

## طبیعت تحقیق در عملیات

دکتر میربهادرقلی آریانزاد

احمد ماکویی

تحقیق در عملیات (OR) یکی از مباحث ریاضیات کاربردی است که باعث تحول شگرفی در علوم تصمیم‌گیری شده است. بایستی به این نکته توجه داشت که تحقیق در عملیات علاوه بر موارد صنعتی، کاربردهای بسیار وسیعی در زمینه‌های حکومتی، نظامی، مؤسسات آموزشی، تعاونی‌ها، بیمارستان‌ها و غیره دارد. موارد استفاده از OR آنچنان وسیع و متنوع شده است که حتی می‌توان آن را در جایایی ایستگاه‌های اطفای حریق، صرفه‌جویی در مصرف آب، عملیات کشاورزی و معادن، سرویس‌های پزشکی و دندانپزشکی، طراحی‌ها و برنامه‌ریزی‌های شهری، استانی و کشوری نیز به کار برد.

در این مقاله، سه موضوع اصلی مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱. تاریخچه‌ای از تکامل تحقیق در عملیات.

۲. تعریف تحقیق در عملیات و شناسایی و نمایش مشخصه‌های اساسی آن.

۳. روشن کردن روابط آن با دیگر زمینه‌های علوم.

همچنین سعی شده است تا مثال‌های ارائه‌شده، همگی از کاربردهای صنعتی OR

باشند. [۱]

### ● تکامل تحقیق در عملیات

این‌گونه به نظر می‌رسد که واژه ترکیبی تحقیق در عملیات، نخستین بار در سال ۱۹۳۹ میلادی به کار برده شده است، ولی همان‌گونه که در خصوص دیگر رشته‌های علوم صادق است، OR نیز ریشه در تاریخ علوم و جوامع دارد. علی‌رغم این‌که این ریشه به قبل از انقلاب صنعتی بازمی‌گردد، اما واقعیت این است که در طول انقلاب صنعتی بود که نیاز به وجود OR کاملاً احساس گردید.

تا نیمه قرن نوزدهم، اکثر کارخانه‌ها فقط از نیروی بدنی کارگران خود استفاده

می‌کردند. تکامل ماشین‌آلات و تجهیزات که به معنای جایگزینی ماشین به عنوان منبع نیرو به جای انسان بود و نیز تکامل شبکه‌های حمل‌ونقل ملی و شبکه‌های ارتباطی باعث تقویت صنایع گردیدند. با توسعه سازمان‌ها، دیگر امکان اداره کردن آنها توسط یک نفر وجود نداشت، بنابراین صاحب سازمان یا مؤسسه ناگزیر از تقسیم وظایف خود و محوّل نمودن آنها به دیگر افراد بود. برای مثال پست مدیر تولید، مدیر مالی، مدیر پرسنلی، مدیر بازاریابی و مدیر تحقیق و توسعه به تدریج ظاهر شدند. با توسعه بیشتر صنایع، این تقسیمات حتی کوچکتر شدند. برای مثال برخی اوقات بخش تولید به زیربخش‌های سفارش‌ها و خرید، نگهداری و تعمیرات، حمل و نقل، کنترل کیفیت و تولید تقسیم گردیدند.

با رشد و توسعه بیشتر جمعیت، بازارهای جدیدی ایجاد و منابع تازه‌ای برای تأمین مواد اولیه کشف شدند. متعاقب آن، عملیات صنعتی در نقاط مختلف جغرافیایی پخش گردیدند و تجهیزات تولیدی و دفاتر فروش در مناطق گوناگون استقرار یافتند که هر یک نیز مدیریت خاص خود را طلب می‌نمودند. این امر به صورت طبیعی منجر به تقسیم‌بندی وظیفه‌ای و جغرافیایی سازمان و مدیریت گردید.

علوم کاربردی جدیدی برای برآوردن نیازمندی‌های هر یک از انواع جدید مدیریت به‌وجود آمدند. برای مثال، کاربرد فیزیک و شیمی جهت حل مسائل ناشی از تولید باعث گردید تا مهندسی مکانیک و مهندسی شیمی پای بگیرند. بعدها با کاربرد علوم ماری و روانشناسی در تولید، به تدریج مهندسی صنایع پای گرفت.

بازاریابی، اقتصاد خرد و روانشناسی صنعتی و جامعه‌شناسی صنعتی نیز از دیگر علوم هستند که در جهت کمک به مدیریت ایجاد شدند. هر چه علم مدیریت تخصصی‌تر شد، علوم کاربردی تخصصی‌تری در خدمت آن قرار گرفتند. به عنوان مثال از این علوم، می‌توان به کنترل کیفیت آماری، مهندسی حمل‌ونقل مواد، مهندسی نگهداری و تعمیرات اشاره کرد.

یک جنبه بسیار مهم این تحول به چیزی بستگی داشت که رخ نداد؛ علوم در جهت وظایف اجرایی مدیریت به صورت کاربردی درنیامدند. برای درک ماهیت و فضای این واقعیت، نخست باید مفهوم وظایف اجرایی روشن گردد. هر زمان که یک وظیفه مدیریتی به مجموعه‌ای از زیروظایف شکسته می‌شود، یک شغل جدید ایجاد می‌گردد.

این شغل جدید عبارت است از یکپارچه و هماهنگ کردن وظایف فرعی متفاوت به گونه‌ای که آنها را در راستای اهداف کل مجموعه قرار دهد. شغل یکپارچه و هماهنگ نمودن، وظیفه اجرایی مدیر است.

برای شناخت بهتر وظیفه اجرایی لازم است برای عملکرد زیرواحدها، اهداف و روشهای اندازه‌گیری مشخصی را تعیین نمود. برای مثال، اکثر مؤسسات اهداف ذیل را جهت زیر بخش‌های اجرایی خود در نظر می‌گیرند:

**تولید:** برای حداکثر کردن میزان محصولات یا خدمات تولید شده و نیز حداقل کردن هزینه تولید هر واحد.

**بازاریابی:** برای حداکثر کردن میزان فروش و نیز حداقل نمودن هزینه فروش هر واحد.

**مالی:** برای حداقل نمودن سرمایه مورد نیاز جهت حفظ هر سطحی از کار تجاری.

**پرستلی:** برای حفظ روحیه و بهره‌وری بالای پرسنل.

از آنجایی که اهداف فوق‌الذکر می‌توانند ناسازگار باشند، گردآوری آنها در یک جا با دشواری‌هایی روبروست. برای مثال، سیاست موجودی و اثرات آن را روی هر یک از چهار مورد فوق بررسی می‌کنیم.

بخش تولید مایل است با حداقل هزینه، حداکثر تولید را داشته باشد. این امر در صورتی می‌تواند کاملاً تحقق یابد که فقط یک محصول و آن هم به طور پیوسته تولید شود. در صورتی که قرار باشد چند نوع محصول تولید گردد، کم‌هزینه‌ترین سیاست این خواهد بود که در هر دور تولید، حداکثر میزان ممکن تولید شود. این کار باعث حداقل شدن هزینه‌های راه‌اندازی و نیز تعویض قالب‌ها و غیره خواهد شد. در صورتی که بخش تولید از یک چنین سیاستی پیروی نماید، حجم وسیعی از موجودی جهت محصولات مختلف ایجاد خواهد شد. بنابراین سیاست مورد علاقه بخش تولید، باعث ایجاد میزان زیادی موجودی خواهد شد.

