌ها و قلمروهای آن بعد از تأیید اساتید راهنما و مشاور مورد ارزیابی خبرگان منتخبِ قرار گرفته است. به‌طوری‌که زیرشاخص‌های کارایی نیرو حذف و ویژگی‌های آن در اثربخشی نیرو ادغام شده است. برای پایایی شاخص‌های عملیات شبکه محور، میزان اهمیت شاخص‌ها به صورت پرسشنامه طیف لیکرت پنج سطحی بین ۳۲ خبره منتخب مورد ارزیابی قرار گرفت و بعد

1- Gray DEMATEL
2- Analytical Network Process (ANP)
3- DANP
4- C.L.Hwang
5- K.Yoon
6- Positive Ideal Solution
7- Negative Ideal Solution

از حذف شاخص اثربخشی سیاست‌گذاری مطابق جدول (۳) برای شاخص‌های نهایی به‌طور متوسط ضریب آلفای کرونباخ ۰/۸۲ محاسبه شده است که معیار اعتبار متغیرهای پژوهش است.

**پایایی و اعتبار سنجی داده‌های ورودی به الگو؛** بررسی اعتبار داده‌های ورودی به الگو جهت تشکیل ماتریس ورودی تصمیم و تأثیر برمبنای معیار نرخ ناسازگاری است. نرخ ناسازگاری یا درصد ناسازگاری مطابق معادله زیر است [۱]؛

$$\text{درصد ناسازگاری} = \frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\left|g_c^{ij\rho} - g_c^{ij(\rho-1)}\right|}{g_c^{ij\rho}} \times 100\%$$

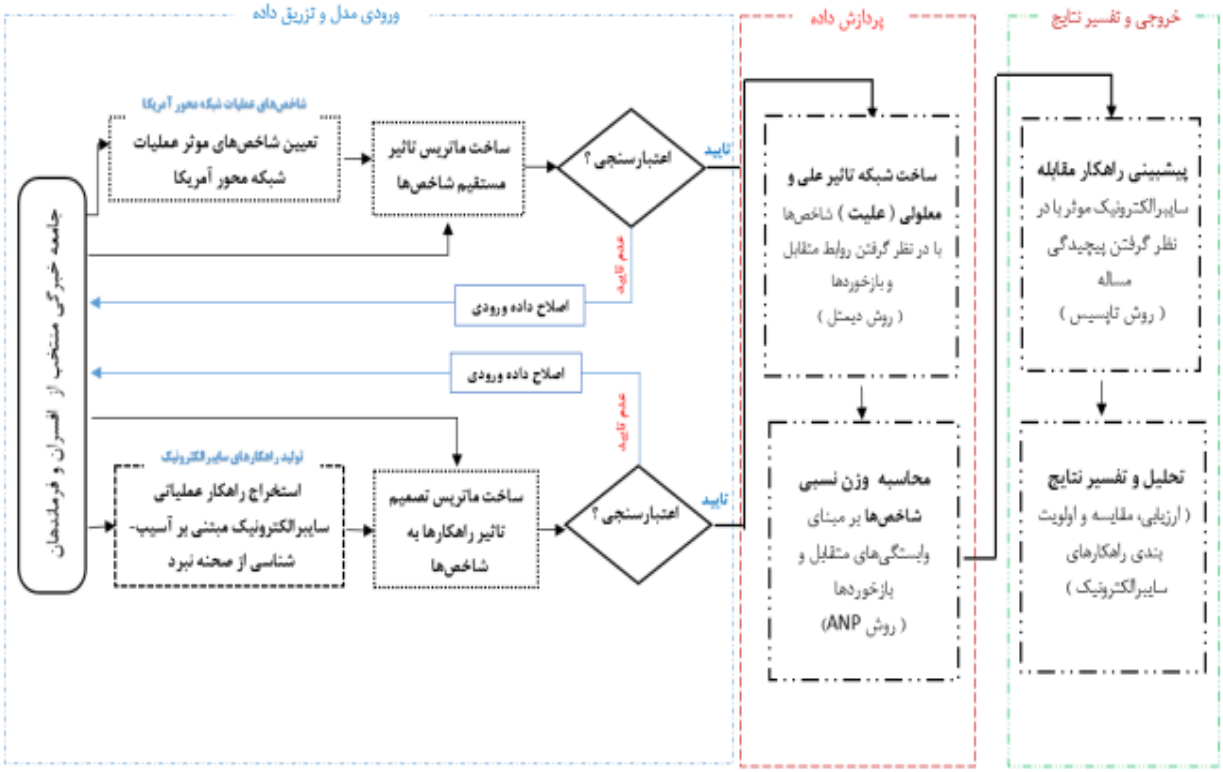
که این درصد ناسازگاری می‌بایست کمتر از ۵٪ باشد؛ یعنی میزان ضریب اطمینان می‌بایست بیش از ۹۵٪ باشد. در این رابطه n تعداد شاخص‌ها و $\rho$ تعداد خبرگان منتخب است. این معیار برای داده‌های ورودی الگو رعایت شده است.

**اعتبارسنجی الگوی پیشنهادی؛** بررسی اعتبار الگو با توجه به محدودیت‌های اسناد و اطلاعات موجود در این حوزه و همچنین هزینه‌های بسیار زیاد رزمایش‌ها برای ارزیابی الگو با نظر استاد راهنما و خبرگان منتخب از اسناد موجود عملیات شبکه‌محور آمریکا در عراق در سال ۲۰۰۳ استفاده شده است. سپس صحت خروجی‌های استخراج شده از الگو توسط تعداد معدودی منتخب مورد ارزیابی قرار گرفته و رضایتمندی نتایج مبنای تأیید اعتبار الگو قرار گرفته است.

## ۳- الگوی پیشنهادی تصمیم انتخاب راه‌کار عملیاتی سایبرالکترونیک برای مقابله با عملیات شبکه‌محور بر مبنای روش DANP

برای استخراج مفاهیم، فهم بهتر و نتایج مطلوب، الگوی تصمیم‌گیری برای انتخاب راه‌کار به‌صورت گام‌به‌گام و با جزئیات مطابق شکل (۲) ارائه شده است. این الگو در سه مرحله کلی انجام می‌شود؛

الف) تعیین ورودی‌های معتبر مورد نیاز برای بخش پردازش؛
ب) پردازش داده‌های ورودی شامل محاسبه میزان تأثیر شاخص‌ها و محاسبه وزن نسبی شاخص‌ها؛
ج) خروجی الگو که شامل محاسبه ضریب نزدیکی به جواب ایده‌ال هر یک از راه‌کارهای عملیاتی؛




**شکل (۲):** فرایند الگوی پیشنهادی تصمیم انتخاب راه‌کار عملیاتی بر مبنای روش DANP

## مرحله اول: مرحله تعیین ورودی‌های مورد نیاز

ورودی الگو که با همکاری خبرگان منتخب انجام شده عبارت‌اند از:

الف) تعیین شاخص‌های عملیات شبکه‌محور آمریکا؛ بر مبنای منابع آشکار از دکترین عملیات شبکه‌محور، رزمایش‌ها و همچنین نبردهای نظامی صورت گرفته آمریکا و ائتلاف غربی در عراق و افغانستان [۲].

ب) تعیین فهرستی از گزینه‌های ممکن یا راه‌کارهای عملیاتی سایبرالکترونیک جهت مقابله بر مبنای آسیب‌شناسی از موقعیت و صحنه نبرد مشخص توسط خبرگان منتخب؛

ج) ایجاد داده‌های مناسب و معتبر برای ماتریس تأثیر مستقیم شاخص‌ها و گزینه‌های سایبرالکترونیک نسبت به شاخص‌ها برای عملیات شبکه‌محور مشخص؛

## مرحله دوم: مرحله پردازش

**زیرمرحله اول: محاسبه میزان تأثیر شاخص‌ها با توجه به وابستگی‌های متقابل و بازخوردها نسبت به هم (ایجاد شبکه تأثیر). این زیرمرحله شامل گام‌های زیر می‌باشد؛**

**گام ۱) تشکیل ماتریس تأثیر مستقیم؛** فرض‌کنید در این پژوهش H خبره و n معیار مورد بررسی قرار خواهد گرفت. از هر خبره خواسته می‌شود تا سطحی را که نشان‌دهنده تأثیرات معیار i بر j را مشخص کند. این مقایسه‌ها، دوبه‌دو بین هر دو معیار با $(a_{ij})$ بیان‌شده و معیار رتبه‌بندی عدد صحیح از ۰ الی ۴ که به ترتیب هر یک از اعداد میزان؛ بدون تأثیر، تاثیرکم، تأثیر متوسط، تأثیر بالا و تأثیر بسیار بالا را نشان می‌دهد.

نمرات ارائه‌شده توسط هر خبره یک ماتریس غیر منفی $X^k=[X_{ij}^k]_{n\times n}$ را با $1\le K\le H$ می‌دهد که $x^1,x^2,\dots,x^H$ ماتریس‌های پاسخ برای هر H خبره و هر عنصر $x^k$ عدد صحیح ارائه شده توسط $x_{ij}^k$ است. عناصر قطری هر ماتریس $x^k$ همه در جهت صفر تدوین می‌شوند. سپس میانگین $n\times n$ ماتریس A را برای نظرات تمام خبره‌ها به‌وسیله میانگین‌گیری نمرات H خبره به‌صورت معادله (۱) محاسبه می‌شود.

$$[a_{ij}]_{n\times n}=\frac{1}{H}\sum_{k=1}^{H}[X_{ij}^k]_{n\times n} \qquad (۱)$$

پس ماتریس میانگین $A=[a_{ij}]_{n\times n}$ ماتریس اولیه روابط مستقیم نامیده می‌شود. A، نشان دهنده تأثیرات اولیه مستقیم است که یک معیار بر روی خود و سایرها نشان می‌دهد.

**گام ۲) نرمال‌سازی ماتریس تأثیر اولیه؛** ماتریس تأثیر مستقیم X به‌وسیله نرمالیزه‌کردن ماتریس میانگین $A=[a_{ij}]_{n\times n}$ به‌دست می‌آید. عملیات نرمال‌سازی با استفاده از رابطه (۲) ارائه شده در زیر صورت می‌گیرد:

$$X=s.A$$
$$s=min[\frac{1}{\max\limits_{1\le i\le n}\sum_{j=1}^{n}a_{ij}},\frac{1}{\max\limits_{1\le j\le n}\sum_{i=1}^{n}a_{ij}}] \qquad (۲)$$

**گام ۳) محاسبه ماتریس تأثیر کل؛** تمامی تأثیرهای مستقیم و غیرمستقیم شاخص‌ها نسبت به هم درنظر گرفته شده و محاسبه می‌شود. مجموع دنباله نامحدود از آثار مستقیم و غیرمستقیم عناصر بر یکدیگر توأم با کلیه بازخوردهای ممکن، به‌صورت یک تصاعد هندسی و از توان‌های X و بر اساس قوانین موجود از گراف‌ها به‌صورت رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$T=[t_{ij}]\ i,j=1,2,\dots,n \qquad (۳)$$
$$T=X(I-X)^{-1}$$

و I ماتریس همانی است.

