

آشنایی با تحقیق در عملیات

محسن مرادیان^۱

چکیده

یکی از ابزارهای مهمی که برای بهینه‌سازی سیستم‌ها به کار می‌رود ابزار «پژوهش در عملیات» است که متأسفانه با وجود آنکه دشمنان ما سالهاست از آن در ارتش‌های خود استفاده می‌کنند، این شاخه از علم هنوز در ارتش ما نامی ناآشنا است. نوشتار ذیل به منظور آشنایی با تاریخچه و اهمیت پژوهش در عملیات و برخی موارد استفاده آن و نیز به منظور ترغیب فرماندهان رده بالا برای بکارگیری و آموزش روش‌های آن در ارتش ج.ا.ایران تهیه شده است. لذا اطلاعات این مقاله می‌تواند مورد توجه برنامه‌ریزان استراتژیک در رده‌های کلان ارتش قرار گیرد.

در این مقاله ابتدا مقدمه و تاریخچه پژوهش در عملیات گفته شده و سپس به نقش آن در جنگ جهانی دوم و عملیات سپر صحرا توجه شده است. در ادامه تلاش به عمل آمده تا به زبان ساده، پژوهش در عملیات و روش‌شناسی و نمونه‌هایی از مسایل آن در ارتش ج.ا.ایران بیان شود.

پیشنهاد این مقاله ایجاد یک تیم قوی تحقیق در عملیات در اداره پنجم سماجا و ستاد هر یک از نیروهای سه‌گانه آجا است تا کلیه طرح‌های بازسازی، بهینه‌سازی و بهبود روش‌ها زیر نظر این تیم انجام شود.

کلید واژگان:

پژوهش عملیاتی، پژوهش در عملیات^۱، تصمیم‌گیری^۲، روش‌های هیوریستیک^۳؛ برنامه ریزی خطی،

مقدمه و تاریخچه

۱- عضو هیات علمی دانشگاه عالی دفاع ملی

2- Operations Research

3- Decision Making

4- Heuristic Methods

ریشه تحقیق در عملیات به زمانی بر می گردد که نخستین تلاش ها برای برخورد علمی با مسائل فرماندهی و مدیریتی جوانه زد. طی سالهای ۱۹۱۵ - ۱۹۱۴، اف. دبلیو. لانچستر^۱ در انگلستان کوشید تا عملیات نظامی را بر اساس مقادیر کمی مورد مطالعه قرار دهد. او معادلاتی به دست آورد که نتیجه جنگ بین دو طرف متخاصم را با توجه به نیروی آتش و نیروی انسانی هر یک از طرفین به دست می داد. معادلات لانچستر نشان می دادند که قدرت کلی نیروهای رزمنده با مربع قدرت عددی آن نیروها متناسب است. آنچه در کار لانچستر حائز اهمیت می باشد، این است که او توانست انتخاب های سوق الجیشی موجود در یک وضعیت را به شکل مدل در آورد. از آن زمان به بعد کار تحقیق در عملیات دقیقاً همین بوده است. لانچستر با فرمول بندی نحوه استفاده از «هوایما در جبهه جنگ» که در سال ۱۹۱۶ منتشر شد، اثربخشی تحلیل های کمی در استراتژی نظامی را نشان داد. در این رابطه قانون مربع او که ارتباط بین پیروزی و برتری از جهت تعداد و برتری از جهت اسلحه را نشان می دهد، بسیار مشهور است.

مقارن فعالیت های لانچستر، توماس آلوا ادیسون^۲ در آمریکا به عنوان رئیس هیأت مشاوران نظامی در طول جنگ جهانی اول، عملیات ضد زیردریایی را بررسی می کرد. او آمار لازم برای تحلیل مانورهای جنگی و اثربخشی تکنیک زیگزاگی و دیگر تکنیکهای بکار گرفته شده توسط کشتی ها برای دور ماندن از زیردریایی های دشمن را جمع آوری کرد تا از آن طریق کشتی های جنگی آمریکا بتوانند از زیردریایی ها اجتناب نموده و آنها را نابود کنند. او یک بازی جنگ طراحی کرد که می توانست برای شبیه سازی مانورهای واقعی بکار رود.

مطالعه روی روش های بهینه سازی تا جنگ جهانی دوم به طور محدود و پراکنده ادامه یافت. اما آنچه که امروز «تحقیق در عملیات» خوانده می شود، در آغاز این جنگ شکل گرفت. زیرا دستیابی به مؤثرترین روش برای تخصیص منابع کمیاب بین عملیات مختلف نظامی و همچنین بین فعالیت های مربوط به هر عملیات در شرایط خاص آن روز جنگ، از سوی کشورهای دو سوی اقیانوس اطلس ضرورتی عاجل تشخیص داده شده بود.

1- F.W. Lanchester

2- Thomas Alva Edison

انگلستان دو سال زودتر از آمریکا وارد جنگ شد و طبعی بود که تحقیق در عملیات ابتدا از این کشور شروع شود. حتی به قول یکی از مورخین، با توجه به احتمال بروز جنگ، در سال ۱۹۳۹ نطفه سازمان تحقیق عملیات در ارتش انگلستان به وجود آمده بود و نتیجه کار این سازمان به سرعت در عمل مورد استفاده قرار گرفت. مثلاً پیشرفت سیستم‌های رادار برای اعلام خطر، توپخانه پدافند هوایی، تجهیزات ضد زیردریایی، تعیین شعاع مؤثر بمباران، مطالعه مسائل پیچیده مربوط به تدارکات و لجستیک نظامی، ابداع الگوهای جدید پرواز، طرح مین گذاری دریا، استفاده مؤثر از وسایل الکترونیکی، تعیین طول و اندازه بهینه یک ستون نظامی، تخمین صدمات حاصل از بمباران‌ها، تعیین بهترین الگوی جستجوی زیردریایی‌ها و کشتی‌های جنگی دشمن و بسیاری مسائل تاکتیکی و استراتژیکی دیگر را می‌توان نام برد. اولین گروه رسمی تحقیق در عملیات در انگلستان، با نام مستعار بلاکت^۱ و تحت نظر پروفیسور بلاکت افسر پیشین نیروی دریایی از دانشگاه منچستر شروع به فعالیت نمود. تا قبل از تشکیل این گروه، سرفرماندهی ساحلی نیروی هوایی سلطنتی انگلیس، معتقد بود که فیوز بمب‌ها را باید به گونه‌ای تنظیم کرد که بمب در عمق تقریبی ۳۳ متری از سطح آب منفجر شود. اساس این تصمیم بر این انتظار به ظاهر معقول استوار بود که زیردریایی مورد نظر که هواپیمای بمب‌افکن را حدود ۲ دقیقه قبل از حمله می‌بیند، فقط آنقدر فرصت دارد که بتواند حدود ۳۳ متر زیر آب برود. از این رو بمب در حالت انفجار به هدف اصابت خواهد کرد. اما نتایج عملی این حملات، ناامیدکننده و خلاف انتظار بود. گروه بلاکت این مسأله را پس از مشاهدات عملی در میدان نبرد، به گونه‌ای رضایت‌بخش و غیرقابل تصور که موجب تشویق آمریکا به تشکیل گروه‌های تحقیق در عملیات گردید، حل کرد. این گروه متشکل از دو فیزیولوژیست، یک افسر، یک نقشه‌بردار، دو ریاضیدان، یک ستاره‌شناس، یک فیزیکدان و دو ریاضیدان و فیزیک‌شناس بود. (میلر و اشمید، ۱۹۸۴: ۵-۷)