بخش بازاریابی نیز خواستار حجم وسیعی از موجودی‌ها می‌باشد. این تمایل از این جهت است که این بخش بتواند در اسرع وقت، تمامی نیازمندی‌های مشتریان خود را برآورده نماید، ولی از سوی دیگر، بخش بازاریابی به دلیل تمایل فطری‌اش جهت نفوذ

هر چه بیشتر در تمامی اقسام مصرف‌کنندگان نیز مایل است که تنوع انواع تولیدات بیشتر باشد و این امر یکی از نقاط ناسازگاری بین بخش تولید و بخش بازاریابی خواهد بود.

بخش مالی با توجه به هدف خود که حداقل نمودن سرمایه مورد نیاز جهت گردش کار است، مایل به کم کردن حجم پول تخصیصی به کار می‌باشد. یکی از ساده‌ترین روش‌های دستیابی به این هدف، کاهش حجم موجودی‌هاست که در نتیجه باعث خواهد شد «پول خوابیده» در موجودی آزاد گردد.

هنگامی که فروش کم باشد، بخش پرسنلی، مخالف با کاهش تولید خواهد بود، چرا که اعتقاد دارد این امر منجر به بیکاری و یا حتی اخراج کارگران خواهد شد و این پدیده می‌تواند به شدت باعث تضعیف روحیه پرسنل شود و به علاوه، سطح مهارت را پایین آورده و هزینه‌های آموزش را افزایش دهد. به همین دلیل نیز این بخش تمایل زیادی به حفظ تولید در یک سطح ثابت دارد. این تمایل بدین معناست که در زمان پایین بودن فروش، مازاد تولید، صرف افزایش سطح موجودی شود و به هنگام بالا بودن فروش، کمبود از موجودی ذخیره شده از قبیل تأمین گردد. بنابراین دیده می‌شود که دیدگاه‌های بخش پرسنلی و امور مالی در زمینه موجودی‌ها، چقدر با هم متفاوت می‌باشند.

حال دیگر بر عهده مدیران اجرایی خواهد بود تا با توجه به موارد ذکر شده در بالا، سیاستی برای موجودی اتخاذ نمایند تا منافع کل شرکت و مؤسسه را دربرداشته باشد و نه این که فقط منافع تک‌تک بخش‌های موجود در شرکت یا مؤسسه را در نظر بگیرد. این وظیفه یکپارچه و هماهنگ نمودن، نیازمند داشتن دیدی از کل شرکت یا مؤسسه است و این وظیفه اصلی مدیر اجرایی می‌باشد.

مدیر اجرایی در صنعت دارای پیشرفت مرحله به مرحله بوده است و تغییرات در تکنولوژی توانسته‌اند دگرگونی شدیدی را به آن تحمیل کنند، در صورتی که مدیر تولید دارای چنین وضعیتی نبوده است. در واقع، مدیر اجرایی به تدریج در میان مشکلات خود رشد کرد. مشکلاتی که راه حل آنها بیشتر بر پایه قضاوت‌های صحیح و تجارب کافی پایه‌گذاری می‌شدند. مدیر اجرایی نیازی به استفاده از علائم پیچیده برای حل مسائل خود نمی‌دید، ولی به تدریج و با گذشت زمان، با سنگین‌تر شدن بار

مشکلات ، وی نیز به اجبار دست نیاز به سوی آنهایی دراز نمود که هم دانش و هم تجربیاتشان بیش از خود او بود . این نیاز به صورت استفاده از مشاورینی چند خود را ظاهر کرد . البته فعالیت‌های این مشاوران هنوز بر مبنای روش‌های علمی نبود . در حقیقت آن چه را که OR می‌نامیم ، همان استفاده از روش‌های علمی برای کمک کردن به مدیر اجرایی است . OR بعدها در جریان جنگ دوم جهانی پای به عرصه وجود گذاشت .

سازمان‌های نظامی نیز همان مسیر تحولی را طی کردند که سازمان‌های صنعتی طی نموده بودند . رشد تکنولوژی‌های جدید باعث به وجود آمدن تقسیمات هر چه بیشتر در سازمان و نیز مهارت‌های مدیریتی گردید . چهار وظیفه بزرگ مدیریتی در تشکیلات نظامی ظاهر شدند :

G1 : امور اداری

G2 : امور اطلاعاتی

G3 : عملیات و آموزش

G4 : لجستیک و پشتیبانی

هر یک از بخش‌های فوق نیز به زیربخش‌هایی تقسیم گردیدند . برای مثال ، بخش G4 خود به زیربخش‌های اردنانس ، ترابری ، مهندسی و مانند آن تقسیم شد . زیربخش‌ها نیز دوباره تقسیم شدند و همانند حالتی که در سازمان‌های صنعتی شاهد آن هستیم ، حتی عدم تمرکز جغرافیایی نیز ایجاد شد .

عمده‌ترین تفاوت بین تحولات در سازمان‌های نظامی و سازمان‌های صنعتی را بایستی در فاصله زمانی بیست ساله بین پایان جنگ اول و جنگ دوم جهانی جستجو کرد . در طی این دوره ، تکنولوژی نظامی بسیار سریع‌تر از آن رشد نمود که بتواند در تاکتیک‌ها و استراتژی‌های نظامی جذب شود . بنابراین جای تعجب نخواهد بود که چرا مدیران اجرایی ارتش انگلستان یا همان فرماندهان ، با آغاز حملات هوایی ارتش آلمان به انگلستان ، دست نیاز به سوی دانشمندان دراز کردند . آنها مایل به دانستن این نکته بودند که مثلاً ۱۰ رادار جدید را چگونه در چاروب تاکتیک‌ها و استراتژی‌های دفاع هوایی خود جای دهند .

گروه کوچکی از دانشمندان توانستند با موفقیت زیاد در فاصله سال‌های ۴۰-۱۹۳۹

روی این مسأله کار کنند. این موفقیت باعث شد تا در آمریکا، کانادا و فرانسه، تقاضا برای چنین نوع خدماتی افزایش یابد. این گروه‌های دانشمندان معمولاً تحت نظر مدیر اجرایی عملیات قرار می‌گرفتند. به همین دلیل نیز در انگلستان کار آنها «تحقیق در عملیات» نامگذاری شد. در آمریکا نام‌هایی دیگری نیز انتخاب گردید نظیر آنالیز عملیاتی، ارزیابی عملیاتی، آنالیز سیستم‌ها، ارزیابی سیستم‌ها، تحقیق در سیستم‌ها و علوم مدیریتی. از آنجا که نام «تحقیق در عملیات» مقبولیت بیشتری یافته است، ما نیز از این نام استفاده خواهیم کرد.