**گام ۴) محاسبه مقادیر تأثیر و ارتباط؛** در این مرحله محاسبات با استفاده از مقادیر R,C که بیانگر مجموع ردیف‌ها و ستون‌ها است، صورت می‌گیرد. این مقادیر از روابط (۴) به‌دست می‌آیند:

$$T=[t_{ij}]\ i,j=1,2,\dots,n$$
$$R=[r_i]_{n\times 1}=\left[\sum_{j=1}^{n}t_{ij}\right]_{n\times 1} \qquad (۴)$$
$$S=[s_j]'_{1\times n}=\left[\sum_{i=1}^{n}t_{ij}\right]'_{1\times n}$$

$r_i$ جمع سطری درایه‌های مربوط به معیار i است و نشان‌دهنده میزان اثرگذاری آن معیار بر سایر شاخص‌ها است. $s_j$ نیز جمع ستونی درایه‌های مربوط به معیار j که میزان تأثیرپذیری از سایر شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

**زیرمرحله دوم: محاسبه وزن نسبی شاخص‌ها با توجه به وابستگی‌های متقابل و بازخوردها (روش فرایند تحلیل شبکه‌ای)**

**گام ۱) محاسبه سوپرماتریس غیر وزنی؛** با توجه به معادله (۳) ماتریس $T_C=\left[t_{ij}\right]_{n\times n}$ و در گام بعد ماتریس $T_D=\left[t_{ij}^{D}\right]_{m\times m}$ را تعریف می‌کنیم. برای محاسبه ابتدا سوپرماتریس $T_C$ برای محاسبه وزن شاخص‌ها (یا خوشه‌ها) مطابق با معادله (۵) نرمالیزه شده است. ($D_i$ بعدهای مسئله که در اینجا شاخص‌ها و $c_i$ زیرشاخص‌ها می‌باشند)

$$T_c = \begin{array}{c} \\ c_{11} \\ c_{12} \\ \vdots \\ c_{1m_1} \\ D_1 \\ \vdots \\ D_i \\ \vdots \\ D_n \\ c_{n1} \\ c_{n2} \\ \vdots \\ c_{nm_n} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} D_1 & & D_j & & D_n \\ c_{12} \cdots c_{1m_1} \cdots & & c_{j1} \cdots c_{jm_j} & & c_{n1} \cdots c_{nm_n} \end{array} \\ \begin{bmatrix} T_c^{11} & \cdots & T_c^{1j} & \cdots & T_c^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{i1} & \cdots & T_c^{ij} & \cdots & T_c^{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{n1} & \cdots & T_c^{nj} & \cdots & T_c^{nn} \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۵)$$

بعد از نرمال‌سازیِ ماتریس تاثیرکل $T_c$ بر مبنای شاخص‌ها (خوشه‌ها)، ماتریس جدید $T_c^{\alpha}$ مطابق معادله (۶) ایجاد می‌شود.

$$T_c^{\alpha} = \begin{array}{c} \\ c_{11} \\ c_{12} \\ \vdots \\ c_{1m_1} \\ D_1 \\ \vdots \\ D_i \\ \vdots \\ D_n \\ c_{n1} \\ c_{n2} \\ \vdots \\ c_{nm_n} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} D_1 & & D_j & & D_n \\ c_{12} \cdots c_{1m_1} \cdots & & c_{j1} \cdots c_{jm_j} & & c_{n1} \cdots c_{nm_n} \end{array} \\ \begin{bmatrix} T_c^{\alpha 11} & \cdots & T_c^{\alpha 1j} & \cdots & T_c^{\alpha 1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{\alpha i1} & \cdots & T_c^{\alpha ij} & \cdots & T_c^{\alpha in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{\alpha n1} & \cdots & T_c^{\alpha nj} & \cdots & T_c^{\alpha nn} \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۶)$$

نحوه محاسبه $T_c^{\alpha 11}$ به‌صورت معادله (۷) و (۸) می‌باشد.

$$d_{c_i}^{11} = \sum_{j=1}^{m_1} t_{c_{ij}}^{11}, \; i = 1, 2, \ldots, m_1 \qquad (۷)$$

$$T_c^{\alpha 11} = \begin{bmatrix} t_{c11}^{11}/d_{c1}^{11} & \cdots & t_{c1j}^{11}/d_{c1}^{11} & \cdots & t_{c1m_1}^{11}/d_{c1}^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{ci1}^{i1}/d_{ci}^{11} & \cdots & t_{cij}^{11}/d_{ci}^{11} & \cdots & t_{cim_1}^{11}/d_{ci}^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{cm_11}^{11}/d_{cm_1}^{11} & \cdots & t_{cm_1j}^{11}/d_{cm_1}^{11} & \cdots & t_{cm_1m_1}^{11}/d_{cm_1}^{11} \end{bmatrix} = 0 \qquad (۸)$$

در این گام سوپرماتریس غیر وزنی بر مبنای ترانهاده معادله (۸) ایجاد می‌شود که به‌صورت معادله (۹) است.

$$W = (T_c^{\alpha})' = \begin{array}{c} \\ c_{11} \\ c_{12} \\ \vdots \\ c_{1m_1} \\ D_j \\ \vdots \\ D_i \\ \vdots \\ D_n \\ c_{n1} \\ c_{n2} \\ \vdots \\ c_{nm_n} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} D_1 & & D_i & & D_n \\ c_{11} \cdots c_{1m_1} \cdots & & c_{i1} \cdots c_{im_i} & & c_{n1} \cdots c_{nm_n} \end{array} \\ \begin{bmatrix} W^{11} & \cdots & W^{i1} & \cdots & W^{n1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{1j} & \cdots & W^{ij} & \cdots & W^{nj} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{1n} & \cdots & W^{in} & \cdots & W^{nn} \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۹)$$

اگر عضوی از ماتریس بالا صفر باشد، یعنی هیچ‌گونه وابستگی بین شاخص‌ها وجود ندارد و مستقل از هم می‌باشند. سایر مقادیر ماتریس به‌صورت معادله (۱۰) محاسبه می‌شود:

$$W^{11} = \begin{array}{c} \\ c_{11} \\ c_{1j} \\ \vdots \\ c_{1m_1} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} c_{11} & \cdots & c_{1i} & \cdots & c_{1m_1} \end{array} \\ \begin{bmatrix} t_{c^{11}}^{\alpha 11} & \cdots & t_{c^{i1}}^{\alpha 11} & \cdots & t_{c^{m1}}^{\alpha 11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{c^{1j}}^{\alpha 11} & \cdots & t_{c^{ij}}^{\alpha 11} & \cdots & t_{c^{mj}}^{\alpha 11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{c^{1m_1}}^{\alpha 11} & \cdots & t_{c^{im_1}}^{\alpha 11} & \cdots & t_{c^{mm_1}}^{\alpha 11} \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۱۰)$$

سوپرماتریس به‌دست‌آمده در این گام (معادله (۹))، سوپرماتریس اولیه یا سوپرماتریس غیروزنی تعریف می‌شود.

**گام ۲) به‌دست آوردن سوپرماتریس وزنی؛** ابتدا ماتریس $T_D$ مطابق معادله (۱۱) نرمال‌سازی می‌کنیم:

$$T_D = \begin{bmatrix} t_D^{11} & \cdots & t_D^{1j} & \cdots & t_D^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{i1} & \cdots & t_D^{ij} & \cdots & t_D^{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{n1} & \cdots & t_D^{nj} & \cdots & t_D^{nn} \end{bmatrix} \qquad (۱۱)$$

از ماتریس تاثیرکلی بر مبنای شاخص‌ها (خوشه‌ها) ماتریس جدید $T_D^{\alpha}$ مطابق با معادله (۱۲) و (۱۳) به‌دست می‌آید:

$$\ldots T_D^{\alpha} = \begin{bmatrix} t_D^{11}/d_1 & \cdots & t_D^{1j}/d_1 & \cdots & t_D^{1n}/d_1 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{i1}/d_i & \cdots & t_D^{ij}/d_i & \cdots & t_D^{in}/d_i \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{n1}/d_n & \cdots & t_D^{nj}/d_n & \cdots & t_D^{nn}/d_n \end{bmatrix} \qquad (۱۲)$$

$$= \begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11} & \cdots & t_D^{\alpha 1j} & \cdots & t_D^{\alpha 1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha i1} & \cdots & t_D^{\alpha ij} & \cdots & t_D^{\alpha in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha n1} & \cdots & t_D^{\alpha nj} & \cdots & t_D^{\alpha nn} \end{bmatrix}$$

$$d_i = \sum_{j=1}^{n} t_{ij}^{\alpha}, \; i = 1, 2, \ldots, n \qquad (۱۳)$$

$$t_D^{\alpha ij} = t_D^{\alpha}/d_i$$

سوپرماتریس وزنی مطابق معادله (۱۴) از حاصل‌ضرب ماتریس نرمالیزه شده $T_D^{\alpha}$ در سوپرماتریس غیروزنی ایجاد می‌شود.

$$W^{\alpha} = T_D^{\alpha} \times W =$$

$$\begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11} \times w^{11} & \cdots & t_D^{\alpha i1} \times w^{i1} & \cdots & t_D^{\alpha n1} \times w^{n1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha 1j} \times w^{1j} & \cdots & t_D^{\alpha ij} \times w^{ij} & \cdots & t_D^{\alpha nj} \times w^{nj} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha 1n} \times w^{1n} & \cdots & t_D^{\alpha in} \times w^{in} & \cdots & t_D^{\alpha nn} \times w^{nn} \end{bmatrix} \quad (۱۴)$$

**گام ۳) محاسبه سوپرماتریس حدی؛** سوپرماتریس وزنی بدست آمده را به توان می‌رسانیم تا جایی که همه عناصر با توجه به رابطه زیر همگرا شوند و وزن مربوط به هر عنصر را محاسبه می‌کنیم.

$$\lim_{g \to \infty} \mathbf{W}_{\alpha}^{g} \quad (۱۵)$$

بر اساس ماتریس به‌دست‌آمده بردار وزن عمومی مشخص‌شده و ماتریس نهایی را سوپرماتریس حدی می‌نامند که مقادیر هر سطر آن با هم برابرند. اگر توان‌های ماتریس اولیه به‌صورت تناوبی به n ماتریس نهایی همگرا شوند، میانگین ماتریس‌های نهایی را سوپرماتریس حدی می‌نامیم.

$$\lim_{g \to \infty} (\frac{1}{N}) W_{\alpha}^{g} \quad (۱۶)$$

در این مرحله بردار وزن مؤثر شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها با توجه به وابستگی‌های متقابل و بازخوردهای بین شاخص‌ها محاسبه می‌شود.

## مرحله سوم: ارزیابی و رتبه‌بندی راه‌کارهای عملیاتی سایبرالکترونیک

شاخص‌ها و بردار وزن آن‌ها از مرحله اول و دوم استخراج شده است. با روش تاپسیس به رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌پردازیم که شامل گام‌های زیر است:

**گام ۱) ایجاد ماتریس تصمیم؛** داده‌های ماتریس تصمیم از مرحله ورودی از جامعه خبرگان دریافت و مطابق جدول (۲) ارائه می‌شود.

**جدول (۲):** ماتریس تصمیم تأثیر گزینه‌ها به شاخص‌ها

| | $X_1$ | $X_2$ | ⋯ | $X_n$ |
|---|---|---|---|---|
| $A_1$ | $a_{11}$ | $a_{11}$ | ⋯ | $a_{11}$ |
| $A_2$ | $a_{21}$ | $a_{22}$ | ⋯ | $a_{2n}$ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| $A_m$ | $a_{m1}$ | $a_{m1}$ | ⋯ | $a_{mn}$ |

$A_i = \{A_1, A_2, .., A_m\}$ گزینه‌های مسئله و $X_j$ (j=1,2,…,m) شاخص‌های ماتریس تصمیم می‌باشند.

**گام۲) نرمال‌سازی؛** ماتریس تصمیم به روش اقلیدسی مطابق معادله (۱۷) نرمال‌سازی می‌شود.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a_{kj}^2}} \quad (۱۷)$$

**گام ۳) تعیین ماتریس تصمیم نرمال‌شده وزن‌دار؛** از حاصل‌ضرب وزن شاخص‌ها در ستون متناظر مطابق با معادله (۱۸) محاسبه می‌شود.

$$t_{ij} = r_{ij} \times w_j \quad (۱۸)$$

**گام ۴) یافتن جواب ایده‌ال مثبت ($S^+$) و منفی ($S^-$)؛** جواب ایده‌ال مثبت شامل بهترین مقادیر در هر شاخص و جواب ایده‌آل منفی شامل بدترین مقادیر در هر شاخص است. بهترین مقدار در یک شاخص با ماهیت مثبت، بزرگ‌ترین مقدار و بهترین مقدار شاخص با ماهیت منفی، کمترین مقدار آن شاخص است.

**گام ۵) محاسبه فاصله از حل ایده‌ال و ضدایده‌ال؛** اندازه و مقدار جداکننده مثبت و منفی را برای هر گزینه محاسبه کنید که شامل فاصله اقلیدسی هر گزینه تا جواب‌های ایده‌ال مثبت و جواب‌های ایده‌آل منفی مطابق معادله (۱۹) است.

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (t_{ij} - t_j^-)^2} \quad d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (t_{ij} - t_j^+)^2} \quad (۱۹)$$

در رابطه (۱۹) $t_j^-$ و $t_j^-$ به ترتیب با جواب ایده‌آل مثبت و منفی در شاخص و معیار $X_j$ برابر است.

**گام ۶) محاسبه شاخص شباهت و نزدیکی؛** اندازه نزدیکی (ضریب نزدیکی) به جواب ایده‌آل را به کمک فواصل جداکننده به دست آمده در گام چهار و با استفاده از رابطه (۲۰) محاسبه می‌شود.