اوایل جنگ جهانی دوم، وقتی متفقین در تلاش برای تسلط بر حریم هوایی اروپا بودند، مأموریت‌های بمباران و هواپیماهای تخصیص داده شده به این مأموریت‌ها در حال افزایش بود. بهبود دقت بمباران همواره از اهمیت خاصی برخوردار بود. اما توصیه‌هایی که بتوانند در رسیدن به

دقت مطلوب، مؤثر واقع شوند، ارائه نمی‌شد. به دنبال آن تحلیل‌گران عملیات، روش‌هایی را پیدا کردند که دقت بمباران‌ها را افزایش می‌داد. نتیجه این بررسی‌ها نشان داد که در مقایسه با سال ۱۹۴۲ که کمتر از ۱۵ درصد بمب‌های رها شده، در فاصله ۳۰۰ متری هدف فرود می‌آمدند، در سال ۱۹۴۴، به علت بکارگیری روش‌های تحقیق در عملیات، بیش از ۶۰ درصد بمب‌ها در فاصله کمتر از ۳۰۰ متری به هدف اصابت می‌کردند. در نتیجه همین تحقیق بود که روشن شد عوامل زیادی در دقت بمباران‌ها تأثیر دارند. اندازه و نوع هواپیما، تعداد اهداف مستقل در هر مأموریت، آموزش افسران، تعداد هواپیماها در هر عملیات، ابعاد عملیات، تعداد و نوع بمب‌های حمل شده، ارتفاع و سرعت پرواز، شرایط آب و هوایی، موقعیت دشمن و تاکتیکهای استفاده شده، از جمله این عوامل بودند.

تحلیل‌های فوق این فرض را تصدیق نمودند که بمب‌ها می‌توانند به صورت یکسان در مربعی اطراف هدف توزیع شوند. از ملاحظه تحلیل‌های ریاضی، توصیه‌هایی مانند رهاسازی همزمان بمب‌ها توسط همه هواپیماها به جای هدف‌گیری و رهاسازی بمب‌های هر هواپیما به صورت جداگانه، کاهش تعداد هواپیماها در هر عملیات از ۱۸ تا ۳۶ فروند به ۱۲ تا ۱۴ فروند و توجه بیشتر به دقت پرواز، استخراج شد که باعث چهار برابر شدن دقت طی دو سال گردید.

در آن زمان گشت‌های تهاجمی هواپیماهای متفکین در برابر کشتی‌ها و زیردریایی‌های دشمن به صورت تصادفی انجام می‌شد. این اعتقاد وجود داشت که مطالعه عوامل مربوط به گشت‌های سیستماتیک، شانس دیدن و در نتیجه غرق کردن کشتی‌های دشمن را افزایش می‌دهد. با ملاحظه عواملی همچون دامنه تماس، سرعت پرواز، فاصله و مساحت قابل پوشش، این اعتقاد پدید آمد که می‌توان مسیرهای پروازی خاصی را انتخاب کرد و برنامه‌ای ترتیب داد که همواره یک هواپیما در حال گشت‌زنی بر روی مناطقی باشد که کشتی‌ها و زیردریایی‌های دشمن قصد عبور از آن را دارند، دامنه تماس یک هواپیمای گشت‌زنی مساحت تحت پوشش رادار آن در نظر گرفته شد. این دامنه هنگام پرواز هواپیما، مسیری را مشخص می‌نمود که تحت نظر هواپیما بود. محققین تحقیق در عملیات از روی سرعت و برنامه پرواز هواپیماها و تعداد مسیرهایی که باید گشت‌زنی شوند، تعداد هواپیماهای مورد نیاز برای عملیات را مشخص نمودند. همین برنامه برای گشت‌زنی روی جنوب آتلانتیک برای ردیابی کشتی‌های آلمانی حامل مواد خام، بکار گرفته شد. موفقیت

این روش هنگامی مشخص شد که سه کشتی آلمانی حامل مواد خام در بازگشت از ژاپن منهدم شدند. (ساعتی، ۱۹۸۸: ۹-۱۲)

این موفقیت باعث شد دکتر کنانت^۱ رئیس کمیته دفاع ملی و دکتر بوش^۲ رئیس کمیته سلاح‌ها در ستاد مشترک ارتش آمریکا از تحقیق در عملیات در آمریکا حمایت کنند. در این راستا در اکتبر ۱۹۴۲ بنا به تقاضای ژنرال اسپاتز^۳ فرمانده تیپ هشتم هوایی، ژنرال آرنولد^۴ رئیس ستاد مشترک، نامه‌ای به فرمانده نیروی هوایی نوشت و در آن توصیه نمود که وی در ستاد خود یک گروه تحقیق در عملیات تشکیل دهد. همزمان با آن، نیروی دریایی آمریکا نیز اقدام به تشکیل گروه‌های تحقیق در عملیات در ناوگان دهم تحت سرپرستی دکتر فیلیپ مورس^۵ از دانشگاه M.I.T نمود. نیروی دریایی آمریکا بیش از ۷۰ تحلیل‌گر را در قالب این گروه‌ها استخدام و مسائل مختلفی را با موفقیت حل کرد که از جمله آنها می‌توان به تعیین محل نصب رادارها، چگونگی تخریب مین‌های دریایی در دریاها، اطراف ژاپن، تعیین اندازه بهینه ناوگان حمل مواد و توسعه استراتژی‌های مانور ناوهای جنگی هنگام حمله دشمن، اشاره نمود.

این مطالعات بنا به ادعای بسیاری از مورخین، یکی از مهمترین عوامل مؤثر در پیروزی متفقین در جنگ هوایی بریتانیا، جنگ جزایر اقیانوس آرام، جنگ آتلانتیک شمالی و نظایر آن بودند!

تحقیق در عملیات پس از جنگ

تحقیق در عملیات از نظر رهبران نظامی ایالات متحده دارای چنان اهمیتی بود که پس از جنگ نیز ادامه یافت و اداره تحقیق در عملیات که پس از چندی به مؤسسه «تحلیل و تحقیق» تغییر نام یافت، تحت سرپرستی دکتر جانسون در مرلند به کار خود ادامه داد. نیروی دریایی آمریکا نیز گروه ارزشیابی عملیات را که در رأس آن پروفیسور مورس قرار داشت، در دانشگاه M.I.T به وجود آورد. نیروی هوایی نیز به همکاری با گروه‌های تحقیق در عملیات ادامه داد و طرح رند^۶ را برای مدتی طولانی پیرامون استفاده بهینه از تجهیزات هوایی به اجرا درآورد.

