



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت

گروه: مدیریت

رشته: MBA

رویکردی نوین در بهینه سازی سبد پروژه با استفاده از تکنیک خودبهبودبهبینی مبتنی بر آموزش و یادگیری (TLBO)

دانشجو: مریم آذری تاکامی

استاد راهنما:

دکتر رضا شیخ

پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

بهمین ۹۲



تقدیم ہے

پدر بزرگوار و مادر مہربانم

بہ پاس تمامی محظات زندگی ام

تقدیرنامه

منت‌خدای را...

از جناب آقای دکتر رضاشیخ‌نادر باستانی‌های سنا و سمنان و زحمات بی‌دریغشان شکر و قدردانی ویژه دارم

هم‌چنین از تمامی کسانی که مراد انجام این پایان‌نامه یاری‌گردد شکر و قدردانی می‌نمایم.

# تعهد نامه

اینجانب مریم آذری تاکامی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته MBA، دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه رویکردی نوین در بهینه سازی سبد پروژه با استفاده از تکنیک خودبهبهنگی مبتنی بر آموزش و یادگیری (TLBO) تحت راهنمایی دکتر رضا شیخ متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

## مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

## چکیده

امروزه سازمان‌ها با پروژه‌ها و فرصت‌های سرمایه‌گذاری متعددی رو برو هستند. از طرفی با توجه به محدودیت‌های موجود و پویایی محیط کسب و کار، بقای سازمان‌ها کسب موفقیت و دستیابی به مزایای رقابتی مستلزم انتخاب مجموعه مناسب و محدودی از پروژه‌ها می‌باشند. چنین انتخابی با دو چالش اساسی روبرو است.

چالش اول به شرایط تصمیم‌گیری در مسئله انتخاب سبد پروژه مربوط می‌شود. از آنجایی که اغلب تصمیم‌گیرندگان مجبورند تحت شرایط عدم قطعیت و مبهم و حتی با اطلاعاتی ناقص تصمیم‌گیری نمایند، در نظر گرفتن مقادیر دقیق و یا تابع توزیع برای پارامترهای یک پروژه ممکن است غیر عملی و غیر کاربردی باشد.

چالش دوم مربوط به ابزارها و روش‌های بهینه‌سازی است که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است. در میان رویکردهای موجود، الگوریتم‌های ابتکاری و فرا ابتکاری از جمله ژنتیک و کوچ پرندگان به عنوان اساسی‌ترین ابزارهای بهینه‌سازی شناخته شده‌اند. لکن در بکارگیری این ابزارها یک مشکل اساسی وجود دارد و آن این است که اجرای هر یک از الگوریتم‌های فرا ابتکاری پیشین مستلزم تعیین پارامترهای کنترلی خاص است. انتخاب درست مقادیر پارامترهای کنترلی بسیار حساس بوده و عملکرد الگوریتم و در نتیجه پاسخ نهایی را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. به علاوه انتخاب نادرست پارامترها محاسبات را افزایش داده و یا ممکن است جواب بهینه محلی ارائه دهد.

این پژوهش ابتدا با بهره‌گیری از مفاهیم فازی شرایط عدم قطعیت را در مدل انتخاب سبد پروژه لحاظ نموده سپس برای گذر از چالش دوم با رویکردی نوین سعی دارد برای اولین بار الگوریتم خود

---

<sup>۱</sup> مقالات ارائه شده تا سال ۲۰۱۳

بهینگی مبتنی بر آموزش و یادگیری را از ادبیات مهندسی به ادبیات مدیریتی وارد کرده و در انتخاب سبد پروژه بهینه به کار ببندد. تکنیک مورد نظر بدون نیاز به تعیین پارامترهای کنترلی خاص عملیات بهینه سازی را انجام داده و بهینه کلی را تعیین می‌نماید. این تکنیک تاکنون تنها در حوزه برق و مکانیک برای بهینه سازی متغیرهای طراحی به کار گرفته شده است.

**کلید واژه:** بهینه سازی سبد پروژه، الگوریتم های تکاملی، الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر آموزش و

یادگیری

## فهرست مطالب

فصل اول: کلیات تحقیق.....	۱
۱-۱ مقدمه .....	۲
۲-۱ پیشینه موضوع و ضرورت آن.....	۲
۳-۱ بیان مسئله و هدف تحقیق .....	۵
۴-۱ سوالات و فرضیات تحقیق .....	۶
۵-۱ نوع و روش تحقیق .....	۷
۶-۱ نوآوری تحقیق .....	۷
فصل دوم: مرور ادبیات مدیریت سبد پروژه .....	۱۰
۱-۲ مقدمه .....	۱۲
۲-۲ تعاریف گسترده اصطلاحات و مفاهیم .....	۱۳
۱-۱-۲ پروژه .....	۱۳
۲-۱-۲ مدیریت پروژه .....	۱۴
۳-۱-۲ مدیریت طرح .....	۱۵
۴-۱-۲ سبد پروژه .....	۱۵
۵-۱-۲ مدیریت سبد پروژه .....	۱۶
۳-۲ پیشینه تاریخی مدیریت سبد پروژه .....	۱۶
۴-۲ توسعه نظری .....	۱۷
۱-۴-۲ تئوری پرتفولیو .....	۱۷



- ۲-۴-۲ از تئوری پرتفولیو تا مدیریت سبد پروژهها ..... ۱۸
- ۲-۵ ویژگیهای مدیریت سبد پروژه ..... ۱۹
- ۲-۶ اهداف مدیریت سبد پروژه ..... ۱۹
- ۲-۶-۱ ماکزیمم سازی ارزش مالی سبد پروژه ..... ۲۰
- ۲-۶-۲ تضمین همسویی سبد پروژه با استراتژیهای سازمان ..... ۲۳
- ۲-۶-۳ حفظ توازن سبد پروژه ..... ۲۴
- ۲-۳-۶-۱ معیارهای تنوع بخشی سبد پروژه ..... ۲۵
- ۲-۶-۴ تناسب پروژههای انتخابی با ظرفیت سازمان ..... ۲۶
- ۲-۷ روشهای انتخاب پروژه و تشکیل سبد ..... ۲۶
- ۲-۷-۱ بررسی پیشینه انتخاب پروژه ..... ۲۶
- ۲-۷-۲ طبقه بندی روشهای انتخاب پروژه ..... ۲۷
- ۲-۷-۲-۱ روشهای بهینه سازی ..... ۲۹
- ۲-۷-۲-۲ روشهای کلاسیک ..... ۳۰
- ۲-۷-۲-۳ مدلهای دسته بندی: ..... ۳۰
- ۲-۷-۲-۴ سیستمهای خبره ..... ۳۲
- ۲-۷-۲-۵ روشهای ترسیمی ..... ۳۲
- ۲-۷-۲-۵-۱ ماتریس گروه مشاوران بوستون ..... ۳۳
- ۲-۷-۲-۵-۲ مدل ماتریس پورتفولیوی جنرال الکترونیک ..... ۳۴
- ۲-۷-۲-۶ روشهای Ad Hoc ..... ۳۵
- ۲-۸-۱ مروری بر مسائل بهینه سازی ..... ۳۶
- ۲-۸-۱-۱ مقدمه ..... ۳۶
- ۲-۸-۲ انواع مسائل بهینه سازی و تقسیم بندی آنها ..... ۳۸

۳۸	..... ۱-۲-۸-۲ بهینه سازی با سعی و خطا و بهینه سازی روی تابع
۳۹	..... ۲-۲-۸-۲ بهینه سازی تک بعدی و بهینه سازی چند بعدی
۳۹	..... ۳-۲-۸-۲ بهینه سازی پویا و بهینه سازی ایستا
۴۰	..... ۴-۲-۸-۲ بهینه سازی پیوسته و بهینه سازی گسسته
۴۰	..... ۵-۲-۸-۲ بهینه سازی کمینه جو و بهینه سازی تصادفی
۴۰	..... ۶-۲-۸-۲ بهینه سازی تک معیاره و چند معیاره
۴۱	..... ۹-۲ انواع رویکردها و روشهای حل مسائل بهینه سازی
۴۱	..... ۱-۹-۲ الگوریتم های دقیق
۴۱	..... ۲-۹-۲ الگوریتم های تقریبی
۴۲	..... ۱۰-۲ مرور ادبیات و روند انتشار مقالات مرتبط
۴۳	..... ۱-۱۰-۲ مرور پژوهشهای انجام شده خارجی
۴۴	..... ۲-۱۰-۲ مرور پژوهشهای مرتبط داخلی
۴۸	..... فصل سوم : متدولوژی تحقیق
۵۰	..... ۱-۳ مقدمه
۵۰	..... ۱-۱-۳ نوع و روش تحقیق
۵۱	..... ۲-۱-۳ جامعه و نمونه آماری
۵۲	..... ۳-۱-۳ روش گردآوری و تجزیه و تحلیل داده ها
۵۲	..... ۳-۳ شرح مسئله و مدل سازی
۵۲	..... ۱-۳-۳ مسئله انتخاب سبد پروژه
۵۳	..... ۲-۳-۳ ماهیت انتخاب پروژه
۵۳	..... ۳-۳-۳ مفروضات و ویژگی های مدل
۵۳	..... ۴-۳-۳ بررسی اهداف و تشکیل توابع هدف

- ۵۷ ..... ۵-۳-۳ بررسی محدودیت‌های مدل
- ۶۱ ..... ۶-۳-۳ پارامترهای مسئله
- ۶۲ ..... ۴-۳ رویکرد فازی در تحلیل پروژه‌های سبد منتخب
- ۶۳ ..... ۱-۴-۳ مروری بر متغیرهای فازی
- ۶۳ ..... ۱-۱-۴-۳ متغیرهای زبانی
- ۶۴ ..... ۲-۱-۴-۳ اعداد فازی
- ۶۵ ..... ۳-۱-۴-۳ روش دلفی فازی
- ۶۵ ..... ۴-۱-۴-۳ مراحل اجرای روش دلفی فازی
- ۶۸ ..... ۵-۳ روش‌های حل ابتکاری
- ۶۹ ..... ۱-۵-۳ الگوریتم ژنتیک
- ۷۰ ..... ۲-۵-۳ بهینه‌سازی مبتنی بر ازدحام ذرات
- ۷۱ ..... ۶-۳ روش حل پیشنهادی
- ۷۱ ..... ۱-۶-۳ علت انتخاب الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری (TLBO)
- ۷۲ ..... ۲-۶-۳ الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری (TLBO)
- ۷۵ ..... ۱-۲-۶-۳ مرحله آموزش
- ۷۵ ..... ۲-۲-۶-۳ مرحله یادگیری
- ۷۷ ..... ۳-۶-۳ فلوجارت الگوریتم TLBO
- ۷۸ ..... ۴-۶-۳ گام‌های پیاده‌سازی فرایند الگوریتم خودبهینگی مبتنی بر آموزش و یادگیری
- ۸۰ ..... ۵-۶-۳ بررسی روند الگوریتم TLBO در یک مثال عددی
- ۸۴ ..... فصل چهارم : تجزیه و تحلیل داده‌ها
- ۸۶ ..... ۱-۴ مرحله اول، شناسایی مهم‌ترین معیارها و اهداف در انتخاب سبد پروژه
- ۸۶ ..... ۲-۴ مرحله دوم، مدل‌سازی مسئله انتخاب سبد پروژه با توجه به اهداف شناسایی شده

۳-۴	مرحله سوم، بهینه سازی مدل ارائه شده با استفاده از الگوریتم TLBO	۸۷
۴-۴	سبد پروژه حاصل از حل مدل برنامه ریزی ارائه با استفاده از الگوریتم TLBO	۹۲
۹۶	فصل پنجم: : نتیجه گیری	۹۶
۹۷	۱-۵ مقدمه	۹۷
۹۷	۲-۵ بحث و نتیجه گیری	۹۷
۹۹	۳-۵ پیشنهادات برای پژوهشهای آتی	۹۹
۱۰۱	منابع:	۱۰۱

فصل اول :

کلیات تحقیق



## ۱-۱ مقدمه

امروزه سازمان‌ها با انبوهی از پروژه‌ها و فرصت‌های سرمایه‌گذاری رو برو هستند. از آنجا که تصمیم‌گیری تحت شرایط خاص و با منابع محدود صورت می‌گیرد، سرمایه‌گذاری در همه‌ی فرصت‌ها امری امکان‌ناپذیر است. به علاوه ناهماهنگی و عدم انطباق استراتژیک پروژه‌ها می‌تواند به عملکرد نامناسب و گاه سخته و یا مرگ سازمان بیانجامد. لذا بقای سازمان و دستیابی به مزایای رقابتی مستلزم انتخاب مجموعه محدود و مناسبی از پروژه‌ها می‌باشد. مجموعه پروژه‌های انتخابی و یا به عبارت دیگر سبد پروژه منتخب ممکن است از چند تا هزاران پروژه متغیر باشد. عموماً مشاهده می‌شود که در صورت نبود یک نظام مدیریتی کلان و متمرکز، پروژه‌های سازمان در تعارض با یکدیگر بوده و فرصت‌های از دست رفته بسیار زیاد می‌باشد. لذا مدیران پروژه باید توازن و تعادلی میان نیازمندی‌های پروژه‌ها و انتظارات مدیران پروژه و عملکرد کل سازمان ایجاد کنند که به موجب آن پروژه‌های سازمان جهت تحقق اهداف سازمان همراستا عمل کنند.

مدیریت سبد پروژه‌ها رویکردی نوین و در حال تکامل جهت دستیابی به این مطلوب است که در سال‌های اخیر با توجه به گرایش سازمان‌ها به سمت سازمان‌های پروژه محور، به یکی از بحث‌برانگیزترین موضوعات تبدیل شده است. این رویکرد با توجه به نیاز مدیران سازمان‌ها به داشتن یک دید کلی از وضعیت موجود سازمان خود، از اهمیت بسزایی برخوردار است.

## ۱-۲ پیشینه موضوع و ضرورت آن

مدیریت سبد پروژه یک فرآیند تصمیم‌گیری پویاست که با شناسایی، ارزیابی، انتخاب، اولویت‌بندی و تصویب پروژه‌های جدید به انتخاب پروژه‌های درست و همراستا با راهبردهای سازمانی می‌پردازد [۷۹]. انتخاب سبد پروژه‌ها در واقع به تخصیص منابع میان مجموعه‌ای از پروژه‌ها مربوط می‌شود.

نگاه سبد به پروژه‌ها خصوصا در زمان رقابت در کسب منابع محدود و کمیاب به دلیل رابطه ذاتی میان پروژه‌ها لازم و ضروری است. به ویژه اینکه منابع کمیاب اغلب محدود کننده تصمیم‌گیری در مورد انتخاب سبد پروژه‌ها هستند. [۲]

تاکنون ابزار و روش‌های مختلفی جهت سهولت تصمیم و انتخاب درست پروژه‌ها ارائه شده است. سانتوس<sup>۱</sup> با بهره‌گیری از تکنیک‌های رتبه‌بندی خط‌مشی‌ای برای انتخاب سبد پروژه ارائه نمود. تکنیک مورد استفاده هر چند از قابلیت بررسی چندین عامل مانند سود اقتصادی، اهداف کسب و کار و ... به صورت همزمان برخوردار بود، لکن در بررسی مسائلی مانند میزان دسترسی منابع و یا رابطه‌ی میان پروژه‌ها کارایی مناسبی نداشت [۳]. لوتسما<sup>۲</sup> و لوکاس<sup>۳</sup> روش امتیازدهی را برای انتخاب پروژه‌ها پیشنهاد کردند [۴]، [۵]. مدل امتیازدهی می‌تواند همه‌ی عواملی که در فرایند انتخاب پروژه مهم می‌باشد را در نظر بگیرد و شاخصی تئوری برای انتخاب میان پروژه‌های مختلف فراهم می‌کند. با استفاده از این روش، هر پروژه در یک چارچوب یکنواخت با امتیازدهی به عوامل مختلف و مشترک بین پروژه‌ها ارزیابی می‌شود. مهم‌ترین اشکال این روش نیز در عدم توجه به مساله شدنی بودن منابع در دسترس است.

مولاریده‌ها<sup>۴</sup> از فرایند تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی در انتخاب پروژه کمک گرفت. در این روش هرچند یک فرایند رتبه‌دهی مناسب برای انتخاب پروژه‌ها ایجاد می‌شود، امکان بررسی محدودیت‌های موجود در محیط تصمیم‌گیری وجود ندارد [۶].

قاسم‌زاده و آرکر<sup>۵</sup> یک فرایند پیش‌ارزیابی صلاحیت را پیشنهاد کردند. به این ترتیب که پس از بررسی ملاحظات استراتژیکی پروژه‌ها می‌بایست به صورت مجزا مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت برآورده

---

<sup>۱</sup> Santos

<sup>۲</sup> Lootsma

<sup>۳</sup> Lucas

<sup>۴</sup> Muralidhar

<sup>۵</sup> Ghasemzadeh & Archer



کردن معیارهای اولیه، می‌توانند به مرحله بعدی که انتخاب سبد پروژه است، راه پیدا کنند. به این ترتیب پروژه‌های نامناسب حذف شده و کمیته انتخاب کننده پروژه‌ها راحت‌تر می‌توانند فرایند انتخاب را طی کنند. البته باید توجه داشت که فرایند پیش ارزیابی صلاحیت نباید چنان سخت باشد که باعث حذف پروژه‌های خوب شود. چارچوب پیشنهادی آرچر و قاسم‌زاده از مراحل مختلف تشکیل یافته که به طور گسترده‌ای در تحقیقات آکادمیکی و عملیاتی مورد اشاره واقع شده است [۷].

هم چنین مدل‌های متنوعی از برنامه‌ریزی ریاضی برای انتخاب سبد پروژه‌ها معرفی شده‌است؛ موخرجی<sup>۱</sup> و برا<sup>۲</sup> کارایی برنامه ریزی آرمانی در انتخاب مجموعه پروژه‌های صنعت استخراج ذغال سنگ در هند را بررسی کردند [۸]. کیپاریسیس<sup>۳</sup> یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از برنامه ریزی آرمانی غیرخطی صفر و یک در انتخاب پروژه‌های سیستم‌های فناوری اطلاعات پیشنهاد کردند [۹]. داویس و بدری<sup>۴</sup> یک مدل جامع برنامه ریزی آرمانی صفر و یک در انتخاب مجموعه پروژه‌های موسسات خدمات بهداشتی معرفی کردند [۱۰]. ماوروتاس<sup>۵</sup> یک روش دو مرحله ارائه کرد. در مرحله ی اول پروژه‌ها بر اساس یک رویکرد چند معیاره رتبه بندی می‌شوند و در مرحله ی دوم با استفاده از یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح پروژه‌های نهایی انتخاب می‌شود [۱۱]. دنونر<sup>۶</sup> [۱۲] با توجه به مدل پیشنهادی استومر<sup>۷</sup> [۱۳] و معرفی الگوریتم PACO به عنوان یک الگوریتم فراابتکاری کارا، یک مدل چند هدفه در انتخاب مجموعه پروژه ارائه و حل نمود. هانگ<sup>۸</sup> با ادغام الگوریتم ژنتیک و شبیه سازی فازی تصادفی، عدم قطعیت‌ها را به صورت فازی تصادفی در انتخاب پروژه مد نظر قرار داد [۱۴]. حسن‌زاده از رویکرد بهینه سازی استوار و بهینه سازی فازی در انتخاب سبد پروژه‌های تحقیق و توسعه در صنعت دارو استفاده نمود و کلاس‌های

---

<sup>۱</sup> Mukherjee & Bera

<sup>۲</sup> Kyparisis

<sup>۳</sup> Badri, Davis

<sup>۴</sup> Mavrotas

<sup>۵</sup> Doerner

<sup>۶</sup> Stummer and Heidenberger

<sup>۷</sup> Huang

مختلفی از مساله شامل مساله تک هدفه، چند هدفه و چند دوره‌ای را مورد بررسی قرار داد [۱۵]. امیری بدنبال حل مساله انتخاب سبد پروژه یک الگوریتم تکاملی چند هدفه مبتنی بر الگوریتم جستجوی هارمونی ارائه نمود. وی با ترکیب الگوریتم جستجوی هارمونی با جستجوی محلی آشوبگون از همگرایی به جواب بهینه محلی جلوگیری می کند [۱۶].