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (۲۰)$$

با مرتب‌نمودن ضریب نزدیکی، رتبه‌بندی گزینه‌ها بر مبنای میزان تأثیرگذاری بر روی تمامی شاخص‌های عملیات شبکه‌محور انجام خواهد شد.

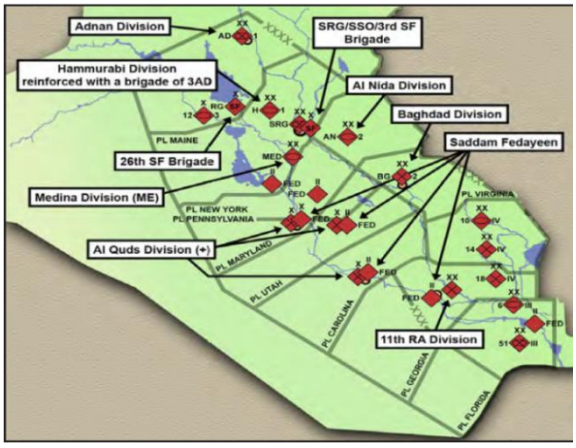
## ۴- مطالعه موردی: سناریوی عملیات شبکه‌محور سپاه پنجم آمریکا به پایگاه هوایی تلیل در جنوب عراق [۳]

این حمله به‌عنوان اولین داستان واقعی از نبرد عملیات شبکه‌محور آمریکا در تاریخ ۲۱ الی ۲۲ مارس ۲۰۰۳ در عراق

است. این عملیات توسط سپاه پنجم[1] به همراه لشکر سوم زرهی پیاده‌نظام[2] انجام شده است. این عملیات مثال بسیار خوبی برای افزایش کیفیت اطلاعات و افزایش اثربخشی مأموریت با توجه به دکترین عملیات شبکه‌محور آمریکا است. هر چند این عملیات تمامی شاخص‌ها در دکترین عملیات شبکه‌محور را در حد مطلوبی پوشش نمی‌دهد اما یک سناریوی عملیاتی و واقعی بسیار ارزشمند است. هدف اصلی این عملیات تصرف پایگاه هوایی تلیل و پل ارتباطی در خارج شهر ناصریه، در عرض رودخانه فرات، به‌عنوان معبر برای عبور نیروی رزمی دریایی است که با عنوان اهداف «فایربیرد[3]» و «کلی[4]» تعیین شده است. این سناریو با توجه به اسناد آمریکا تدوین شده است، پس فرض بر آن است که تیم آبی نیروی آمریکا و تیم عراق به‌عنوان تیم قرمز است. هدف مطالعه موردی آن است که با این سناریوی مشخص، انتخاب راه‌کارهای سایبرالکترونیک عراق برای مواجه و مقابله مؤثر با عملیات شبکه‌محور آمریکا با توجه به الگوی پیشنهادی، ارزیابی و انتخاب شود.

## ۴-۱- نیروی عراق (تیم قرمز)

آرایش نظامی نیروی عراق از دید نیروی آمریکا کاملاً مشخص و قابل پیش‌بینی بوده است (شکل ۳). هدف نیروی عراق در قسمت جنوب، دفاع از بغداد با تمرکز بر آرایش نیرو بین رودخانه دجله و فرات و در امتداد بزرگراه (بزرگراه ۱، ۶ و ۷) مطابق شکل (۵) بوده است.

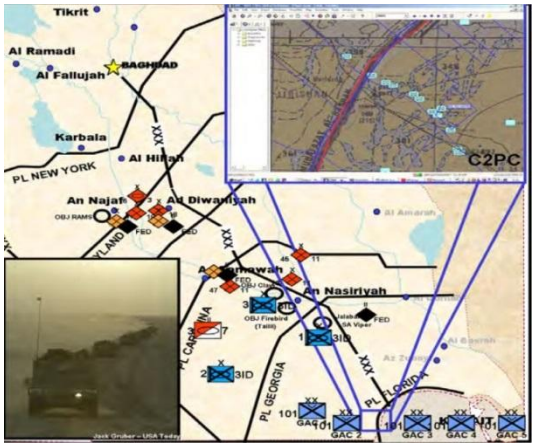



**شکل (۳):** آرایش نیروهای مسلح عراق (تیم قرمز)

در قسمت شرق عراق تصور و انتظار عراقی‌ها استفاده از نیروهای هوابرد و تهاجم هوایی آمریکا بوده است در نتیجه عراقی از نیروهای سبک، واحدهای ضدهوایی و نیروی شبه‌نظامی و نامنظم مانند فدائیان صدام و شبه نظامی حزب بعث استفاده نمودند. لشکر پیاده نظام یازدهم، ارتش کلاسیک عراق بوده است که با حجم و توده بسیار زیادی از نیرو در نواحی پایگاه هوایی تلیل[5] و اطراف ناحیه ناصریه مستقر شده‌اند. با توجه به اطلاعات منابع جاسوسی انسانی و نیروی عملیات ویژه آمریکا دو تیپ ۴۵ و ۴۷ام از لشکر یازدهم در شرق و تیپ ۲۳ام در شمال ناصریه مستقر شده بود.

## ۴-۲- نیروی آمریکا (تیم آبی)

در تاریخ ۱۹ مارس ۲۰۰۳ رئیس‌جمهور بوش دستور «عملیات سربری[6]» را با استفاده از حملات موشکی و هوایی صادر نمود. مرکز فرماندهی و کنترل آمریکا ۲۰ مارس ۲۰۰۳ دستور حرکت زمینی از شمال کویت به عراق را ۲۴ ساعت زودتر از طرح‌ریزی اولیه، صادر نموده است. شروع حمله زمینی به عراق توسط سپاه پنجم[7] آمریکا شامل لشکر سوم پیاده نظام[8] و لشکر هوایی ۱۰۱ و گردان هوانیروز ۱۱ ام، تشکیل شده بود. لشکر سوم پیاده نظام شامل ۴ تیم تیپ رزمی[9] بوده است که سه تیم برای مانورهای زمینی و تیم تیپ رزمی چهارم برای مأموریت‌های عملیات هوایی که خود شامل اسکادران زرهی شامل اسکادران سوم و گردان زرهی هفتم بوده، تشکیل شده است. در این سه تیپ رزمی، تیپ مهندسی، گردان سیگنال برای پشتیبانی نیازهای فرماندهی و کنترل و واحد پشتیبان لجستیکی وجود داشت که آرایش اولیه آن به‌صورت شکل (۴) است.




**شکل (۴):** آرایش نظامی نیروی آمریکا (تیم آبی)

اهداف تعریف‌شده برای سپاه پنجم و لشکر سوم در چهار روز اولیه عملیات از ۲۰ الی ۲۳ مارس عبارت‌اند از:

الف) ورود و نفوذ به خاک عراق از شمال کویت؛

1- V Corps
2- Third Infantry Division (3 ID)
3- FIREBIRD
4- CLAY

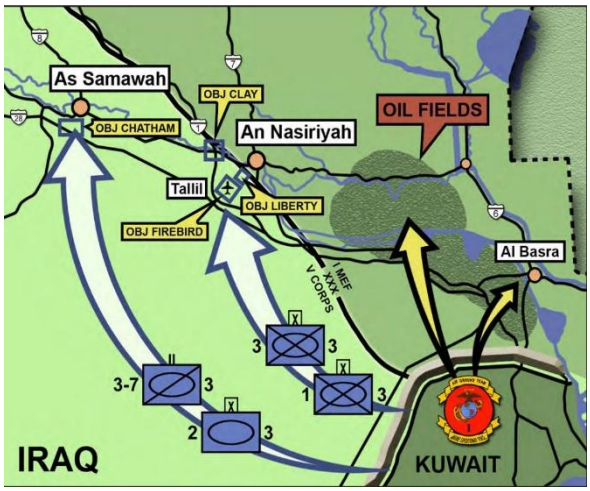
5- Tallil Air Base
6- Decapitation Strike
7- V Corps
8- Third Infantry Division (3 Id)
9- Brigade Combat Team (Bct)

ب) تصرف پایگاه هوایی تلیل و نواحی ناصریه (در فاصله ۱۴۰ Km کویت)؛

ج) جداسازی شهر سماوه (هدف چتام)؛

### ۴-۳- صحنه نبرد

بعد از ورود به عراق، لشکر سوم پیاده‌نظامی زرهی در دو حمله مجزا لشکر پیاده نظام یازدهم عراق را نابود و اهداف اولیه را تصرف کردند. مطابق شکل (۵) تیم‌های رزمی تیپ اول و سوم از سمت شمال و شرق بزرگراه اول به سمت هدف پایگاه هوایی تلیل حمله کردند. سواره نظام ۳-۷ و تیم تیپ رزمی دوم با چرخش به سمت غرب و حرکت به سمت شمال به سمت «هدف چتام» حمله کردند. دراین قسمت با توجه محدودیت صفحات فقط چکیده و نکات برجسته این عملیات را از نگاه شبکه‌محوری بیان می‌کنیم؛




**شکل (۵):** طرح مانور تیم رزمی تیپ سوم

### ۴-۴- نگاه شبکه‌محوری در عملیات پایگاه هوایی تلیل

از نگاه شبکه‌محوری به این عملیات می‌توان نتایج زیر را بیان نمود:

۱- آن چیزی که در سناریوی عملیات شبکه‌محور تلیل، بسیار برجسته شده است به‌کارگیری فنّاوری جدیدِ سامانه پایش و جستجوی پیشرفته بردبلند[1](LRAS3) در میدان نبرد برای توسعه شاخص‌های عملیات شبکه‌محور بوده است. این سامانه جدید باعث افزایش کیفیت اطلاعات صحنه نبرد و در پی آن افزایش سطح آگاهی وضعیتی فرماندهان و درنتیجه تغییر در فرایند دکترین تاکتیکی نبرد شده است. سامانه LRAS3 نسل دوم از سامانه جستجوی مادون قرمز می‌باشد. این سامانه از اپتیک برد بلند، فاصله‌یاب لیزری، سامانه موقعیت‌یاب جهانی پیشرفته با قابلیت سنجش ارتفاع، دوربین تلویزیونی با نور کم است این سامانه دیجیتالی قادر به استخراج اطلاعات اهداف است. این اطلاعات برای ایجاد تصویر عملیاتی مشترک و تجسم‌سازی صحنه نبرد به سامانه FBCB2[2] ارسال می‌شود.

۲- ایجاد فرایند جدید؛ پاسخ نیرو شبکه محور آمریکا به قابلیت جدید سامانه LRAS3 بوسیله توسعه فرایندهای جدید است که برای طرح‌ریزی، پرتاب و همچنین افزایش تأثیر آتش توپخانه‌ای، منعکس‌شده است. در رویکرد جدید و بعد از آموزش کارکنان مربوطه با LRAS3، نیروهای پیش‌آهنگ قابلیت جستجو و شناسایی خود را افزایش دادند و درنتیجه فرصت‌های بیشتری را برای شناسایی اهداف دشمن، ارائه‌شده است و به‌طور مستقیم قابلیت مشاهده و مانور نیروی پیشاهنگ و آتش مستقیم آن‌ها و همچنین مانور سریع با ریسک کم، نسبت به فرایند قبل بیشتر ایجاد شد.

۳- دقتِ شبکه دریافت اطلاعاتِ اهداف با اتصال به سامانه‌های توپخانه صحرائی پالدین[3] برای پرتاب ابتدایی گلوله‌های مؤثر به اهداف با LRAS3 ایجاد شد. همچنین این سامانه قابلیت نیروهای پیش‌آهنگ را در عملیات شبانه افزایش داده است. درنتیجه تلفات نیروهای آمریکایی در اثر اشتباهات خودی به علت تفکیک نیروهای عراقی و آمریکایی در محدوده بیشتر، کاهش داده است.

۴- شبکه‌سازی؛ گزارش‌های دقیق به همراه ادغام روزانه اطلاعات LRAS3 با به‌صورت دیجیتالی از طریق سامانه FBCB2 شبکه به اشتراک گذاشته می‌شود و درنتیجه، آگاهی وضعیتی نیرو افزایش یافته است. از سامانه ارتباط صوتی ماهواره‌ای ایریدیوم برای فهم بهتر صحنه نبرد استفاده شده است.