- 1- Conant
- 2- Bush
- 3- Spatz
- 4- Arnold
- 5- Philip M. Morse
- 6- RAND

امروزه ارتش‌های آمریکا و انگلستان به دنبال موفقیت‌هایی که از کاربرد تحقیق در عملیات به دست آورده‌اند، گروه‌های مختلف تحقیق در عملیات را در رده‌های مختلف سازمان داده‌اند. در نتیجه هم‌اکنون تعداد قابل ملاحظه‌ای کارشناس تحقیق در عملیات دارند که با استفاده از روش‌های ریاضی به حل مسایل دفاعی می‌پردازند. مثلاً برنامه‌ریزی تاکتیکی نیازها و بهره‌گیری از سیستم‌های تسلیحاتی و همین‌طور بررسی مسائل بزرگتر در رابطه با تخصیص و ترکیب نیروها که توسط این گروه‌ها انجام می‌شود را می‌توان نام برد. تا آنجا که نویسنده اطلاع دارد، از میان کشورهای منطقه نیز اسرائیل، ترکیه، هند و در رقابت با آن پاکستان، از تحقیق در عملیات در ارتش‌های خود استفاده می‌کنند.

امروزه از روش‌های تحقیق در عملیات در صنایع هواپیما و موشک‌سازی، اتومبیل، ارتباطات، نیروگاه‌ها، الکترونیک، غذایی، حمل و نقل، بیمارستان‌ها، برنامه‌ریزی تعمیرات و نگهداری ماشین‌آلات و تجهیزات، تعیین سطح خدمات و... که همه در ارتباط با نیروهای مسلح می‌باشند، به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود.

پس از جنگ، پاره‌ای از نتایج به دست آمده از اعمال روش‌های تحقیق در عملیات که تا آن زمان سرّی بود، انتشار یافت و موفقیت گروه‌های نظامی، توجه مدیران صنایع را به خود جلب کرد. کارشناسانی که در خلال جنگ با گروه‌های تحقیق در عملیات همکاری داشتند، به تدریج جذب صنایع خصوصی گردیدند و بدین ترتیب تحقیق در عملیات به عرصه مدیریت بازرگانی و صنایع غیرنظامی وارد شد. زیرا به تجربه ثابت شده بود که محتوای مسائل صنعتی و اقتصادی با مسائل نظامی فرق عمده‌ای نداشته و تنها شکل آنها با یکدیگر متفاوت است. رونق اقتصادی بعد از جنگ و ابداع و تکمیل کامپیوتر نیز به توسعه تحقیق در عملیات کمک شایان توجهی نمودند.

در حال حاضر تعداد زیادی از گروه‌های مشابه برای انجام پژوهش در عملیات، روی حوزه‌های وسیعی مانند ترابری، ارتباطات، کشاورزی، بازرگانی و ساخت و تولید متمرکز می‌باشند. زیرا تکنیک‌های پژوهش در عملیات در مسائل تولید و کنترل موجودی، مسائل ترافیک و جریان، تاکتیک‌های فروش و رقابت بهینه و امثالهم مستقیماً کاربرد دارند.

بطور خلاصه موفقیت پژوهش در عملیات در زمان جنگ، شرکت‌های صنعتی بعد از جنگ را در آمریکا و انگلیس تشویق به کاربرد رویکرد مشابه برای مسائل عملیاتی و مدیریتی نمود. در این

راستا تکنیکهای موجود بهبود داده شد و تکنیکهای جدید از جمله کنترل کیفیت آماری، برنامه‌ریزی پویا، تحلیل صف و کنترل موجودی بر اساس تحلیل‌های کمی و روندهای سیستم‌مدار شکل گرفتند.

نقش تحقیق در عملیات در جنگ خلیج فارس (عملیات سپر صحرا)

جنگ خلیج فارس آزمایشگاهی بود که در آن سلاح‌های جدید و برنامه‌های نوین جنگی به‌طور عملی آزمایش شدند. درست است که در این جنگ هواپیماهای فوق مدرن قدرت خود را به نمایش گذاشتند. اما آنچه که توانست در یک روز صدها حمله هوایی را سامان دهد، نرم‌افزارهای مناسبی بود که از چند ماه قبل توسط برنامه‌ریزان ارتش آمریکا مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته بود. برنامه‌ریزی این تهاجم در نوع خود در تاریخ بشر بی‌سابقه بود و در واقع عملیات سپر صحرا مبین نقش برنامه‌ریزی در جنگ‌های نوین می‌باشد.

در هفتم آگوست ۱۹۹۰ فرماندهی حمل و نقل هوایی ارتش آمریکا (MAC) توسط گروهی موسوم به تیم عملیات بحران (CAT) راهبری حجیم‌ترین عملیات حمل و نقل هوایی تاریخ را شروع و تنها ظرف ۷۵ روز اول عملیات، ۱۵۵۰۰۰ تن تجهیزات و ۱۶۴۰۰۰ نفر را تقریباً ۱۵۰۰۰ کیلومتر تا عربستان حمل نمود!

برای تحلیل‌گران این سؤال مطرح بود که چگونه می‌توان بازدهی نیروها را در عملیات سپر صحرا حداکثر کرد؟ آنان برای این کار یک مدل بزرگ ریاضی از مأموریت نیروها ساختند و سعی کردند با توجه به محدودیت‌ها (سقف پرواز مجاز برای خلبانها، حداکثر روزهایی که افراد می‌توانستند در مأموریت باشند و...) آن را حل کنند. با بزرگتر شدن سایه جنگ، تحلیل‌گران به نرخ تلفات و زخمی‌ها و استفاده بهینه از هواپیماهای C-14 برای حمل زخمی‌ها به بیمارستان‌ها در اروپا و آمریکا توجه نمودند و با استفاده از روش‌های تحقیق در عملیات، زمان رساندن مجروح تا تخت بیمارستان، را به حداقل رساندند.

از تحلیل‌گران خواسته شد که بررسی نمایند چگونه هواپیماهای C-117 و تانک‌های آبرامز می‌توانند در عملیات سپر صحرا نقش ایفا کنند؟ تحلیل‌گران پس از بررسی، یافته‌های خود را به رئیس بخش دفاع پنتاگون ارائه دادند. این نتایج نشان می‌داد که به نحو شایسته و مؤثری می‌توان از این تجهیزات در عملیات استفاده نمود.

نقش تحقیق در عملیات در به کارگیری مؤثر ظرفیت نظامی آمریکا در یک منطقه دور افتاده از جهان، به قدری با اهمیت بود که فرمانده عملیات اقرار کرد هیچ‌یک از دفاتر اداره مرکزی (MAC) به اندازه گروه تحلیل، در موفقیت عملیات سپر صحرا مؤثر نبوده‌اند!