مرور ادبیات ( به تفضیل در فصل بعد بحث خواهد شد) نشان می دهد که تاکنون پژوهشگران جنبه های مختلفی از مسئله انتخاب سبد پروژه را بررسی و تکنیک ها و مدل های ریاضی متنوعی ارائه کرده اند [۱۷-۲۵]. توجه به این نکته حائز اهمیت است که مدل های ارائه شده هر چه قدر هم که ظریف و با دقت طراحی شده باشند زمانی کاربردی و مفید خواهند بود که با ابزارها و روش های متناسب و کارا حل گردند. در میان ابزارها و روش های بهینه سازی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است، الگوریتم های ابتکاری و فرا ابتکاری از جمله ژنتیک و کوچ پرندگان به عنوان رایج ترین و کاراترین ابزارهای بهینه سازی شناخته شده اند [۲۶]. آزمون این روش ها در مسائل مختلف نشان داده است که کمک آنها می توان به پاسخ های مناسبی دست یافت. از آنجا که روش های ابتکاری به یک جستجوی جامع تصادفی دست می زنند، احتمال دستیابی این روش ها به پاسخ های برتر به شدت افزایش می یابد. لکن محدودیت ها و نواقص مهمی هم در آنها مشاهده می شود. از جمله اینکه اجرای هر یک از الگوریتم های فرا ابتکاری پیشین مستلزم تعیین پارامترهای کنترلی خاصی است که عملکرد الگوریتم و پاسخ نهایی را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد. به علاوه انتخاب نادرست پارامترها محاسبات را افزایش داده و یا ممکن است جواب بهینه محلی ارائه دهد.

### ۳-۱ بیان مسئله و هدف تحقیق

به طور کلی در مدیریت سبد پروژه فرض بر این است تعداد پروژه های پیشنهادی به سازمان بیش از توان مالی و منابع در دسترس سازمان است. لذا مسئله انتخاب و بهینه سازی سبد پروژه به دنبال انتخاب

مجموعه مناسب و محدودی از پروژه‌های پیشنهادی است. بطوریکه ضمن تامین اهداف چندگانه سازمان بر محدودیت‌های موجود فائق آید. میزان دستیابی به این مطلوب در گرو مدل سازی درست مسئله و بهره‌گیری از روش‌ها و تکنیک‌های حل مناسب است.

در این پژوهش سعی بر آن است با توجه به معیارها و اهداف چندگانه در انتخاب سبد پروژه‌ها که گاه در تضاد با هم هستند، یک مدل برنامه ریزی ریاضی ارائه گردد. به نحوی که هم نظرات و قضاوت‌های مدیران و تصمیم‌گیران اعمال شود هم عدم قطعیت‌ها که امری غیر قابل انکار است لحاظ گردد. سپس با رویکردی نوین و برای اولین بار<sup>۱</sup> الگوریتم خود بهینگی مبتنی بر آموزش و یادگیری را از ادبیات مهندسی به ادبیات مدیریتی وارد کرده و در انتخاب سبد پروژه بهینه به کار ببندد. تکنیک مورد نظر بدون نیاز به تعیین پارامترهای کنترلی خاص عملیات بهینه سازی را انجام داده و بهینه کلی را تعیین می‌نماید. این تکنیک تاکنون تنها در حوزه برق و مکانیک برای بهینه سازی متغیرهای طراحی به کار گرفته شده است.

#### ۱-۴ سوالات و فرضیات تحقیق

تحقیق حاضر فرضیه نداشته و مهم ترین سوالات آن عبارتند از:

۱- معیارهای انتخاب در تشکیل سبد پروژه چیست؟

۲- چگونه می‌توان عدم قطعیت‌های مربوط به برآوردها و نظرات خبرگان را در مدل‌های انتخاب لحاظ نمود؟

۳- آیا می‌توان با استفاده از الگوریتم خودبهینگی مبتنی بر آموزش و یادگیری به انتخاب و بهینه سازی سبد پروژه پرداخت و سازگاری این روش با مسئله‌ی سبد پروژه چگونه است؟

---

<sup>۱</sup> مقالات ارائه شده تا سال ۲۰۱۳

## ۱-۵ نوع و روش تحقیق

با توجه به ماهیت موضوع و هدف آن، تحقیق پیش‌رو از نوع تحقیقات کاربردی است. روش ابتکاری مورد استفاده در این پژوهش نوعی مدل تجویزی-ریاضی می‌باشد. مدل‌های تجویزی که در برنامه‌ریزی‌ها کاربرد بسیاری دارند، از معادلات ساده‌ی ریاضی تا برنامه‌ریزی خطی پویا را در بر می‌گیرند. یک مدل تجویزی معمولاً شامل تابع هدف و محدودیت‌هاست و جواب منطقی بهینه ارائه می‌کند.

اطلاعات مورد نیاز جهت اجرای این پژوهش از انواع روش‌های کتابخانه‌ای، جستجوی اینترنتی، میدانی و نظرات خبرگان به دست خواهد آمد. سپس با استفاده از داده‌های به دست آمده سعی می‌شود با توجه به اهداف چندگانه و محدودیت‌ها، پاسخ بهینه شناسایی گردد. به طور کلی متدولوژی پژوهش حاضر را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

الف . مطالعه، بررسی و گردآوری ادبیات موضوع انتخاب و بهینه سازی سبد پروژه.

ب . شناسایی و بررسی اهداف، محدودیت‌ها و قیود در انتخاب پروژه.

ج . جمع آوری داده‌ها و پیاده سازی مدل.

د . بهینه سازی سبد پروژه با استفاده از الگوریتم TLBO

ه . بحث و بررسی پیرامون یافته‌ها و ارائه پیشنهادهایی جهت افزایش کارایی سرمایه گذاری در سبد پروژه. در نهایت ذکر این نکته ضروری است که در فصل سوم، متدولوژی تحقیق با جزئیات کامل مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت و این بخش صرفاً متدولوژی تحقیق در یک نگاه کلی بود.

## ۱-۶ نوآوری تحقیق

از جمله مهم ترین جنبه نوآوری این تحقیق بکارگیری الگوریتم TLBO در مسئله انتخاب و بهینه سازی سبد پروژه است. به طوری که علی رغم NP-hard بودن مسئله، بدون نیاز به تعیین هیچ

پارامتر کنترلی خاص می‌توان آن را بهینه سازی و مقادیر بهینه کلی را تعیین نمود. این تکنیک تاکنون تنها در حوزه برق و مکانیک برای بهینه سازی متغیرهای طراحی به کار گرفته شده است. مرور ادبیات ارائه شده در فصل دوم نشان می‌دهد روش بهینه سازی بکار رفته در این پژوهش در حوزه مدیریت بی سابقه است و بالأخص کاربرد این روش در زمینه تشکیل سبد و بهینه سازی آن کاملاً نو و جدید می‌باشد. هم چنین در تحقیق حاضر تلاش می‌شود جامع نگری بیش تری نسبت به مقوله‌ی تشکیل سبد پروژه صورت پذیرد و عدم قطعیت‌ها، تجربه و نظرات خبرگان و متخصصان هم در مدل برنامه ریزی لحاظ شود. ( در تحقیقات پیشین نظرات خبرگان اغلب تنها در رتبه بندی پروژه‌ها لحاظ می‌شد نه در مدل‌های برنامه ریزی ریاضی)



## فصل دوم:

### مرور ادبیات مدیریت سبد پروژه





## ۱-۲ مقدمه

وضعیت کنونی هر سازمانی ناشی از تصمیمات آن سازمان در تخصیص سرمایه های خود در سال های گذشته بوده است. هر کدام از دارایی های منقول و غیر منقول هر سازمان قابل ردیابی به یکی از تصمیمات گذشته آن سازمان است. بنابراین مسئولیت کلیدی مدیران ارشد تصمیم گیری در مورد تخصیص منابع سازمان است. از طرفی تامین اهداف سازمان امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. لذا مسئله بودجه بندی سرمایه های شرکت یک مسئله صرفا مالی نیست بلکه یک موضوع چند وجهی بوده که کاملا با استراتژی سازمان مرتبط است. در شرکت هایی که سرمایه گذاری های استراتژیک به عنوان استراتژی غالب شرکت در سرمایه گذاری ها مطرح است بایستی به استفاده از روش های مناسب جهت ارزیابی پتانسیل های موجود شرکت و بهره وری مناسب از منابع موجود شرکت توجه کافی شود. یکی از مهم ترین فعالیت های موجود در مبحث سرمایه گذاری های استراتژیک بحث انتخاب پروژه است. انتخاب صحیح پروژه ها و محل سرمایه گذاری برای بقای طولانی مدت و هم چنین رشد سازمان امری حیاتی است.

امروزه مدیران سازمان ها و پروژه ها به خوبی دریافته اند که استفاده از روش های مدیریت پروژه به سبک سنتی و مدیریت بر اساس پروژه ها جوابگوی تمامی مسائل مطرح در این زمینه نبوده و نمی تواند به خودی خود موفقیت پروژه را تضمین کند. شرایط پیچیده کاری و دخالت بسیاری از پارامترهای تاثیرگذار بر عوامل موفقیت پروژه از یک سو و وابستگی و اثراتی که پروژه های سازمان بر یکدیگر دارند از سوی دیگر باعث شده است تا مبحث سبد پروژه ها از اهمیت به سزایی برخوردار گردد. شرکت ها و سازمان ها نیز در سال های اخیر رویکرد خود را از مدیریت پروژه محوری به سمت مدیریت سبد پروژه محوری سوق داده اند. در این شرایط است که سازمان ها با توجه به محدود بودن منابع، در پی استفاده از سیستم هایی

هستند که از یک سو بتواند جوابگوی مدیریت پروژه های موجود در سازمان باشد و از سوی دیگر بتوانند استراتژی های بلند مدت سازمان را به نحو مناسبی در مدیریت مذکور دخیل کنند.

## ۲-۲ تعاریف گسترده اصطلاحات و مفاهیم

### ۱.۱.۲ پروژه

واژه پروژه (Project) از واژه لاتین Projectum به معنای رشد و یا بلوغ هر چیز به سمت جلو گرفته شده است. استفاده اولیه این واژه در زبان انگلیسی به معنای طرح و نقشه بوده است [۸۰]. از نظر شواستر<sup>۱</sup> پروژه فعالیتی است که دارای شروع، وسط و پایان مشخصی باشد [۲۷] واتسون<sup>۲</sup> و ویساکي<sup>۳</sup> پروژه را سلسله‌ای از فعالیت‌های یکتا، پیچیده و مرتبط با هم می‌دانند که برای تامین هدفی خاص در مدت زمان مشخصی بایستی انجام شود [۲۸]. انستیتوی مدیریت پروژه<sup>۴</sup>، پروژه را مجموعه‌ای از فعالیت‌های موقتی برای تحقق یک تعهد و ایجاد یک محصول و یا ارائه خدمات مشخص تعریف می‌کند. در تعریفی دیگر پروژه ارزش ایجاد شده بر مبنای یک ماموریت مشخص، در یک چابوب زمانی مورد توافق و تحت محدودیت‌هایی از جمله منابع و شرایط خارجی معرفی شده است [۳۰]. در تمایز میان پروژه و سایر عملیات‌های سازمانی باید گفت:

۱. پروژه یک کار منحصر به فرد، جدید و غیر تکراری است،
۲. بر اهداف و نتایج مشخصی تمرکز دارد،
۳. موقتی است، یک نقطه شروع و پایان مشخص داشته و زمان آن نامحدود نیست.

---

<sup>۱</sup> Schachter

<sup>۲</sup> Watson

<sup>۳</sup> Wysocki

<sup>۴</sup> Project Management Institute

پروژه‌ها شریان حیاتی بسیاری از سازمان‌های امروزی هستند. سازمان‌های پروژه محور همه‌ی بخش‌های صنایع از جمله مهندسی، ساختمانی، فناوری‌اطلاعات و توسعه محصول را احاطه کرده‌اند [۳۱]. با توجه به محدودیت‌های مختلف و هم چنین وجود ریسک بالا، بهره‌گیری از فرایند مدیریت پروژه به منظور مدیریت موثر پروژه‌ها می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری پروژه و در نتیجه سازمان‌های پروژه محور گردد.

## ۲.۱.۲) مدیریت پروژه

هر پروژه طبیعتاً متشکل از مجموعه‌ای از فعالیت‌ها و احتمالاً زیر پروژه‌ها است. آنچه که در مدیریت پروژه مورد توجه قرار می‌گیرد شیوه اجرای فعالیت‌ها و اجزای پروژه است. به گونه‌ای که بیش‌ترین کارایی و اثر-پذیری را داشته‌باشد. به عبارت دیگر مدیریت پروژه ابزاری است که امکان مدیریت موثر پروژه را برای صاحبان پروژه فراهم می‌نماید. منظور از واژه موثر در تعریف فوق اجرای صحیح فعالیت‌ها می‌باشد. بیش‌تر محققین سابقه مدیریت پروژه به صورت یک فرایند هدفمند را به قبل از دهه ۱۹۵۰، هنگامی که هنری گانت روش‌های نوین برنامه‌ریزی و کنترل پروژه را بنا نهاد، مربوط می‌دانند. از سال ۱۹۵۰ تا حال حاضر دیدگاه‌های متفاوتی نسبت به پروژه و مدیریت آن ارائه شده است. موریس<sup>۱</sup> مدیریت پروژه را اصولی جهت انجام پروژه و اتمام آن مطابق با زمانبندی، بودجه و کیفیت مصوب می‌داند [۳۲]. هارتمن<sup>۲</sup> در کتاب خود مدیریت پروژه را چیزهایی می‌داند که می‌تواند پروژه را در مسیر خود هدایت کند و وظیفه مدیریت پروژه را کاهش حداکثری موارد نادرست می‌داند [۳۳] بردیلت<sup>۳</sup> مدیریت پروژه را فرایندی جهت تسهیل تغییرات و تولید ارزش در پروژه تعریف می‌کند [۳۴].

---

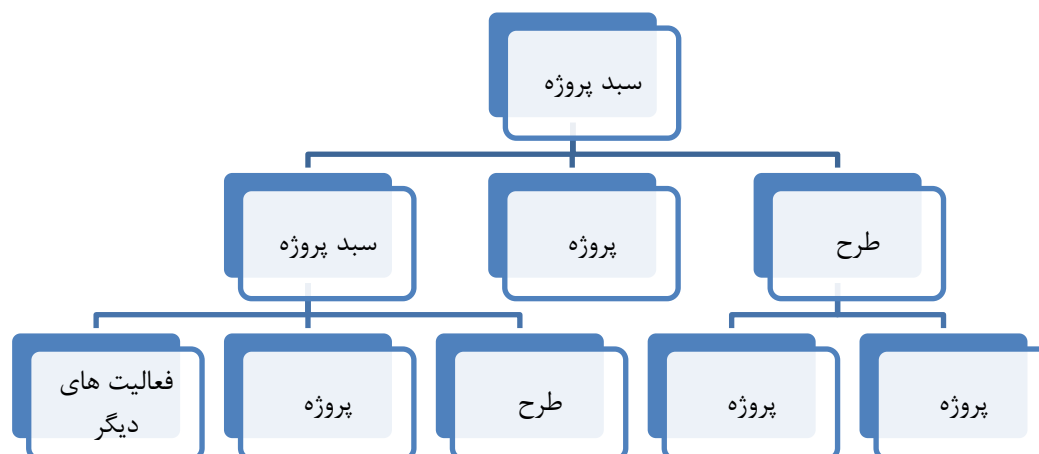
<sup>۱</sup> Morris  
<sup>۲</sup> Hartman  
<sup>۳</sup> Bredillet

### ۳.۱.۲) مدیریت طرح

مطابق با مدل بلوغ مدیریت پروژه سازمانی موسسه مدیریت پروژه، «طرح» به تعدادی از پروژه‌های مرتبط و یا تغییرات سازمانی گفته می‌شود که جهت رسیدن به اهداف استراتژیک سازمان و تامین نیازهای آن در یک مسیر هماهنگ مدیریت می‌شوند. در مدل فوق مدیریت طرح پس از مدیریت پروژه و به عنوان دومین حوزه در مدیریت سازمان معرفی می‌شود. آنچه که در مدیریت طرح حائز اهمیت است و به عنوان هدف اصلی مد نظر قرار می‌گیرد، دستیابی به مزایا و ایجاد کنترل‌هایی است که با استفاده از مدیریت تک تک پروژه‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد. مدیریت طرح با توجه به دو ویژگی برجسته خود یعنی مدیریت چندین پروژه و مدیریت فعالیت‌هایی که در گذشته توسعه یافته‌اند، نسبت به مدیریت پروژه در سطح بالاتری قرار گرفته و تعامل بیش‌تری با مدیریت عمومی و اهداف استراتژیک سازمان برقرار می‌کند.

### ۴.۱.۲) سبب پروژه

با توجه به استاندارد مدیریت سبب پروژه که موسسه بین‌المللی مدیریت پروژه در سال ۲۰۰۶ ارائه داده- است، سبب پروژه عبارت است از مجموعه‌ای از پروژه‌ها (تلاش‌هایی موقت جهت تولید محصول، خدمات و یا نتیجه‌ای مشخص) و/یا طرح‌ها (مجموعه‌ای از پروژه‌های سازمان‌دهی شده در یک مسیر واحد مشخص برای کسب سود و منفعت به طوری که کنترل تک تک آنها میسر نباشد) و سایر فعالیت‌های مرتبط که به منظور تسهیل مدیریت اثربخش و تحقق اهداف استراتژیک سازمان در یک گروه قرار می‌گیرند. مولفه‌های سبب پروژه قابل محاسبه هستند؛ به عبارت دیگر می‌توان آن‌ها را سنجید رتبه بندی و اولویت بندی نمود. (PMI, ۲۰۰۶). تعداد سبدهای پروژه با ابعاد و گستردگی فعالیت‌های سازمان متناسب می‌باشد. سازمان-هایی با ابعاد کوچک ممکن است تنها یک سبب پروژه را تشکیل دهند اما سازمان‌های بزرگ‌تر ممکن است برای هر یک از زمینه‌های کاری خود سبدهای پروژه متفاوت تشکیل دهند.



شکل ۱.۲ ساختار سبد پروژه  
منبع: [۸۰]

### ۵.۱.۲) مدیریت سبد پروژه

سومین حوزه در مدل بالندگی مدیریت پروژه سازمانی موسسه مدیریت پروژه، مدیریت سبد پروژهها می-باشد. منظور از مدیریت سبد پروژه مدیریت متمرکز یک یا چند سبد پروژه است که شامل شناسایی، اولویت بندی، تخصیص منابع، مدیریت و کنترل پروژه، برنامه ها و فعالیت های مرتبط جهت تحقق اهداف استراتژیک سازمان می شود. مدیریت سبد پروژه فرصتی برای شورای راهبری سازمان است تا با اتخاذ تصمیمات درست جهت گیری اجزای سبد پروژه را کنترل کرده یا تحت تاثیر قرار دهند؛ به طوری که آن-ها به منظور دستیابی به خروجی های مشخص همکاری کنند.

### ۳-۲ پیشینه تاریخی مدیریت سبد پروژه

اجرای پروژه های عظیمی مانند اهرام ثلاثه مصر، معابد مایا در آمریکای مرکزی، دیوار چین و تخت جمشید مستلزم بهره گیری از طرح و برنامه هایی مشخص و راهبری فرد یا گروهی متخصص است. این بدان معناست که قدمت مدیریت پروژه بدون توجه به دانش مدیریت پروژه به صدها و هزاران سال قبل برمی گردد [۳۵]. لیکن پیدایش مدیریت پروژه به عنوان یک علم و فرایند مدیریتی خاص از جنگ جهانی

اول آغاز شد. بطوری که در سال ۱۹۱۷ آقای هنری ال. گانت نمودار معروف گانت را ابداع کرد. بعدها تکنیک‌هایی نظیر CPM، PERT و GERT توسعه یافتند و به تدریج در صنعت هم مورد استفاده قرار گرفتند [۳۱]. در اواخر قرن بیستم ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها با استفاده از ابزارها و روش‌های توسعه یافته آغاز شد. پس از آن تحقیقات بسیاری در توصیف و تبیین این ابزار و روش‌ها منتشر گردید [۳۶]. این اقدامات به تدریج منجر به پیدایش مفهوم مدیریت سبد پروژه گردید.