پس از پایان یافتن جنگ دوم جهانی، اتفاقات گوناگونی برای تحقیق در عملیات رخ داد. در انگلستان، بودجه نظامی کاهش یافت. این امر منجر به آزاد شدن بسیاری از نیروهای گردید که در گروه‌های تحقیق در عملیات فعالیت داشتند و این همزمان با نیاز شدید مدیران صنایع انگلستان به بازسازی تجهیزات تولیدی بود که در طی جنگ آسیب دیده بودند. با بازگشت کارگران به صنایع، به تدریج ملی کردن صنایع پایه‌ای آغاز شد. مدیران این صنایع، دست نیاز به سوی متخصصین تحقیق در عملیات دراز نمودند و آنها را در کارخانه‌ها جذب کردند. در حقیقت، این صنایع فولاد، ذغال سنگ، آهن و حمل‌ونقل بودند که تحقیق در عملیات صنعتی را پایه‌گذاری کردند.

بر خلاف وضعیت موجود در انگلستان، پایان جنگ در آمریکا باعث افزایش سرمایه‌گذاری‌ها در امور نظامی گردید. در نتیجه در این کشور نیز تحقیق در عملیات گسترش یافت و بسیاری از متخصصین OR همچنان در ارتش باقی ماندند. از آنجایی که جنگ هیچ‌گونه صدمه‌ای به صنایع آمریکا نرسانده بود، لذا مدیران صنایع نیز نیازی به متخصصین OR در بازسازی کارخانه‌ها احساس نکردند.

نیاز به استفاده از علوم در حل مسائل صنعتی در آمریکا، بر اثر انقلاب دوم صنعتی در این کشور احساس گردید. جنگ باعث بروز پیشرفت‌های فراوانی در زمینه‌های ارتباطات، کنترل و محاسبه شد که این سه، پایه‌ای قوی جهت اتوماسیون را نیز بنا نهادند و این اتوماسیون چیزی جز جایگزینی انسان با ماشین به عنوان یک منبع کنترل نبود.

در اواخر دهه ۱۹۴۰ با تجاری شدن کامپیوترها، انقلاب دوم نیز به وقوع پیوست. توانایی‌های این مغزهای الکترونیک به عنوان ابزارهای جدید در مدیریت، بسیار

گسترده و متنوع بود. مدیران آموزش ندیده، چاره‌ای جز کمک گرفتن از متخصصین نداشتند. تحقیقات با وقوع جنگ کره تشدید شد، چرا که این جنگ ایجاب می‌کرد تا بهره‌وری در صنایع هر چه بیشتر افزایش یابد. در نتیجه در دهه ۱۹۵۰ صنایع شروع به جذب متخصصین OR نمودند که از ارتش خارج شده بودند. مؤسسات مشاوره‌ای، دانشگاه‌ها، انستیتوهای تحقیقاتی و آژانس‌های دولتی نیز بخش دیگری از این متخصصین را جذب کردند.

در طی یک دهه، تعداد متخصصین OR در صنایع و دانشگاه‌ها و مؤسسات وابسته به دولت به میزان این متخصصین در ارتش (حدود ۴۰۰۰ نفر) رسید. در سال ۱۹۵۳ انجمن تحقیق در عملیات در آمریکا پایه‌گذاری شد. به دنبال آن، انجمن‌های دیگری نیز در آمریکا و سایر کشورهای جهان در زمینه OR ایجاد شدند. نشریات گوناگونی نیز در آمریکا و دیگر نقاط جهان به وجود آمدند که موضوع آنها OR بود. به طور خلاصه پس از یک دهه رشد سریع در ارتش، OR رشد سریع‌تر خود را در صنایع، دانشگاه‌ها و سازمان‌های دولتی ادامه داد.

### ● مفهوم و طبیعت تحقیق در عملیات

تعاریفی چند از OR ارائه شده است. در عین حال می‌توان نمونه‌هایی نیز ارائه داد که نشان می‌دهند چرا نمی‌توان تعریف دقیقی از OR داشت. با بررسی تعاریفی که از علوم مختلف شده‌است به این نتیجه می‌رسیم که اصولاً هیچ تعریفی از هیچ علمی ارائه نشده‌است که بتواند مورد قبول عام باشد، بنابراین تعریفی که در ذیل خواهد آمد نیز ممکن است مورد قبول تمام متخصصین واقع نگردد. به هر حال با توجه به تاریخچه پیدایش OR و نیز طبیعت آن می‌توان OR را به صورت زیر تعریف نمود:

(۱) کاربرد روش‌های علمی (۲) توسط گروه‌هایی از افراد با تخصص در علوم رابط (۳) برای حل مسائلی که در خصوص کنترل سیستم‌های سازمان یافته از انسان و ماشین هستند و ارائه راه حلی که به بهترین نحو، اهداف کل سازمان را برآورده نماید. خصوصیات اصلی OR که در تعریف فوق به آن اشاره شده‌است عبارتند از:

الف) جهت‌گیری سیستمی آن

ب) استفاده از گروه‌های متخصصین علوم رابط

ج) استفاده از روش‌های علمی برای مسائل کنترل

حال هر یک از موارد فوق را جداگانه مورد بررسی قرار می‌دهیم.

○ جهت‌گیری سیستمی OR: این جهت‌گیری بر پایه این مشاهده قرار دارد که در سیستم‌های سازمان یافته، رفتار هر بخش در نهایت، اثرات چندی روی دیگر بخش‌ها خواهد داشت. البته تمامی این اثرات، مشهود و یا قابل تشخیص نیست، با این حال، عمده‌ترین سمت این جهت‌گیری روی جستجوی سیستماتیک تبادلات بین بخش‌های مختلف جهت تدوین سیاست و عملکرد بخش‌های سیستم است.

متخصصین OR تقریباً همیشه، مفاهیم ارائه شده از سوی مدیریت را در خصوص مسأله، بسط و گسترش می‌دهند تا بتوانند روابط متقابل بین بخش‌های سیستم را که از سوی مدیریت نادیده انگاشته می‌شوند در مدل مسأله بگنجانند. برای مواجهه با چنین مسأله بسط‌یافته، روش‌ها و تکنیک‌های جدید محاسباتی و تحقیقاتی گسترش یافته‌اند.

اجازه دهید تا مسأله کنترل موجودی را به عنوان یک مثال در نظر بگیریم. اگر کنترل تولید و موجودی فقط از دیدگاه دپارتمان تولید مورد نظر قرارگیرند، اثرات هرگونه سیاستی در حجم و قیمت فروش و در نتیجه نیازهای مالی و پرسنلی نادیده گرفته می‌شوند. تلاش‌ها در OR همگی در جهت در نظر گرفتن تمامی اثرات مهم و مشخص در سیستم می‌باشد.