۵- پاسخ نیروی آمریکا به قابلیت جدید جهت استفاده مؤثر به‌وسیله توسعه تاکتیک‌ها و تکنیک‌ها برای به‌کارگیری نیروی پیشاهنگ بوده است که می‌توان با موقعیت‌های مشاهده‌شده از فاصله بیشتری از آتش مستقیم عراق و همچنین مشاهده قابلیت‌ها و موقعیت‌های بسیار زیاد برای

1- Long Range Advanced Scout Surveillance System (Lras3)

2- Force XXI Battle Command, Brigade-and-Below (FBCB2)

3- Paladin

پالدین سامانه‌ای شامل سامانه کنترل آتش اتوماتیک، سامانه ناوبری مبتنی GPS و سامانه جهت‌یابی و هدایت فنی آتش می‌باشد.

مانورهای نیروهای خودی و مستقر نمودن سریع تجهیزات با مخاطرات و ریسک بسیار کم اشاره نمود.

۶- LRAS3 را می‌توان به‌عنوان یک کمک‌کننده در سرعت اجرای عملیات به‌وسیله اطلاعاتی که در زمان کمتر فراهم شده و آگاهی وضعیتی مشترک ازطریق گزارش‌هایی که تولید شده، اشاره کرد.

## ۵- اجرای الگو و تحلیل داده برای صحنه عملیات شبکه‌محور سپاه زمینی پنجم آمریکا در عملیات تصرف پایگاه هوایی تلیل در عراق

اجرای گام الگو پیشنهادی به‌صورت زیر می‌باشد:

### ۵-۱- تعیین ورودی‌های مورد نیاز

**گام ۱) مشخص‌نمودن شاخص‌های مؤثر عملیات شبکه‌محور نیروی آمریکا در عملیات تصرف تلیل** شاخص‌ها مطابق جدول (۳) تعیین شده است. (بعضی از شاخص‌ها مانند حسگری که خود شامل آگاهی، فهم و تصمیم است، با توجه به اطلاعات مربوط به سند فقط از شاخص آگاهی به‌عنوان نماینده سه شاخص استفاده شده است).

**گام ۲) استخراج راه‌کارهای عملیاتی سایبرالکترونیک؛** تعدادی از راه‌کارهای مؤثر در حوزه سایبر الکترونیک به صورت بالقوه و یا بالفعل با توجه به آسیب‌پذیری‌ها صحنه نبرد برای مقابله با اهداف تعیین شده برای نیروی آمریکا مطابق جدول (۴) پیشنهاد شده است (فرض بر آن است که توانمندی‌ها و قابلیت‌های سایبرالکترونیک عراق به مانند توانمندی‌های بالقوه و بالفعل کنونی ج.ا.ا است).

**گام ۳) تشکیل ماتریس تأثیر مستقیم؛** بر مبنای نظر خبرگان میزان تأثیر مستقیم شاخص‌ها نسبت به هم در عملیات تلیل به‌صورت جدول (۵) از پیوست ارائه شده است.

**گام ۴) تشکیل ماتریس تصمیم تأثیر سایبرالکترونیک؛** بر مبنای نظر خبرگان حوزه سایبرالکترونیک میزان تأثیر مستقیم راه‌کارهای مقابله نسبت به شاخص‌ها مطابق جدول (۱۰) از پیوست ارائه شده است.

**جدول (۳):** شاخص‌های عملیات شبکه محور سپاه پنجم آمریکا در عملیات تصرف پایگاه تلیل

| بعد شاخص | اندیس | معیارها | اندیس |
|---|---|---|---|
| اثربخشی مأموریت | $D_1$ | اثربخشی نیروی شبکه محور آمریکا در عملیات تلیل | $C_1$ |
| | | اثربخشی فرماندهی و کنترل نیروی لشکر زرهی سوم در عملیات تلیل | $C_2$ |
| همزمانی | $D_2$ | میزان همزمانی تصمیم و طرح‌ریزی‌های نیروی آمریکا در عملیات تلیل | $C_3$ |
| | | میزان همزمانی اقدامات و موجودیت‌های نیروی آمریکا در عملیات تلیل | $C_4$ |
| چابکی | $D_3$ | چابکی نیرو سپاه پنجم آمریکا در صحنه نبرد تصرف پایگاه هوایی تلیل | $C_5$ |
| | | چابکی فرماندهی و کنترل در صحنه نبرد تصرف پایگاه هوایی تلیل | $C_6$ |
| شبکه‌سازی | $D_4$ | میزان آمادگی گره‌های شبکه فرماندهی جهت تعامل و اشتراک اطلاعات | $C_7$ |
| | | درجه شبکه‌ای شدن نیروی‌ها در عملیات پایگاه هوایی تلیل | $C_8$ |
| کیفیت اطلاعات | $D_5$ | کیفیت اطلاعات ارگانیک و میدانی از صحنه نبرد | $C_9$ |
| | | کیفیت اطلاعات فردی فرماندهان از صحنه نبرد | $C_{10}$ |
| | | کیفیت اطلاعات مشترک بین نیروها در عملیات پایگاه هوایی تلیل | $C_{11}$ |
| | | اندازه و میزان اطلاعات با قابلیت اشتراک‌گذاری بین نیروها در صحنه نبرد | $C_{12}$ |
| آگاهی وضعیت | $D_6$ | آگاهی شخصی و فردی گره‌های فرماندهی از صحنه نبرد تصرف پایگاه تلیل | $C_{13}$ |
| | | آگاهی مشترک فرماندهی از صحنه نبرد تصرف پایگاه تلیل | $C_{14}$ |
| تعاملات بین نیروها | $D_7$ | گستردگی تعاملات بین نیروهای آمریکا در عملیات تصرف پایگاه تلیل | $C_{15}$ |
| | | عمق تعاملات (کمیت و کیفیت) بین نیروهای درگیر در عملیات تلیل | $C_{16}$ |
| | | تمامیت تعاملات نیروهای آمریکایی (فرماندهی) در صحنه نبرد | $C_{17}$ |
| | | چابکی تعاملات نیروی آمریکایی در عملیات تصرف پایگاه هوایی تلیل | $C_{18}$ |

**جدول (۴):** راه‌کارهای عملیاتی مقابله‌ای با نیروی سپاه پنجم آمریکا در عملیات تصرف پایگاه هوایی تلیل

| | | | راه‌کار عملیاتی سایبرالکترونیک در جهت کاهش اثربخشی مأموریت نیروی آمریکا در عملیات تلیل | اندیس |
|---|---|---|---|---|
| حوزه جنگ سایبرالکترونیک | پشتیبانی الکترونیکی | ۱ | ترغیب و ایجاد حس وطن‌پرستی و آزادی‌خواهی اسلامی مردم منطقه ناصریه بر مبنای عملیات شناختی و روانی سایبرالکترونیک جهت مقابله | $COA_1$ |
| | | ۲ | اختلال هوشمند سامانه حسگری LRAS3 جهت تضعیت کیفیت اطلاعات به نودهای فرماندهی (شامل اختلال دوربین تلویزیونی، رادار فاصله یاب اپتیکی) | $COA_2$ |
| | حمله الکترونیکی | ۳ | اختلال باند L شبکه ماهواره ارتباطی جهت تضعیف کیفیت شبکه‌سازی بین نیروها | $COA_3$ |
| | | ۴ | اختلال سامانه‌های ارتباط ماهواره‌ای ایریدیوم | $COA_4$ |
| | | ۵ | فریب الکترونیکی سامانه ناوبری (GPS) برای ایجاد فریب اطلاعات | $COA_5$ |
| | | ۶ | تزریق هوشمندانه کدهای مخرب الکترونیکی به تجهیزات الکترونیکی و راداری نیروهای آمریکا در نبرد تلیل برای کاهش اعتماد بنفس بین فرماندهان (با ایجاد یک فضای آشوبناکی و ابهام برای نیروها) | $COA_6$ |
| | حفاظت الکترونیکی | ۷ | انهدام و خنثی سازی الکترونیکی حسگرهای لیزری و تغییرِ فرایند تعیین و تشخیص اهداف به سبک پیشین در نیروهای آمریکا | $COA_7$ |
| | | ۸ | عملیات روانی سایبری و سایبرالکترونیکی بین نیروهای آمریکایی درگیر در صحنه نبرد تلیل و هماهنگ و همزمان در کشور آمریکا، جامعه بین‌المللی و منطقه جهت فشار به فرماندهان نظامی آمریکا با تمرکز بر زمان ابتدایی حمله و قبل از حمله | $COA_8$ |

## ۵-۲- مرحله دوم: مرحله پردازش

**زیرمرحله اول:**

در گام اول بعد از ایجاد ماتریس تأثیر مستقیم (جدول (۵) از پیوست) بر مبنای معادله (۲) نرمال‌سازی انجام شد و سپس در گام سوم با استفاده از معادله (۳) ماتریس کل تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم مطابق جدول (۶) از پیوست محاسبه شده است.

**زیر مرحله دوم:**

**گام ۱) محاسبه سوپرماتریس غیروزنی؛** با توجه به معادله (۵) نرمال‌سازی و سپس با معادله‌های (۶) الی (۱۰) سوپرماتریس غیروزنی مطابق جدول (۷) از پیوست محاسبه شده است.

**گام ۲) محاسبه سوپرماتریس وزنی؛** با محاسبه سوپرماتریس غیر وزنی، بعد از نرمال‌سازی مطابق معادله (۱۱) و محاسبه معادلات (۱۲) الی (۱۴) سوپرماتریس وزنی مطابق جدول (۸) از پیوست محاسبه شده است.

**گام ۳) محاسبه سوپرماتریس حدی؛** با محاسبه سوپرماتریس حدی با توجه به معالات (۱۵) و (۱۶) وزن نسبی شاخص‌ها با توجه به بازخوردها و وابستگی متقابل مطابق جدول (۹) از پیوست محاسبه شده است.

## زیر مرحله سوم: ارزیابی و رتبه‌بندی راه‌کارهای مقابله سایبرالکترونیک

**گام ۱) نرمال‌سازی؛** با استفاده از معادله (۱۷) نرمال‌سازی ماتریس تصمیم مطابق جدول (۱۱) از پیوست انجام شده است.

**گام ۲) ماتریس تصمیم نرمال‌شده وزنی؛** با توجه به معادله (۱۸) و مطابق با جدول (۱۲) از پیوست محاسبه شده است.

**گام ۳ و ۴ ) محاسبه فاصله از جواب‌های ایده‌ال مثبت و منفی؛**

**ابتدا مجموعه جواب ایده‌ال مثبت و منفی** محاسبه می‌شود و بر مبنای معادله (۱۹) فاصله تا جواب‌های ایده‌آل مثبت و منفی مطابق با جدول (۱۳) از پیوست محاسبه شده است.

گام ۵) محاسبه ضریب شباهت و نزدیکی؛ میزان نزدیکی و شباهت به راه حل ایده‌آل مثبت و منفی و رتبه‌بندی گزینه‌ها با توجه به معادله (۲۰) مطابق با جدول (۱۴) از پیوست محاسبه شده است.

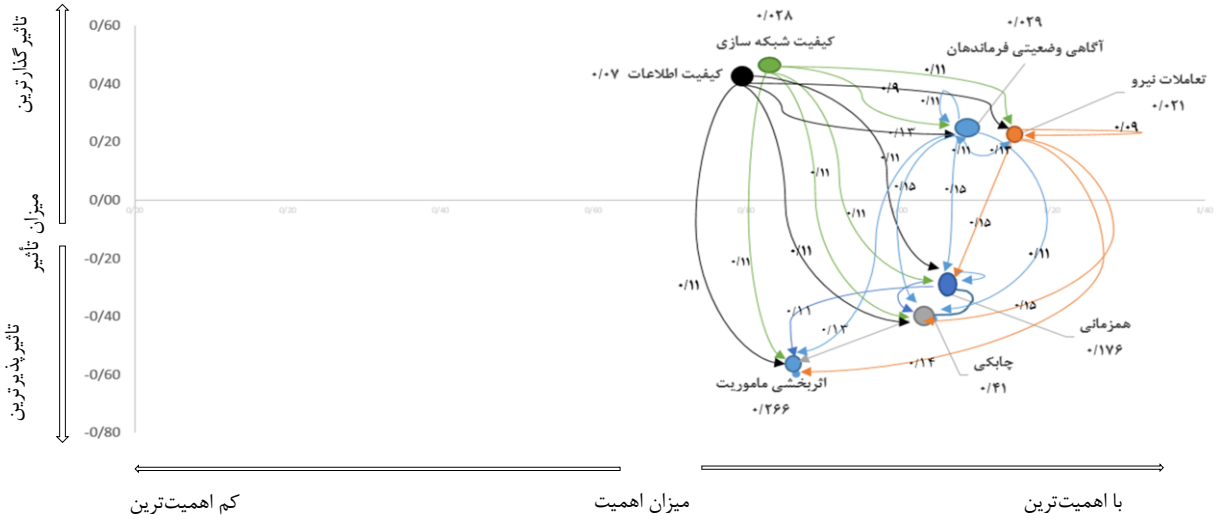
## ۵-۳- مرحله سوم: نتایج و خروجی‌های الگو

با توجه به پردازش و نتایج حاصل از آن می‌توان به‌عنوان خروجی، اطلاعات میانی پردازش را که شامل اطلاعات بسیار مهمی برای فرماندهان است را تفسیر و ارائه نمود.