در پایان هزاره اخیر تئوری پردازان نیاز شدید به شیوه‌هایی جهت هماهنگ سازی سبد پروژه، تنظیم اولویت‌های استراتژیک و توازن میان پروژه‌ها را احساس کردند [۳۷]. با بروز این نیاز سازمان‌ها به بهره‌گیری از ابزارها و روش‌های ارائه شده در تئوری‌های مدیریت پرتفولیو در مدیریت مالی سهام و اوراق قرضه روی آوردند.

## ۲-۴ توسعه نظری

### ۲-۴-۱ تئوری پرتفولیو

این تئوری برگرفته از نگرشی است که مارکوویتز در مقاله معروف خود با عنوان "انتخاب پرتفولیو" در سال ۱۹۵۲ مطرح نمود و بابت آن نائل به دریافت جایزه نوبل شد. وی در مقاله خود ضمن کمی سازی ریسک، برای نخستین بار مفهوم سبد سرمایه‌گذاری و پرگونه سازی آن را مطرح کرد. مارکوویتز نشان داد که سبدهای از سرمایه‌گذاری در مقایسه با یک سرمایه‌گذاری واحد می‌تواند در یک سطح بازده ثابت ریسک را کاهش دهد [۳۸]. سپس وی این نگرش را در کتابی با عنوان "انتخاب پرتفوی: تنوع بخشی کارای سرمایه‌گذاری" در سال ۱۹۵۹ شرح و بسط داد. هر چند برخی از سرمایه‌گذاران از مدت‌ها قبل به طور شهودی می‌دانستند که پرگونه سازی، احتمالاً یک رویکرد هوشمندانه است به طوری که گفته می‌شد "همه‌ی تخم مرغ‌ها را در یک سبد نگذاریم"، این باور همه‌گیر و کمی نبود. مارکوویتز سعی کرد اندیشه‌ها

و کردارهای موجود را در یک چاقوب رسمی سازمان دهد، وی بیان داشت هدف مدیریت پرتفولیو منحصر به بیشینه کردن بازده مورد انتظار نیست، بلکه به جای آن، هدف بیشینه کردن "مطلوبیت مورد انتظار" است [۸۱]. قطعاً بدون مزایای نگرش مارکویتز، هنوز هم باورهای خطرناکی هم چون "همه‌ی تخم مرغ‌ها را در یک سبد بگذار و مراقب آن باش!" دیدگاه غالب مدیریت سرمایه‌گذاری بودند [۳۹].

## ۲-۴-۲ از تئوری پرتفولیو تا مدیریت سبد پروژه‌ها

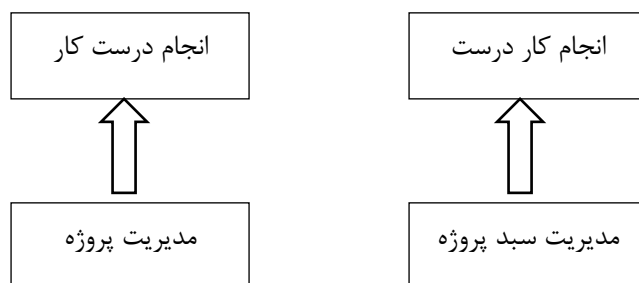
تئوری پرتفولیو با طرح ایده تشکیل سبد و پرگونه سازی آن، انقلاب عظیمی در نوع نگرش و در نتیجه شیوه مدیریت سرمایه‌گذاری ایجاد کرد و با استقبال چشمگیری روبرو شد. بسط و توسعه این تئوری با توجه به کارآمدی آن سرعت قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده بطوریکه تنها در طی چند سال مقالات بسیاری پیرامون این موضوع در مجلات و نشریات علمی معتبر بین المللی منتشر شده است. هر چند ایده اصلی از طرح این تئوری بهینه سازی مسئله تصمیم گیری در بازارهای مالی و سهام بود، جامعیت و توجه همزمان آن به تخصیص منابع به تمام دارایی‌های موجود و تاثیر آن بر تحقق استراتژی‌های سازمان منجر به تعمیم این تئوری و بکارگیری آن در سایر حوزه‌ها شد. به عنوان نمونه شرکت‌های غربی در طول سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ میلادی توانستند با استفاده از تئوری متنوع سازی در استراتژی‌های خود، درآمدزایی شرکت را تا میزان ۵۰٪ افزایش دهند. به همین دلیل اقبال گسترده‌ای برای استفاده از این تئوری بوجود آمد.

متناظر با سبد سهام، به گروهی از پروژه‌ها که تحت هدایت و حمایت سازمانی مشخص انجام می‌گیرد سبد پروژه گفته می‌شود. از آنجا که برای انجام هر پروژه‌ای منابع به اندازه کافی وجود ندارد، این پروژه‌ها بایستی برای کسب منابع محدود رقابت کنند. انتخاب صحیح پروژه‌ها و محل سرمایه‌گذاری برای بقای طولانی مدت و هم چنین رشد سازمان امری حیاتی است. لذا مدیران همواره باید تصمیم بگیرند که

چه پروژه‌هایی را انتخاب و چگونه آن‌ها را اولویت بندی کنند تا بتوانند بر محدودیت‌های موجود فائق آیند. این نوع تصمیمات به نوبه‌ی خود منجر به رشد و توسعه مدیریت سبد پروژه گردید. به گونه‌ای که امروز به عنوان یکی از توسعه یافته‌ترین مفاهیم در حوزه مدیریت پروژه مطرح است.

## ۲-۵ ویژگی‌های مدیریت سبد پروژه

ویژگی بارز مدیریت سبد پروژه که آن را از مدیریت پروژه متمایز می‌کند، تمرکز آن بر افزایش اثربخشی و یا به عبارتی انجام کار درست است. به گونه‌ای که دستیابی اهداف و استراتژی سازمان را تضمین می‌کند. این در حالی است که مدیریت پروژه با تاکید بر کارایی تنها بر شیوه‌ی اجرای پروژه‌ها و اصلاح آن تمرکز دارد. شکل (۲-۲) تفاوت دو دیدگاه مدیریت سبد پروژه و مدیریت پروژه را نشان می‌دهد.



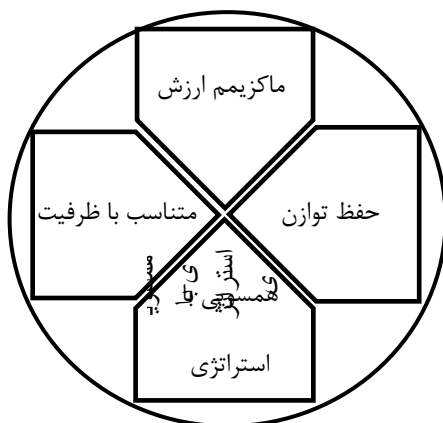
شکل ۲-۲: تفاوت دو دیدگاه مدیریت سبد و مدیریت پروژه

## ۲-۶ اهداف مدیریت سبد پروژه

سبد پروژه اصطلاحی کلی است و طیف وسیعی از پروژه‌ها با ماهیت‌های مختلف را شامل می‌شود. لذا متناسب با نوع پروژه‌های تحت بررسی اهداف مختلفی را می‌توان مد نظر قرار داد [۴۰]. پژوهشگران با توجه به نوع پروژه معیارهای مختلفی را برای انتخاب سبد پروژه معرفی کرده‌اند. لیکن در یک نگاه کلی عمده‌ترین اهدافی که محور اصلی مدیریت سبد پروژه را تشکیل داده و به عنوان شاخص‌های اصلی ارزیابی سبد پروژه‌ها تلقی می‌شوند عبارتند از [۴۱]:



۱. ماکزیمم سازی ارزش مالی سبد پروژه
۲. تضمین همسویی سبد تشکیلی با استراتژی‌های سازمان
۳. حفظ توازن سبد پروژه
۴. تناسب پروژه‌های انتخابی با ظرفیت سازمان



شکل ۲-۳: اهداف مدیریت سبد پروژه

### ۲-۶-۱ ماکزیمم سازی ارزش مالی سبد پروژه

یکی از محورهای مهم تصمیم‌گیری در انتخاب پروژه، ارزیابی اقتصادی آن است. مدیران و تصمیم‌گیرندگان در تشکیل سبد پروژه همانند بازار سهام باید سرمایه‌گذاری‌های شرکت را به گونه‌ای سازماندهی کنند که بیش‌ترین ارزش مالی را برای سازمان ارمغان آورد [۴۱]. دستیابی به این مطلوب نیازمند سنجش و ارزیابی مستمر پروژه‌های جاری، در دست اقدام و پیشنهادی است [۴۲]. بنابراین به منظور ایجاد یک سبد کارآمد از پروژه‌ها ابتدا می‌بایست شاخص‌های ارزیابی تعیین و اندازه‌گیری گردد. مهم‌ترین شاخصی که در تمام مدل‌های انتخاب سبد پروژه مورد توجه قرار می‌گیرد، شاخص ارزش اقتصادی یک پروژه است.

## ۲-۶-۱-۱ شاخص‌های سنجش سود سرمایه‌گذاری و ارزیابی اقتصادی

شاخص سنجش سود، معیاری برای بیان مطلوبیت یک سرمایه‌گذاری بویژه در بخش خصوصی از نظرگاه ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها به شمار می‌رود. چندین معیار برای سنجش ارزش مالی پروژه‌ها وجود دارد که جملگی از ادبیات (مهندسی) مالی وام گرفته شده‌اند. برخی از این معیارها اندازه سود را در یک مقطع زمانی نشان می‌دهند و برخی دیگر نرخ بازده سرمایه‌گذاری را در دوره زمانی که سرمایه در جریان کاربری است نشان می‌دهد. برخی از این معیارها عبارتند از:

- **نرخ بازگشت سرمایه<sup>۱</sup>**: نرخ بازگشت سرمایه در علم اقتصاد مهندسی، یکی از روش‌های استاندارد ارزیابی طرح‌های اقتصادی است. در این روش معیار ارزیابی طرح، مدت زمان بازگشت سرمایه است. طرح‌های با دوره بازگشت سرمایه کوتاه‌تر جذابیت بیشتری نسبت به طرح‌هایی با نرخ بازگشت بلندتر دارند. این روش بخصوص برای رده بندی اولیه طرح‌های سرمایه‌گذاری و هنگام مقایسه دو یا چند طرح با یکدیگر کاربرد دارد. از معایب این روش عدم توجه آن به ارزش زمانی پول و هم چنین جریان‌ات نقدی بعد از دوره بازگشت سرمایه می‌توان اشاره نمود. رابطه ۲-۱ چگونگی محاسبه آن را بیان می‌کند [۴۳].

$$ROI(\%) = \frac{\text{سرمایه گذاری} - \text{بازپرداخت}}{\text{سرمایه گذاری}} \times 100 \quad (1-2)$$

- **ارزش خالص فعلی<sup>۲</sup>**: در مبحث سرمایه‌گذاری، تصمیم گیرنده در مقابل فرصت ازدست رفته ناشی از عدم سرمایه‌گذاری در جایی دیگر، بدنبال کسب منفعت (مازاد درآمد نسبت به هزینه)

<sup>۱</sup>. Return on Investment  
<sup>۲</sup> Net Present Value

در یک افق برنامه ریزی معین است. ارزش خالص فعلی معیاری است که منفعت حاصل از سرمایه‌گذاری را محاسبه می‌کند. شیوه محاسبه به این ترتیب است که ابتدا تمامی جریان‌های نقد آتی مورد انتظار با توجه به نرخ بازده مورد نظر تنزیل یافته سپس از مقدار سرمایه‌گذاری اولیه کاسته می‌شود [۴۴].

اگر محدودیت بودجه وجود نداشته باشد تمام پروژه‌های مستقل که ارزش خالص فعلی آن‌ها بزرگتر یا مساوی صفر باشد قابل قبولند. یعنی سودمندی حاصل از این پروژه‌ها بیش‌تر یا مساوی نرخ تنزیل مورد نظر سرمایه‌گذار می‌باشد. در صورت وجود محدودیت، پیشنهادی قابل قبول است که حداکثر ارزش خالص فعلی غیر منفی را در بین تمام پیشنهادها داشته باشد. رابطه ۲-۲ شیوه محاسبه ارزش خالص فعلی را نشان می‌دهد.

$$NPV = \sum_i^T \frac{C_i}{(1+r)^i} - C. \quad (2-2)$$

T: مدت سرمایه‌گذاری

C<sub>i</sub>: جریان نقدی سال i

C: سرمایه‌گذاری اولیه

r: نرخ بازگشت مورد انتظار

- روش ارزش تجاری مورد انتظار<sup>۱</sup>: این روش با استفاده از تحلیل درخت تصمیم، پروژه را به چند مرحله تصمیم‌گیری می‌شکند. سپس با توجه به احتمالات موفقیت فنی و تجاری و هم

<sup>۱</sup> Expected Commercial Value

چنین درآمدهای فعلی و آتی ارزش تجاری مورد انتظار را محاسبه می‌کند. شیوه محاسبه ECV در رابطه ۲-۳ نشان داده شده است.

$$ECV = [(NPV * P_{CS} - C) * P_{TS} - D] \quad (۲-۳)$$

ECV : ارزش تجاری مورد انتظار پروژه

$P_{CS}$  : احتمال موفقیت فنی

$P_{TS}$  : احتمال موفقیت تجاری

D : هزینه‌های توسعه

C : هزینه‌های سرمایه گذاری

## ۲-۶-۲ تضمین همسویی سبد پروژه با استراتژی‌های سازمان

استراتژی چارچوبی است برای هدایت اقداماتی که ماهیت و جهت گیری سازمان را تعیین می‌کنند. ماهیت و فلسفه‌ی وجودی هر سازمان و بنگاه اقتصادی در ماموریت و رسالت آن نهفته است. تامین رسالت و ماموریت سازمان مستلزم تدوین استراتژی‌های درست و دستیابی به آن استراتژی‌ها است. لذا لازم است عملیات سازمان و استراتژی‌های کسب و کار هم راستا بوده و منعکس کننده چشم انداز و رسالت سازمان باشد. این مهم جز با همسویی فعالیت‌های سازمان با استراتژی‌های آن به دست نمی‌آید. به عبارت دیگر تمام ساختار شکست پروژه مانند حوزه فعالیت، بازار و میزان هزینه‌ها باید منعکس کننده اولویت‌های استراتژیک سازمان باشد.

## ۲-۶-۳ حفظ توازن سبد پروژه

مهم‌ترین هدف از تشکیل سبد، پر کردن آن از فرصت‌هایی است که بازدهی و عایدی زیادی داشته باشد. لیکن تقابل میان بازدهی و ریسک فرصت‌های سرمایه‌گذاری دستیابی به این مطلوب را تحت شعاع قرار می‌دهد. اغلب فرصت‌های سرمایه‌گذاری با بازدهی بالا با ریسک بالایی مواجه می‌شود. به همین دلیل پر کردن سبد از پروژه‌هایی با بازدهی بالا منطقی به نظر نمی‌رسد چرا که ریسک و در نتیجه احتمال ضرر بالا برای سبد وجود دارد.

یکی از جنبه‌های مهم مدیریت پرتفولیو تنوع بخشی است که از ادبیات مالی وام گرفته شده است. در ادبیات مالی اثبات شده است که با ایجاد تنوع مناسب در سبد سهام می‌توان در یک سطح ثابت بازده ریسک کلی را کاهش داد. تعمیم این نظریه در مدیریت سبد پروژه می‌تواند نتایج مشابهی به بار آورد. برای مثال اگر سازمانی تنها پروژه‌های بلند مدت را انتخاب کند ممکن است بعلت طولانی شدن زمان بازگشت سرمایه در تامین مالی دچار مشکل شود. به همین ترتیب انتخاب پروژه‌هایی صرفاً با ریسک پایین ممکن است بازدهی را کاهش دهد. در عین حال تشکیل سبدی با حداکثر بازدهی قطعا ریسک بالایی خواهد داشت. لذا یکی از اهداف مدیریت سبد پروژه اطمینان از وجود توازن میان پروژه‌های سبد تشکیلی به منظور محافظت سازمان در شرایط مختلف است [۴۵]. در دهه هفتاد و هشتاد میلادی ایده متنوع سازی فعالیت‌ها با استقبال چشمگیری روبرو شد و بسیاری از شرکت‌های غربی اقدام به متنوع سازی فعالیت‌های خود نمودند. در این مدت تعداد شرکت‌های فورچون ۵۰۰ که به متنوع سازی مختلط اقدام کرده بودند از ۵۰ درصد به ۸۰ درصد رسید. هیوندا و دوو از جمله شرکت‌هایی هستند که با پیروی از استراتژی متنوع سازی و انتخاب طیف وسیعی از فعالیت‌ها از ساخت اتومبیل‌های سواری تا کشتی سازی، صنایع نفت و گاز و پیمانکاری ساختمان در سبد فعالیت‌های خود توانستند سود بسیاری کسب کنند. [۸۰]

## از جمله مزایای متنوع سازی سبدهای پروژه عبارتند از:

- به طور کلی متوسط ریسک یک سبد متنوع از پروژهها، کمتر از مجموع ریسک تک تک پروژهها است.
- شرکتهایی با پروژههای متنوع می‌توانند نیروی انسانی ماهر خود را از یک پروژه به پروژههای دیگر برده و استفاده بهینه‌ای از منابع انسانی داشته‌باشند.
- خصوصیت دوره‌ای رونق - رکود که در هر حوزه کاری وجود دارد این امکان را برای شرکت‌های متنوع سازی شده ایجاد می‌کند که با جابجایی منابع استفاده بهتری از آن داشته باشند.
- امکان نوآوری و ورود به زمینه‌های جدید را می‌توان از این طریق فراهم ساخت.

### ۲-۶-۳-۱ معیارهای تنوع بخشی سبد پروژه

با توجه به مزایایی تنوع بخشی، پروژههای یک سبد به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که کل سبد به لحاظ ابعادی خاص بالانس بماند. این ابعاد برای سازمان‌های مختلف ممکن است متفاوت باشد. تا کنون فاکتورهای مختلفی در بررسی توازن سبد و تنوع بخشی آن ارائه شده است. نمونه‌هایی از این فاکتورها که کوپر در مقاله خود ارائه کرده در ذیل آمده است:

- پروژههای بلند مدت در مقابل پروژههای کوتاه مدت
- پروژههای با ریسک بالا در مقابل پروژههای با ریسک پایین
- توجه با بازارهای مختلف
- نوع پروژه و طبقه بندی آن
- نوع تکنولوژی

## ۲-۶-۴ تناسب پروژه‌های انتخابی با ظرفیت سازمان

اغلب پروژه‌های فعال سازمان‌ها بیش از ظرفیت و منابع در دسترس آن‌ها است. در نتیجه این امر بسیاری از پروژه‌ها به تاخیر افتاده و مدت زمان اجرای آن‌ها افزایش می‌یابد. این در حالی است که بعضی از پروژه‌ها علی‌رغم ایجاد هزینه‌های بسیار به دلیل کمبود منابع هیچ‌گاه به پایان نمی‌رسند. بدون شک انتخاب بیش از حد پروژه و عدم تعادل میان منابع در دسترس و پروژه‌های فعال، برنامه‌ریزی را با مشکل مواجه کرده و عملکرد ضعیف پروژه را به همراه خواهد داشت [۴۱]. لذا حفظ تعادل میان تعداد پروژه‌ها و ظرفیت سازمان امری مهم در موفقیت آن خواهد بود.

## ۲-۷ روش‌های انتخاب پروژه و تشکیل سبد

امروزه سازمان‌ها با انبوهی از پروژه‌ها و فرصت‌های سرمایه‌گذاری روبرو هستند. بررسی استانداردهای مختلف نشان می‌دهد مهم‌ترین مراحل فرایند مدیریت سبد پروژه مراحل ارزیابی، انتخاب و اولویت‌بندی پروژه‌ها است. وجود عوامل مختلف و تاثیر گذار از یک سو و تعدد گزینه‌ها از سوی دیگر موجب شده روند انتخاب پروژه در سال‌های اخیر بسیار سیستماتیک‌تر و منظم‌تر پیگیری شود.