○ گروه‌های متخصصین علوم رابط: تقسیم‌بندی محدودده دانش به طبقات خاص، فرآیندی به‌نسبت جدید می‌باشد. درحقیقت این امر یکی از نتایج قرن نوزدهم بوده است. تقریباً تا اواخر قرن هفدهم، یک فرد می‌توانست بیشتر دانش بشری را که تا آن زمان جمع‌آوری شده بود فراگیرد، بنابراین هیچ‌گونه نیازی به تخصصی‌کردن علوم وجودنداشت و تمامی علوم تحت عنوان فلسفه شناخته می‌شدند. به تدریج با افزوده‌شدن بر حجم دانش بشری، این حجم فراتر از حافظه مغز انسان قرارگرفت و بحث تخصصی شدن علوم پیش آمد. فلسفه طبیعی از فلسفه سنتی جدا و بعدها به نام علوم طبیعی شناخته شد. در اواسط قرن گذشته بود که علوم طبیعی به دو علم فیزیک و شیمی تقسیم گردید. اندک زمانی بعد، زیست‌شناسی به عنوان یک علم مستقل پای به عرصه وجود گذارد. کمی قبل از پایان قرن نوزدهم بود که روانشناسی نیز استقلال



خود را بازیافت و علوم اجتماعی هم در اوایل قرن بیستم مستقل شدند . تمامی این علوم پیش‌گفته ، همچنان به تقسیم شدن ادامه دادند به طوری که امروز صدها رشته مستقل از علوم وجود دارند .

امروز ما عادت کرده‌ایم که علوم را به همان صورتی تقسیم نماییم که دپارتمان‌های دانشگاه‌ها تقسیم‌بندی شده‌اند و فکر می‌کنیم که طبیعت نیز باید بدین‌گونه تقسیم‌بندی شده باشد . البته این امر مطلقاً صحت ندارد . واقعیت این است که در طبیعت ، مسأله‌ای به نام مسأله فیزیکی ، مسأله اقتصادی ، مسأله روانی و غیره وجود ندارد . در طبیعت فقط مسائل هستند که وجود دارند . تقسیم‌بندی‌های گوناگون علوم فقط نشان‌دهنده زوایای دید گوناگون به این مسائل هستند . می‌توان نکته فوق را به بحث جاری این بخش نیز بسط داد ؛ مسأله‌ای به نام مسأله تولید ، مسأله بازاریابی یا مسأله مالی در یک سازمان وجود ندارد ، بلکه همگی اینها دیدگاه‌های مختلف برای بررسی مسائل سازمان هستند .

می‌توان تصادف یک اتومبیل با یک لوکوموتیو را بر پایه‌های مختلف تفسیر کرد ، براساس قوانین دینامیک یا خرابی سیستم‌های هشداردهنده یا وضعیت سلامتی و روانی راننده و یا استفاده اجتماعی از اتومبیل به عنوان وسیله خودکشی و غیره . این‌که از چه دیدگاهی به این حادثه نگاه کنیم ، بستگی به دلایل ما خواهد داشت . مثلاً اگر قصد ما جلوگیری از بروز حوادث مشابه باشد ، آنگاه بایستی مسأله را از دیدگاهی بررسی کنیم تا یک راه حل مؤثر با کمترین هزینه برای آن پیدا شود .

تجربه به ما آموخته است که کدام راه‌ها را برای بررسی مسائل برگزینیم . حتی برای مسائل ناآشنا نیز سعی می‌کنیم از راه‌های آشنا استفاده کنیم . بنابراین جای تعجب نخواهد بود اگر که در مواجهه با مسأله افزایش بهره‌وری در یک کارخانه ، متخصص روانشناسی کارخانه ، سعی در انتخاب بهترین کارگران یا بهبود آموزش آنها داشته باشد ، مهندس مکانیک کارخانه نیز برای بهبود وضعیت ماشین‌آلات یا فرآیند عملیات تلاش کند و یا سیستم‌های پرداخت تشویقی برای کارگران در نظر گرفته شود . از سوی دیگر سیستم آنالیز کارخانه نیز عقیده داشته باشد که تنها راه حل ، بهبود وضعیت تبادل اطلاعات در درون کارخانه و با بیرون از کارخانه است .

تک تک راه‌حل‌های فوق می‌توانند باعث بهبود شوند ولی کدامیک از آنها و کدام

ترکیب از آنهاست که می‌تواند بهترین باشد؟ برای مسائل پیچیده هرگز نمی‌توان از قبل به این سؤال پاسخ داد، بنابراین مطلوب خواهد بود تا انواع مختلفی از روش‌ها را برای مواجهه با چنین مسأله‌ای تدوین کرد. در حقیقت علت استفاده از تیم‌های متخصصین رابط نیز همین نکته است.

از آنجایی که بیش از یکصد رشته در علوم محض و کاربردی وجود دارند، طبیعی است که امکان شرکت دادن یک متخصص از هر علمی وجود نخواهد داشت ولی استفاده از چند نفر متخصص در علمی که بیشترین ارتباط را با موضوع دارند می‌تواند بسیار مفید باشد.

○ روش OR: در بسیاری از مباحث در خصوص روش علمی، تجربه‌گرایی به عنوان یک اصل مهم تلقی شده است. متأسفانه تجربه‌گرایی در معنای دقیق آن برخی از اوقات در سازمان‌های دولتی، نظامی یا صنعتی غیرممکن و یا لاقابل‌غیرعملی است. برای مثال یک شرکت صنعتی نمی‌تواند به صرف کسب تجربه، ریسک شرکت را قبول کند. البته تجربه‌گرایی، گاه می‌تواند مطرح باشد، به خصوص در زیرسیستم‌ها می‌تواند نقش مهمی را در OR ایفا نماید. تقریباً هیچگاه نمی‌توان کل سیستم را موضوع تجربه‌گرایی قرار داد.

برای نمونه می‌توان به روش کار منجمین اشاره کرد. این روش کار بسیار به روش متخصصین OR شباهت دارد. ستاره‌شناسان می‌توانند سیستم مورد مطالعه خود را مشاهده کنند ولی قادر به هیچ‌گونه تغییر در آن نیستند. آنها نمایشی از سیستم و طرز کار آن را می‌سازند و مطالعات خود را روی آن ادامه می‌دهند. این ساختار را مدل می‌نامند. متخصصین OR نیز از چنین شیوه‌ای پیروی می‌کنند.

مدل‌ها در OR از معادلات ریاضی تشکیل شده‌اند که دارای اسکلت ساده‌ای هستند:

$$U = f(x_i, y_j)$$

در این معادله  $U$  ارزش کارایی سیستم است.  $x_i$ ها متغیرهایی می‌باشند که قابل کنترل هستند.  $y_j$ ها متغیرها یا مقادیر ثابتی می‌باشند که قادر به کنترل آنها نیستیم ولی روی  $f$  مؤثر هستند.  $U$  نیز رابطه‌ی مابین  $x_i$ ،  $y_j$  است.

به علاوه یک یا چند معادله یا نامعادله نیز ممکن است مورد نیاز باشند. این معادلات یا نامعادلات بیانگر این حقیقت هستند که برخی یا تمام متغیرهای قابل

کنترل می‌توانند فقط در محدوده خاصی واقع شوند. به عنوان مثال، مقدار اختصاص داده شده برای زمان ماشین‌کاری نمی‌تواند کمتر از صفر و یا بیشتر از کل زمان در دسترس باشد و یا مجموع بودجه‌های اختصاص داده شده به دپارتمان‌های مختلف در یک اداره نمی‌تواند بیشتر از کل بودجه آن اداره باشد.