**نتیجه ۱) شبکه تأثیر ارتباطی؛** نتایج شبیه‌سازی نشان داده که تعاملات بین نیروها در سپاه پنجم که بین ۱۵۰ گره فرماندهی (در سطح ۳ تیپ زرهی، یک تیپ هوانیروز و مراکز فرماندهی اصلی) برای شکل‌گیری آگاهی و فهم مشترک از صحنه نبرد عملیات تلیل که در نهایت منجر به تصمیم مشترک شده را به عنوان با اهمیت‌ترین شاخص نشان داده است.

کیفیت شبکه‌سازی در عملیات تلیل که توسط سامانه FBCB2/FBT شکل گرفته تاثیرگذارترین شاخص و اثربخشی مأموریت به‌عنوان تاثیرپذیرترین شاخص می‌باشد که از شاخص‌های دیگر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. همچنین هم‌زمانی طرح‌ها و اقدامات از شاخص‌های مهم تأثیرپذیر در عملیات شبکه‌محور است.

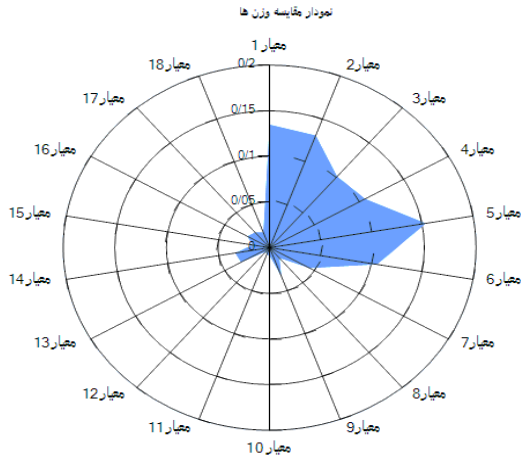
**نتیجه ۲)** در پردازشِ زیر مرحله دوم، وزن نسبی ۷ شاخص یا معیار کلی و با جزئیات بیشتر وزن نسبی ۱۸ (زیر) شاخص یا زیرمعیار محاسبه شده است. با توجه به شکل (۷) معیار اثربخشی که شامل زیرمعیار اثربخشی نیرو و فرماندهی کنترل و همچنین چابکی نیرو بیشترین وزن نسبی و زیرمعیار ۱۱ و ۱۲ که زیرمعیارهای کیفیت اطلاعات مشترک و قابلیت اشتراک‌گذاری اطلاعات می‌باشند کمترین وزن نسبی را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین می‌توان بعضی از شاخص‌ها را با توجه به رفتار وزنی در هم ادغام و به عنوان یک وزن درنظر گرفت. مثلاً آگاهی فردی و مشترک فرماندهان در صحنه نبرد تلیل با توجه به قابلیت‌های سامانه FBCB2/FBT به سمت همگرایی شدیدی رفته و به نوعی می‌توان فقط یک معیار به آگاهی وضعیتی از صحنه نبرد را در نظر گرفت.



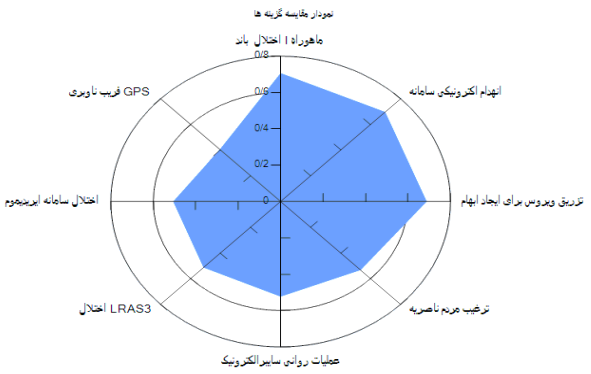

**شکل (۶)**: شبکه تأثیر (شبکه علی) شاخص‌ها

**نتیجه ۳)** با محاسبه مقادیر نسبی وزن شاخص‌ها، رتبه‌بندی و مقدار آن محاسبه و در شکل (۸) نشان داده‌شده است. چنانچه از شکل نیز مشخص است راه‌کارهای اختلال باند L ماهواره‌های ارتباطی، همچنین انهدام الکترونیکی سامانه‌های الکترونیکی و همچنین تزریق ویروس‌های الکترونیکی راه‌کارهای عملیاتی مؤثرتر برای مقابله با عملیات شبکه‌محور در صحنه نبرد عملیات تلیل می‌باشد.

این تحلیل و نتایج آن، دانش و آگاهی بسیار مطلوبی برای فرماندهان برای اتخاذ تصمیم و انتخاب راه‌کارهای عملیاتی در طرح‌ریزی‌های مقابله‌ای در نبرد شبکه‌محور ارائه می‌کند. این رویکرد با لحاظ نمودن پیچیدگی روابط میان شاخص‌های عملیات در صحنه نبرد انجام شده است.




**شکل (۷):** مقادیر وزنی زیرمعیارهای عملیات شبکه‌محور در عملیات تلیل




**شکل (۸):** محاسبه وزن راه‌کارهای عملیاتی سایبرالکترونیک جهت مقابله

## ۶- نتیجه‌گیری

با توجه به سند چشم‌انداز ۲۰۲۰ آمریکا، رویکرد آن‌ها در نبردهای آینده بر اساس دکترین شبکه‌محوری است. مواجه و نحوه برخورد نیروی مسلح ج.ا.ا در چنین صحنه پیچیده‌ای یکی از ضروریات مهم است. یکی از توانمندی‌های مهم ج.ا.ا قابلیت‌های حوزه سایبرالکترونیک است. در این راستا برای طرح‌ریزی عملیات سایبرالکترونیک یکی از چالش‌های مهم ارزیابی و انتخاب مؤثر راه‌کار عملیاتی با در نظر گرفتن پیچیدگی مسئله است. در این پژوهش با ارائه الگوی بر مبنای ترکیب دیمتل-تحلیل فرایند شبکه‌ای و تاپسیس، انتخاب راه‌کار مؤثر سایبرالکترونیک ارائه شده است. انجام این الگو در سه مرحله انجام شده است. مرحله اول ورودی‌های مورد نیاز الگو می‌باشد که توسط جامعه خبرگان منتخب ایجاد می‌شود. این مرحله شامل تأیید شاخص‌های عملیات شبکه‌محور و ایجاد ماتریس تصمیم تأثیر مستقیم شاخص‌ها و گزینه‌ها به شاخص‌ها است. مرحله دوم پردازش داده‌ها است که شامل ایجاد شبکه تأثیر شاخص‌های عملیات شبکه‌محور و تعیین میزان وزن نسبی آن‌ها می‌باشد. مرحله سوم شامل محاسبه وزن راه‌کارهای سایبرالکترونیک می‌باشد. این مرحله به ارائه نتایج و تفسیر از مرحله دوم و سوم می‌پردازد. این الگو برای داستان عملیات شبکه‌محور در ۲۱ الی ۲۲ مارس ۲۰۰۳ از سپاه پنجم نیروی زمینی آمریکا برای عملیات تصرف پایگاه هوایی تلیل در عراق، اجرا شده است. بر مبنای اطلاعات منابع آشکار و با نظر خبرگان و با تولید داده‌های مورد نیاز برای الگو، تعامل بین نودهای فرماندهی (۱۵۰ نود فرماندهی) برای ایجاد آگاهی مشترک مهمترین شاخص (هم تأثیرپذیر و تاثیرگذار)، کیفیت شبکه‌سازی بین نیروها اثرگذارترین شاخص، اثربخشی مأموریت (اثربخشی نیرو و فرماندهی و کنترل) تاثیرپذیرترین شاخص تعیین شد. سپس وزن نسبی هر یک از شاخص‌ها محاسبه شده است که به جهت چابکی و اثربخشی مأموریت، سپاه پنجم (لشکر سوم پیاده‌نظام زرهی) وزن بیشتری به خود اختصاص داده است. در نهایت با توجه به وزن تعیین‌شده برای هر یک از شاخص‌ها، میزان وزن هریک از راه‌کارهای سایبرالکترونیک مشخص شد. راه‌کارهای مقابله‌ای چون اختلال باند L ارتباطات ماهواره‌ای، انهدام الکترونیکی و تزریق ویروس الکترونیکی دارای وزن و رتبه‌های بالاتری بودند. در این رویکرد فرماندهان با توجه به شرایط می‌توانند تعدادی از راه‌کارها با اولویت بالا را بنا بر شرایط انتخاب کنند. با توجه به شرایط مسئله و مشکلات اساسی برای بررسی میزان صحت و دقت خروجی الگو، نتایج و خروجی‌های حاصل از مطالعه موردی در یک جامعه خبرگی منتخب فرماندهی ارزیابی و مورد تأیید قرار گرفت.

## ۷- پیشنهادها

در ادامه، پیشنهاد می‌شود در رزمایش‌های نیروهای مسلح، این مدل در یک سناریوی مشخص و عملیاتی مورد استفاده و ارزیابی قرار گیرد تا میزان صحت و مطابقت با شرایط عملیاتی صحنه نبرد به‌صورت عملیاتی و میدانی مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد.

همچنین در این الگو یکی از چالش‌ها مسئله عدم قطعیت فرماندهان و تحلیل‌گران برای ارزیابی از شرایط صحنه نبرد و پیش‌بینی بعضی از پیشامدها است. لذا پیشنهاد می‌شود برای صحت بیشتر این الگوسازی با رویکرد فازی بررسی شود.

## ۸- منابع


[1] US. DOD "Net-Centric Environment Joint Functional Concept," US Department of Defense, Washington, DC, 2005.

[2] J. Moffat "Complexity Theory and Network Centric Warfare," Washington, DC, 2003 .

[3] D. Cammons and J. B. Tisserand, "Network Centric Warfare Case Study, U.S. V Corps and Third Infantry Division during Operation Iraqi," United States Army War College, 2006.

[4] PA Consulting Group, "A Network Centric Operations Case Study: US/UK Coalition Combat Operations during Operation Iraqi Freedom," Jun. 2004.

[5] H. Tunnell, "Task Force Stryker Network-Centric Operations in Afghanistan," National Defense University Center for Technology and National Security Policy, Washington, DC., 2011.

[6] U.S. Military, U.S. Government, "Task Force Stryker Network-Centric Operations in Afghanistan - Case Study of Real-World Application in War," Network Components, Echeloning Command Posts, Tactical Decisionmaking, 2017 .

[7] G. C. A. Byford, "Air Power Review: Network Enabled Capability, Air Power and Irregular Warfare: The Israeli Air ForceExperience in the Lebanonand Gaza, 2006-2009," Director Defence Studies (RAF), 2010.

[8] McDermott, "Russia Tests Network-Centric Air Operations in Syria," Eurasia Daily Monitor Volume: 12 Issue: 184, 2015.

[9] R. McDermott, "Russia's Network-Centric Warfare Experiment in Syria," Eurasia Daily Monitor, vol. 13, Issue 76, 2016.

[10] D. Alberts, S. John, J. Garstka, and P. S. Frederick, "Network Centric Warfare: Developing and leveraging information superiority," Washington DC: CCRP, 1999 .

[11] G. J. Flynn, "Marine Corps Planning Process," US Marine Corps, 2016.

[12] Department of the Army, "Electronic Warfare Techniques," Army Techniques Publication, 2014.

[13] M. Mollazade Golmahalleh, H. R. Lashkarian, M. Sheikh Mohammadi, and K. Mirzai, "Evaluation of Network Centric Operation Criteria Based on DEAMATEL Method," Journal of Electronic Defense and Cyber Defense, 2018. (in Persian)

[14] D. E. Wilkins, "Planning and reacting in uncertain and dynamic environments," Journal of Experimental and Theoretical AI, 1995 .