## ۲-۷-۱ بررسی پیشینه انتخاب پروژه

این بخش به مرور ادبیات موضوع پرداخته، گسترش‌های صورت گرفته در زمینه آن و پیشینه مهم‌ترین تحقیقات خارجی و داخلی در انتخاب و بهینه‌سازی سبد پروژه را مورد بررسی قرار می‌دهد. ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها با استفاده از روش‌های عددی و ساختارمند از پدیده‌هایی می‌باشد که بعد از جنگ جهانی دوم رونق پیدا کرد. معیارهایی همچون نرخ دوره بازگشت<sup>۱</sup> و متوسط نرخ بازگشت سالانه از جمله تکنیک‌هایی است که هنوز هم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در طول دهه ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ استفاده از

---

<sup>۱</sup> Rate of Return (ROR)

مدل‌های ساختارمند بتدریج گسترش پیدا کرد. در این زمان تعداد زیادی از مدل‌های مورد استفاده منحصر از نوع مدل‌های سود/سودمندی<sup>۱</sup> بودند. این مدل‌ها بر کوتاه کردن افق زمانی تصمیمات پروژه‌های سرمایه گذاری گرایش داشتند.

با افزایش نرخ بهره در طول دهه ۱۹۷۰ نرخ بازگشت مورد انتظار بالا رفته و در نتیجه سرمایه گذاری در پروژه‌هایی با دوره بازگشت سرمایه بلند کاهش یافت. یک دهه بعد رشد قابل ملاحظه‌ای در استفاده از مدل‌های ساختارمند و باز هم با تاکید بر مدل‌های سود مشاهده گردید. اما این بار مدل‌هایی که چندین معیار را برای تصمیم گیری دخالت می‌دادند مورد توجه قرار گرفتند. سپس گرایشاتی به سمت استفاده از سیستم‌های اطلاعات تصمیم بوجود آمد. زیرا بسیاری از مسائل تصمیم گیری چند معیاره به راحتی قابل کمی کردن نبودند. به علاوه روش‌های کمی کردن ترجیحات نیز رضایت بخش نبود.

بعد از آن سیستم‌های تصمیم تعاملی<sup>۲</sup> بوجود آمدند. این سیستم‌ها امکان بررسی اثرات ترکیبات مختلف پروژه‌ها را فراهم کردند. در دهه ۱۹۹۰ فرایندهای ارزیابی ترجیحات که از اطلاعات ورودی مناسب برای رتبه بندی استفاده می‌کردند به صورت چشمگیری توسعه پیدا کرد. سپس این مدل‌ها در زمینه‌هایی چون برنامه ریزی آرمانی و مدل‌های تخصیص مورد استفاده قرار گرفتند.

## ۲-۷-۲ طبقه بندی روش‌های انتخاب پروژه

انتخاب سبد پروژه بهینه به لحاظ نظری و کاربردی از اهمیت خاصی برخوردار است. این انتخاب شامل مجموعه‌ای از پروژه‌ها با هدف تامین معیارهای مختلف مالی و غیر مالی است. تاکنون پژوهشگران بسیاری مسئله انتخاب سبد پروژه را مورد بررسی قرار داده و ادبیات گسترده‌ای پیرامون آن وجود دارد که به دهه ۱۹۵۰ بر می‌گردد [۴۶]. بسیاری از مدل‌های انتخاب اولیه بر اساس مدل برنامه‌ریزی خطی،

---

<sup>۱</sup> Profit/Profitability  
<sup>۲</sup> Interactive Decision



مدل‌های امتیازی، رتبه بندی و چک لیست‌ها طرح شده‌اند [۴۷]. این مدل‌ها اغلب ویژگی‌های یک پروژه را به یک معیار مالی تبدیل و بر مبنای آن پروژه‌ها را مورد بررسی قرار می‌دادند [۴۸].

مرور ادبیات انتخاب سبد پروژه دو مکتب فکری<sup>۱</sup> در مورد چگونگی طبقه بندی رویکردهای انتخاب سبد پروژه را آشکار می‌سازد [۴۹]. مکتب اول برگرفته از نظرات بیکر<sup>۲</sup>، فریلند<sup>۳</sup> و پوند<sup>۴</sup> در اوایل دهه ۱۹۹۰، رویکردهای کمی در انتخاب پروژه و تخصیص منابع را عرضه می‌کند. مکتب دوم، تکنیک‌های کیفی مانند دیگرام‌های حبابی و مدل‌های رتبه بندی در انتخاب و اولویت بندی پروژه‌ها را در بر می‌گیرد [۴۶ و ۴۹-۵۳].

هیدنبرگر و استومر<sup>۵</sup> با ادغام دو مکتب فوق مدل‌های انتخاب سبد پروژه را به شش گروه روش‌های اندازه‌گیری سود، رویکرد برنامه ریزی ریاضی، مدل‌های فرا ابتکاری و شبیه سازی، اختیارحقیقی<sup>۶</sup> و مدل‌های Ad Hoc تقسیم کرده‌اند [۵۳]. در یک طبقه بندی جامع‌تر روش‌های انتخاب پروژه در تشکیل سبد در یکی از چهارگروه زیر قرار داده شده است. [۸۰]

- روش‌های بهینه سازی
- روش‌های کلاسیک
- روش‌های ترسیمی
- روش‌های Ad Hoc

---

<sup>۱</sup> School of thought

<sup>۲</sup> Baker

<sup>۳</sup> Freeland

<sup>۴</sup> Pound

<sup>۵</sup> Heidenberger & Stummer

<sup>۶</sup> Real Option

## ۲-۷-۱ روش‌های بهینه سازی

روش‌های بهینه سازی اولین فنون مدیریت سبد پروژه می‌باشند که در چارچوبی از محدودیت‌ها بهینه می‌گردند. فنون بهینه سازی با دو رویکرد برنامه ریزی ریاضی و الگوریتم‌های تکاملی بر بهینه سازی ارزش سبد پروژه تمرکز دارند.

مدل‌های برنامه ریزی ریاضی علاوه بر قابلیت بسیار بالا در مدل سازی توابع هدف و محدودیت‌ها و توجه به اثر متقابل پروژه‌ها مانند وابستگی منابع، محدودیت‌های بودجه، تعاملات تکنیکی و تعاملات بازار ما بین گزینه‌ها، دستیابی به جواب بهینه را نیز با اطمینان بسیار بالایی تضمین می‌کند. انواع مدل‌های برنامه ریزی ریاضی را می‌توان به مدل‌های برنامه ریزی ریاضی خطی، غیر خطی، عدد صحیح، آرمانی، پویا، احتمالی و فازی تقسیم نمود. به دلیل کارایی بالای این روش‌ها، امروزه در اکثر مسائل از روش‌هایی چون برنامه ریزی عدد صحیح<sup>۱</sup>، برنامه ریزی خطی<sup>۲</sup>، برنامه ریزی غیر خطی<sup>۳</sup>، برنامه ریزی آرمانی<sup>۴</sup> و برنامه ریزی پویا استفاده می‌شود.

علی‌رغم قابلیت بسیار بالای روش‌های برنامه ریزی ریاضی در مدل سازی و تولید بهینه‌ترین جواب‌ها، پیچیدگی توابع ریاضی در نتیجه‌ی افزایش ابعاد مسئله و تعدد توابع هدف و محدودیت، حل آن را با مشکل مواجه می‌سازد. جهت پوشش این نقیصه در اواخر قرن بیستم پژوهشگران به استفاده از روش‌های تقریبی جدید و یا فراابتکاری مبادرت ورزیدند که در سال‌های اخیر در مدیریت سبد پروژه بیش تر به کار گرفته شده است. این دسته از روش‌ها نیز مفهومی هم راستا با مدل‌های برنامه ریزی دارند. اما وجه تمایز آن‌ها، در تعیین جواب‌ها و مدل سازی پروژه‌های با پیچیدگی بالا است. در مدل‌های مبتنی بر برنامه ریزی ریاضی هدف یافتن جواب بهینه یکتا می‌باشد. در بسیاری از پروژه‌ها که دارای پیچیدگی‌های زیادی

---

<sup>۱</sup> Integer Programming

<sup>۲</sup> Linear Programming

<sup>۳</sup> None Linear Programming

<sup>۴</sup> Goal Programming

هستند و تعاملات بی‌شماری بین عناصر مختلف آن‌ها وجود دارد دستیابی به جواب یکتا در زمان معقول بسیار مشکل و در شرایطی غیر ممکن می‌شود. در این شرایط الگوریتم‌های فرا ابتکاری که اغلب با پیروی از رفتارهای موجود در طبیعت فرایند بهینه‌سازی را طی می‌کنند قادرند با ایجاد توازن بین کیفیت جواب و زمان حل، پاسخ‌هایی نزدیک به بهینه ایجاد کنند.

## ۲-۲-۷-۲ روش‌های کلاسیک

اساس کار این روش‌ها بر پایه آنالیز معیارهای ارزیابی پروژه‌ها می‌باشد. روش‌های کلاسیک را می‌توان در دو گروه زیر بررسی نمود:

**مدل‌های امتیاز دهی<sup>۱</sup>:** این مدل‌ها می‌توانند همه‌ی عواملی که در فرایند انتخاب پروژه مهم می‌باشند را در نظر گرفته و شاخصی تئوری برای انتخاب فراهم می‌کنند. اساس کار این روش‌ها تعریف یک سری معیار اعم از معیارهای کیفی یا کمی و یا ترکیبی از هر دو بوده که نهایتاً شایستگی هر پروژه بر اساس میزان امتیاز و یا مجموع اوزانی که کسب می‌کنند، جهت اضافه شدن به سبد پروژه بررسی می‌شود. مهم-ترین ویژگی این روش‌ها سادگی استفاده از آن و هم‌چنین عدم نیاز به محاسبات دوباره هنگام اضافه یا کم شدن پروژه‌ها می‌باشد. در مقابل یکی از ضعف‌های اصلی این مدل آن است که انتخاب معیار باید به دقت انجام شود و به طور طبیعی اصلاح آن‌ها صرف وقت بسیاری را می‌طلبد [۵۵]

## ۲-۲-۷-۳ مدل‌های دسته بندی<sup>۲</sup>:

در این روش ابتدا وزن هر کدام از معیارها محاسبه شده سپس تمامی گزینه‌ها با توجه به میزان تاثیرشان بر دستیابی به هدف با یکدیگر مقایسه و مقادیر تابع هدف متناظر محاسبه می‌شود. سادگی محاسبات و

---

<sup>۱</sup> Scoring  
<sup>۲</sup> Sorting

آنالیز را می‌توان به عنوان مهم‌ترین مزیت این دسته از روش‌ها دانست. یکی از مهم‌ترین روش‌های موجود در این حوزه تجزیه و تحلیل خوشه‌ای تصمیم می‌باشد. دسته‌ای دیگر از روش‌ها که می‌توانند کاربرد گسترده‌ای در انتخاب سبد پروژه‌ی مناسب داشته باشند، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۱</sup> هستند. به طور کلی روش‌های مربوط به مباحث تصمیم‌گیری چندمعیاره را می‌توان به صورت ذیل تفکیک نمود:

- **مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره غیر جبرانی:** در این رویکرد آلترناتیوها با توجه به تامین شرایط کمینه هر ویژگی<sup>۲</sup> مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. چنانچه گزینه مورد نظر در مورد یک ویژگی امتیاز کمینه را به دست نیاورد از محدوده ارزیابی حذف می‌شود. مزیت این روش‌ها در سادگی آن است. لیکن مشکلی که در این روش‌ها وجود دارد تعیین حد و مرز مشخص جهت رد یا قبول یک گزینه می‌باشد. به همین دلیل استفاده از این روش‌ها با پیچیدگی‌های بسیار زیادی مواجه می‌شود. روش‌هایی مانند حذف<sup>۳</sup>، تسلط<sup>۴</sup> و ماکسی مین<sup>۵</sup> نمونه‌هایی از این روش‌ها می‌باشند.

- **مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره جبرانی:** بر خلاف رویکرد قبلی در این روش گزینه‌ها نسبت به تمام ویژگی‌ها بررسی می‌شوند. ضعف یک گزینه در یک ویژگی سبب از بین رفتن شانس آن در ارزیابی نشده و می‌تواند با بدست آوردن امتیاز مورد قبول در ویژگی‌های دیگر ضعف مورد نظر را بپوشاند. به عبارت دیگر مبادله بین شاخص‌ها در این مدل‌ها رایج می‌باشد. روش‌های

---

<sup>۱</sup> MCDM  
<sup>۲</sup> Attribute  
<sup>۳</sup> Elimination  
<sup>۴</sup> Dominance  
<sup>۵</sup> Max-Min

مختلفی مانند روش چند شاخصه ساده وزن دهی شده فازی، روش تسلط تقریبی<sup>۱</sup>، فرایند تحلیل

سلسله مراتبی<sup>۲</sup>، روش تاپسیس<sup>۳</sup> و لینمپ<sup>۴</sup> اشاره کرد

## ۲-۷-۲ سیستم‌های خبره

سیستم خبره (یا سیستم های مبتنی بر دانش) در واقع یک برنامه کامپیوتری است که دارای پایگاه داده وسیعی در یک حوزه محدود بوده و از فرایند استنتاج صورت گرفته توسط انسان تقلید می‌کند. لذا امکان طراحی سیستم خبره‌ای که بتواند تصمیم گیری یک مدیر را در تحلیل پروژه ها تا حدی انجام دهد دور از انتظار نیست. به علاوه در مواقعی که رتبه بندی و اولویت دهی پروژه‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره صحیح نباشد، سیستم های خبره می‌تواند به عنوان جایگزین مناسب مطرح گردد. [۵۶-۵۷ و نمونه‌های از پژوهش‌هایی است که در انتخاب سبد پروژه از سیستم‌های خبره بهره گرفتند.

## ۲-۷-۲-۵ روش‌های ترسیمی

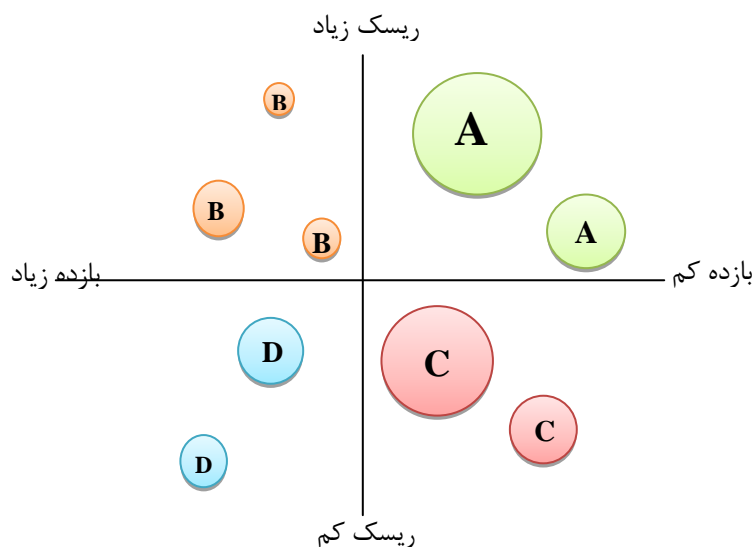
این روش‌ها یک مدل گرافیکی جهت به تصویر کشیدن توازن سبد پروژه‌ها بوده که نوعا از دیاگرام‌های دو محوری برای نمایش مصالحه بین دو معیار استفاده می‌کنند. در اکثر مواقع یک بعد آن بیان گر پارامتر احتمال موفقیت و بعد دوم ارزش اقتصادی مورد انتظار می‌باشد. با این روش تمامی پروژه‌های مورد نظر جهت انتخاب برای سبد پروژه روی یک نمودار گرافیکی برده می‌شود. به این ترتیب تشخیص و انتخاب پروژه‌های مناسب راحت‌تر خواهد بود. از مطرح ترین روش های موجود در این دسته می‌توان به نمودارهای حبابی، ماتریس گروه مشاوران بوستون و ماتریس جنرال الکترونیک اشاره کرد. در

---

<sup>۱</sup> ELECTRE  
<sup>۲</sup> AHP  
<sup>۳</sup> TOPSIS  
<sup>۴</sup> LINMAP

ادامه توضیحی پیرامون این روش‌ها به دلیل کارکرد زیاد آن‌ها در مباحث استراتژیک سازمان ارائه می‌گردد.

**نمودار حسابی:** این ابزار موقعیت جاری سبد پروژه و جهت گیری مصرف منابع را به صورت شماتیک نمایان می‌سازد [۷۹]. در این نمودار تمامی پروژه‌های سبد به صورت حساب‌هایی در یک شبکه دو بعدی (اغلب با محورهای ریسک و بازده) ترسیم می‌شوند. به طوری که اندازه حساب‌ها بیانگر میزان تخصیص منابع به هر پروژه است. به عنوان مثال با بررسی نمودار (۲-۱) و مقایسه اندازه حساب‌ها می‌توان نتیجه گرفت که بخش اعظمی از منابع سازمان صرف اجرای پروژه‌های نوع A و C شده است. در مقابل پروژه‌های نوع B و D منابع اندکی را به خود تخصیص داده‌اند.



شکل ۲-۴: نمودار حسابی در بررسی توازن سبد پروژه

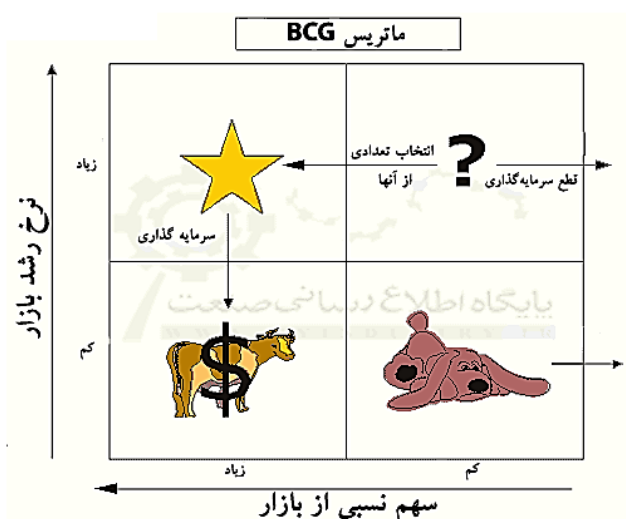
منبع: [۴۵]

## ۲-۷-۲-۵-۱ ماتریس گروه مشاوران بوستون

ماتریس BCG که توسط گروه مشاوران بوستون در اوایل دهه ۷۰ میلادی طراحی و معرفی

گردید، امروزه به عنوان یکی از ابزارهای مهم مدیریت سبد محصول/پروژه شناخته می‌شود. روشی که می‌-

تواند ضمن تعیین جایگاه یک محصول در چرخه عمر آن اقدامات لازم جهت بهبود شرایط را تجویز نماید. در این ماتریس سبد محصول بر پایه شرایط مختلف دو مولفه‌ی سهم سازمان از بازار و نرخ رشد بازار مدیریت می‌شود. به این ترتیب که با توجه به دو مولفه فوق چهار موقعیت در ماتریس بوجود می‌آید که تعیین کننده چرخه عمر محصول می‌باشد. در شکل (۲-۲) موقعیت‌های مختلف ماتریس نشان داده شده است.



شکل ۲-۵: ماتریس گروه مشاوران بوستون

## ۲-۷-۲-۵-۲ مدل ماتریس پورتفولیوی جنرال الکتریک

در دهه‌ی ۱۹۷۰ و اوایل دهه‌ی ۱۹۸۰ میلادی، تعدادی از شرکت‌های مشاوره برجسته، مفهوم ماتریس پورتفولیو را برای کمک به مدیران در درک بهتر موقعیت‌های رقابتی کسب و کار، تحلیل گزینه‌های استراتژیک و اولویت‌بندی تخصیص منابع ارائه کردند. ماتریس پورتفولیو، به نشان دادن ارزش پارامترها در ۳ یا ۴ بعد مشهورند [۵۸-۵۹]. یکی از مشهورترین این ماتریس‌ها، ماتریس پورتفولیوی جنرال الکتریک است که مشترکاً توسط جنرال الکتریک و مکنزی ارائه شد. این ابزار مدیران را در درک موقعیت رقابتی هر واحد کسب و کار بر پایه‌ی جذابیت صنعت و توانایی کسب و کار یاری می‌دهد. (جدول ۲-۱)

جدول ۱-۲: ماتریس پرتفولیوی جنرال الکترونیک

توانایی کسب و کار	زیاد متوسط کم	سرمایه گذاری و رشد	رشد انتخابی	گزینه‌ی
		رشد انتخابی	گزینه‌ی	بهره برداری/حذف
		گزینه‌ی	بهره برداری/حذف	بهره برداری/حذف
		زیاد	متوسط	کم

جذابیت صنعت

جذابیت صنعت، یک ارزیابی بر پایه فاکتورهای خارجی مانند تعداد رقبا در یک صنعت، نرخ رشد صنعت و ... است که قابل کنترل بوسیله شرکت نیست. در مقابل، توانایی کسب و کار یک ارزیابی بر پایه فاکتورهای بحرانی موفقیت از جمله موقعیت مالی شرکت، قدرت تامین کنندگان شرکت و ... است، که کاملاً تحت کنترل شرکت می‌باشد.