معادله کارآیی سیستم و معادلات محدودیت‌ها با همدیگر «مدل سیستم» را تشکیل می‌دهند. این مدل یک مدل تصمیم و یک مدل سیستم است. با ساخته شدن مدل، می‌توان از آن برای یافتن دقیق یا تقریبی مقادیر بهینه متغیرهای قابل کنترل استفاده کرد، یعنی مقادیری که بهترین کارآیی را برای سیستم، تحت متغیرهای غیرقابل کنترل حاصل می‌نمایند. ما می‌توانیم راه‌حلی را برای مسأله با استفاده از مدل به دست آوریم و چگونگی آن بستگی به طبیعت مدل دارد.

مدل را می‌توان با دو روش، استفاده از مفهوم تجربه‌گرایی (شبیه‌سازی) یا با آنالیز ریاضی حل کرد. بسیاری از اوقات می‌توان بدون نیاز به داشتن مقادیر متغیرها، مدل را آنالیز ریاضی نمود (روش سمبولیک) ولی در مواقع دیگر لازم است که مقادیر متغیرها در دست باشد (روش‌های عددی). برای برخی از انواع توابع  $f$  (روابط ساده جبری) می‌توان از روش‌های کلاسیک ریاضی استفاده کرد تا بهترین مقادیر متغیرهای قابل کنترل، به دست آیند. البته این روش‌ها فقط در مواقعی کارآیی دارند که تعداد متغیرها از نظر عددی زیاد نباشند. توضیح این که در سال‌های اخیر، تکنیک‌های ریاضی خوبی جهت مسائل با ابعاد بزرگ، ایجاد شده‌اند. از سوی دیگر ممکن است تابع  $f$  از مجموعه‌ای از قواعد محاسبه‌ای (الگوریتم) تشکیل شده باشد که اجازه دهد تا مقدار  $U$  تحت هر مقدار تعیین شده‌ای از متغیرهای قابل کنترل و غیرقابل کنترل محاسبه شود ولی اجازه ندهد تا مقادیر بهینه متغیرهای قابل کنترل مستقیماً محاسبه گردند.

همچنین می‌توان فرآیندی را تعریف کرد که طی آن مقادیر متغیرهای کنترل شده به صورت متوالی، به گونه‌ای انتخاب شوند که این توالی سرانجام به سوی جواب بهینه همگرایی داشته باشد. در مورد برخی از الگوریتم‌ها، هزینه یافتن جواب بهینه نسبت به منافعی که از جواب بهینه حاصل می‌شود، بسیار زیاد است. در این حالت، یک جواب خوب با هزینه کمتر می‌تواند جالب‌تر باشد. هر زمان که  $U$  را با استفاده از

مجموعه جدیدی از  $\lambda$ ها، بر حسب مقادیر تعیین شده  $\lambda$ ها محاسبه می‌کنیم، نکته جدیدی را درخصوص چگونگی کارکرد سیستم می‌آموزیم. برپایه این آموخته‌ها می‌توانیم مجموعه جدیدی از  $\lambda$ ها را تعریف کنیم تا در سیستم، بهبود ایجاد شود. اگر قادر باشیم میزان بهبود را پیش از وارد شدن به جزئیات محاسبات تخمین بزنیم می‌توانیم آن را با هزینه محاسبات مقایسه کرده و در مورد ادامه یافتن عملیات، تصمیم مناسب را اتخاذ کنیم.

سیستم می‌تواند به شکلی باشد که نتوان پیش از تصمیم‌گیری در خصوص  $\lambda$ ها تمامی مقادیر  $\lambda$ ها را معلوم کرد. برای مثال اگر یکی از  $\lambda$ ها مقدار فروش ماه آینده و یکی از  $\lambda$ ها مقدار تولید ماه آینده باشد، تصمیم‌گیری در خصوص مقدار  $\lambda$  فقط می‌تواند بر پایه تابع توزیع احتمالاتی فروش انجام گیرد. در یک چنین حالتی اگر  $f$  تابعی ساده باشد، می‌توان در برخی موارد، ارزش انتظاری متغیرهای مجهول را محاسبه و بر اساس آن تصمیم‌گیری کرد. با این حال در بسیاری از مسائل، تصمیم‌گیری بر پایه ارزش انتظاری نمی‌تواند قابل قبول باشد. در این وضعیت، ناچار به استفاده از مفهوم تجربه‌گرایی (شبیه‌سازی) در مدل خواهیم بود و این کار با انتخاب متغیرهای غیرقابل کنترل با تواتر نتیجه‌شده از تابع توزیع احتمالاتی آنها انجام می‌گردد. با این عمل می‌توانیم مقادیر مناسب را محاسبه نماییم و در نهایت، توزیع احتمالاتی آن را به دست آوریم.

بخشی از اوقات، نقش تصمیم‌گیرنده انسانی در سیستم نمی‌تواند به قدر کافی جهت نمایش ساده مدل، شناخته شده باشد. در اینجا، شبیه‌سازی، انسان‌ها را در نقش بازیگران سیستم تلقی می‌کند. این‌گونه شبیه‌سازی را «بازی عملیاتی» می‌نامند.

به هر حال، از هر تکنیکی که استفاده شود، نتیجه آن دستیابی به یک حل بهینه یا شبه‌بهینه خواهد بود. حل بهینه، حلی است که ارزش کارآیی مدل را تحت محدودیت‌های مدل (بسته به طبیعت مدل)، حداکثر یا حداقل می‌کند. بهینه‌سازی، بهترین جواب را برای مسأله‌ای که فرموله شده و به شکل مدل درآمده است، ارائه می‌دهد، ولی از آنجا که یک مدل هرگز نمی‌تواند نمایش کامل و بی‌نقصی از مسأله باشد، جواب بهینه هرگز بهترین حل مسأله نیست. البته مدل، نمایش خوبی از مسأله است و در نتیجه، حل بهینه ناشی از مدل نیز می‌تواند یک حل خوب و تقریبی از

حلّ بهینه واقعی سیستم باشد .

از آنجایی که مقادیر به دست آمده از حلّ مُدل ، فقط هنگامی می‌توانند سیستم را بهبود بخشند که مُدل ، نمایشی خوب از سیستم باشد ، سازگاری مُدل با واقعیت از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است . به همین دلیل نیز بایستی مُدل حتماً مورد آزمایش قرار گیرد و جواب‌های آن نیز ارزیابی شوند . در نهایت ، از آنجایی که هدف OR تهیه گزارش‌ها نیست و هدف آن بهبود دادن سیستم است ، نتایج تحقیقات بایستی حتماً به تأیید مدیریت سیستم رسانده شود . در حقیقت آخرین آزمون مُدل در این مرحله انجام می‌پذیرد .