[15] H. Munoz Avila, D. Aha, L. Breslow, and D. Nau, "HICAP: an interactive case-based planning architecture andits application to noncombatant evacuation operations," In IAAI-99, 1999 .

[16] U. Kuter, D. Nau, D. Gossink, and J. F. Lemmer, "Interactive course-of-action planning using causal models, "Third International Conference on Knowledge Systems for Coalition Operations, 2004 .

[17] J. Caroli, D. Fayette, et al, "Tools for Effects Based Course of Action Development and Assessment," Air Force Research Lab, 2004.

[18] J. B. G. B. Ken Barker1, "A Knowledge Acquisition Tool for Course of Action Analysis," American Association for Artificial Intelligence, 2004 .

[19] J. Hanna, J. Reaper, T. Cox, and M. Walter, "Course of Action Simulation Analysis," International Command and Control Research and Technology, 2006 .

[20] D. A. Gilmour, J. P. Hanna, W. E. McKeever Jr., and M. J. Walter, "Real-Time Course of Action Analysis," Air Force Research Laboratory, Information Directorate, 2006 .

[21] E. Hsu, "A group-oriented framework for coalitions Operations," The Second International Conference on Knowledge Systems, France, 2002 .

[22] J. M. Fletcher, "A system for building holonic coalitions for Coalition Operations," The Second International Conference on Knowledge Systems, France, 2002 .

[23] G. Edwards, B. Kettler, K. Olin, and B. Tsurutani, "Agents on the semantic object web: Information management for coalition operations," The Second International Conference on Knowledge Systems, France, 2002 .

[24] L. A. Maier, "Technical Supplement for Course of Action Simulator," Technical Paper: Laboratory for Unconventional Conflict Analysis and Simulation, 2014.

[25] Saaty, "Decision making with dependence and feedback: Analytic network process," RWS Publications, 1996 .

[26] E. Fontela and A. Gabus, "DEMATEL Observer," Batelle Research Institute, Geneva, Switzerland, 1976.

[27] Balani, E. Asghizadeh, A. Mohammadi, "Multi-criteria decision making techniques," Tehran: Tehran University Press, 2017. (in Persian)

[28] S.-L. Si, H.-C. Liu, et al, "DEMATEL Technique: A Systematic Review of the State-of-the-Art Literature on Methodologies and Applications," Mathematical Problems in Engineering, 2018 .

[29] Y. J. Chiu, H. C. Chen, G. H. Tzeng, and J. Z. Shyu, "Marketing strategy based on customer behavior for the LCD-TV," International Journal of Management and Decision Making, 2006.

[30] J. J. H. Liou, G. H. Tzeng, and Chang, "Airline safety measurement using a hybrid model," Air Transport Management, 2007.

[31] C. J. W. Lin, "A causal analytical method for group decision-making under fuzzy environment," Expert Systems with Applications, 2008.

[32] A. Taghizadeh, "Using DEMATEL – Analytic network process (ANP) hybrid algorithm approach for selecting improvement projects of Iranian excellence model in healthcare sector," African Journal of Business Management, 2012.

[33] C.-H. Hsu, Fu-Kwun Wang, and Gwo-Hshiung Tzeng, "The best vendor selection for conducting the recycled material based on a hybrid MCDM model combining DANP with VIKOR," Resources, Conservation and Recycling, 2011.

[34] Q.-G. Shao, J. Liou, and S.-S. Weng, "Improving the Green Building Evaluation System in China Based on the DANP Method," Sustainability, p. 14, 2018 .

[35] US. OFT, "Network Centric Operations Conceptual Framework Version 1.0," Evidence Based Research Inc, 2003 .

[36] US. DoD, "Network Centric Warfare," Department of Defense Report to Congress, Washington, DC, 2001.

[37] H. E. Gonzales, "Network-centric operations case study: air-to-air combat with and without Link 16," the RAND Corporation, 2005.

[38] A. L. M. (DOD), "Report on Network Centric Warfare Sense of the Report," DOD, 2001.

[39] DOD, "Network Centric Operations (NCO) Case Study. U.S. Navy's Fifth Fleet Task Force 50 in Operation Enduring Freedom," Department of Defense Office, 2006.

[40] D. Gonzales, "Network-centric operations case study: the Stryker Brigade Combat Team," the RAND Corporation, 2005.

[41] US. GOV, "PUBLIC LAW 106–398," United state printing office, 2001.

[42] L. A. A. N. Zulkifi, "Integration of fuzzy AHP and interval type-2 fuzzy DEMATEL: an application to human resource management," Expert Systems with Applications, pp. 4397–4409, 2015 .

[43] A. M. Saeedpoor, "An intuitionistic fuzzy DEMATEL methodology for prioritising the components of SWOTmatrix in the Iranian insurance industry," International Journal, pp. 439–452, 2014 .

[44] V. K. Govindan, "Intuitionistic fuzzy based DEMATEL method for developing greenpractices and performances in a green supply chain," Expert Systems with Applications, pp. 7207–7220, 2015 .

[45] B. F. P. Fan, "Identifying risk factors of IT outsourcing using interdependent information: an extended DEMATEL method," Xpert Systems with Applications, pp. 3832–3840, 2012.

[46] M. Y. Li, "An evidential DEMATEL method to identify critical success factors in emergency management," Applied SOF Computing, pp. 504-510, 2014 .

[47] B. D. N. Allsopp, "Coalition agents experiment: Multiagent cooperation in international coalitions," IEEE Intelligent Systems, 2002.

## پیوست

**جدول (۵):** ماتریس تأثیر مستقیم شاخص‌ها

| $D_7$ | | | | $D_6$ | | $D_5$ | | | | $D_4$ | | $D_3$ | | $D_2$ | | $D_1$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $c_{18}$ | $c_{17}$ | $c_{16}$ | $c_{15}$ | $c_{14}$ | $c_{13}$ | $c_{12}$ | $c_{11}$ | $c_{10}$ | $c_9$ | $c_8$ | $c_7$ | $c_6$ | $c_5$ | $c_4$ | $c_3$ | $c_2$ | $c_1$ | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | $c_1$ | $D_1$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | $c_2$ | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2/5 | 0 | 0 | 4 | 3 | 4 | 0 | 4 | 3 | $c_3$ | $D_2$ |
| 1 | 1 | 1 | 1/5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1/5 | 0 | 2/5 | 3/5 | 4 | 0 | 1 | 3 | 3 | $c_4$ | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2/5 | 0 | 3 | 1 | 0 | 3 | 1 | 2 | 3 | $c_5$ | $D_3$ |
| 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | $c_6$ | |
| 1 | 1 | 2/5 | 2/5 | 0 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $c_7$ | $D_4$ |
| 2/5 | 2/5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 2/5 | 2/5 | 3 | 3 | 2 | $c_8$ | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 3/5 | 3/5 | 0 | 3/6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3/5 | 2 | 0 | $c_9$ | $D_5$ |
| 2/5 | 1 | 2 | 0 | 3/5 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | $c_{10}$ | |
| 2 | 1/5 | 2/5 | 0 | 3/5 | 3/5 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 2/5 | 2/5 | 2/5 | 1 | $c_{11}$ | |
| 4 | 3/5 | 4 | 3/5 | 4 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2/5 | 1 | $c_{12}$ | |
| 4 | 3/8 | 4 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2/8 | 2/5 | 3/5 | 3/8 | 2/5 | 1 | $c_{13}$ | $D_6$ |
| 3/5 | 4 | 4 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3/8 | 3/5 | 2 | 4 | 3/2 | 2 | $c_{14}$ | |
| 3 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 3/5 | 3/8 | 3/5 | 2/5 | 2 | $c_{15}$ | $D_7$ |
| 3/2 | 3/5 | 0 | 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 2/5 | 0 | 2 | 0 | 3/5 | 2/5 | 3 | 3/8 | 3 | 2 | $c_{16}$ | |
| 3/5 | 0 | 3 | 3 | 4 | 3/8 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3/5 | 3 | 2 | $c_{17}$ | |
| 0 | 3 | 3 | 3/6 | 3/5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 2 | 2/2 | 2/5 | 3 | 2/5 | $c_{18}$ | |

**جدول (۶):** ماتریس تأثیر کل (مستقیم و غیر مستقیم)

| $D_7$ | | | | $D_6$ | | $D_5$ | | | | $D_4$ | | $D_3$ | | $D_2$ | | $D_1$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $c_{18}$ | $c_{17}$ | $c_{16}$ | $c_{15}$ | $c_{14}$ | $c_{13}$ | $c_{12}$ | $c_{11}$ | $c_{10}$ | $c_9$ | $c_8$ | $c_7$ | $c_6$ | $c_5$ | $c_4$ | $c_3$ | $c_2$ | $c_1$ | | |
| 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/03 | 0/00 | 0/01 | 0/01 | 0/08 | 0/01 | 0/05 | 0/03 | 0/01 | $c_1$ | $D_1$ |
| 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/03 | 0/00 | 0/01 | 0/05 | 0/08 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/08 | $c_2$ | |
| 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/00 | 0/01 | 0/01 | 0/07 | 0/00 | 0/02 | 0/12 | 0/10 | 0/12 | 0/03 | 0/12 | 0/10 | $c_3$ | $D_2$ |
| 0/04 | 0/04 | 0/05 | 0/05 | 0/02 | 0/02 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/05 | 0/01 | 0/07 | 0/11 | 0/13 | 0/04 | 0/06 | 0/11 | 0/11 | $c_4$ | |
| 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/06 | 0/01 | 0/07 | 0/05 | 0/03 | 0/08 | 0/04 | 0/07 | 0/09 | $c_5$ | $D_3$ |
| 0/02 | 0/06 | 0/06 | 0/01 | 0/02 | 0/02 | 0/00 | 0/00 | 0/01 | 0/02 | 0/01 | 0/03 | 0/04 | 0/05 | 0/12 | 0/12 | 0/13 | 0/13 | $c_6$ | |
| 0/07 | 0/06 | 0/10 | 0/09 | 0/05 | 0/04 | 0/10 | 0/06 | 0/02 | 0/01 | 0/10 | 0/01 | 0/05 | 0/05 | 0/05 | 0/05 | 0/06 | 0/04 | $c_7$ | $D_4$ |
| 0/13 | 0/13 | 0/15 | 0/12 | 0/14 | 0/13 | 0/11 | 0/09 | 0/09 | 0/03 | 0/03 | 0/09 | 0/17 | 0/16 | 0/16 | 0/17 | 0/18 | 0/14 | $c_8$ | |
| 0/04 | 0/04 | 0/05 | 0/03 | 0/11 | 0/11 | 0/01 | 0/09 | 0/10 | 0/02 | 0/01 | 0/02 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/14 | 0/12 | 0/06 | $c_9$ | $D_5$ |
| 0/10 | 0/07 | 0/09 | 0/03 | 0/12 | 0/12 | 0/01 | 0/09 | 0/02 | 0/02 | 0/01 | 0/01 | 0/07 | 0/11 | 0/08 | 0/11 | 0/11 | 0/08 | $c_{10}$ | |
| 0/10 | 0/09 | 0/12 | 0/05 | 0/13 | 0/13 | 0/09 | 0/02 | 0/10 | 0/03 | 0/02 | 0/02 | 0/14 | 0/15 | 0/13 | 0/13 | 0/15 | 0/10 | $c_{11}$ | |
| 0/15 | 0/14 | 0/15 | 0/13 | 0/15 | 0/14 | 0/01 | 0/09 | 0/03 | 0/02 | 0/02 | 0/01 | 0/09 | 0/09 | 0/08 | 0/09 | 0/14 | 0/10 | $c_{12}$ | |
| 0/13 | 0/13 | 0/14 | 0/11 | 0/13 | 0/04 | 0/00 | 0/01 | 0/02 | 0/03 | 0/02 | 0/02 | 0/15 | 0/14 | 0/16 | 0/16 | 0/15 | 0/11 | $c_{13}$ | $D_6$ |
| 0/12 | 0/13 | 0/13 | 0/10 | 0/04 | 0/08 | 0/00 | 0/01 | 0/02 | 0/03 | 0/02 | 0/02 | 0/16 | 0/16 | 0/13 | 0/16 | 0/16 | 0/12 | $c_{14}$ | |
| 0/09 | 0/08 | 0/10 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/01 | 0/01 | 0/02 | 0/02 | 0/06 | 0/02 | 0/13 | 0/14 | 0/14 | 0/13 | 0/12 | 0/11 | $c_{15}$ | $D_7$ |
| 0/12 | 0/13 | 0/07 | 0/07 | 0/14 | 0/13 | 0/01 | 0/01 | 0/07 | 0/03 | 0/06 | 0/03 | 0/16 | 0/15 | 0/15 | 0/17 | 0/16 | 0/13 | $c_{16}$ | |
| 0/13 | 0/06 | 0/12 | 0/11 | 0/13 | 0/12 | 0/01 | 0/01 | 0/06 | 0/03 | 0/04 | 0/02 | 0/15 | 0/16 | 0/15 | 0/16 | 0/16 | 0/13 | $c_{17}$ | |
| 0/05 | 0/12 | 0/12 | 0/12 | 0/12 | 0/10 | 0/01 | 0/01 | 0/02 | 0/02 | 0/06 | 0/02 | 0/15 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/15 | 0/13 | $c_{18}$ | |