جدول ۲-۲: معیارهای مربوط به جذابیت صنعت و معیارهای مربوط به توانایی کسب و کار

ماتریس GE			
توانایی کسب و کار		جذابیت صنعت	
ساخت	محل، تعداد و استعداد کارگاه، سطح اتوماسیون و تجهیزات	عوامل بازار	بازارهای جاذب، عایدی صنعت
بازاریابی	تدارکات، وجه و تصویر سازمانی، سطح اعتماد کارفرمایان	عوامل رقابتی	موانع ورود، موانع خروج، قابلیت جانشینی
مهندسی تحقیق و توسعه	پرسنل، منابع، امتیازات	عوامل اقتصادی و دولتی	تورم، قوانین و مقررات، کارمزدها، مالیات
مدیریت	شایستگی های مدیریتی، سیستم های کنترل و طراحی و ارزیابی	عوامل اجتماعی	تأثیرات بوم شناختی، حمایت مشتریان، سندیکاها

Ad Hoc ۶-۲-۷-۲ روش‌های

اساس کار این روش‌ها بر تشکیل جلسات مباحثه‌ای و بحث پیرامون گزینه‌های مطرح است. مهم‌ترین کارکرد این روش انتخاب سبد پروژه با توجه به نظرات جمعی افراد و رسیدن به یک نقطه تعاملی می‌باشد.



از مهم‌ترین روش‌های مطرح در این بخش می‌توان به روش پروفایل و هم‌چنین روش انتخاب تعاملی اشاره کرد. از نقاط قوت اینگونه روش‌ها می‌توان به آشنایی همه جانبه با تمامی ابعاد پروژه به دلیل بحث جمعی و هم‌چنین کارآمدی و سادگی آن اشاره کرد.

با توجه به تاکید این پژوهش بر بهینه‌سازی در بخش بعد انواع مسایل بهینه‌سازی و روش‌های حل آن به تفصیل بیان می‌شود

## ۸-۲ مروری بر مسائل بهینه‌سازی

### ۸-۲-۱ مقدمه

آرزوی انسان برای رسیدن به کمال مبین تئوری بهینه‌سازی است. انسان می‌خواهد بهترین را تجسم و توصیف کرده و به آن دست یابد (بیت لر و دیگران، ۱۹۷۹)؛ اما از آنجایی که می‌داند نمی‌تواند تمام شرایط حاکم بر بهترین را به خوبی شناسایی و تعریف نماید در بیش‌تر موارد به جای جواب بهترین یا بهینه مطلق، به یک جواب رضایت بخش (وارنر، ۱۹۹۶) بسنده می‌کند. هم‌چنین انسان در قضاوت عملکرد دیگران، معیار بهترین را در نظر نمی‌گیرد. بلکه آنان را به صورت نسبی مورد ارزیابی قرار می‌دهد (گلدبرگ، ۱۹۸۹)؛ بنابراین انسان به دلیل ناتوانی خود در بهینه‌سازی، به بهبود ارزش ویژه‌ای می‌دهد.

بیت لر و دیگران (۱۹۷۹) بهینه‌سازی را چنین شرح می‌دهند: فعل بهینه‌ساختن که کلمه قوی‌تری نسبت به بهبود می‌باشد عبارتست از دستیابی به بهینه و بهینه‌سازی اشاره به عمل بهینه‌ساختن دارد. بنابراین تئوری بهینه‌سازی شامل مطالعات کمی بهینه‌ها و روش یافتن آنهاست. هم‌چنین بهینه‌ها به عنوان یک واژه فنی دلالت بر اندازه‌گیری کمی و تحلیل ریاضی دارد در حالی که بهترین، دارای دقت کمتر بوده و بیشتر برای امور روزمره استفاده می‌شود.

در بیشتر موارد آنچه که با هدف بهینه سازی انجام می‌دهیم بهبود است. بهینه سازی به دنبال بهبود عملکرد در رسیدن به نقطه یا نقاط بهینه است. این تعریف دو قسمت دارد : ۱- جستجوی بهبود برای رسیدن به ۲- نقطه بهینه. تفاوت روشی بین فرایند بهبود و مقصد یا نقطه بهینه وجود دارد. هنوز هم معمولاً در رویه‌های بهینه سازی تمرکز بر همگرایی است (آیا به نقطه بهینه می‌رسد؟) و عملکرد ضمنی رویه به طور کلی فراموش می‌شود. این اهمیت نسبت به همگرایی مربوط به ریشه‌های بهینه سازی در ریاضیات است اما همان طور که اشاره شد در عمل چنین اهمیتی طبیعی و معقول نمی‌باشد (گلدبرگ، ۱۹۸۹). این مقایسه قصد بی ارزش نشان دادن همگرایی و دقت‌های معمول ریاضی را ندارد چرا که این حوزه خود مبنای ارزشمندی برای مقایسه روش‌های بهینه سازی ارائه می‌کند.

در مقایسه الگوریتم‌های بهینه سازی دو معیار همگرایی و عملکرد مطرح می‌شود. بعضی از الگوریتم‌ها دارای همگرایی بوده ولی ممکن است عملکرد ضعیفی داشته باشند، یعنی فرایند بهبود آنها از کارایی و سرعت لازم برخوردار نباشد؛ برعکس بعضی دیگر از الگوریتم‌ها همگرایی نداشته ولی عملکرد آنها خیلی خوب است.

می‌توان هدف از فرایندهای جستجو را در سه دسته زیر بیان کرد:

۱- بهینه سازی

۲- یافتن جواب عملی

۳- شبه بهینه سازی

در شرایطی که ما به یافتن جواب در همسایگی جواب بهینه راضی باشیم هدف جستجو را شبه بهینه سازی می‌نامند. شبه بهینه سازی دارای دو طبقه است؛ اگر هدف، یافتن جواب عملی خوب در فاصله تعریف شده ای از جواب بهینه باشد به آن بهینه سازی نزدیک گفته می‌شود. اگر شرط فاصله تعریف

شده برای جواب بدست آمده حذف گردد و تنها یافتن جواب نزدیک بهینه با احتمال بالا هدف باشد به آن بهینه سازی تقریبی گفته می شود.

بیشتر مسائل عملی آنقدر مشکل هستند که در آنها هدف، شبه بهینه سازی در نظر گرفته می-شود تا از این طریق تعادلی بین کیفیت جواب بدست آمده و هزینه جستجوی آن جواب برقرار گردد. هم چنین از آنجایی که تعداد محاسبات مسائل بهینه سازی ترکیبی به اعداد نجومی می رسد حذف شرط بهینگی یک ضرورت اقتصادی است. در شبه بهینه سازی باید الگوریتم هایی ارائه کرد که حدود مناسب میزان محاسبات و نزدیکی به بهینگی را تضمین نموده و تعادلی بین آنها برقرار نمایند. این الگوریتم ها باید مجهز به پارامترهای قابل تنظیم باشند تا کاربر بتواند با تغییر آن پارامترها تعادل مطلوب بین جواب بدست آمده و میزان محاسبات را برقرار نماید. (پیرل، ۱۹۸۴)

## ۲-۸-۲ انواع مسائل بهینه سازی و تقسیم بندی آنها

می توان مسائل بهینه سازی را از دیدگاه های مختلف به دسته های متعددی تقسیم کرد. نمونه ای از این تقسیم بندی ها در ادامه توضیح داده شده اند.

### ۲-۸-۲-۱ بهینه سازی با سعی و خطا و بهینه سازی روی تابع

سعی و خطا فرآیندی است که در آن متغیرهای ورودی تغییر داده می شوند و اطلاعات دقیق در خصوص نحوه تاثیر هر متغیر بر خروجی در دست نیست. به عنوان مثال نحوه تنظیم آنتن گیرنده ی تلویزیونی یک بهینه سازی با سعی و خطا است. بسیاری از کشفیات مهم بشر، نتیجه ی بهینه سازی های توأم با سعی و خطا بوده است. به عنوان مثال می توان به کشف و تصفیه پنی سیلین به عنوان یک آنتی بیوتیک اشاره نمود. در مقابل نوع دیگری از بهینه سازی وجود دارد که در آن ماهیت مسئله، به صورت فرمول دقیق در دست است و می توان با روش های ریاضی به سراغ این گونه مسایل رفت [۶۰].

## ۲-۲-۸-۲ بهینه‌سازی تک بعدی و بهینه‌سازی چند بعدی

اگر تنها یک متغیر در مسئله بهینه‌سازی وجود داشته باشد، مسئله بهینه‌سازی تک بعدی نامیده می‌شود. در مقابل مسائلی که دارای بیش از یک متغیر باشند، مسائل بهینه‌سازی چند بعدی خوانده می‌شود [۶۱-۶۲].

## ۳-۲-۸-۲ بهینه‌سازی پویا<sup>۱</sup> و بهینه‌سازی ایستا<sup>۲</sup>

اگر تابع یا فرآیندی که مورد بهینه‌سازی واقع می‌شود، تابعی از زمان باشد و با گذشت زمان تغییر یابد بهینه‌سازی را پویا می‌نامند. در مقابل بهینه‌سازی مسائلی که گذشت زمان تغییری در آن‌ها به وجود نمی‌آورد، بهینه‌سازی ایستا خوانده می‌شود. به عنوان مثال، پیدا کردن بهترین مسیر برای رانندگی در شهر برای رسیدن از یک هدف به یک مقصد معین، می‌تواند یک مسئله بهینه‌سازی ایستا باشد. می‌توان با استفاده از یک نقشه، بهترین مسیر ممکن را به دست آورد. اما این مسئله در عمل به این سادگی نیست. در عمل می‌بایست عوامل دیگری نیز در نظر گرفته شوند. در ساعات مختلف شبانه‌روز میزان ازدحام متغیر است و لذا بهترین مسیر ممکن است در زمان‌های مختلف تغییر پیدا کند [۶۰-۶۱].

## ۴-۲-۸-۲ بهینه‌سازی مقید<sup>۳</sup> و نامقید

اگر متغیرهای مسئله بهینه‌سازی به مجموعه و یا قید خاصی محدود شده باشند، با یک مسئله بهینه‌سازی مقید سروکار داریم و در غیر این صورت مسئله بهینه‌سازی نامقید است [۶۲].

---

<sup>۱</sup> Dynamic Optimization  
<sup>۲</sup> Static Optimization  
<sup>۳</sup> Constrained Optimization

## ۵-۲-۸-۲ بهینه‌سازی پیوسته و بهینه‌سازی گسسته

اگر ماهیت متغیرهای مسئله بهینه‌سازی پیوسته باشد، آن را پیوسته می‌نامند. در مقابل اگر مقادیری که متغیرهای مسئله اختیار می‌کنند، مقادیر محدود و شمارا باشند، مسئله را گسسته می‌نامند. یک نوع بسیار مهم از مسائل گسسته، مسائل جایگشت هستند. هدف از حل این نوع از مسائل، انجام یک انتخاب از بین یک مجموعه از گزینه‌های قابل انتخاب است که ترتیب انتخاب نیز مهم است [۶۳].

## ۶-۲-۸-۲ بهینه‌سازی کمینه‌جو و بهینه‌سازی تصادفی

برخی از روش‌ها از یک نقطه‌ی مشخص در فضای جستجو شروع می‌کنند و با استفاده از قوانینی که پایه در ریاضیات و هندسه دارند، جواب‌های بهتری به دست می‌آورند. این نوع الگوریتم‌ها سرعت بسیار بالایی در هم‌گرایی دارند، اما به راحتی در کمینه‌ها یا بیشینه‌های محلی گرفتار می‌شوند. در این روش‌ها نحوه ایجاد جواب‌های بعدی از روی جواب‌های فعلی، روندی مشخص و معلوم دارد. در مقابل روش‌های تصادفی، از الگوریتم‌های احتمالی برای ایجاد جواب‌های بهتر استفاده می‌کنند. به این ترتیب پیش‌بینی عملکرد الگوریتم ساده نیست. سرعت هم‌گرایی این نوع از الگوریتم‌ها در مقایسه با الگوریتم‌های کمینه‌جو، کم‌تر است اما احتمال گرفتار شدن در نقاط بهینه محلی نیز کم‌تر می‌شود و امید بیشتری برای یافته شدن نقطه‌ی بهینه‌ی سراسری وجود دارد [۸۱].

## ۷-۲-۸-۲ بهینه‌سازی تک معیاره<sup>۱</sup> و چند معیاره<sup>۲</sup>

یک مسئله بهینه‌سازی تک معیاره دارای تنها یک تابع هدف می‌باشد. اما در یک مسئله چند معیاره، تعداد تابع هدف‌هایی که بطور همزمان بهینه می‌شوند بیش از یکی است. در حالت چند معیاره مجموعه جواب‌هایی که هیچ برتری‌ای نسبت به هم ندارند تشکیل یک منحنی را در صفحه می‌دهند که با

<sup>۱</sup> Single Objective

<sup>۲</sup> Multi Objective

نام منحنی پاره‌تو یا همان مرز کارا<sup>۱</sup> شناخته می‌شود. منحنی پاره‌تو در بردارنده‌ی همه‌ی جواب‌های مناسبی است که نسبت به همدیگر هیچ برتری ندارند. معمولاً در یک مسئله بهینه‌سازی چند معیاره، با وزن دهی مناسب به هر یک از توابع هدف و جمع بستن آنها، مسئله را تبدیل به یک مسئله تک معیاره می‌کنند. حل مسائل بهینه‌سازی چند هدفه، به تنهایی مبحث مستقل و مهمی از حوزه بهینه‌سازی است.

## ۲-۹ انواع رویکردها و روش‌های حل مسائل بهینه‌سازی

اولین تکنیک بهینه‌سازی را کارل فردریش گاوس ابداع کرد. اما عمده اصطلاحات مورد استفاده در این حوزه به دوره معاصر برمی‌گردد. به طور کلی روش‌ها و الگوریتم‌های بهینه‌سازی به دو دسته الگوریتم‌های دقیق<sup>۲</sup> و الگوریتم‌های تقریبی<sup>۳</sup> تقسیم‌بندی می‌شوند.

### ۲-۹-۱ الگوریتم‌های دقیق

الگوریتم‌های دقیق همان طور که از نامش پیداست قادر است جواب بهینه را به صورت دقیق تعیین کند. لیکن از آنجایی که روند حل این روش‌ها مبتنی بر مشتق‌های ریاضی است، تنها در توابع پیوسته و مشتق پذیر کاربرد دارند و در حل برخی مسائل واقعی که دارای توابع هدف ناپیوسته و یا مشتق ناپذیر هستند، ناتوان و یا بسیار پرهزینه می‌باشند و زمان حل آن‌ها به صورت نمایی افزایش می‌یابد.

### ۲-۹-۲ الگوریتم‌های تقریبی

این الگوریتم‌ها برای فائق آمدن بر مشکلات فوق که غالب مسائل بهینه‌سازی با آن‌ها سروکار دارند، بوجود آمده‌اند. اگرچه نمی‌توان هیچ تضمینی قائل شد، اما آزمون این روش‌ها در مسائل مختلف

---

<sup>۱</sup> Pareto or efficient frontier

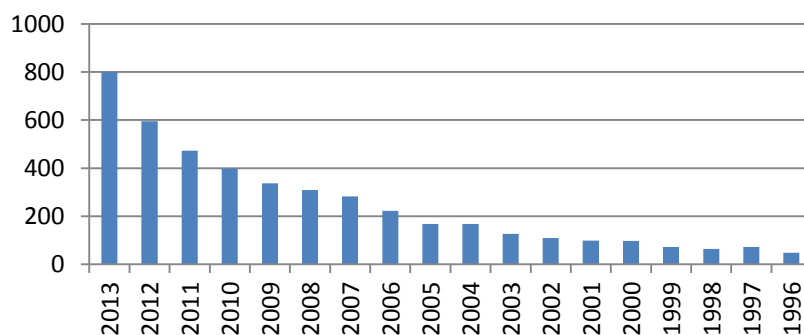
<sup>۲</sup> Exact

<sup>۳</sup> Approximate algorithms

فنی و مهندسی، اقتصاد، مالی و ... نشان داده است که در صورت اعمال درست و انتخاب مناسب پارامترهای داخلی و متناسب با نوع مسئله، روش‌های تقریبی پاسخ‌های بهتری نسبت به روش‌های دقیق ارائه می‌دهند. الگوریتم‌های تقریبی به دو دسته تقسیم می‌شوند، یک گروه روش‌های ایجاد کننده هستند، که از صفر شروع شده و مرحله به مرحله به جواب کامل شده نزدیک می‌گردند و در نهایت یک جواب را بعنوان جواب مساله معرفی می‌کنند و دسته دوم روش‌های بهبود دهنده هستند که در دامنه جواب یک جواب را انتخاب نموده و آن را بهبود می‌دهند. در فصل بعد تعدادی از الگوریتم‌های تقریبی شرح داده خواهد شد.

## ۲-۱۰ مرور ادبیات و روند انتشار مقالات مرتبط

در طول دهه گذشته رشد چشمگیری در روند انتشار مقالات با موضوع مدیریت سبد پروژه دیده می‌شود. جستجوی مختصری در پایگاه داده Science Direct نشان می‌دهد که تعداد مقالات ارائه شده با موضوع مدیریت سبد پروژه به خصوص در چند سال اخیر رشد بسیار چشمگیری داشته است. دلیل این رشد، اهمیت روزافزون نوآوری‌های حرفه‌ای و تاثیر غیر قابل انکار مدیریت موثر بر موفقیت آن است. نویسندگان اغلب کتب اصلی مدیریت پروژه فصلی با عنوان مدیریت پرتفولیو را به آخرین ویرایش خود اضافه کرده‌اند. موسسه مدیریت پروژه استانداردهایی را برای مدیریت سبد پروژه وضع و نخستین نسخه‌ی آن را سال ۲۰۰۶ منتشر کرد. [۶۴]



شکل ۲-۶: نمودار روند مقالات ارائه شده با موضوع مدیریت سبد پروژه در پایگاه داده

science direct

در ذیل مهم ترین پژوهش‌های مطالعه شده در زمینه‌ی انتخاب، تشکیل و بهینه سازی سبد پروژه به تفکیک خارجی یا داخلی بودن پژوهش مرور می‌شود:

## ۲-۱۰-۱ مرور پژوهش‌های انجام شده خارجی

مورخجی و برا<sup>۱</sup> کارایی مدل های برنامه ریزی ریاضی و به طور خاص برنامه ریزی آرمانی را در انتخاب مجموعه پروژه های صنعت استخراج ذغال سنگ در هند بررسی کردند [۵۴]. استامر<sup>۲</sup> و همکارانش با استفاده از برنامه‌ریزی خطی به انتخاب سبد پروژه پرداختند [۵۵] داویس و بدری<sup>۳</sup> یک مدل جامع برنامه ریزی آرمانی صفر و یک در انتخاب مجموعه پروژه های موسسات خدمات بهداشتی معرفی کردند. آن‌ها هم چنین یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی صفر و یک برای انتخاب پروژه‌های سیستم اطلاعاتی ارائه کردند [۶۵]. ونگ و هانگ<sup>۴</sup> و کارلوسن<sup>۵</sup> و همکاران در طی پژوهشی به منظور حل مسئله انتخاب سبد پروژه‌های تحقیق و توسعه یک نوع برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک فازی معرفی نمودند که توانایی مواجهه با پارامترهای منعطف و شرایط عدم اطمینان را دارا است [۶۶-۶۷]. گو<sup>۶</sup> با ارائه یک مدل یک برنامه ریزی ریاضی غیرخطی صفر و یک چهار گروه از وابستگی‌ها (نتایج، منابع، تکنیکال و ریسک) را در انتخاب سبد پروژه لحاظ نمود [۶۸].