بایستی دقت داشت که در برخی از سیستم‌ها ممکن است متغیرهای غیرقابل کنترل و حتی ساختار سیستم نیز در حین مطالعه دچار تغییراتی شوند . تشخیص این تغییرات و نیز تغییرات ایجاد شده در محیط سیستم باعث می‌شوند تا تغییرات مناسب در جواب‌های بدست آمده ، اعمال نشوند . در حقیقت بایستی همواره جواب‌ها مورد بررسی و کنترل قرار گیرند و به‌روز درآورده شوند ، خصوصاً هنگامی که تصمیم‌گیری‌ها جنبه تکراری داشته باشند .

به طور خلاصه می‌توان ۵ مرحله زیر را در OR لیست کرد :

۱ - فرموله کردن مسأله

۲ - ساختن مُدل

۳ - استخراج حلّ از مُدل

۴ - آزمایش مُدل و ارزیابی حلّ به دست آمده

۵ - به‌روز درآوردن حلّ

لازم به ذکر است که مراحل بالا ، کاملاً از همدیگر قابل تمایز نیستند و ممکن است که هر یک از مراحل تا پایان کار نیز ادامه یابد .

### ● الگوهای مسائل در OR

OR از هنگام به‌وجود آمدن در طیف وسیعی از مسائل مورد استفاده قرار گرفته است . بسیاری از این مسائل ، تاکتیکی بوده‌اند و نه استراتژیک . وجود تمایز بین مسائل تاکتیکی و استراتژیک به‌سادگی قابل تشخیص نیست ، چرا که این وجوه تمایز

بر پایه سه مشخصه اصلی از مسائل، بنا نهاده شده‌اند که هر یک از این مشخصه‌ها، درجات مختلفی را شامل می‌شوند.

نخستین مشخصه این است که مسأله‌ای تاکتیکی تر نامیده می‌شود که تأثیرات حل آن، کوتاه‌مدت تر باشد. به بیان دیگر، اگر که حل آن را بتوان ساده‌تر دچار تغییرات نمود. هرچه تأثیرات حل یک مسأله بلندمدت تر باشد، آن مسأله استراتژیک تر است. از OR جهت حل مسائل با افق کوتاه‌مدت استفاده می‌شود. این مشخصه از مسأله را «بُرد مسأله» گویند. همچنین هنگامی یک مسأله را استراتژیک می‌نامند که بخش بزرگتری از سازمان، تحت تأثیر حل آن قرار گیرد. این مشخصه از مسائل را «دامنه مسأله» می‌نامند. در نهایت، مسأله‌ای استراتژیک تر است که تعداد بیشتری از اهداف را پوشش دهد. تمامی مسائل شامل انتخاب کردن راه‌هایی جهت دستیابی به نتیجه دلخواه هستند، ولی برخی از مسائل دارای نتیجه داده شده یا پیش‌بینی شده‌ای هستند. این نوع از مسائل را تاکتیکی گویند. بنابراین، طراحی یک سازمان، استراتژیک تر از حل مسأله حداقل نمودن هزینه‌های حمل و نقل است. این مشخصه از مسأله را تحت عنوان «جهت‌گیری بر مبنای هدف» می‌نامیم.

هیچ‌گونه مرزبندی روشن و دقیقی جهت تفکیک سه مشخصه فوق‌الذکر برای مسائل استراتژیک و تاکتیکی وجود ندارد؛ فقط در بهترین حالت می‌توان تعیین نمود که در مقایسه با تک‌تک این مشخصه‌ها، کدام مسأله، استراتژیک تر از بقیه است. همان‌گونه که پیشتر نیز اشاره شد، اکثر مسائل (ولی نه همه آنها) در OR بیشتر با مسائلی سروکار دارند که ذاتاً تاکتیکی هستند. بنابراین اکثر مباحث در OR در زمره مباحث تاکتیکی می‌باشند.

به یک معنا، هیچ دو مسأله تاکتیکی، دقیقاً یکسان نیستند، ولی از دیدگاهی دیگر تمامی مسائل تاکتیکی در الگوهای کاملاً تعریف شده‌ای قابل دسته‌بندی هستند. این که هیچ دو مسأله تاکتیکی دقیقاً یکسان نیستند، به محتوای آن مسائل اشاره دارد ولی این که می‌توان آنها را در الگوهای خاصی دسته‌بندی کرد، به ساختار آنها اشاره می‌کند. هر مسأله‌ای، هم دارای محتوا و هم دارای ساختار است. این دو، همانند دو روی یک سکه هستند. می‌توان در مورد هر یک به تنهایی بحث نمود، ولی نمی‌توان آنها را از همدیگر تفکیک کرد.

ساختار ، نشان دهنده راه‌های ارتباط مشخصات مسأله (متغیرها و ضرایب ثابت) با یکدیگر است . برای مثال ، دو دسته از متغیرها می‌توانند طوری با همدیگر ارتباط داشته باشند که بتوان هر دسته از آنها را به صورت یک خط مستقیم روی نمودار نمایش داد ، ولی این به معنای آن نیست که محتوا و معنای این دو دسته از متغیرها نیز با همدیگر یکسان باشد . ساختار و محتوای مسأله را به کمک فرآیندی که به آن «فرآیند انتزاع» می‌گوییم از همدیگر جدا می‌کنیم . زبانی که ما را قادر می‌سازد تا بتوانیم ساختار منتزع شده را از محتوا بیان کنیم ، زبان ریاضیات است . پس یک مدل تصمیم‌گیری ریاضی ، درحقیقت ، نمایش ساختار مسأله است .

انتزاع ساختار و محتوای مسأله ، مستلزم آگاهی از محتوای مسأله است . مدیران و کسانی که به نوعی درگیر عملیات هستند ، بسیار بهتر از محققین ، با محتوا آشنایی دارند . واقعیت نیز این است که محققین نه وقت آن را دارند و نه توان لازم که به اندازه مدیران و دست‌اندرکاران مسأله ، با محتوای آن آشنا شوند . بنابراین ، متخصصین OR ناچار باید اطلاعات فشرده سیستم و مسأله را از مدیران و دست‌اندرکاران دریافت کنند . به‌همین دلیل است که یکی از عوامل مهم در موفقیت عملکرد متخصصین OR را همکاری صمیمانه مدیران و دست‌اندرکاران سیستم ذکر نموده‌اند .

### ● کاربرد کامپیوتر در تحقیق در عملیات [۲]

تحقیق در عملیات به‌معنای واقعی ، جهش خود را در دهه ۱۹۵۰ میلادی آغاز کرد . ریچارد بلمن (Richard Bellman) پیشگام در تکوین برنامه‌ریزی پویا گردید ؛ لستر فورد (Lester Ford) و ری فولکرسون (Ray Fulkerson) مفهوم جریان در شبکه را ارائه نمودند ؛ هارولد کوهن (Harold Kuhn) ، آلبرت تاکر (Albert Tucker) و دیگران ، پایه‌های برنامه‌ریزی غیرخطی مدرن را بنیان نهادند ؛ رالف گوموری (Ralph Gomory) اولین الگوریتم عمومی را برای برنامه‌ریزی اعداد صحیح ارائه کرد ؛ جرج دانتریگ (George Dantzig) و فیلیپ ولف (Philip Wolfe) اصول تجزیه را ایجاد کردند که پایه و اساس مسائل large Scale قرار گرفت ؛ جرج دانتریگ و سپس آپ چارنر (Abe Charnes) و بیل کوپر (Bill Cooper) نیز مدل‌هایی را برای مسائل احتمالی مطرح کردند و اولین کاربرد صنعتی OR را در

محصولات نفتی نشان دادند .