عملیات سپر صحرا نشان داد که عملیات نظامی آینده با اتکاء به روش‌های ریاضی پژوهش در عملیات، با نیروهای نظامی کمتری انجام خواهد شد و این وظیفه فرماندهان است که به‌طور مؤثر و کارآمد، منابع محدود را به کارگیرند و برای انجام این وظیفه مهم، فرماندهان نیاز خواهند داشت که طرح‌ها را سریعاً فرموله نمایند. طرح‌هایی که متشکل از متغیرها و محدودیت‌های زیاد و روابط پیچیده هستند و در این امر به تحلیل‌گران نیاز دارند تا برای آنها، روابط را مرتب و قابل درک نمایند. (OR/MS December, 1990)

تحقیق در عملیات چیست؟

تاکنون تعاریف متعددی از تحقیق در عملیات شده است. انجمن پژوهش در عملیات بریتانیا معتقد است که پژوهش در عملیات عبارتست از کاربرد روش‌های علمی برای هدایت و مدیریت سیستم‌های بزرگ شامل انسان، ماشین، مواد و پول در صنعت، تجارت، دولت و دفاع. اما انجمن پژوهش در عملیات آمریکا آن را یک رویکرد علمی برای تصمیم‌گیری می‌داند که دستیابی به بهترین طراحی و عملیات سیستم‌ها را با در نظر گرفتن محدودیت منابع ممکن می‌سازد. (پولاک، راسکویف و بارنت، ۱۹۹۴: ۱)

دالزباخ آن را کاربرد سیستماتیک روش‌ها، تکنیک‌ها و ابزارهای مقداری برای تحلیل مسائل سیستم می‌داند. (دالزباخ و جرج، ۱۹۷۸: ۳)

ثیراف^۱ پژوهش در عملیات را بکارگیری نگرش برنامه‌ریزی شده (روش علمی روزآمد شده) و کار تیمی چند تخصصی برای بیان ارتباطات پیچیده در قالب مدل‌های ریاضی با هدف ارائه مقداری برای تصمیم‌گیری و کشف مسائل جدید برای تحلیل‌های کمی تعریف نموده (ثیراف و کک‌لمپ، ۱۹۷۵: ۳) و حمدی^۲ طه آن را حوزه جدید تصمیم‌گیری از طریق تلاش تیمی چند تخصصی برای تعیین بهترین نحوه بهره‌برداری از منابع محدود می‌داند. (طه، ۱۹۷۶: ۴)

1-Theirauf, R. J.

2- Taha, H

برخی آن را رویکردی علمی برای تصمیم‌گیری تعریف کرده‌اند (لاس و روزن‌وین ۱۹۷۷: ۲۲۰-۲۲۴) و برخی دیگر نیز آن را نوع خاصی از پژوهش کاربردی دانسته‌اند که به عنوان ابزار مدیریت بکار گرفته می‌شود و رویکردی مقداری به مسائل مدیریتی دارد. (سوپر، اوسبورن و زوزیگ، ۱۹۹۰: ۲۲)

چرچمن^۱ پژوهش در عملیات را در کلی‌ترین معنی، کاربرد روش‌ها، تکنیک‌ها و ابزارهای علمی در مسائل می‌داند به طوری که عملیات سیستم‌ها در قالب جواب‌های بهینه کنترل شوند. (چرچمن، اکاف و آرنوف، ۱۹۵۷: ۴)

کی‌وود^۲ نیز پژوهش در عملیات را علمی تجربی و کاربردی دانسته که به مشاهده، درک و پیشگویی رفتار سیستم‌های هدفمند متشکل از انسان و ماشین می‌پردازد. (کی‌وود، ۱۹۷۱: ۸)

وارنر^۳ پژوهش در عملیات را تلاش برای درک رفتار سیستم‌های عملیاتی متشکل از طبیعت، انسان و ماشین می‌داند. او معتقد است ماشین‌ها چیزی علاوه بر ساخته‌های بشری، مانند قوانین، عادات معمول، رفتار بشری و ساختارها و آداب و رسوم اجتماعی را شامل می‌شوند. (وارنر، ۱۹۹۶: ۳۷)

ساعتی^۴ نیز پژوهش در عملیات را هنر ارائه جواب‌های بد به مسائلی که به آنها جواب‌های بدتر داده می‌شود، تعریف کرده است! (ساعتی، ۱۹۸۸: ۳)

با توجه به تعاریف فوق، می‌توان گفت پژوهش در عملیات یک روش ریاضی برای کمک به مدیران است تا بتوانند از طریق اطلاعات عددی و بر اساس یک روش علمی، تصمیم‌گیری نمایند.

اگر شما بخواهید ۱۰ جلد کتاب مختلف را کنار هم بچینید، به چند روش می‌توانید این کار را انجام دهید؟ چند طریقه آنرا می‌توانید بشمارید؟ اگر حوصله کنید و کاغذ و قلم به دست بگیرید و زمینه ریاضی لازم را نیز داشته باشید، شاید بتوانید حداکثر ۲۰۰-۳۰۰ حالت را اسم ببرید. بعد از آن هر چه جلوتر بروید، یافتن حالت‌های جدید برایتان مشکل و گاه غیرمقدور می‌شود. اما آیا می‌دانید چند حالت برای چیدن این ۱۰ جلد کتاب در کنار هم وجود دارد؟ $10! = 3628800$

-
- 1- Churchman, C. W
 - 2- Cay wood, T. E
 - 3- Warner, M
 - 4- Saaty, T. L

بله تعجب نکنید، شما می‌توانید این کتاب‌ها را به ۳۶۲۰۷۰۰ (سه میلیون و ششصد و بیست هزار و هفتصد) روش مختلف کنار هم بچینید! چیدن ۱۰ جلد کتاب در مقابل مسائل و مشکلات مدیریت مسأله بسیار کوچکی است. وظیفه اصلی یک فرمانده یا مدیر این است که از میان راه‌حل‌های موجود، بهترین راه را برای حل مسأله انتخاب کند. گاه فرمانده با خود می‌اندیشد که دیگر راه‌حلی برای حل مسأله وجود ندارد. در حالی که در همان لحظه صدها و بلکه هزاران راه‌حل دیگر هم وجود دارد که به ذهن او خطور نمی‌کنند. به فرض اگر هم او بتواند راه‌حل‌ها را تک‌تک پیدا کند، انتخاب بهترین راه‌حل از میان همه آنها امری مشکل و غالباً غیرممکن است. اما تحقیق در عملیات به سادگی و با صرف چند دقیقه وقت، این کار را انجام می‌دهد. روش‌های تحقیق در عملیات خود همه راه‌حل‌ها را در نظر می‌گیرند و راه‌حل بهینه را پیشنهاد می‌کنند.