**جدول (۷)**: سوپرماتریس غیروزنی

| $D_7$ | | | | $D_6$ | | $D_5$ | | | | $D_4$ | | $D_3$ | | $D_2$ | | $D_1$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $c_{18}$ | $c_{17}$ | $c_{16}$ | $c_{15}$ | $c_{14}$ | $c_{13}$ | $c_{12}$ | $c_{11}$ | $c_{10}$ | $c_9$ | $c_8$ | $c_7$ | $c_6$ | $c_5$ | $c_4$ | $c_3$ | $c_2$ | $c_1$ | | |
| 0/46 | 0/44 | 0/44 | 0/47 | 0/44 | 0/42 | 0/40 | 0/41 | 0/41 | 0/35 | 0/44 | 0/43 | 0/50 | 0/56 | 0/50 | 0/46 | 0/84 | 0/28 | $c_1$ | $D_1$ |
| 0/54 | 0/56 | 0/56 | 0/53 | 0/56 | 0/58 | 0/60 | 0/59 | 0/59 | 0/65 | 0/56 | 0/57 | 0/50 | 0/44 | 0/50 | 0/54 | 0/16 | 0/72 | $c_2$ | |
| 0/51 | 0/52 | 0/53 | 0/48 | 0/57 | 0/51 | 0/52 | 0/50 | 0/56 | 0/52 | 0/52 | 0/51 | 0/50 | 0/34 | 0/60 | 0/21 | 0/50 | 0/79 | $c_3$ | $D_2$ |
| 0/49 | 0/48 | 0/47 | 0/52 | 0/43 | 0/49 | 0/48 | 0/50 | 0/44 | 0/48 | 0/48 | 0/49 | 0/50 | 0/66 | 0/40 | 0/79 | 0/50 | 0/21 | $c_4$ | |
| 0/47 | 0/50 | 0/47 | 0/52 | 0/49 | 0/49 | 0/50 | 0/51 | 0/62 | 0/51 | 0/49 | 0/50 | 0/54 | 0/40 | 0/53 | 0/47 | 0/60 | 0/86 | $c_5$ | $D_3$ |
| 0/53 | 0/50 | 0/53 | 0/48 | 0/51 | 0/51 | 0/50 | 0/49 | 0/38 | 0/49 | 0/51 | 0/50 | 0/46 | 0/60 | 0/47 | 0/53 | 0/40 | 0/14 | $c_6$ | |
| 0/27 | 0/37 | 0/30 | 0/29 | 0/52 | 0/51 | 0/38 | 0/58 | 0/53 | 0/72 | 0/76 | 0/12 | 0/80 | 0/90 | 0/84 | 0/84 | 0/86 | 0/88 | $c_7$ | $D_4$ |
| 0/73 | 0/63 | 0/70 | 0/71 | 0/48 | 0/49 | 0/62 | 0/42 | 0/47 | 0/28 | 0/24 | 0/88 | 0/20 | 0/10 | 0/16 | 0/16 | 0/14 | 0/12 | $c_8$ | |
| 0/41 | 0/27 | 0/23 | 0/44 | 0/50 | 0/49 | 0/12 | 0/10 | 0/13 | 0/10 | 0/09 | 0/05 | 0/52 | 0/71 | 0/64 | 0/80 | 0/80 | 0/81 | $c_9$ | $D_5$ |
| 0/31 | 0/56 | 0/58 | 0/27 | 0/31 | 0/32 | 0/17 | 0/43 | 0/13 | 0/45 | 0/29 | 0/11 | 0/24 | 0/09 | 0/13 | 0/09 | 0/09 | 0/09 | $c_{10}$ | |
| 0/15 | 0/11 | 0/12 | 0/15 | 0/11 | 0/12 | 0/63 | 0/09 | 0/66 | 0/40 | 0/29 | 0/32 | 0/13 | 0/11 | 0/12 | 0/08 | 0/08 | 0/08 | $c_{11}$ | |
| 0/13 | 0/06 | 0/07 | 0/14 | 0/08 | 0/08 | 0/08 | 0/38 | 0/07 | 0/05 | 0/33 | 0/53 | 0/11 | 0/09 | 0/10 | 0/03 | 0/03 | 0/02 | $c_{12}$ | |
| 0/46 | 0/48 | 0/49 | 0/48 | 0/64 | 0/25 | 0/49 | 0/49 | 0/51 | 0/49 | 0/49 | 0/49 | 0/48 | 0/49 | 0/48 | 0/49 | 0/49 | 0/49 | $c_{13}$ | $D_6$ |
| 0/54 | 0/52 | 0/51 | 0/52 | 0/36 | 0/75 | 0/51 | 0/51 | 0/49 | 0/51 | 0/51 | 0/51 | 0/52 | 0/51 | 0/52 | 0/51 | 0/51 | 0/51 | $c_{14}$ | |
| 0/29 | 0/26 | 0/18 | 0/10 | 0/21 | 0/21 | 0/22 | 0/13 | 0/12 | 0/18 | 0/23 | 0/28 | 0/10 | 0/24 | 0/28 | 0/19 | 0/16 | 0/20 | $c_{15}$ | $D_7$ |
| 0/30 | 0/30 | 0/17 | 0/33 | 0/28 | 0/27 | 0/27 | 0/33 | 0/31 | 0/30 | 0/28 | 0/31 | 0/40 | 0/30 | 0/26 | 0/32 | 0/35 | 0/31 | $c_{16}$ | |
| 0/29 | 0/14 | 0/34 | 0/26 | 0/27 | 0/26 | 0/25 | 0/26 | 0/23 | 0/27 | 0/24 | 0/20 | 0/39 | 0/24 | 0/24 | 0/30 | 0/32 | 0/26 | $c_{17}$ | |
| 0/13 | 0/30 | 0/32 | 0/31 | 0/24 | 0/26 | 0/26 | 0/28 | 0/33 | 0/26 | 0/24 | 0/21 | 0/11 | 0/21 | 0/22 | 0/19 | 0/18 | 0/23 | $c_{18}$ | |

**جدول (۸)**: سوپرماتریس وزنی

| $D_7$ | | | | $D_6$ | | $D_5$ | | | | $D_4$ | | $D_3$ | | $D_2$ | | $D_1$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $c_{18}$ | $c_{17}$ | $c_{16}$ | $c_{15}$ | $c_{14}$ | $c_{13}$ | $c_{12}$ | $c_{11}$ | $c_{10}$ | $c_9$ | $c_8$ | $c_7$ | $c_6$ | $c_5$ | $c_4$ | $c_3$ | $c_2$ | $c_1$ | | |
| 0/09 | 0/09 | 0/09 | 0/09 | 0/09 | 0/08 | 0/07 | 0/07 | 0/07 | 0/06 | 0/07 | 0/07 | 0/16 | 0/18 | 0/15 | 0/13 | 0/22 | 0/07 | $c_1$ | $D_1$ |
| 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/12 | 0/11 | 0/10 | 0/10 | 0/11 | 0/09 | 0/09 | 0/16 | 0/14 | 0/15 | 0/16 | 0/04 | 0/19 | $c_2$ | |
| 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/10 | 0/13 | 0/11 | 0/10 | 0/09 | 0/10 | 0/09 | 0/09 | 0/08 | 0/14 | 0/10 | 0/10 | 0/03 | 0/09 | 0/14 | $c_3$ | $D_2$ |
| 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/11 | 0/10 | 0/11 | 0/09 | 0/09 | 0/08 | 0/09 | 0/08 | 0/08 | 0/14 | 0/19 | 0/07 | 0/13 | 0/09 | 0/04 | $c_4$ | |
| 0/10 | 0/11 | 0/10 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/09 | 0/09 | 0/12 | 0/09 | 0/08 | 0/08 | 0/07 | 0/05 | 0/16 | 0/14 | 0/25 | 0/35 | $c_5$ | $D_3$ |
| 0/11 | 0/10 | 0/11 | 0/10 | 0/11 | 0/12 | 0/09 | 0/09 | 0/07 | 0/09 | 0/09 | 0/09 | 0/06 | 0/08 | 0/14 | 0/16 | 0/16 | 0/06 | $c_6$ | |
| 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/02 | 0/07 | 0/01 | 0/08 | 0/09 | 0/06 | 0/06 | 0/02 | 0/02 | $c_7$ | $D_4$ |
| 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/02 | 0/08 | 0/02 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/00 | 0/00 | $c_8$ | |
| 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/00 | 0/03 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/06 | 0/06 | $c_9$ | $D_5$ |
| 0/01 | 0/02 | 0/02 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/03 | 0/01 | 0/03 | 0/03 | 0/01 | 0/01 | 0/00 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | $c_{10}$ | |
| 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/05 | 0/01 | 0/05 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/00 | 0/01 | 0/01 | $c_{11}$ | |
| 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | 0/01 | 0/03 | 0/01 | 0/00 | 0/03 | 0/05 | 0/01 | 0/00 | 0/01 | 0/00 | 0/00 | 0/00 | $c_{12}$ | |
| 0/07 | 0/07 | 0/07 | 0/07 | 0/07 | 0/03 | 0/10 | 0/10 | 0/11 | 0/10 | 0/07 | 0/07 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/01 | 0/01 | $c_{13}$ | $D_6$ |
| 0/08 | 0/08 | 0/08 | 0/08 | 0/04 | 0/08 | 0/11 | 0/11 | 0/10 | 0/11 | 0/07 | 0/07 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/01 | $c_{14}$ | |
| 0/04 | 0/04 | 0/02 | 0/01 | 0/04 | 0/04 | 0/03 | 0/02 | 0/02 | 0/03 | 0/04 | 0/05 | 0/01 | 0/02 | 0/02 | 0/01 | 0/00 | 0/00 | $c_{15}$ | $D_7$ |
| 0/04 | 0/04 | 0/02 | 0/05 | 0/05 | 0/05 | 0/04 | 0/05 | 0/04 | 0/04 | 0/05 | 0/05 | 0/03 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/01 | 0/01 | $c_{16}$ | |
| 0/04 | 0/02 | 0/05 | 0/04 | 0/05 | 0/05 | 0/03 | 0/04 | 0/03 | 0/04 | 0/04 | 0/03 | 0/03 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/01 | 0/01 | $c_{17}$ | |
| 0/02 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/05 | 0/05 | 0/04 | 0/04 | 0/05 | 0/04 | 0/04 | 0/03 | 0/01 | 0/02 | 0/02 | 0/01 | 0/00 | 0/00 | $c_{18}$ | |

**جدول (۹)**: سوپرماتریس حدی

| $D_7$ | | | | $D_6$ | | $D_5$ | | | | $D_4$ | | $D_3$ | | $D_2$ | | $D_1$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $c_{18}$ | $c_{17}$ | $c_{16}$ | $c_{15}$ | $c_{14}$ | $c_{13}$ | $c_{12}$ | $c_{11}$ | $c_{10}$ | $c_9$ | $c_8$ | $c_7$ | $c_6$ | $c_5$ | $c_4$ | $c_3$ | $c_2$ | $c_1$ | | |
| 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | $c_1$ | $D_1$ |
| 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | 0/13 | $c_2$ | |
| 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | $c_3$ | $D_2$ |
| 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | $c_4$ | |
| 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | 0/15 | $c_5$ | $D_3$ |
| 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | 0/11 | $c_6$ | |
| 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | 0/04 | $c_7$ | $D_4$ |
| 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | $c_8$ | |
| 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | $c_9$ | $D_5$ |
| 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | $c_{10}$ | |
| 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | $c_{11}$ | |
| 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | 0/01 | $c_{12}$ | |
| 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | $c_{13}$ | $D_6$ |
| 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | 0/03 | $c_{14}$ | |
| 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | $c_{15}$ | $D_7$ |
| 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | $c_{16}$ | |
| 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | $c_{17}$ | |
| 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | 0/02 | $c_{18}$ | |