نکته بسیار مهم ، تحول نرم افزارها به موازات تحولات در الگوریتمها بود . در سال ۱۹۵۴ بیل اوکارد هایز (Bill Orchard Hays) اولین نرم افزار کامپیوتری را برای برنامه ریزی خطی نوشت . بدون وجود چنین نرم افزاری ، امکانی برای کاربرد عملی OR وجود نداشت . پس از آن ، با پیشرفت های روزافزون کامپیوترها ، نرم افزارها نیز تکامل یافتند و توانستند با کاهش زمان حل مسائل OR ، عملاً بر دامنه کاربردی این گونه تکنیکها در مسائل عملی بیفزایند . نکته قابل توجه این است که بیشترین سهم را در تکامل برنامه های کامپیوتری OR ، برنامه ریزی خطی داشته است . یکی از اولین نرم افزارهای تجاری موفق برای حل برنامه ریزی خطی ، در اوائل دهه ۱۹۷۰ میلادی با نام MPSX عرضه شد . پس از این زمان ، نرم افزارهای برنامه ریزی خطی ، پیشرفت های قابل ملاحظه ای داشتند و با ورود کامپیوترهای شخصی به صحنه ، این پیشرفت ها در دو جنبه متمرکز شدند :

### ۱ - ایجاد نرم افزارهایی جهت حل مسائل با ابعاد کوچک

### ۲ - ایجاد نرم افزارهایی جهت حل مسائل واقعی با ابعاد بزرگ (Large Scale)

در مورد نخست ، نرم افزارهای LP88 و LINDO موفق ترین نرم افزارهای برنامه ریزی خطی هستند که در کشور ما نیز شناخته شده می باشند . البته لازم به ذکر است که نرم افزارهای عمومی دیگری نیز وجود دارند که یکی از کاربردهای آنها ، حل مسائل برنامه ریزی خطی است ، ولی به دلیل عمومی بودن ، توانایی دو نرم افزار پیش گفته را ندارند . به عنوان مثال ، می توان از نرم افزارهای QSP STORM نام برد . حتی نرم افزارهای صفحه گسترده ای نظیر QUATTRO و EXCEL نیز دارای توان حل مسائل برنامه ریزی خطی و غیرخطی می باشند .

در زمینه مسائل برنامه ریزی خطی با ابعاد بزرگ ، نرم افزارها بسیار حرفه ای تر و ایجاد آنها بسیار دشوارتر بوده است ، چرا که در بسیاری از موارد ، همگام با ایجاد نرم افزار ، بایستی الگوریتم حل نیز دچار تغییرات می شد . نمونه چنین نرم افزارهایی ، OB1 است که توسط LUSTIG ، MARSTEN و SHANNO در سال ۱۹۹۲ میلادی ایجاد شد . این نرم افزار برای حل مسائل برنامه ریزی خطی ، از الگوریتم سیمپکس استفاده نمی کند ، بلکه از الگوریتم اولیه (Primal) ، مزدوج اولیه (Dual) ،



پیشگویی (Predictor) و تصحیح نقطه داخلی (Corrector Interior point) استفاده می‌شود.

برای وجود یک معیار مقایسه از سرعت شگفت‌آور پیشرفت‌ها در زمینه نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی خطی برای مسائل با ابعاد بزرگ، ذکر مثالی مفید خواهد بود. در سال ۱۹۹۲ میلادی، مسأله‌ای با ۲۷۰۹۷۶ محدودیت و ۱۳۵۹۷۵ متغیر با استفاده از OB1 و روی یک سوپرکامپیوتر CRAY در مدت زمان ۲۲ ساعت حل شد. در همان سال، نرم‌افزار OB1/CPLEX که توسط Bixby و همکارانش ایجاد شده بود توانست با تلفیق الگوریتم نقطه داخلی و سیمیکلس، یک مسأله صفر و یک را با ۸۳۷ سطر و ۸/۵ میلیون ستون، روی سوپرکامپیوتر CRAY در مدت زمان کمتر از ۵ دقیقه حل کند. جدول زیر که در سال ۱۹۹۱ توسط Schultz و Pulleyblank تهیه شده است، تحولات به وجود آمده در نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی خطی شرکت IBM را در طی دو دهه نشان می‌دهد. مسأله حل شده دارای ۴۴۲۲ سطر و ۶۷۱۱ ستون و ۱۱۰۳۴۲ ضریب غیرصفر در محدودیت‌ها بوده است.

|                  | MPSX-1.6 | MPSX-V2 | OSL-PRIM1 | OSL-DUAL1 | OSL-DUAL2 |
|------------------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| تعداد پاشنه‌گردی | ۳۰۲۳۵۷   | ۴۸۸۵۸   | ۳۶۰۵۰     | ۱۱۴۱۰     | ۴۹۸۲      |
| دقیقه            | ۵۵۰      | ۸۲      | ۲۴        | ۱۱        | ۴         |

در زمینه مسائل برنامه‌ریزی اعداد صحیح، هنوز هم اکثر نرم‌افزارها بر پایه روش انشعاب و تحدید، عمل می‌کنند، ولی ایجاد مفهوم پیش‌پردازش (تجدید نظر و بهبود مدل ریاضی مساله) باعث شده است که سرعت نرم‌افزارها در حل این گونه مسائل، بسیار بیشتر شود.

یکی از نرم‌افزارهای خوب برای پیش‌پردازش، MINTO نام دارد که در سال ۱۹۹۳ توسط Nemhauser, Savelsbergh و Sigismondi ایجاد گردید. در زمینه برنامه‌ریزی غیرخطی نیز علاوه بر نرم‌افزارهای معمول که قادر به حل مسائل در سطح کوچک هستند (نظیر GAMS)، نرم‌افزارهای بسیار خوبی چون MINOS، LANCELOT و GRG2 برای مسائل غیرخطی وجود دارند. لازم به ذکر است که در زمینه برنامه‌ریزی غیرخطی اعداد صحیح، عملاً هنوز نرم‌افزاری وجود ندارد. و بالاخره، یکی دیگر از مهمترین مباحث در OR، یعنی تجزیه دانتریگ‌ولف نیز

توسط نرم افزار OSL ، به صورت تجاری در دسترس استفاده کنندگان قرار گرفته است .