مشکل دیگری که فرماندهان اغلب با آن دست به‌گریبان بوده و نویسنده خود بارها آنرا تجربه کرده‌است، این است که هر یک از فرماندهان رده پایین، تنها مسائل و مشکلات کاری خود را در نظر می‌گیرند و از فرماندهان رده بالاتر توقع دارند که به سرعت مشکلات آنان را حل کنند. در حالی که وظیفه فرمانده این است که کل سیستم را با هم مورد مذاقه و امعان نظر قرار داده و تصمیمی را که به نفع کل سیستم باشد، اتخاذ نماید. اخذ چنین تصمیمی امری است بسیار دشوار. زیرا از یک طرف انسان‌ها تحت تأثیر وقایع پیرامون خود قرار می‌گیرند و از طرف دیگر حتی اگر فرمانده بخواهد کاملاً عادلانه مشکل ابواب جمعی خود را حل کند، یافتن راه‌حل این کار امری خطیر و دشوار است. اما تحقیق در عملیات به فرمانده کمک می‌کند که یگان خود را به صورت یکپارچه با یک هدف کلی و نه بصورت بخش‌های گوناگون با اهداف متعدد ببیند و تصمیم مقتضی را در این رابطه اخذ کند.

از همه اینها گذشته تحقیق در عملیات فرصت کسب تجربه را بدون ارتکاب اشتباه به ما می‌دهد. با در دست داشتن یک مدل ریاضی، ما می‌توانیم داده‌ها را تغییر دهیم و تغییرات بازده را مشاهده کنیم بی‌آنکه لازم باشد عملیات سازمان متوقف گردد. این انعطاف پذیری کمک می‌کند تا مدل، همواره در مقابل شرایط متغیر محیط خارج، بهترین پاسخ را ارائه دهد.

کدام عبارت؟

برای تحقیق عملیات (اصغرپور، ۱۳۷۲)، عبارات هم ارز دیگری نظیر تحقیق در عملیات (آریانژاد، ۱۳۷۱) و پژوهش عملیاتی (مهرگان، ۱۳۷۸) نیز بکار رفته است. وجود چند عبارت متفاوت ممکن است باعث پدید آمدن ابهاماتی برای علاقمندان گردد. به طور مثال آیا هر یک از این عبارات به حوزه‌ای خاص اشاره می‌کنند؟ آیا هر یک از این عبارات در رشته‌های دانشگاهی جدا از هم به کار می‌روند؟ آیا رویکرد، نگرش و نوع پرداختن به مطالب با عبارات بکار رفته ارتباطی دارد؟

به طور کلی این عبارات به مفهوم واحدی اشاره داشته لیکن عبارت «تحقیق در عملیات»^۱ در رشته‌های مهندسی صنایع و ریاضی (گرایش تحقیق در عملیات) و «پژوهش عملیاتی»^۲ در رشته‌های مدیریت استفاده می‌شوند. در دیگر نقاط دنیا نیز عبارات تحقیق در عملیات و پژوهش عملیاتی به صورت مترادف به کار می‌روند. با این تفاوت که پژوهش عملیاتی در بریتانیا و بخش‌هایی از اروپا و تحقیق در عملیات در دیگر جاها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

واژه عملیاتی در عبارت پژوهش عملیاتی، نقش صفتی که واژه‌های تاریخی، پیمایشی و تطبیقی در پژوهش‌های تاریخی، پیمایشی و تطبیقی به عهده دارند را متبادر به ذهن می‌کند. بدین معنی که پژوهش عملیاتی یک نوع روش پژوهش است. اما تحلیل سیستم، علوم مدیریت و تصمیم‌گیری، حوزه‌هایی هستند که با تحقیق در عملیات مرتبط بوده و تحقیق در عملیات همانند هر یک از حوزه‌های تحلیل سیستم و علوم مدیریت، دارای اهداف، تئوری‌ها، مبانی و روش‌هایی است که آن را به چیزی بیش از یک روش پژوهش تبدیل می‌کند.

به نظر می‌رسد عبارت پژوهش عملیاتی، آنچه که تحقیق در عملیات (یعنی تحقیق روی عملیات و نه نوعی تحقیق بنام عملیاتی) در نتیجه آن شکل گرفته است را بیان نمی‌دارد. این تفسیر با عبارت «research into» که توسط استین هارد (ساعتی، ۱۹۸۸: ۲۴) برای تعریف و توضیح تحقیق در عملیات به کار رفته است و با تأکیدی که پولاک^۳، راسکوپف^۴ و بارنت بر این مطلب

1- Operations Research (OR)

2- Operational Research

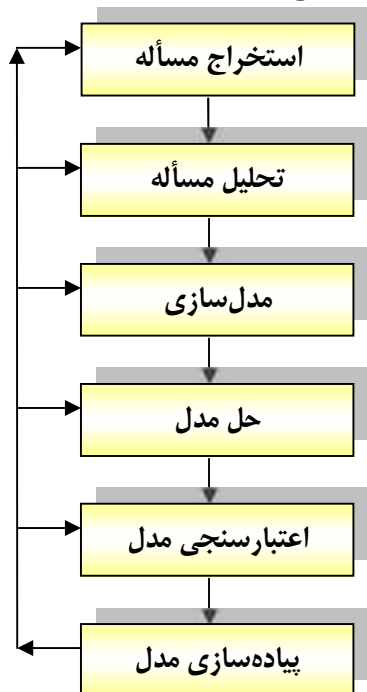
3- Pollock, S. M

4- Rothkopf M. H.

دارند نیز همخوانی دارد. با توجه به توضیحات بالا، به نظر نویسنده عبارت تحقیق در عملیات مناسبتر از عبارت پژوهش عملیاتی است. حتی با توجه به اینکه عبارت «پژوهش در عملیات»، فارسی تر از عبارت تحقیق در عملیات است، بهتر است که از این پس «پژوهش در عملیات» به جای «تحقیق در عملیات» به کار گرفته شود.

متدلوژی تحقیق در عملیات

مسائل دنیای واقعی بر اساس طرح مشخصی نظیر شکل زیر حل می شوند:

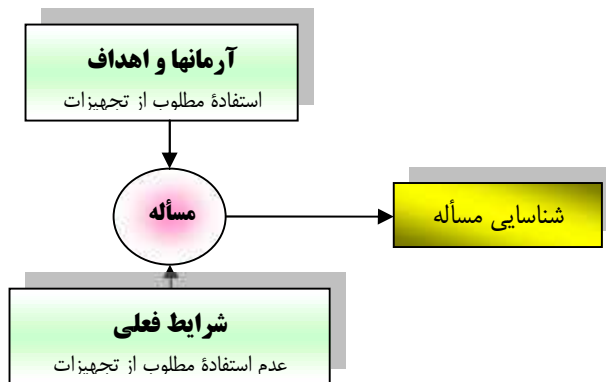


مراحل پژوهش در عملیات برای حل مسائل واقعی

استخراج مسأله

مسأله عبارتست از فاصله بین آنچه که می‌خواهیم وجود داشته باشد و آنچه که در عمل وجود دارد. در استخراج مسأله سه مرحله (۱) شناسایی مسأله، (۲) تعریف مسأله و (۳) تنظیم صورت مسأله باید طی شود.