هانگ<sup>۷</sup> با ادغام الگوریتم ژنتیک و شبیه سازی فازی تصادفی، توانست عدم قطعیت ها را به صورت فازی تصادفی در انتخاب پروژه لحاظ کند [۱۴]. لوتسما<sup>۸</sup> و لوکاس<sup>۹</sup> و روش امتیازدهی را برای انتخاب پروژه‌ها

---

<sup>۱</sup> Mukherjee and Bera

<sup>۲</sup>

<sup>۳</sup> Badri, Davis

<sup>۴</sup> Wang & Hwang

<sup>۵</sup> Carlsson

<sup>۶</sup> Guo

<sup>۷</sup> Huang

<sup>۸</sup> Lootsma

<sup>۹</sup> Lucas



پیشنهاد کردند [۴-۵]. دئور<sup>۱</sup> [۱۲] با توجه به مدل پیشنهادی استومر<sup>۲</sup> [۱۳] و معرفی الگوریتم PACO به عنوان یک الگوریتم فراابتکاری کارا، یک مدل چند هدفه در انتخاب مجموعه پروژه ارائه و حل نمود. تیان<sup>۳</sup> و همکاران برای انتخاب پروژه های تحقیق و توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم سازمانی ارائه کردند [۶۹]. دی<sup>۴</sup> با توسعه ی یک سیستم پشتیبانی تصمیم گیری مبتنی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره عوامل بازار، تکنولوژی و اثرات اجتماعی و زیست محیطی را در تحلیل و ارزیابی پروژه های خط لوله نفت هند لحاظ نمود. ایلت<sup>۵</sup> و همکاران رویکرد تحلیل پوششی داده ها و کارت امتیاز متوازن را در ارزیابی و تشکیل سبد پروژه های تحقیق توسعه مناسب یافتند [۷۰]. لینتون<sup>۶</sup> و همکاران با بهره گیری از تکنیک تحلیل پوششی داده بازگشتی و استفاده از چندین مرز کارا به مقایسه ی پروژه ها پرداختند [۷۱] مولاریدهار<sup>۷</sup> [۶] از فرایند تصمیم گیری سلسله مراتبی در انتخاب پروژه کمک گرفت. . در این روش هرچند یک فرایند رتبه دهی مناسب برای انتخاب پروژه ها ایجاد گردید، امکان بررسی محدودیت های موجود در محیط تصمیم گیری فراهم نبود. هانگ<sup>۸</sup> و همکاران یک روش تحلیل سلسله مراتبی فازی برای انتخاب سبد پروژه های تحقیق و توسعه ارائه نمودند [۷۲]

## ۲-۱۰-۲ مرور پژوهش های مرتبط داخلی

۱. مطالعه و شناسایی فاکتورهای موثر در بهره وری و موفقیت دفتر مدیریت پروژه در مدیریت

سبد پروژه ها

---

<sup>۱</sup> Doerner

<sup>۲</sup> Stummer & Heidenberger

<sup>۳</sup> Tian

<sup>۴</sup> Dey

<sup>۵</sup> Eilat

<sup>۶</sup> Linton

<sup>۷</sup>

<sup>۸</sup> Huang

رضایی تحلیل و شناسایی " فاکتورهای موثر در بهره‌وری و موفقیت دفتر مدیریت پروژه در مدیریت سبد" را مورد توجه قرار داد. وی براساس مرور ادبیات و پیشینه تحقیق وظایف و کارکردهای دفتر مدیریت پروژه در مدیریت سبد پروژه‌ها را به طور خاص بررسی نموده و سپس با مصاحبه حضوری از خبرگان کارشناسان مربوطه ۱۸ فاکتور موفقیت را شناخته و با تدوین پرسشنامه و نظرخواهی از ۲۳ نفر از خبرگان دفتر مدیریت پروژه، مهمترین عوامل موفقیت که بیشترین امتیاز را آوردند شناسایی می‌نماید. نتایج حاصله نشان می‌دهد که به ترتیب: در دسترس بودن اطلاعات مربوط به پروژه‌ها برای تصمیم‌گیران، تصمیم‌گیری سیستماتیک پروژه محور، اطلاع‌رسانی مناسب و تلاش برای افزایش توانمندیهای سازمانی در زمینه مدیریت پروژه و مدیریت سبد پروژه، وجود سیستم ارتباطی online در کل EPM و تهیه چارچوبی کلی برای تعیین حد مقبولیت پروژه مهم‌ترین فاکتورهای موفقیت دفتر مدیریت پروژه در مدیریت سبد می‌باشند [۸۳]

## ۲. همسویی مدیریت پورتفولیو پروژه‌ها با اهداف استراتژیک در سازمان های پروژه محور

احسانفر با نگاهی نو به مقوله مدیریت پورتفولیو و همسویی آن با استراتژیهای سازمان، یک چارچوب فکری استراتژیک برای مدیریت پورتفولیوی سازمان‌های استراتژی محور ارائه نمود. وی در رساله‌ی خود مدیریت سبد پروژه و ارزش ایجاد شده برای سازمان را از دو بعد مورد بررسی قرار داد. اول اینکه پروژه‌ها تا چه میزان با اهداف استراتژیک سازمان هماهنگ هستند و به عبارت دیگر تا چه میزان در دستیابی به ارزش استراتژیک متصور در پروپوزال‌های پروژه موثرند. از نگاهی دیگر ارزش خالص فعلی سبد پروژه و میزان تاثیر آن بر بازدهی مالی و اقتصادی سازمان را بررسی نمود. [۸۴]

## ۳. بررسی مدیریت سبد پروژه‌ها در سازمان پروژه محور (سازمان توسعه برق، مپنا)

بخش نیروگاهی در کشور سرمایه عظیمی از بودجه ملی را به خود اختصاص می‌دهد. همین امر اهمیت بررسی وضعیت مدیریت انبوه پروژه‌های موجود و جدید را نمایان می‌سازد. فلسفی سه بعد ساختاری، فرایندی و همسویی استراتژیک مدیریت پرتفولیوی بخش نیروگاهی را مورد بررسی قرار داده و با تجزیه و تحلیل کیفی میزان مطابقت وضع موجود با نتایج حاصل از ادبیات موضوع، راهکارهای بهبود عملکرد سازمان شناسایی کرد [۸۵].

#### ۴. ارزیابی و انتخاب سبد پروژه با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره

از آن‌جا که عوامل متعدد کیفی و کمی می‌توانند در اتخاذ تصمیمات سود آور توسط مدیران موثر واقع شوند، شناخت معیارهای موثر و تعیین میزان اثرگذاری آن‌ها از گام‌های اساسی محسوب می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع ویسی سعی نمود طی مصاحبه‌هایی با خبرگان چند شرکت پروژه محور و حضور در واحد کنترل پروژه آن‌ها و هم‌چنین مطالعه تحقیقات گذشته، معیارهای مهم ارزیابی و اولویت بندی پروژه‌ها را شناسایی و سپس یک مدل ریاضی چند هدفه جهت دستیابی به معیارها و اهداف چندگانه در انتخاب و اولویت بندی پروژه ارائه کند. وی در نهایت با بهره‌گیری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره ضمن ارزیابی پروژه‌ها اجزای سبد بهینه را شناسایی نمود [۸۶]. رحمانی در بررسی معیارهای انتخاب پروژه‌های فناوری اطلاعات با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) میزان اثرگذاری هر کدام از آن‌ها در تصمیم‌گیری را تعیین و یک مدل چند معیاره جهت انتخاب پروژه‌های فناوری اطلاعات ارائه نمود. [۸۷]

#### ۵. انتخاب و زمان بندی سبد پروژه‌های چند دوره‌ای در حالت غیر قطعی

رفیعی مساله ترکیبی سبد پروژه و زمان بندی فعالیت‌های چند دوره‌ای در حالت عدم قطعیت احتمالی را مدل سازی، تحلیل و حل نمود. شرایطی که در آن مدیر، پروژه‌های متنوع زیادی را برای اجرا در

اختیار دارد، مورد مطالعه قرار می دهد. منابع محدود و تجدیدپذیر هستند. تابع هدف بیشینه کردن ارزش فعلی خالص سود می باشد. بدین منظور یک مدل برنامه ریزی تصادفی چند دوره ای که می-تواند حالت های مختلف مساله را بیان کند ارائه گردید. ویژگی های تحقیق او توجه همزمان به موارد زیر است [۸۸]:

- در نظر گرفتن هر دو مسئله انتخاب سبد پروژه و زمان بندی همزمان در یک مسئله
- چند دوره ای بودن دوره زمانی بهینه سازی
- عدم قطعیت در برخی از پارامترها
- در نظر گرفتن چندین پروژه دارای چندین فعالیت همزمان

#### ۶. بررسی مدیریت پورتفولیوی پروژه ها در صنعت پتروشیمی

فروهرودی با توجه به حجم سرمایه گذاری بالا در صنعت پتروشیمی و اهمیت استراتژیک آن در توسعه کشور با استفاده از مدل پرتفولیوی پروژه ها نسبت به تشکیل پرتفولیوهای شرکت ملی صنایع پتروشیمی اقدام کرد. این اقدام در سطح ارشد سازمان شامل یکپارچگی کل پروژه های موجود، اعمال مدیریت موثر گروهی بر مجموعه پروژه های جاری و در دست اقدام و هم چنین در جهت همراستا سازی پروژه ها با اهداف کلان مجموعه است. وی پس از بررسی های تطبیقی بین وضعیت موجود و حالت استاندارد به عمل آمده به این نتیجه رسید که مدیریتی تحت عنوان پرتفولیو در سازمان وجود ندارد ولی ترکیبی از مدیریت برنامه ریزی و توسعه و هم چنین مدیریت طرح های شرکت وظایف مدیر پورتفولیو را انجام می-دهد [۸۹].

فصل سوم:

متدولوژی تحقیق



### ۳-۱ مقدمه

این پژوهش پس از بررسی جامع ادبیات موضوع پیرامون مفاهیم مدیریت سبد پروژه، روش‌های انتخاب سبد پروژه، مفاهیم فازی و هم چنین روش‌های نوین بهینه سازی، سعی دارد با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی صفر و یک مسئله انتخاب سبد پروژه را مدل سازی و با اعمال الگوریتم نوین بهینه سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری سبد پروژه یک شرکت پیمانکاری عمرانی را بهینه نماید. هم چنین با استفاده از مفاهیم فازی علاوه بر اعمال نظر خبرگان، بر عدم قطعیت‌های مربوط به برآوردها فائق آید. در ادامه پس از تشریح مدل ریاضی ارائه شده، روش ابتکاری بکار گرفته شده و دلایل اتخاذ آن به تفصیل بیان می‌شود. برنامه نویسی و اجرای این روش در محیط نرم افزار MATLAB 2008a صورت گرفته- است. در نهایت سبد پروژه بهینه‌ی یک شرکت پیمانکاری تشکیل می‌گردد. هم چنین جزئیات روش تحقیق، نحوه‌ی اعمال نظر خبرگان و تحلیل داده‌ها به طور مفصل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

### ۳-۱-۱ نوع و روش تحقیق

پژوهش‌های علمی را از دو جهت می‌توان دسته‌بندی نمود: ۱. هدف تحقیق و ۲. نحوه گردآوری داده‌ها

براساس هدف پژوهش‌ها به پژوهش‌های بنیادی و کاربردی تقسیم می‌شوند.

**پژوهش بنیادی:** پژوهشی است که به کشف ماهیت اشیاء پدیده‌ها و روابط بین متغیرها، اصول، قوانین و ساخت یا آزمایش تئوری‌ها و نظریه‌ها می‌پردازد و به توسعه مرزهای دانش رشته علمی کمک می‌نماید. هدف اساسی این نوع پژوهش تبیین روابط بین پدیده‌ها، آزمون نظریه‌ها و افزودن به دانش موجود در یک زمینه خاص است.

**پژوهش کاربردی:** پژوهشی است که با استفاده از نتایج تحقیقات بنیادی به منظور بهبود و به کمال رساندن رفتارها، روش‌ها، ابزارها، وسایل، تولیدات، ساختارها و الگوهای مورد استفاده جوامع انسانی انجام می‌شود. هدف تحقیق کاربردی توسعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص است.

با توجه به ماهیت موضوع و هدف آن، تحقیق پیش‌رو از نوع تحقیقات کاربردی است. روش ابتکاری مورد استفاده در این پژوهش نوعی مدل تجویزی-ریاضی می‌باشد. مدل‌های تجویزی که در برنامه‌ریزی‌ها کاربرد بسیاری دارند، از معادلات ساده‌ی ریاضی تا برنامه‌ریزی خطی پویا را در بر می‌گیرند. یک مدل تجویزی معمولاً شامل تابع هدف و محدودیت‌هاست و جواب منطقی بهینه ارائه می‌کند.

پژوهش‌ها براساس نحوه‌ی گردآوری داده‌ها به پژوهش‌های توصیفی و آزمایشی تقسیم می‌شوند.

**پژوهش توصیفی یا غیر آزمایشی** شامل ۵ دسته است: پیمایشی، همبستگی، پس‌رویدادی، اقدام پژوهی، بررسی موردی

**پژوهش آزمایشی** به دو دسته تقسیم می‌شود: تحقیق تمام آزمایشی و تحقیق نیمه آزمایشی  
تحقیق حاضر براساس نحوه‌ی گردآوری داده‌ها از نوع تحقیقات توصیفی-پیمایشی است.

### ۳-۱-۲ جامعه و نمونه آماری

با توجه به موضوع مورد مطالعه مجموعه سازمان‌های پروژه محور به عنوان جامعه هدف این پژوهش محسوب می‌شوند. از آنجا که متدلوژی تحقیق بر مدل‌سازی ریاضی و بهینه‌سازی استوار است، بررسی درستی مدل و کارایی روش بهینه‌سازی مورد استفاده مستلزم اجرای آن در قالب یک مثال عددی و یا مطالعه موردی است. باید اذعان داشت که اهمیت استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی در حل مسائل با ابعاد بالا یعنی با تعداد متغیرهای از چندین ده و چندین صد نمایان می‌شود. لذا در این تحقیق سعی



می‌شود با تشکیل سبد بهینه پروژه‌های پیشنهادی به یک شرکت پیمانکاری فعال در صنعت ساخت و ساز و پروژه‌های عمرانی کارایی مدل و الگوریتم پیشنهادی محک زده شود. این فرایند با توجه به اهداف، محدودیت‌ها و اقتضات شرکت انجام خواهد شد.

### ۳-۱-۳ روش گردآوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

در پژوهش حاضر با مراجعه به کتب، پایان نامه‌ها، مقالات و سایر منابع، از روش کتابخانه‌ای برای گردآوری مطالب مورد نیاز جهت تدوین بخش‌های مربوط به پیشینه و ادبیات تحقیق و هم چنین مبانی نظری تحقیق استفاده شده‌است.

هم چنین به منظور اجرای مدل در شرکت مورد بررسی، پس از شناسایی پروژه‌های پیشنهادی و قابل انتخاب داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز توسط مدیران و کارشناسان شرکت و با استفاده از روش دلفی فازی جمع آوری شد. داده‌های به دست آمده با استفاده از یکی از روش‌های غیر فازی کننده به صورت اعداد قطعی درآمده و در مدل ارائه شده بکار گرفته شد. در نهایت پس از کد نویسی الگوریتم بهینه سازی در محیط نرم افزار مطلب، مدل ارائه شده، بهینه و سبد پروژه شرکت مورد بررسی تعیین گردید.

### ۳-۲ شرح مسئله و مدل سازی

#### ۳-۳-۱ مسئله انتخاب سبد پروژه

به طور کلی در مدیریت سبد پروژه فرض بر آن است که تعداد فرصت‌های سرمایه گذاری و یا پروژه‌های پیشنهادی بیش از توان مالی و منابع در دسترس سازمان است. این در حالی است که هر کدام از پروژه‌های پیش رو خصوصیات خاص خود را داشته و در نتیجه اقدامات خاص خود را می‌طلبند. از طرفی هر سازمانی با توجه به رسالت خود تامین اهداف مشخص و متنوعی را پیگیری می‌کند. پر واضح است که

در مسیر دستیابی به اهداف محدودیت های بسیاری وجود دارد. لذا مسئله انتخاب سبد پروژه به دنبال انتخاب زیر مجموعه‌ی مناسب و محدودی از مجموعه پروژه‌های پیشنهادی است. بطوریکه ضمن تامین اهداف چندگانه سازمان بر محدودیت‌های موجود فائق آید.

### ۲-۳-۳ ماهیت انتخاب پروژه

در مسائل انتخاب پروژه تصمیم گیرنده یا تحلیل‌گر با بررسی تمامی جوانب کار در نهایت پروژه را یا مطلوب سازمان تشخیص داده و یا آن را رد می‌کند. در واقع تحلیل‌گر همواره با دو گزینه انتخاب و یا عدم انتخاب پروژه مواجه است. بنابراین می‌توان گفت مسائل انتخاب پروژه ماهیتی صفر و یک دارند. لذا بهترین روش جهت مدلسازی اینگونه مسائل استفاده از روش صفر و یک می‌باشد. در این گونه مسائل با تعریف متغیر مشخصی مانند  $X$  جهت نشان دادن انتخاب یا عدم انتخاب پروژه، با تخصیص عدد یک، انتخاب پروژه و عدد صفر عدم انتخاب پروژه را در مدل می‌توان نشان داد.

### ۳-۳-۳ مفروضات و ویژگی های مدل

۱- مدل سازی برای چند دوره انجام شده و محدودیت منابع در دوره‌های زمانی مختلف لحاظ شده است.

۲- اعمال عدم قطعیت ها با استفاده از اعداد فازی.

۳- اعمال نظر خبرگان به صورت متغیرهای زبانی با استفاده از مفاهیم فازی.

۴- بررسی اثرات متقابل پروژه‌ها.

### ۴-۳-۳ بررسی اهداف و تشکیل توابع هدف

۳-۳-۴-۱. ماکزیمم سازی ارزش مالی سبد پروژه

چنانچه  $b_{it}$  ارزش مالی حاصل از اجرای پروژه  $i$  در دوره  $t$  و  $c_{it}$  هزینه مورد نیاز پروژه  $i$  در دوره  $t$  باشد و هیچ اثر متقابلی بین پروژه‌ها وجود نداشته باشد، ماکزیمم ارزش مالی سبد پروژه در طول  $T$  دوره زمانی به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$MAX Z1 \quad \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (b_{it} - c_{it}) x_{it} \quad (1-3)$$

در رابطه (۱-۳) تا...  $N$  تعداد پروژه‌ها و  $T$  بازه‌های زمانی برنامه ریزی شده پروژه می‌باشد.