**جدول (۱۰)**: وزن‌دهی به ماتریس نرمال‌سازی‌شده

| معیار | $c_1$ | $c_2$ | $c_3$ | $c_4$ | $c_5$ | $c_6$ | $c_7$ | $c_8$ | $c_9$ | $c_{10}$ | $c_{11}$ | $c_{12}$ | $c_{13}$ | $c_{14}$ | $c_{15}$ | $c_{16}$ | $c_{17}$ | $c_{18}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $COA_1$ | 0/056 | 0/042 | 0/046 | 0/045 | 0/042 | 0/043 | 0/006 | 0/000 | 0/010 | 0/002 | 0/002 | 0/001 | 0/003 | 0/008 | 0/000 | 0/000 | 0/005 | 0/000 |
| $COA_2$ | 0/049 | 0/056 | 0/029 | 0/029 | 0/051 | 0/029 | 0/010 | 0/003 | 0/019 | 0/003 | 0/003 | 0/001 | 0/003 | 0/003 | 0/000 | 0/000 | 0/002 | 0/000 |
| $COA_3$ | 0/035 | 0/056 | 0/040 | 0/035 | 0/068 | 0/045 | 0/025 | 0/011 | 0/000 | 0/004 | 0/004 | 0/003 | 0/020 | 0/022 | 0/007 | 0/011 | 0/009 | 0/007 |
| $COA_4$ | 0/035 | 0/042 | 0/034 | 0/033 | 0/046 | 0/029 | 0/019 | 0/003 | 0/007 | 0/003 | 0/000 | 0/002 | 0/018 | 0/008 | 0/009 | 0/011 | 0/009 | 0/005 |
| $COA_5$ | 0/042 | 0/056 | 0/017 | 0/035 | 0/034 | 0/023 | 0/000 | 0/000 | 0/014 | 0/003 | 0/004 | 0/000 | 0/003 | 0/000 | 0/000 | 0/011 | 0/000 | 0/000 |
| $COA_6$ | 0/056 | 0/042 | 0/034 | 0/047 | 0/063 | 0/043 | 0/006 | 0/005 | 0/015 | 0/004 | 0/003 | 0/003 | 0/015 | 0/017 | 0/007 | 0/011 | 0/011 | 0/010 |
| $COA_7$ | 0/049 | 0/049 | 0/040 | 0/045 | 0/059 | 0/039 | 0/022 | 0/008 | 0/012 | 0/002 | 0/003 | 0/003 | 0/005 | 0/008 | 0/008 | 0/004 | 0/011 | 0/007 |
| $COA_8$ | 0/056 | 0/014 | 0/040 | 0/029 | 0/064 | 0/043 | 0/019 | 0/003 | 0/007 | 0/004 | 0/000 | 0/001 | 0/005 | 0/014 | 0/008 | 0/011 | 0/008 | 0/010 |

**جدول (۱۱)**: ماتریس تصمیم (تأثیر مستقیم راه‌کارهای سایبرالکترونیک به شاخص‌ها)

| وزن‌ها | 0/135 | 0/131 | 0/102 | 0/107 | 0/154 | 0/106 | 0/045 | 0/015 | 0/034 | 0/009 | 0/008 | 0/006 | 0/032 | 0/034 | 0/017 | 0/025 | 0/022 | 0/018 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نوع معیار | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| معیار | $c_1$ | $c_2$ | $c_3$ | $c_4$ | $c_5$ | $c_6$ | $c_7$ | $c_8$ | $c_9$ | $c_{10}$ | $c_{11}$ | $c_{12}$ | $c_{13}$ | $c_{14}$ | $c_{15}$ | $c_{16}$ | $c_{17}$ | $c_{18}$ |
| $COA_1$ | 4 | 3 | 4 | 3/8 | 2/5 | 3/8 | 1 | 0 | 2 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 0/5 | 1/5 | 0 | 0 | 1/5 | 0 |
| $COA_2$ | 3/5 | 4 | 2/5 | 2/5 | 3 | 2/6 | 1/5 | 1 | 4 | 3/2 | 3/5 | 1/5 | 0/5 | 0/5 | 0 | 0 | 0/5 | 0 |
| $COA_3$ | 2/5 | 4 | 3/5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 3/8 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| $COA_4$ | 2/5 | 3 | 3 | 2/8 | 2/7 | 2/6 | 3 | 1 | 1/5 | 2/8 | 0 | 2 | 3/5 | 1/5 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| $COA_5$ | 3 | 4 | 1/5 | 3 | 2 | 2 | 0 | 0 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0/5 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| $COA_6$ | 4 | 3 | 3 | 4 | 3/7 | 3/8 | 1 | 2 | 3/2 | 3/6 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3/8 | 4 |
| $COA_7$ | 3/5 | 3/5 | 3/5 | 3/8 | 3/5 | 3/5 | 3/5 | 3 | 2/5 | 1/5 | 3/5 | 3/2 | 1 | 1/5 | 3/5 | 1/5 | 3/5 | 3 |
| $COA_8$ | 4 | 1 | 3/5 | 2/5 | 3/8 | 3/8 | 3 | 1 | 1/5 | 3/5 | 0 | 1/5 | 1 | 2/5 | 3/5 | 4 | 2/6 | 4 |

**جدول (۱۲)**: نرمال‌سازی ماتریس تصمیم

| معیار | $c_1$ | $c_2$ | $c_3$ | $c_4$ | $c_5$ | $c_6$ | $c_7$ | $c_8$ | $c_9$ | $c_{10}$ | $c_{11}$ | $c_{12}$ | $c_{13}$ | $c_{14}$ | $c_{15}$ | $c_{16}$ | $c_{17}$ | $c_{18}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $COA_1$ | 0/41 | 0/32 | 0/45 | 0/42 | 0/27 | 0/40 | 0/14 | 0/00 | 0/28 | 0/18 | 0/18 | 0/23 | 0/08 | 0/24 | 0/00 | 0/00 | 0/20 | 0/00 |
| $COA_2$ | 0/36 | 0/43 | 0/28 | 0/27 | 0/33 | 0/28 | 0/21 | 0/18 | 0/57 | 0/38 | 0/43 | 0/23 | 0/08 | 0/08 | 0/00 | 0/00 | 0/07 | 0/00 |
| $COA_3$ | 0/26 | 0/43 | 0/39 | 0/33 | 0/44 | 0/42 | 0/56 | 0/71 | 0/00 | 0/47 | 0/49 | 0/57 | 0/63 | 0/65 | 0/39 | 0/44 | 0/41 | 0/41 |
| $COA_4$ | 0/26 | 0/32 | 0/34 | 0/31 | 0/30 | 0/28 | 0/42 | 0/18 | 0/21 | 0/33 | 0/00 | 0/30 | 0/55 | 0/24 | 0/52 | 0/44 | 0/41 | 0/27 |
| $COA_5$ | 0/31 | 0/43 | 0/17 | 0/33 | 0/22 | 0/21 | 0/00 | 0/00 | 0/42 | 0/35 | 0/49 | 0/00 | 0/08 | 0/00 | 0/00 | 0/44 | 0/00 | 0/00 |
| $COA_6$ | 0/41 | 0/32 | 0/34 | 0/44 | 0/41 | 0/40 | 0/14 | 0/35 | 0/45 | 0/42 | 0/36 | 0/45 | 0/47 | 0/49 | 0/39 | 0/44 | 0/52 | 0/54 |
| $COA_7$ | 0/36 | 0/37 | 0/39 | 0/42 | 0/38 | 0/37 | 0/49 | 0/53 | 0/35 | 0/18 | 0/43 | 0/48 | 0/16 | 0/24 | 0/46 | 0/17 | 0/48 | 0/41 |
| $COA_8$ | 0/41 | 0/11 | 0/39 | 0/27 | 0/42 | 0/40 | 0/42 | 0/18 | 0/21 | 0/41 | 0/00 | 0/23 | 0/16 | 0/40 | 0/46 | 0/44 | 0/35 | 0/54 |

**جدول (۱۳)**: جدول فاصله تا جواب‌های ایده‌آل مثبت و منفی

| راه حل - | راه حل + | اندازه فاصله |
|---|---|---|
| 0/0545 | 0/0476 | ترغیب مردم ناصریه |
| 0/0538 | 0/0508 | اختلالLRAS3 |
| 0/0764 | 0/0315 | اختلال باند l ماهواره |
| 0/048 | 0/0466 | اختلال سامانه ایریدیموم |
| 0/0467 | 0/0684 | فریب ناوبری GPS |
| 0/0647 | 0/0292 | تزریق ویروس برای ایجاد ابهام |
| 0/0645 | 0/028 | انهدام الکترونیکی سامانه |
| 0/0571 | 0/0518 | عملیات روانی سایبرالکترونیک |

**جدول (۱۴)**: ضریب شباهت و نزدیکی به جواب ایده‌آل

| ضریب نزدیکی | راهکارهای عملیاتی |
|---|---|
| 0/7079 | اختلال باند **l** سامانه‌های ماهواره‌ای ($COA_3$) |
| 0/6976 | انهدام الکترونیکی سامانه الکترونیکی ($COA_7$) |
| 0/6891 | تزریق ویروس الکترونیکی... ($COA_6$) |
| 0/5339 | ترغیب مردم ناصریه...($COA_1$) |
| 0/5242 | عملیات روانی سایبرالکترونیک ( $COA_8$) |
| 0/5147 | اختلال **LRAS3** ...($COA_2$) |
| 0/5069 | اختلال سامانه‌های ارتباطی ایریدیموم.. ($COA_4$) |
| 0/4057 | فریب الکترونیکی سامانه ناوبری **GPS** ($COA_5$) |

Journal of Electronical & Cyber Defence
Vol. 7, No. 2, 2019, Serial No. 26

# The Course of Action Selection Model in Network Centric Operation

**M. Molazadeh Golmahale*, H. R. Lashkarian, M. Sheikhmohammadi, K. Mirzaei**

*Imam Hossein Comprehensive University

(Received: 12/09/2018, Accepted: 05/03/2019)

**ABSTRACT**

The potential battle scene against the Islamic Republic of Iran (I.R.I) is network-centric operation with Effect Based approach. One of the I.R.I capabilities in this complex battle scene is the capabilities of the cyber-electronics. One of the major challenges of planning cyber-electronic operations for confrontation in such a battle scene in the military decision-making process, is comparing and selecting courses of actions (COAs). The multiplicity, interdependencies, direct and indirect effects of the network centric operation criteria have made comparison and selection of COAs, a complex problem. In this paper, the decision model for choosing an operational solution with consideration of the complexity of the problem is presented based on hybrid methods DANP and TOPSIS. The proposed model consists of three steps. In the first step, valid data produced by selected experts is used as data input. In the second step, data processing involves calculating an influential criteria network (which models the influence of criteria) and finding the influential weights of DANP (DEMATEL-based ANP) considering the relationships between them. The third stage of evaluation and selection is based on the level of similarity to the ideal solution (TOPSIS). In order to evaluate the proposed model, the real scenario of network centric operation of the US Operation Iraqi Freedom (OIF) from March 21 to 22, 2003 was evaluated. In this operation, the interactions between the 5th Corps command posts (180 posts) were identified as the most important criteria. The quality of force networking based on FBCB2 / BFT systems, and mission effectiveness were determined respectively as the most effective and the most influenced criteria on the battlefield. In the second step, the relative weights of the criteria were determined assigning the highest weights to agility and effectiveness and the lowest weight to the quality of information. Among the cyber-electronics solutions offered by the experts, the L-satellite Jamming and the injection of electronic malicious code, were the effective ways to confront the 5th US Army Corps mission to capture Talil air base. The selected expert commanders declared the results of this case study as valid and satisfactory.

**Keywords:** Network Centric Operation, Multiple-Criteria/Attribute Decision-making, DEMATEL-Based Analytic Network Process (DANP), TOPSIS Method, Cyber-Electronic Capabilities

* Corresponding Author Email: mmollazadeh@ihu.ac.ir