با توجه به تعریف فوق، برای شناسایی مسأله باید دو موضوع تعریف شوند: **خواسته‌ها و واقعیت‌ها**. آرمانها و اهداف عملیات یا سیستم دربردارنده خواسته‌هایی هستند که درک مشتری از چگونگی شرایط مطلوب برای سفارش دهنده و تحلیل‌گر مسأله ارائه می‌دهند. واقعیت‌ها شرایط فعلی را بیان می‌دارند و خلاء بین خواسته‌ها و واقعیت‌ها مسأله را تشکیل می‌دهد. به عنوان مثال یکی از آرمانهای نراجا استفاده بهینه از تجهیزات می‌باشد. لیکن در عمل از تجهیزات موجود به طور مطلوب استفاده نمی‌شود. یعنی بین شرایط فعلی و آرمانی نراجا، اختلاف وجود داشته و این اختلاف، موجب پدید آمدن مسأله‌ای به نام عدم به‌کارگیری درست و مناسب تجهیزات در این نیرو شده است.



وقتی مسأله شناسایی شد، می‌توان آن را تعریف نمود. اما باید توجه داشت که شناسایی و تعریف مسأله دو موضوع جدا از هم بوده و تا زمانی که علل بروز مسأله روشن نشود، نمی‌توان آن را حل کرد.

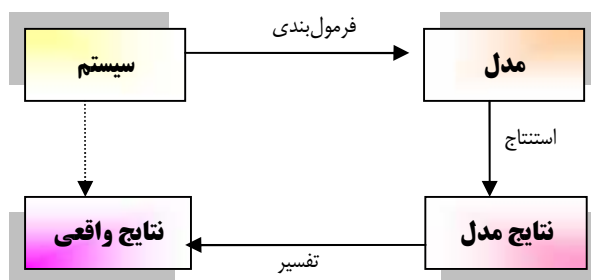
تحلیل مسأله

در این مرحله عواملی که به حل مسأله کمک می کنند، تعیین می شوند. سپس هزینه اجرای عملیات (هزینه می تواند شامل پول، وقت و... باشد) تخمین زده شده و تصمیم گرفته می شود که آیا اصولاً استفاده از روش های تحقیق در عملیات برای حل مسأله مقرون به صرفه است یا خیر؟ که نتیجه این مرحله ادامه تحقیق یا تعطیل طرح می باشد.

مدل سازی

مدل، بیانی ساده از یک پدیده واقعی است. (فیلیپس، راوین داران و سولبرگ، ۱۹۸۷: ۴) به عبارت دیگر مدل، تجریدی از یک سیستم فیزیکی یا خاصیتی از آن سیستم یا یک مفهوم است. (میلر و اشمید، ۱۹۸۴: ۱۵) مدل بایستی بتواند تأثیر عوامل مؤثر بر راه حل مسأله را آزمون کند. معمولاً یک مدل تا مرحله نهایی، چند بار دستخوش تغییر و تحول می گردد.

روش شناسی پژوهش در عملیات متکی بر مدل است. زیرا اصل فعالیت پژوهش در عملیات، ساخت و استفاده از مدلهاست. مدل بیان ساده شده واقعی است. به عبارت دیگر مدل تجریدی از یک سیستم فیزیکی یا خاصیتی از آن سیستم یا یک مفهوم است. توجه به این مطلب لازم است که یک مدل همیشه و ضرورتاً بیانی است که کامل نیست. پژوهش در عملیات با فرض وجود یک چیز واقعی که آنرا سیستم واقعی می نامیم و دلیل قابل درکی برای تمایل به بررسی آن (یعنی مسأله)، وجود دارد، فرایند مدل سازی را آغاز می کند.



فرایند مدل سازی

خط چین رسم شده در شکل فوق به منزله روش مستقیمی است که ما به دنبال جایگزینی آن با یک مدل مناسب هستیم.

علت استفاده از مدل

دلایل متعددی وجود دارد که چرا پژوهش در عملیات از مدل برای حل مسائل استفاده می‌کند. در اغلب این دلایل، انگیزه اقتصادی دیده می‌شود. اما گاهی اوقات نیز دلایل دیگری نظیر اجتناب از خطر یا عدم دسترسی به سیستم واقعی، استفاده از مدل را توجیه می‌کنند. گاهی نیز محیط واقعی آنقدر پیچیده است که تنها یک مدل ساده شده می‌تواند آن را قابل درک نماید.

هدف هر روش علمی، مطالعه پدیده‌های واقعی است. در راستای این هدف ابزارهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند تا مطالعه را عملی‌تر، آسانتر، ارزاتر و سریعتر نمایند. در علوم طبیعی مطالعه پدیده‌ها به روش جزء به کل و از طریق ساخت فرضیه‌ها و اثبات و بیان آنها به شکل نظریه انجام می‌شود. در این علوم، رویکرد سیستمی بکار نمی‌رود و برخلاف رویکرد سیستمی، تنها به رفتاری از یک سیستم توجه شده و صرف نظر از سایر عوامل، نظریه‌ای برای آن رفتار کشف می‌شود. لذا نظریه‌ها مستقل از یکدیگر اثبات می‌شوند.

اما در پژوهش با رویکرد سیستمی که پژوهش در عملیات یکی از آنهاست، به سیستم به عنوان یک کل نگاه می‌شود. این کلیت شامل اجزاء، مفاهیم، پردازش، ورودی‌ها، خروجی‌ها، بازخوردها و روابط بین آنهاست. (ساعتی ۱۹۸۸، ۳۲) بیان کلیت یک سیستم یا عملیات در قالب یک فرضیه عملی نیست و مدل ابزاری است که برای این هدف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش علمی استفاده از مدل، مطالعه پدیده‌ها به روش کل به جزء صورت می‌گیرد. پیچیدگی پدیده‌ها و واقعیت‌ها به حدی است که درک، تجسم و خلق نمونه کامل همواره امکان‌پذیر نخواهد بود. لذا مدل نمایشی از واقعیت است که تا حد قابل قبولی اجزاء سیستم و روابط میان آنها را بیان می‌دارد.

مدلهای پژوهش در عملیات

مدلهای مورد استفاده پژوهش در عملیات، مدل‌های ریاضی و نمادینی هستند که از حروف، اعداد و عملگرهای ریاضی از قبیل جمع، تفریق، ضرب، تقسیم، علامت کوچکتر و بزرگتر و... تشکیل شده و از طریق عبارات ریاضی مانند معادلات و نامعادلات به یکدیگر مرتبط می‌شوند. که عبارتند از:

❖ **متغیرهای تصمیم:** متغیرها یا عواملی که هدف مدلسازی، یافتن جوابی (معمولاً به شکل مقادیر عددی) برای آنهاست.