در رابطه (۱-۳) پروژه‌ها مستقل فرض شده‌اند؛ به عبارت دیگر هیچ اثر متقابلی بین پروژه‌ها وجود ندارد. اما در دنیای واقعی این فرض باطل بوده و در بسیاری از مواقع پروژه‌ها بر حسب معیارهای گزینش متفاوت اثرات متقابل بر هم می‌گذارند. به علاوه همان گونه که کارسون و فیولر (۱۹۹۵) بیان می‌کنند، عدم توجه به اثر متقابل بین پروژه‌ها ممکن است منجر به تصمیمات نادرست و در نتیجه نتایج نامطلوب گردد. بر این اساس ارزش مالی سبد پروژه با توجه به اثر متقابل پروژه بر حسب معیارهای سود و هزینه به صورت ذیل اصلاح و تکمیل می‌گردد:

$$Max Z1 \quad \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (b_{it} - c_{it}) x_{it} + \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (b_{ij} - c_{ij}) \sum_{t=1}^T x_{it} \cdot \sum_{t=1}^T x_{jt} \quad (2-3)$$

### ۳-۳-۴-۲ تضمین همسویی پرتفولیو با استراتژی‌های سازمان

چنانچه  $w_i$ ، میزان اهمیت (وزن) استراتژی  $i$ ،  $S$  تعداد استراتژی‌های سازمان و  $S_{ij}$ ، میزان همسویی پروژه  $i$  با استراتژی  $j$  تعریف شود. با استفاده از روابط (۳-۳، ۴-۳) می‌توان سبدهای با حداکثر میزان همسویی با استراتژی‌های سازمان را تشکیل داد.

$$Max Z 2 \sum_{j=1}^S w_j \sum_{i=1}^N s_{ij} \sum_{t=1}^T x_{it} \quad (3-3)$$

### ۳-۳-۳-۳ بررسی میزان موفقیت پروژه ها

یک پروژه هر چند هم که عواید مالی خوبی داشته و با استراتژی‌های سازمان همسو باشد زمانی برای سازمان مفید خواهد بود که با موفقیت انجام شود. لذا در انتخاب پروژه توجه به فاکتورهای موفقیت پروژه نیز ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس تکنیک ارائه شده توسط شنهار و دویر [۷۳] در تحلیل میزان موفقیت پروژه در یک سازمان به ۴ بعد زیر باید توجه نمود:

○ **تکنولوژی**، تکنولوژی مورد نیاز برای اجرای پروژه را با تکنولوژی‌های موجود در سازمان

مقایسه می‌کند. به طور کلی تمام پروژه‌ها از این بعد به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

(۱. تکنولوژی پایین ۲. تکنولوژی متوسط ۳. تکنولوژی بالا ۴. تکنولوژی بسیار بالا)

○ **تازگی**، بعد تازگی محصول نهایی پروژه را با پروژه‌های قبلی و دانش سازمان مقایسه

نموده و بر اساس میزان شباهت، تمام پروژه‌ها را به سه قسمت تقسیم می‌کند: (۱. بسیار

مشابه ۲. کمی متفاوت ۳. بسیار تفاوت)

○ **پیچیدگی**، این بعد پیچیدگی‌های مربوط به نحوه اجرای پروژه بررسی می‌نماید و تمام

پروژه‌ها را به سه قسمت تقسیم می‌کند: (۱. ساده ۲. کمی پیچیده ۳. بسیار پیچیده)

○ **سرعت انجام کار**، بعد زمان بررسی طول پروژه یا اهمیت زمان انجام پروژه را مد نظر

قرار می‌دهد و بطور کلی حساسیت پروژه را نسبت به زمان بررسی می‌کند. از این بعد

پروژه‌ها به چهار دسته تقسیم می‌شوند: (۱). معمولی ۲. سریع ۳. بحرانی نسبت به زمان

۴. بسیار حساس نسبت به زمان)

در نهایت برای تحلیل میزان موفقیت یک پروژه به هر کدام از ابعاد یک نمره نسبت داده می‌شود. نمره هر کدام از چهار بعد هر چه کمتر باشد احتمال موفقیت پروژه بیش تر است.

حال اگر  $v_i$  میزان موفقیت پروژه  $i$  باشد که بر اساس نمرات هر یک از ابعاد پروژه و طبق معادله (۳-۴) محاسبه شود، آن گاه رابطه (۳-۵) می‌تواند تشکیل سبدهی با حداکثر احتمال موفقیت را تضمین نماید:

$$v_i = \sum_{j=1}^4 \frac{P_{ij}}{P_j} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (4-3)$$

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T v_i x_{it} \quad (5-3)$$

در رابطه (۳-۴) به ترتیب بیانگر امتیاز پروژه  $i$  بر اساس بعد  $j$  و حداکثر امتیاز تعریف شده برای هر یک از ابعاد پروژه می‌باشد.

### ۳-۳-۴ تضمین توازن میان پروژه‌های پرتفولیو

پروژه‌های یک سبد به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که کل سبد به لحاظ ابعادی خاص بالانس بماند. این ابعاد برای سازمان‌های مختلف متفاوت است. این هدف در غالب محدودیت مدل طراحی شده است. در پژوهش حاضر توازن میان پروژه‌های سبد تشکیلی بر اساس تعدادی از فاکتورهای ارائه شده توسط کوپر [۴۱] بررسی می‌شود. فاکتورهای مورد توجه عبارتند از:

- حفظ توازن میان پروژه‌های بلند مدت در مقابل پروژه‌های کوتاه مدت

- حفظ توازن میان پروژه‌های با ریسک بالا در مقابل پروژه‌های با ریسک پایین

چنانچه ST مجموعه پروژه‌های کوتاه مدت و LT مجموعه پروژه‌های بلند مدت باشد. به منظور حفظ توازن باید اختلاف تعداد پروژه‌های بلند مدت و کوتاه مدت سبب تشکیلی از عدد مثبت  $\varepsilon > 0$  کمتر شود. رابطه‌ی زیر بیانگر محدودیت فوق می‌باشد:

$$-\varepsilon \leq \sum_{i \in LT} \sum_{t=1}^T x_{it} - \sum_{i \in ST} \sum_{t=1}^T x_{it} \leq \varepsilon \quad (6-3)$$

به همین ترتیب چنانچه LR مجموعه پروژه‌های کم ریسک و HR مجموعه پروژه‌های پرریسک باشد، محدودیت زیر توازن ریسک سبب پروژه را برقرار خواهد نمود:

$$-\delta \leq \sum_{i \in HR} \sum_{t=1}^T x_{it} - \sum_{i \in LR} \sum_{t=1}^T x_{it} \leq \delta \quad (7-3)$$

### ۵-۳-۳ بررسی محدودیت‌های مدل

#### ۵-۳-۳-۱ محدودیت منابع

از آنجایی که هیچ گاه منابع نامحدود نبوده و همواره محدودیت منابع وجود دارد. لازمه اجرایی شدن برنامه، تصمیم‌گیری تحت محدودیت‌های موجود می‌باشد. لذا متناسب با نوع منابع اعم از مالی، نیروی انسانی و ... نباید مقدار مورد نیاز از مقدار منابع موجود تجاوز کند. بنابراین چنانچه B حداکثر میزان بودجه قابل تخصیص و  $C_{it}$  هزینه لازم برای اجرای پروژه i در دوره t باشد، مجموع کل هزینه‌های مورد نیاز سبب تشکیلی نباید از B تجاوز کند.

$$\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T c_{it} x_{it} \leq B \quad (۸-۳)$$

### ۳-۳-۵-۲ محدودیت مربوط به حدود بالا و پایین دستیابی به هر یک از استراتژی‌ها

هر چند ماکزیمم سازی میزان همسویی پروژه‌های انتخابی با استراتژی‌های سازمان به عنوان یک هدف مشخص در مدل سازی لحاظ شده است. لیکن برای اطمینان از توجه به همه استراتژی و تامین حداقل‌های هر کدام اغلب با توجه به میزان اهمیت هر استراتژی حدود بالا و پایینی از بودجه قابل تخصیص به هر استراتژی تعیین می‌شود تا تامین حد بالایی از یک استراتژی منجر به عدم توجه به استراتژی دیگر نشود. این محدودیت با توجه به هزینه هر پروژه و میزان تاثیر آن در تامین هر استراتژی در قالب نامساوی (۹-۳) بیان شده است.

$$l_j \leq \sum_{i=1}^N s_{ij} \sum_{t=1}^T c_{it} x_{it} \leq u_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, S \quad (۹-۳)$$

در رابطه (۹-۳)  $u_j$  و  $l_j$  حدود بالا و پایین مقدار بودجه قابل تخصیص به هر استراتژی می‌باشد.

### ۳-۳-۵-۳ شروع شدن یکباره پروژه در افق برنامه ریزی

این محدودیت تضمین می‌کند که هر پروژه در افق برنامه ریزی سازمان یا شرکت تنها یک بار انتخاب شود. به عبارت دیگر این محدودیت از انتخاب چند باره یک پروژه جلوگیری می‌کند.

$$\sum_{t=1}^T x_{it} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (۱۰-۳)$$

### ۳-۳-۵-۴ محدودیت مربوط به پروژه‌های الزامی

گاهی اوقات ممکن است سازمان به دلیل اتخاذ سیاست‌هایی قصد دارد پروژه‌های خاصی را حتما در سبد خود داشته باشد و یا به دلیل ملاحظات خاص مجبور است پروژه‌هایی را انتخاب نماید. چنانچه مجموعه پروژه‌هایی باشد که باید اجرا شوند، خواهیم داشت:

$$\sum_{t=1}^T x_{it} = 1 \quad \forall i \in S_m \quad (11-3)$$

حال چنانچه بخواهیم یک پروژه را حذف کنیم از محدودیت زیر استفاده می‌شود. این محدودیت در زمان تجزیه تحلیل حساسیت رخ می‌دهد.

$$\sum_{t=1}^T x_{it} = 0 \quad \forall i \in S_d \quad (12-3)$$

SD مجموعه پروژه‌های حذف شده می‌باشد.

### ۳-۳-۵ محدودیت وابستگی بین پروژه‌ها

در بعضی شرایط انتخاب یک پروژه منوط به انتخاب تعدادی پروژه‌ی دیگر و یا انتخاب حداقل یکی از پروژه‌های یک مجموعه می‌باشد. این محدودیت‌ها به صورت زیر فرموله می‌شوند:

$$\sum_{t=1}^T x_{it} \leq \sum_{j \in Q_i} \sum_{t=1}^T x_{jt} \quad (13-3)$$

$$|A_i| \sum_{t=1}^T x_{it} \leq \sum_{j \in A_i} \sum_{t=1}^T x_{jt} \quad (14-3)$$

$A_i$ : مجموعه پروژه‌هایی که اجرای پروژه  $i$  مشروط به اجرای همه‌ی آن پروژه‌ها است.

$Q_i$ : مجموعه پروژه‌هایی که اجرای پروژه  $i$  مشروط به اجرای حداقل یکی از آن پروژه‌ها است.



در یک جمع بندی با توجه به اهداف و محدودیت‌های ذکر شده مدل ریاضی چند هدفه مسئله انتخاب

سبب پروژه به صورت ذیل خواهد بود:

$$\text{Max } Z1 \quad \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (b_{it} - c_{it}) x_{it} + \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (b_{ij} - c_{ij}) \sum_{t=1}^T x_{it} \cdot \sum_{t=1}^T x_{jt} \quad (15-3)$$

$$\text{Max } Z2 \quad \sum_{j=1}^S w_j \sum_{i=1}^N s_{ij} \sum_{t=1}^T x_{it} \quad (16-3)$$

$$\text{Min } Z3 \quad \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T v_i x_{it} \quad (17-3)$$

$$ST : \quad (18-3)$$

$$-\varepsilon \leq \sum_{i \in LT} \sum_{t=1}^T x_{it} - \sum_{i \in ST} \sum_{t=1}^T x_{it} \leq \varepsilon \quad (19-3)$$

$$-\delta \leq \sum_{i \in HR} \sum_{t=1}^T x_{it} - \sum_{i \in LR} \sum_{t=1}^T x_{it} \leq \delta \quad (20-3)$$

$$l_j \leq \sum_{i=1}^N k_{ij} \sum_{t=1}^T c_{it} x_{it} \leq u_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, S \quad (21-3)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T c_{it} x_{it} \leq B \quad (22-3)$$

$$\sum_{t=1}^T x_{it} = 1 \quad \forall i \in S_m \quad (23-3)$$

$$\sum_{t=1}^T x_{it} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (24-3)$$

$$\sum_{t=1}^T x_{it} \leq \sum_{j \in Q_i} \sum_{t=1}^T x_{jt} \quad (25-3)$$

$$\sum_{i \in S_e} \sum_{t=1}^T x_{jt} \leq 1 \quad e = 1, 2, \dots, E \quad (26-3)$$

$$|A_i| \sum_{t=1}^T x_{it} \leq \sum_{j \in A_i} \sum_{t=1}^T x_{jt} \quad (27-3)$$

$$k_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sum_{j=1}^S S_{ij}} \quad j = 1, 2, 3, \dots, S \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (28-3)$$

$$x_i = 0, 1$$

پارامترهای بکار رفته در مدل فوق به شرح ذیل می باشد:

### ۳-۳-۶ پارامترهای مسئله:

$N$ : تعداد کل پروژه‌های پیشنهادی که بر روی منابع رقابت می کنند.

$S$ : تعداد استراتژی های مورد نظر سازمان.

$T$ : تعداد دوره‌ها

$B$ : میزان بودجه قابل تخصیص (عدد فازی مثلثی)

$b_{it}$ : ارزش مالی حاصل از اجرای پروژه  $i$  در دوره  $t$  (عدد فازی مثلثی)

$b_{ij}$ : سود مضاعف حاصل از تاثیر متقابل دو پروژه  $i$  و  $j$  (عدد فازی مثلثی)

$S_{ij}$ : میزان همسویی پروژه  $i$  با استراتژی  $j$

$w_i$ : میزان اهمیت (وزن) استراتژی  $i$

$c_{it}$ : هزینه مورد نیاز پروژه  $i$  در دوره  $t$  (عدد فازی مثلثی)

$c_{ij}$ : هزینه حاصل از تاثیر متقابل دو پروژه  $i$  و  $j$  (عدد فازی مثلثی)

$S_m$ : مجموعه پروژه‌هایی که باید اجرا شوند.

$A_i$ : مجموعه پروژه‌هایی که اجرای پروژه  $i$  مشروط به اجرای همه‌ی آن پروژه‌ها است.

$Q_i$ : مجموعه پروژه‌هایی که اجرای پروژه  $i$  مشروط به اجرای حداقل یکی از آن پروژه‌ها است.

$ST$ : مجموعه پروژه‌های کوتاه مدت

$LT$ : مجموعه پروژه‌های بلند مدت

$HR$ : مجموعه پروژه‌های پرریسک

$LR$ : مجموعه پروژه‌های کم ریسک

$v_i$ : میزان موفقیت پروژه  $i$  که بر اساس تکنیک شنهار و دویر محاسبه می‌شود.

$u_j$ : حداکثر مقدار تخصیص بودجه به استراتژی  $j$  (عدد فازی مثلثی)

$x_{it}$ : متغیر تصمیم در مورد پروژه  $i$

### ۳-۴ رویکرد فازی در تحلیل پروژه‌های پیشنهادی

از آنجایی که اغلب تصمیم گیرندگان مجبورند تحت شرایط عدم قطعیت و مبهم و حتی با اطلاعاتی ناقص تصمیم گیری نمایند، در نظر گرفتن مقادیر دقیق و یا تابع توزیع برای پارامترهای یک پروژه از جمله هزینه، درآمد، میزان همسویی با استراتژی‌ها و ... ممکن است غیر عملی و غیر کاربردی باشد. این شرایط بنا به عقیده‌ی بسیاری از محققان، حوزه مناسبی برای استفاده از نظریه‌ی مجموعه‌های فازی می‌باشد [۵۹]. با استفاده از منطق فازی می‌توان تعاریف مبهم و زبانی مانند خوب، جذاب و ... را که نمی‌توان مفاهیم واضح و روشنی را برای آن‌ها قائل شد، در دستگاه ریاضی بیان کرد. به این ترتیب می‌توان پارامترهایی از قبیل دانش، تجربه، قضاوت و تصمیم گیری انسان را وارد مدل نموده و مدلی کارا و انعطاف پذیر ارائه کرد. واضح است که نتایج چنین مدلهایی به دلیل لحاظ کردن شرایط واقعی، دقیق تر و کاربردی تر خواهد بود. به طور کلی مهم‌ترین دلایل استفاده از منطق فازی در انتخاب پروژه‌ها در موارد زیر خلاصه می‌شود:

- مدل سازی با منطق فازی انعطاف پذیر بوده و مناسب کاربرد در سیستم‌هایی است که نیاز به تغییر و اضافه کردن ورودی‌ها، خروجی‌ها و موتورهای استنتاج دارند. مساله انتخاب پروژه‌ها مساله‌ای از این جنس می‌باشد.
- عدم وضوح در بسیاری از مشخصات فنی در ابتدای پروژه تقریباً امری عادی است. انتظار جهت تدقیق اطلاعات در بسیاری از موارد امکانپذیر نمی‌باشد. بنابراین روشی که بتواند عدم قطعیت‌ها را مدل کند مطلوب تصمیم‌گیران خواهد بود.
- در ارزیابی پروژه‌ها، معیارهای کیفی بسیاری وجود دارند که هر گونه کمی سازی و وزن‌دهی به آن‌ها فاقد ماهیت قطعی بوده و با انواع ابهام همراه است.
- عدم مستند سازی اطلاعات پروژه‌های قبلی، استفاده از بسیاری از مدل‌های قطعی و احتمالاتی را مشکل می‌کند. در چنین شرایطی مدل سازی بر مبنای دانش و تجربیات خبرگان می‌تواند کارا تر باشد.

### ۳-۴-۱ مروری بر متغیرهای فازی

#### ۳-۴-۱-۱ متغیرهای زبانی

اگر یک متغیر بتواند واژه‌هایی از زبان طبیعی را به عنوان مقدار خود بپذیرد، آن‌گاه یک متغیر زبانی نامیده می‌شود. بطوری که واژه‌ها بوسیله مجموعه‌های فازی در محدوده‌ای که متغیرها تعریف شده‌اند، مشخص می‌شوند. یک متغیر زبانی بوسیله چهار پارامتر  $(X, T, U, M)$  مشخص می‌گردد به طوریکه:

- $X$  نام متغیر زبانی است.
- $T$  مجموعه‌ای از مقادیر زبانی است که برای  $X$  تعریف می‌شود، مانند خیلی زیاد، کم و...

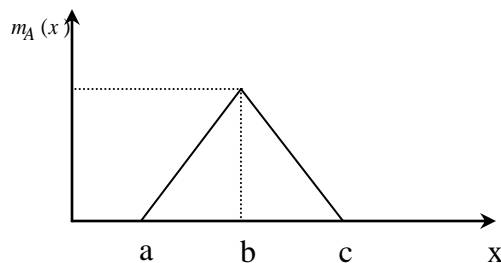
- U دامنه فیزیکی واقعی است که در آن متغیر زبانی X، مقادیر کمی (عددی) خود را اختیار می-کند.

- M یک قاعده لغوی است که هر مقدار زبانی در T را به یک مجموعه فازی در U مرتبط می‌سازد.

### ۳-۴-۱-۲ اعداد فازی

یک عدد فازی ابزاری مفید است که می‌تواند به صورتی کارا به منظور مدل کردن سیستم در شرایط عدم قطعیت و غیر دقیق بودن داده‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش از نوع خاصی از اعداد فازی تحت عنوان اعداد فازی مثلثی استفاده می‌شود. تابع عضویت یک عدد فازی مثلثی با استفاده از سه پارامتر  $\{a, b, c\}$  و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$m_A(x) = \begin{cases} (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & b \leq x \leq c \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3-29)$$



شکل ۳-۱: تابع عضویت اعداد مثلثی

که  $a \leq b \leq c$  در رابطه فوق  $[a, c]$  بازه تکیه گاه و نقطه  $(b, 1)$  رأس می‌باشد. اعداد مثلثی دارای تابع عضویتی هستند که شامل دو بخش خطی L (چپ) و R (راست) بوده و در رأس  $(b, 1)$  به هم متصل می‌شوند که باعث می‌شود نمایش گرافیکی و عملیات با اعداد مثلثی بسیار آسان باشد.

عدد فازی مثلثی با استفاده از  $A^0 = (a, b, c)$  نشان داده می‌شود.

### ۳-۴-۱-۳ روش دلفی فازی

روش دلفی که توسط شرکت رند در سانتامونیکای کالیفرنیا ارائه شده است در علم مدیریت به صورت گسترده‌ای برای پیش بینی‌های بلند مدت مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش با بکارگیری تکنیک‌های آماری و بر اساس داده‌های ذهنی افراد خبره به اجماع می‌رسد. در این روش پیش بینی‌های ارائه شده توسط افراد خبره در قالب اعداد قطعی بیان می‌شوند در حالی که استفاده از اعداد قطعی برای پیش بینی‌های بلند مدت آن را از دنیای واقعی دور می‌سازد. از طرفی افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای پیش بینی استفاده می‌نمایند و این نشان می‌دهد که عدم قطعیت حاکم بر این شرایط از نوع امکانی است نه احتمالی. امکان بودن عدم قطعیت، سازگاری با مجموعه‌های فازی دارد. بنابراین بهتر است پیش بینی بلند مدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی با استفاده از مجموعه‌های فازی (با بکارگیری اعداد فازی) انجام شود. بدین ترتیب اطلاعات لازم در قالب زبان طبیعی از خبرگان اخذ شده و مورد تحلیل قرار می‌گیرد. این روش تحلیل روش دلفی فازی نامیده می‌شود.