### ● یک نمونه از کاربرد واقعی تحقیق در عملیات [۳]

در این بخش ، یک نمونه از کاربرد تحقیق در عملیات در یک مسأله واقعی ارائه شده است تا توانایی OR به نمایش گذارده شود . مسأله مورد بحث ، تعیین میزان تولید نفت خام در طی چند دوره آینده به منظور حداکثر ساختن درآمد حاصل ، با توجه به محدودیت‌های فشار ، حداکثر میزان نفت قابل برداشت از هر مخزن ، ظرفیت تولیدی هر مخزن و تقاضا برای نفت در هر دوره می‌باشد . مسأله به صورت یک مدل برنامه‌ریزی خطی فرموله شده است و هر بار ، ضرایب فنی مربوط به کاهش فشار مخزن در اثر تولید نفت و نیز پیش‌بینی تقاضای هر دوره ، توسط کامپیوتر و به کمک رگرسیون خطی و نمایی‌شده و در جدول سیمپلکس قرار داده می‌شود . متغیرهای تصمیم‌گیری مسأله ، میزان تولید نفت هر مخزن در هر دوره است .

نکته مهمی که در خصوص مخازن نفتی قابل اشاره است ، کاهش فشار مخازن با بهره‌برداری از آنها است که باعث می‌شود عمر مخزن کاهش یابد . در این حالت باید با هزینه نسبتاً قابل ملاحظه‌ای ، گاز به مخازن تزریق گردد تا ادامه بهره‌برداری از آنها ممکن شود . لذا در بحث بهره‌برداری از مخازن ، با توجه به تعداد زیاد آنها (بیش از ۱۰۰ مخزن) و زمان طولانی برنامه‌ریزی (۵ تا ۱۰ سال) باید به نحو شایسته‌ای از OR جهت تأمین حداکثر درآمد در بلندمدت و با توجه به وارد آمدن کمترین خسارت به مخازن و تأمین بیشترین طول عمر آنها استفاده شود . هدف مدل ارائه شده نیز همین موضوع است .

نکته قابل توجه در مدل این است که چون مخازن نفتی ، هم از بُعد فضایی و هم از بُعد زمانی ، دارای رفتارهای غیرخطی هستند ، لذا به ناچار با ثابت فرض کردن شکل هندسی مخزن و تقسیم زمان به فواصل مساوی ، عملاً محدودیت‌های مربوطه ، تقریب خطی زده شده‌اند . مدل به صورت نمونه جهت تعیین تولید نفت خام از ۷ مخزن در یک دوره ۵ ساله ، فرموله شده است که می‌تواند به راحتی به تمامی مخازن بسط داده شود . مجموعه محدودیت‌های مدل عبارتند از :

$$P_{ij}(T_{ij}) = P_{oj} - \frac{u_j B_o}{2\pi h_j k_j} \sum_{m=1}^i (Q_{mj} - Q_{m-1j}) p(T_{ij} - T_{m-1j}) \quad (1)$$

در این سری از محدودیت‌ها که نشان دهنده فشار در مخزن زام در پایان پریود زمانی  $\Delta t$  است،  $Q_{ij}$  میزان متوسط تولید روزانه مخزن زام در پریود  $\Delta t$ ، فشار  $P_{oj}$  فشار اولیه مخزن زام،  $T_{ij}$  زمان،  $P_w(T_{ij})$  فشار چاه برای مخزن زام در پریود  $\Delta t$  و بقیه مقادیر نیز ضرایب ثابت فنی هستند.

$$P_w(T_{ij}) \geq 15 \quad (i = 1, \dots, 15) \quad (j = 1, \dots, 1000) \quad (2)$$

محدودیت‌های فوق، نشان دهنده این امر هستند که فشار چاه در هیچ مخزنی نباید از  $PSia$  ۱۵ کمتر شود. لازم به ذکر است که با توجه به وجود ۷ مخزن و ۵ دوره زمانی، تعداد ۳۵ محدودیت از نوع محدودیت‌های (۲) در مدل وجود خواهند داشت.

$$\sum_{j=1}^v Q_{ij} \Delta t \leq F_j \quad (j = 1, \dots, 1000) \quad (3)$$

مجموعه محدودیت‌های فوق، نمایانگر حجم قابل برداشت نفت از مخزن  $j$  هستند.  $F_j$  حداکثر مقدار نفت قابل برداشت از مخزن  $j$  است.

$$\sum_{j=1}^v Q_{ij} \Delta t \leq D_i \quad (i = 1, \dots, 15) \quad (4)$$

مجموعه محدودیت‌های فوق در ارتباط با تقاضا هستند.  $D_i$  تقاضای نفت خام در دوره  $\Delta t$  است.

در مجموع ۸۲ محدودیت در مدل وجود دارند که متغیر تصمیم‌گیری نیز  $Q_{ij}$  است. تابع هدف به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\max \sum_{j=1}^v \sum_{i=1}^5 Q_{ij} \Delta t C_{ij}$$

$C_{ij}$  نشان دهنده درآمد حاصل از فروش هر بشکه نفت خام تولیدی از مخزن  $j$  در پریود  $\Delta t$  است.

با توجه به اینکه مقادیر  $C_{ij}$ ها برای دوره‌های زمانی آینده نامعلوم می‌باشند و پارامترهای اقتصادی و سیاسی بسیاری نظیر رکود اقتصادی، توسعه صنعتی، افزایش جمعیت، تغییر و تحوّل در سیستم حمل‌ونقل، تغییرات تقاضای محصولات جانبی، کشف مخازن جدید، توسعه سایر انواع انرژی‌ها، جنگ و تحولات سیاسی جهان و غیره در آن به شدت موثرند، لذا ضروری است که به کمک تکنیک‌های آماری، بتوان پیش‌بینی نسبتاً تقریبی از آن داشت. این امر به کمک رگرسیون و بر حسب دلار ثابت انجام گرفت.

برای حل مدل از نرم‌افزار Excel کمک گرفته شد که در زمرة یکی از

صفحه گسترده‌های بسیار کارآمد به شمار می‌رود. دو برنامه فرعی، یکی جهت محاسبات ضرایب فشار مخازن و دیگری جهت برآورد Cijها نوشته شد که نتایج حاصل از آنها به همراه دیگر ضرایب مربوطه، در مُدل برنامه‌ریزی خطی که آن نیز در Excel وجود داشت، قرار می‌گرفت. برنامه‌های فرعی نیز در Excel بودند. خروجی برنامه به صورت جداول و نمودارهای گرافیکی ارائه می‌شود و این قابلیت وجود دارد که با تغییر ضرایب و ورودی‌ها، بتوان اثرات این تغییرات را روی جواب بهینه ملاحظه کرد. لازم به ذکر است که با منظور نمودن تعداد بیشتر مخازن، عملاً ساختار مُدل تغییری نمی‌کند و فقط تعداد متغیرها و محدودیت‌ها افزایش می‌یابد به گونه‌ای که برای ۵۰ مخزن در ۲۰ پرپود زمانی، مُدل شامل ۲۰۷۰ محدودیت و ۱۰۰۰ متغیر خواهد بود.



### ● فهرست منابع و مآخذ

- Fundamental of operation research , Russel.L.Ackoff , Maurice.W.Sasieni (۱)  
(Wiley eastern limited)
- The age of Optimization : solving large scale real world problems (۲)  
George.L. Nemhauser (Operations research . Vol 24 . N = 1 . jan - Feb 1994)

(۳) یک مُدل برنامه‌ریزی خطی برای تولید نفت خام، دکتر میربهادرقلی آریانزاد - مهندس شهریار ابوالحسن تاش