❖ **تابع هدف:** تابع هدف بیانی است از معیار یا معیارهایی که نشان می‌دهند آن معیار یا معیارها چگونه باید بهینه شوند، به عنوان مثال کمینه یا بیشینه شوند.

❖ **محدودیت‌ها:** محدودیت‌ها قیودی روی ارزش‌های تصمیم‌اند که می‌توانند به دلایل مختلف از جمله محدودیت بودجه، محدودیت مواد اولیه، محدودیت فضا و محدودیت زمان ایجاد شده باشند. یک برنامه‌ریزی ریاضی می‌تواند محدودیتی نداشته باشد.

❖ **روابط ریاضی:** تابع هدف و محدودیت‌ها با استفاده از متغیرهای تصمیم و روابطی که آن متغیرها را به یکدیگر مربوط می‌سازند، شکل می‌گیرند. این روابط، روابط ریاضی نامیده می‌شوند.

❖ **پارامترها:** پارامترها برخلاف متغیرهای تصمیم، دارای مقادیر ثابت بوده و در روابط ریاضی تابع هدف و محدودیت‌ها بکار می‌روند. (میلر و اشمید، ۱۹۸۴: ۲۱-۲۲)

با توجه به پنج مشخصه اصلی برنامه‌ریزی ریاضی، ساختار کلی برنامه‌ریزی ریاضی به شکل زیر خواهد بود:

$$\begin{array}{l}
 \left. \begin{array}{l} f_1(X) \\ f_2(X) \\ \vdots \\ f_k(x) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Maximize (or Minimize)} \\ \\ \end{array} \\
 \\
 \text{Subject to} \\
 \\
 g_i(X) \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_i; i = 1, \dots, m
 \end{array}$$

ساختار کلی برنامه‌ریزی ریاضی

حل مدل

در این مرحله محقق مدل خود را با استفاده از یکی از روش‌های موجود حل کرده و جواب بهینه را پیدا می‌کند و به تحلیل حساسیت پاسخ‌ها می‌پردازد. یعنی تعیین می‌کند که یک متغیر را چقدر می‌توان تغییر داد بی‌آنکه جواب بهینه عوض شود.

اعتبارسنجی مدل

یک مدل، زمانی معتبر است که علی‌رغم نادقیق بودنش در بیان سیستم، بتواند پیشگویی قابل اطمینانی از عملکرد سیستم ارائه دهد. برای این کار چند روش وجود دارد که باید متناسب با ماهیت مدل به کار گرفته شوند. این روشها عبارتند از:

- مقایسه عملکرد مدل با اطلاعات واقعی گذشته سیستم.
- بررسی رفتار مدل در اثر تغییر پارامترهای سیستم واقعی.
- اعتبارسنجی مرحله‌ای.
- اعتبارسنجی با استفاده از داده‌های شبیه‌سازی شده.

پیاده‌سازی مدل

مسئولیت پیاده‌سازی مدل بر عهده گروه پژوهش در عملیات است و این امر مستلزم ترجمه قابل فهم این نتایج به دستورالعملهای مفصل و روشن برای افراد است. در این مرحله، همکاری بین گروه پژوهش در عملیات و کارکنان عملیاتی به بالاترین درجه می‌رسد. در این مرحله بایستی در عمل، طرز استفاده از مدل به مدیریت آموخته شود. همچنین بایستی به افرادی که قرار است با مدل کار کنند، آموزش‌های لازم ارائه گردد.

پژوهش در عملیات و حوزه‌های مرتبط با آن

در کنار پژوهش در عملیات، حوزه‌های دیگری نیز هستند که ممکن است از جهت هدف، روش علمی، فنون یا ابزارهای مورد استفاده، با تحقیق در عملیات مرتبط باشند. این حوزه‌ها عبارتند از: مهندسی صنایع، مدیریت، تحلیل سیستم‌ها، تصمیم‌گیری و آمار.

نمونه‌هایی از مسایل تحقیق در عملیات (توجه: اعداد و مسائل غیرواقعی می‌باشند).

مسأله حمل و نقل

نزاجا دارای کارخانجات متعددی است که وسایل و کالاهای مورد نیازش را تهیه می‌کنند. این کالاها در آمادگاه‌هایی که محل آنها معلوم است، ذخیره شده و به موقع بین پادگان‌هایی که محل آنها نیز معلوم می‌باشد، توزیع می‌گردند. هزینه حمل هر کالا از کارخانجات مختلف تا آمادگاه‌ها، همچنین از آمادگاه‌ها تا پادگان‌های متفاوت، معلوم است. هر آمادگاه گنجایش خاص خود را دارد. نیاز پادگان‌ها معلوم و میزان تولید کارخانجات هم معلوم است. (هزینه حمل و نقل از عمده‌ترین هزینه‌هایی است که معمولاً به چشم نمی‌آید و در نظر گرفته نمی‌شود. اما عملاً بخش مهمی از بودجه سازمان‌ها و هزینه تولید کالاها را به خود اختصاص می‌دهد. بدنیست در مورد میزان و چگونگی هزینه‌های حمل و نقل نیز تحقیقاتی در ارتش به عمل آید. یادآور می‌شود که هزینه حمل و نقل شامل حقوق و حق مأموریت پرسنل، استهلاک ماشین‌آلات، هزینه سوخت، هزینه معادل وقت تلف شده، هزینه تأخیر و... است.) در اینجا می‌خواهیم بدانیم از کدام کارخانه به کدام آمادگاه و از کدام آمادگاه به کدام پادگان، وسایل مورد نیاز را ارسال کنیم به طوری که هزینه حمل و نقل به حداقل برسد؟

مسأله تقسیم پرسنل و وظیفه

می‌دانیم مراکز آموزشی متعددی که در سراسر کشور وجود دارند، پرسنل و وظیفه مورد نیاز یگان‌ها را تأمین می‌کنند. حال می‌خواهیم بدانیم با توجه به اینکه بنا به جدول سازمانی هر یکان، تعداد پرسنل و وظیفه مورد نیاز یکانها معلوم می‌باشد و نیز تعداد پرسنل و وظیفه‌ای که در مراکز آموزشی در حال آموزش هستند، معلوم و مشخص است، چگونه پرسنل و وظیفه را با در نظر گرفتن محدودیتها و مقدرات، بین یکانها تقسیم کنیم که در کل، بهترین بازدهی را داشته باشیم؟

مسأله تقسیم نیروها و تجهیزات در عملیات جنگی

طرح اشک برای انجام عملیات جنگی در منطقه عملیاتی تهیه شده است. با استفاده از عکس‌های هوایی و گشتی‌های اطلاعاتی و اطلاعات به دست آمده از اسراء، مقدرات نسبی نیرو و آتش دشمن را می‌دانیم. تعداد نفرات و قدرت آتش نیروهای خودی نیز معلوم است. درصدد هستیم که حتماً منطقه سوق‌الجیشی X تسخیر گردد و سایر مناطق نیز حتی‌المقدور تصرف شوند.

می‌خواهیم بهترین طرح تقسیم نیروها و تجهیزات را برای اینکه با اطمینان ۹۵ درصد موفق شویم، به‌دست آوریم.

نمونه‌های دیگری از کاربرد تحقیق در عملیات

- ارائه مثال‌های بالا می‌تواند تا بی‌نهایت هم ادامه یابد. به منظور جلوگیری از اطالۀ کلام، ذیلاً عناوین برخی از کاربردهای تحقیق در عملیات در نیروهای نظامی ارائه می‌گردد:
- ✓ تنظیم جداول نگهداری و تعمیرات.
 - ✓ تعیین جایگزین انفرادی یا گروهی اقلامی که دچار فرسودگی شده‌اند.
 - ✓ تخصیص نیروی انسانی و ماشین‌آلات و تجهیزات به یگان‌های مختلف.
 - ✓ تنظیم طرح‌های ساخت و ساز به‌طوری که سرمایه در گردش هر طرح به حداقل برسد و بتوان با کمترین بودجه، طرح‌های جدید را به اجرا گذشت.
 - ✓ برنامه‌ریزی موجودی آمادگاه‌ها و مراکز پشتیبانی با توجه به تغییرات فصلی.
 - ✓ و ...

استفاده از تیم چند تخصصی

با توجه به رویکرد سیستمی پژوهش در عملیات که باید به عوامل، اجزاء و مفاهیم مختلف عملیات و سیستم‌ها توجه داشته باشد، ناگزیر باید از تخصص‌های مختلف برای شناسایی مسأله، فرمول‌بندی و ساخت مدل استفاده نمود. به‌عنوان مثال همان‌طور که در تاریخچه پژوهش در عملیات اشاره شد، در هسته اصلی پژوهش در عملیات در جنگ جهانی دوم، از متخصصین گوناگون استفاده شد که هر کدام مورد نیاز یک بخش از عملیات نظامی بودند.

به‌طور کلی پژوهش در عملیات یک رشته بین‌رشته‌ای بوده و موفقیت در حل مسائل مورد نظر، مستلزم استفاده از تخصص‌هایی غیر از متخصص پژوهش در عملیات (که نقش واسطه، هماهنگ‌کننده و نتیجه‌گیرنده از فعالیت‌های تیمی را بر عهده دارد) مانند تخصص‌های علوم پایه، فنی و مهندسی، کامپیوتر و مدیریت می‌باشد.

یک متخصص کارآمد پژوهش در عملیات، باید بتواند با متخصصین دیگر رشته‌ها، تیم تشکیل داده و آنها را در یک مسیر طولانی و سخت هدایت نماید. بنابر این علاوه بر دارا بودن مهارت لازم در روش‌شناسی پژوهش در عملیات باید آشنایی لازم با موضوع داشته و با داشتن

مهارت برقراری ارتباط با دیگران، درک مناسبی از مسأله و سازمان سفارش دهنده یا حمایت کننده پروژه به دست آورد. (لاس و روزن وین، ۱۹۹۷: ۳۷)

پیشنهاد

با توجه به اینکه پژوهش در عملیات مختلف نظامی در سال‌های اخیر از جمله عملیات سپرصحرا کارآیی خود را به نحو احسن نشان داده و در ارتش‌های پیشرفته دنیا مورد توجه فرماندهان می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد به منظور بهینه‌سازی سیستم‌ها و بهبود روش‌ها و سازمان دادن امور در آجا، یک تیم قوی تحقیق در عملیات در اداره پنجم سماجا و ستاد هر یک از نیروهای سه گانه آجا تشکیل شده و کلیه طرح‌های بازسازی زیر نظر این تیم‌ها انجام شود.

منابع

- ۱- آریان‌نژاد، میربهادرقلی، (۱۳۷۱)، برنامه‌ریزی خطی و الگوریتم کارمارکار، تهران، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
- ۲- اصغرپور، محمدجواد، (۱۳۷۲)، تصمیم‌گیری و تحقیق عملیات در مدیریت، تهران، انتشارات دانشگاه تهران
- ۳- اسپایوی، آلن، (۱۳۶۲)، برنامه‌ریزی خطی، ترجمه کیومرث پیریانی، تهران، انتشارات دانش پژوهش.
- ۴- اکاف، آر. ال، (۱۳۷۷)، روش علمی: بهینه‌سازی تصمیمات در پژوهش‌های کاربردی - ترجمه منصور شریفی کلویی، تهران، نشر آروین
- ۵- دانشگاه صنعتی مالک اشتر، (۱۳۶۹)، جزوات درسی و کلاسی تحقیق در عملیات - اصفهان.
- ۶- طه، حمدی، (۱۳۶۶)، آشنایی با تحقیق در عملیات، ترجمه محمد باقر بازرگان، تهران، مرکز نشر دانشگاهی
- ۷- لوین، ریچارد، (۱۳۵۸)، روش‌های کمی در مدیریت، ترجمه عباس و نفیسه هیأت، تهران، مرکز آموزش مدیریت دولتی
- ۸- مهرگان، محمدرضا، (۱۳۷۸)، پژوهش عملیاتی: برنامه‌ریزی خطی و کاربردهای آن، تهران، نشر کتاب دانشگاهی.

9- Ackoff, R. L. 1962. *Scientific Method: Optimizing applied research decisions*. New York: John Wiley & Sons.

10- Caywood, T. E. 1971. *Operations Research*. quoted in Soper, M. E., L. N. Osborn and D. L. Zweigig. 1990. *The librarian's Thesaurus*. Chicago: American Library Association.

11-Churchman, C. W., R. L. Ackoff and E. L. Arnoff. 1957. *Introduction to Operations Research*. quoted in Wilkes, F. M. 1980. *Elements of Operations Research*. London: McGraw-Hill.

12-Luss, H. and M. B. Rossenwein. 1997. *Operations Research applications: Opportunities and accomplishments*. *European Journal of Operational Research*.

13-Miller, D. M. and J. W. Schmidt. 1984. *Industrial Engineering and Operations Research*. New York: John Wiley & Sons.

14- Philips, D. T., A. Ravindaran and J. J. Solberg. 1987. *Operations Research: methods and practice*. New York: John Wiley & Sons.

15- Pollock, S. M., M. H. Rothkopf and A. Barnett. eds. 1994. *Operations Research and the Public Sector*. North-Holland: Elsevier.

16- Saaty, T. L. 1988. *Mathematical methods for operations research*. New York: Dover.

17- Soper, M. E., L. N. Osborn and D. L. Zweizig. 1990. *The librarian's Thesaurus*. Chicago: American Library Association.

18- Taha, H. A. 1976. *Operations Research. An Introduction*. 2nd ed. New York: Macmillan.

19- Theirauf, R. J. and R. C. Keklamp. 1975. *Decision making through operations research*. 2nd ed. quoted in Wilkes, F. M. 1980. *Elements of Operations Research*. London: McGraw-Hill.

20- Warner, M. ed. 1996. *International Encyclopedia of Business and Management*. London: Routledge.