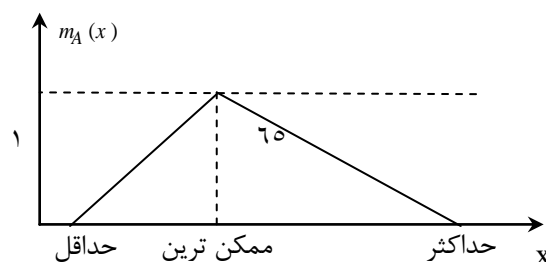
گونه‌های مختلفی از اعداد فازی را می‌توان برای اخذ نظرات خبرگان مورد استفاده قرار داد. در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی استفاده شده است.

### ۳-۴-۱-۴ مراحل اجرای روش دلفی فازی

۱- از افراد خواسته شده تا پیش بینی خود را (با توجه به اعداد فازی مثلثی) در قالب حداقل مقدار، ممکن‌ترین مقدار و حداکثر مقدار ارائه دهند.

$$\begin{matrix} a \\ c \end{matrix} A_1^{(i)} B_1^{(i)} C_1^{(i)} \begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3-30)$$

در رابطه‌ی فوق  $A$  بیانگر فرد  $A$ م و عدد  $1$  نشانگر اولین مرحله در فرایند پیش بینی است.

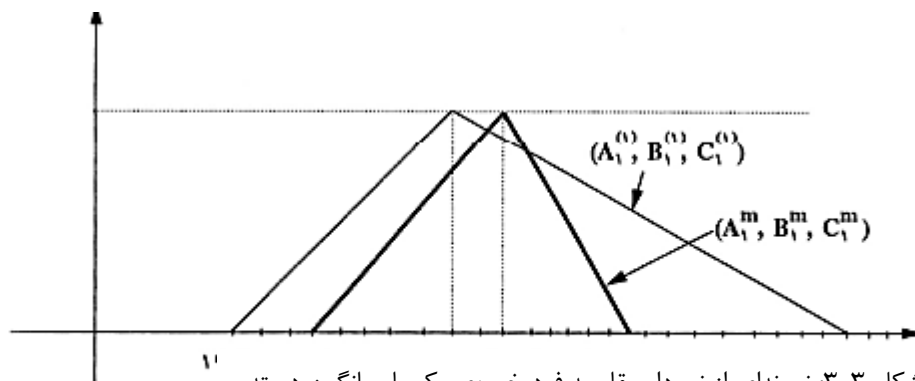


۲- پاسخ‌های  $n$  فرد خبره، دسته‌ای را تشکیل می‌دهد ( مفهوم دسته اعداد فازی برای عینی سازی نظرات و عقاید ذهنی بسیار مفید است). میانگین این دسته محاسبه می‌شود:

$$(A_1^m B_1^m C_1^m) \quad (31-3)$$

برای هر فرد خبره میزان اختلاف از میانگین دسته به صورت زیر تعیین می‌گردد:

$$\frac{A_1^m - A_1^{(i)}, B_1^m - B_1^{(i)}, C_1^m - C_1^{(i)}}{\frac{1}{\theta}} \quad (32-3)$$



شکل ۳-۳: نمونه‌ای از نمودار مقایسه فرد خبره‌ی یک با میانگین دسته

سپس به منظور اخذ نظرات جدید از افراد خبره منتخب این اطلاعات برای آن‌ها فرستاده می‌شود. اختلاف محاسبه شده می‌تواند مثبت، منفی یا تهی باشد.

۳- در این مرحله هر فرد خبره بر اساس اطلاعات به دست آمده از مرحله قبل یک پیش بینی جدید ارائه می‌دهد و بدین ترتیب در صورت صلاحدید نظر قبلی خود را اصلاح می‌نماید.

$$\frac{\alpha(i)}{A_2} \frac{B_2(i)}{B_2} \frac{C_2(i)}{C_2} \frac{D_2(i)}{D_2} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (33-3)$$

فرایند فوق آنقدر تکرار می‌شود تا میانگین اعداد فازی به اندازه کافی با ثبات گردد.

با توجه به دلایل ارائه شده، در این پژوهش سعی شده نظرات خبرگان و برآوردها با استفاده از اعداد فازی بیان شوند. به این ترتیب که حداقل، ممکن‌ترین و حداکثر مقدار پارامترهایی نظیر هزینه‌ها، ارزش مالی هر پروژه، میزان بودجه قابل تخصیص، سود مضاعف و هزینه مشترک ناشی از تاثیر متقابل پروژه‌ها به صورت اعداد مثلثی و با استفاده از روش دلفی فازی برآورد شده‌است. هم‌چنین در بیان میزان همسویی پروژه‌ها با استراتژی سازمان و بررسی میزان موفقیت پروژه‌ها نظرات متخصصان و خبرگان به صورت متغیرهای زبانی جمع‌آوری شده‌است. سپس با توجه به ادبیات موضوع و روابط موجود توابع عضویت استخراج شده است [۷۴].

با توجه به مدل ریاضی ارائه شده برای انتخاب سبب پروژه لازم است مقادیر پارامترها به صورت قطعی وارد شود. لذا باید مقادیر یا مجموعه‌های فازی به مقادیر غیر فازی مناسب تبدیل شود. روش‌های متعددی برای تبدیل داده‌های فازی به مقادیر غیر فازی وجود دارد. در پژوهش پیش رو از تابع مقایسه روبنز استفاده شده است. تابع مقایسه روبنز برای عدد فازی مثلثی به صورت زیر

$$F(A) = b + 0.25(c - a) \quad \text{تعریف می‌شود:} \quad (34-3)$$

به این ترتیب تمامی داده‌ها و اطلاعات مسئله به صورت قطعی درآمده و مسئله به شکل یک مدل برنامه ریزی ریاضی صفر و یک باقی می‌ماند. برای حل مسائل برنامه ریزی عدد صحیح غیر خطی روش‌های



بسیاری مانند الگوریتم انشعاب و تحدید<sup>۱</sup> و روش برنامه‌ریزی پویا<sup>۲</sup> ارائه شده است [۷۵]. فرایند حل چنین روش‌هایی به خصوص زمانی که تعداد پروژه‌های مورد ارزیابی زیاد باشد اغلب بسیار پیچیده است. چرا که در مسئله‌ای با  $n$  پروژه تعداد کل حالت‌هایی که باید بررسی شود  $2^n$  حالت خواهد بود. حال اگر فقط یک پروژه به مسئله اضافه شود تعداد حالات دو برابر خواهد شد. از این رو گفته می‌شود پیچیدگی مسئله با "رشد نمایی" افزایش می‌یابد. اگر  $n=10$  باشد  $1024$  حالت و با  $n=20$  بیش از یک میلیون و با  $n=30$  بیش از یک میلیارد جواب شدنی و نشدنی برای مسئله صفر و یک وجود دارد. بنابراین برای مسائلی با تعداد پروژه‌های زیاد، به ناچار باید از الگوریتم‌های جستجوی تصادفی و ابتکاری کمک گرفت.

### ۳-۵ روش‌های حل ابتکاری

در طول دهه‌های گذشته روش‌های ابتکاری محدوده مهمی از تحقیق و عملکرد شده‌اند. توجه به آن‌ها از قابلیتشان برای تولید سریع جواب‌های نزدیک به بهینه تا مسائل بهینه یابی بزرگ و پیچیده ناشی می‌شود. در برخی از مسائل با افزایش بعد مساله، زمان محاسبه آن به همان نسبت افزایش نمی‌یابد بلکه به نسبت چند جمله‌ای و یا نمایی افزایش پیدا می‌کند. روش‌های ابتکاری معمولی نسبت به این افزایش بعد حساس هستند و اگر بعد مساله از تعداد معین بیشتر شود روش مزبور کارایی خود را از دست می‌دهد. لذا روش‌هایی معرفی می‌گردند که اصطلاحاً فوق ابتکاری خوانده می‌شوند. این روش‌ها، الگوریتم‌هایی هستند که هر سطح آن یک روش ابتکاری خاص بوده و قدرت بالاتری در مواجهه با ابعاد بزرگ مسائل را دارند و بنا به ویژگی‌های خود سعی می‌کنند که در دام بهینه محلی نیفتند و یا حداقل دیرتر با این معضل مواجه شوند. از اوایل دهه هفتاد رده‌های گوناگونی از این نوع الگوریتم توسعه یافته است. در

---

<sup>۱</sup> Bound and branch algorithm

<sup>۲</sup> Dynamic programming

این میان الگوریتم‌های ژنتیک، ازدحام ذرات [۷۶]، کلونی مورچه [۷۷] و زنبور عسل [۷۸] با استقبال چشمگیری روبرو شده اند. در ذیل شرح مختصری از الگوریتم‌های ژنتیک و ازدحام ذرات ارائه می‌شود.

### ۳-۵-۱ الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک، الهامی از علم ژنتیک و نظریه تکامل داروین است و بر اساس بقای برترین‌ها یا انتخاب طبیعی شکل گرفته‌است. یک کاربرد متداول الگوریتم ژنتیک، استفاده از آن بعنوان تابع بهینه‌کننده است. الگوریتم ژنتیک ابزار سودمندی در بازشناسی الگو، انتخاب ویژگی، درک تصویر و یادگیری ماشینی است. در الگوریتم‌های ژنتیکی نحوه تکامل ژنتیکی موجودات زنده شبیه‌سازی می‌شود.

اگرچه کارهایی توسط یک زیست‌شناس به نام فراسر<sup>۱</sup> در زمینه مدل‌سازی تکامل در سیستم‌های بیولوژیک در دهه ۶۰ میلادی صورت گرفت. لیکن بکارگیری الگوریتم ژنتیک در علوم مهندسی و به صورت امروزی آن نخستین بار توسط جان هلند<sup>۲</sup> متخصص علوم کامپیوتر دانشگاه میشیگان در سال ۱۹۷۵ پیشنهاد گردید. کار وی آغاز تمامی کوشش‌ها برای کاربرد الگوریتم ژنتیک در مهندسی است. پس از آن تلاش‌های دجونگ<sup>۳</sup> در زمینه بررسی و مقایسه چندین روش الگوریتم ژنتیک پایه‌های نظری بحث را فراهم آورد. این الگوریتم با الهام از طبیعت بر پایه اصل تکاملی «پایداری بهترین‌ها» استوار است. در الگوریتم ژنتیک یک جمعیت از افراد طبق مطلوبیت آنها در محیط بقا می‌یابند. افرادی با قابلیت‌های برتر، شانس ازدواج و تولید مثل بیشتری را خواهند یافت. بنابراین بعد از چند نسل فرزندان با قابلیت‌های بهتر بوجود می‌آیند. در این الگوریتم هر فرد از جمعیت بصورت یک کروموزوم معرفی می‌شود. در هر نسل کروموزوم‌ها ارزیابی شده و متناسب با ارزش خود امکان بقا و تکثیر می‌یابند. تولید نسل در

---

<sup>۱</sup> Fraser

<sup>۲</sup> John Holland

<sup>۳</sup> Dejong

بحث الگوریتم ژنتیک با عملگرهای تقاطع<sup>۱</sup> و جهش<sup>۲</sup> صورت می‌گیرد. والدین برتر بر اساس یک تابع برازندگی انتخاب می‌شوند.

این الگوریتم در بهینه سازی توابع پیچیده، غیر خطی و فضاهاى جستجوی چند بعدی می‌تواند بسیار کارا عمل کند. لیکن شرط لازم کارایی انتخاب صحیح مقادیر پارامترهایی نظیر احتمال تقاطع و احتمال جهش است. از آنجایی که هیچ روش دقیق و اثبات شده‌ای برای تعیین این مقادیر وجود ندارد، احتمال شکست الگوریتم در همگرایی و ارائه جواب یکتا و بهینه وجود دارد.

### ۳-۵-۲ بهینه سازی مبتنی بر ازدحام ذرات

الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات یا PSO یک الگوریتم هوش جمعی مبتنی بر رفتار اکتشافی گروهی پرندگان یا ماهی‌ها می‌باشد. ایده‌ی بهینه سازی مبتنی بر ازدحام ذرات اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط کندی و ابرهات مطرح گردید. با توجه به عملکرد مناسب آن در حل انواع مسائل بهینه سازی و از آن زمان تا به اکنون بسیار مورد استفاده قرار گرفته‌است.

در این الگوریتم ابتدا موقعیت و سرعت اولیه جمعیت ذرات به صورت تصادفی مقداردهی می‌شود. سپس هر ذره به عنوان یک جواب در فضای مسئله بر حسب تابع ارزیابی (تابع هدف) به جستجوی جواب بهینه می‌پردازد. هر ذره با توجه به بهترین موقعیت خود تاکنون و بهترین موقعیت همسایگان خود، سرعت و در نتیجه موقعیت جدید خود را بروز رسانی می‌کند. این فرایند بارها و بارها تکرار می‌شود تا زمانی که موقعیت ذره با دقت مورد نظر بدون تغییر بماند یا شرایط توقف برآورده گردد. در نهایت بهترین جواب از بین تمامی ذرات به عنوان جواب بهینه مسئله انتخاب می‌گردد.

---

<sup>۱</sup> Crossover  
<sup>۲</sup> Mutation

همانند الگوریتم ژنتیک، عملکرد الگوریتم ازدحام ذرات نیز تحت تاثیر پارامترهایی است که به صورت تصادفی مقداردهی شده‌اند. از آنجایی که PSO راهکاری برای خروج از بهینه محلی ارائه نمی‌دهد. ممکن است این الگوریتم در حل مسائل چند قله ایی با فضای حالت بزرگ ناتوان باشد.

## ۳-۶ روش حل پیشنهادی

### ۳-۶-۱ علت انتخاب الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری (TLBO)

در همه ی الگوریتم های تکاملی و مبتنی بر مجموعه‌های هوشمند تعیین پارامترهای کنترلی معمول از جمله اندازه جمعیت و تعداد تولید امری اجتناب ناپذیر است. لکن در الگوریتم‌های مختلف علاوه بر پارامترهای معمول، پارامترهای کنترلی خاص آن الگوریتم نیز باید معین گردد. برای مثال در الگوریتم ژنتیک از نرخ جهش و تقاطع، در الگوریتم کوچ پرندگان از وزن لختی یا اینرسی و پارامترهای اجتماعی و خود شناسی، در الگوریتم کولونی مورچگان از نرخ تبخیر فرومون، فاکتور پاداش و پارامترهای نما و ... استفاده می‌شود. گاهی اوقات مشکلات انتخاب پارامترهای کنترلی خاص در مدل های هیبریدی و بهبودیافته دو چندان می‌شود. چرا که انتخاب درست مقادیر پارامترهای کنترلی بسیار حساس است و عملکرد الگوریتم بهینه سازی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به علاوه انتخاب نادرست پارامترها محاسبات را افزایش داده و یا ممکن است جواب بهینه محلی ارائه دهد.

رائو و همکاران [۲۶] در سال ۲۰۱۱ به دنبال حل این مشکل با الهام از فرایند طبیعی آموزش و یادگیری الگوریتمی ارائه کردند که بدون نیاز به هیچ پارامتر کنترلی خاص عملیات بهینه سازی را انجام می‌دهد. فرایند بهینه سازی به گونه‌ای طراحی شده است که حتی برای مدل‌های ریاضی پیچیده، غیر خطی و چند هدفه هم کارا بوده و هیچ محدودیتی ندارد. در این الگوریتم تنها کفایت پارامترهای کنترلی معمول مانند اندازه جمعیت و تعداد تولید معین گردد.

رائو و همکاران پس از مشاهده عملکرد بسیار قوی الگوریتم TLBO در بهینه سازی متغیرهای طراحی مکانیکی، با طراحی آزمایشات مختلف مبتنی بر توابع آزمایشات محک<sup>۱</sup>، توابع محک طراحی مکانیکی<sup>۲</sup> و سایر مسائل طراحی مکانیکی کارایی آن با چندین الگوریتم فراابتکاری قوی دیگر مقایسه و برتری آن را اثبات کردند. جامعیت الگوریتم ارائه شده به قدری بوده است که در مدت زمان کوتاهی با استقبال چشمگیری روبرو شد و مقالات بسیاری پیرامون الگوریتم (TLBO) و کاربردهای آن در کنفرانس ها و ژورنال های بین المللی ارائه شده است و مسائل بسیاری با استفاده از آن حل گردید.

### ۳-۶-۲ الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری<sup>۳</sup> (TLBO)

TLBO الگوریتمی بر گرفته از فرایند آموزش و یادگیری است که بر مبنای تاثیر آموزگار بر بازده دانش آموزان در یک کلاس بنا نهاده شده است. آموزگار و دانش آموزان دو جزء اساسی الگوریتم هستند و دو شیوه اصلی یادگیری بواسطه معلم (فاز آموزش) و دانش حاصل از تعامل دانش آموزان (فاز یادگیری) را وصف می کنند. خروجی و یا بازده این الگوریتم همان نمرات و رتبه های دانش آموزان است که تحت تاثیر کیفیت آموزش معلم می باشد. بنابراین فردی که بیشترین دانش را کسب کرده باشد به عنوان معلم شناخته می شود و با آموزش به سایر دانش آموزان نمرات آنها را بالا می برد. توانایی معلم بر میزان یادگیری و در نتیجه خروجی دانش آموزان موثر است. هر چه توانایی معلم بیش تر باشد دانش آموزان نمره های بهتری می توانند کسب کنند. علاوه بر معلم تعامل دانش آموزان با یکدیگر هم در بهبود یادگیری موثر است و منجر به افزایش میانگین نمرات می شود.

---

<sup>۱</sup> Benchmark test functions

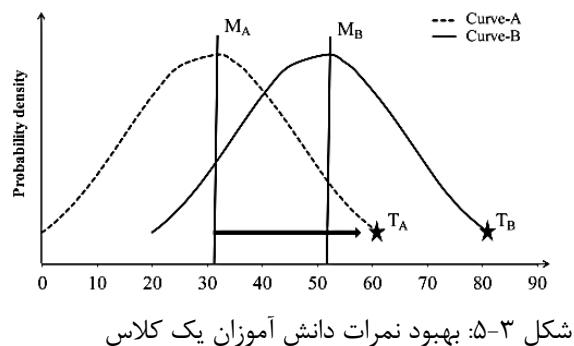
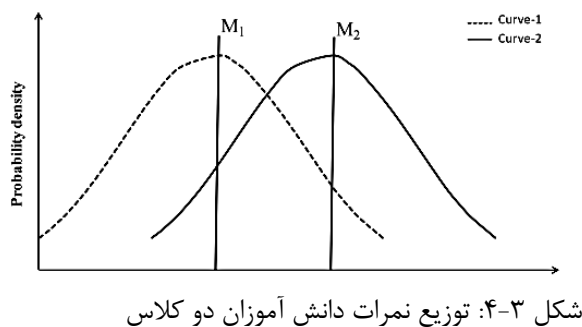
<sup>۲</sup> Mechanical design benchmark function

<sup>۳</sup> Teaching-learning based optimization

به طور کلی فرض بر این است که معلم داناترین فرد است و دانش خود را در اختیار دانش آموزان قرار می‌دهد. توانایی معلم بر میزان یادگیری و در نتیجه خروجی دانش آموزان موثر است. هر چه توانایی معلم بیش تر باشد دانش آموزان نمره‌های بهتری می‌توانند کسب کنند.

### بهینه سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری

فرض کنید دو معلم  $t_1$  ,  $t_2$  می‌خواهند موضوعی یکسان و با محتوایی مشابه را به دانش آموزانی با سطح استعداد و توانایی یکسان در دو کلاس متفاوت یاد دهند. شکل (۳-۴) توزیع نمرات دانش آموزان دو کلاس را نشان می‌دهد. منحنی‌های ۱ و ۲ نمرات دانش آموزان تحت تعلیم معلمان ۱ و ۲ را نشان می‌دهد. فرض بر این است که نمرات کسب شده از توزیع نرمال پیروی می‌کنند.



همان طور که در شکل بالا دیده می‌شود منحنی ۲ نتایج بهتری از منحنی ۱ را نشان می‌دهد. لذا می‌توان گفت معلم دوم بهتر از معلم اول آموزش می‌دهد. شکل (۳-۴) نشان می‌دهد اختلاف اصلی میان نمرات همان اختلاف میانگین‌های توزیع هر کلاس است. معلم بهتر میانگین بهتری برای نمرات دانش آموزانش ایجاد می‌کند. دانش آموزان از ارتباط متقابل میان خودشان هم دانش کسب می‌کنند و نمرات یکدیگر را بهبود می‌بخشند.

در شکل (۳-۵) توزیع نمرات دانش آموزان یک کلاس با منحنی  $A$  و میانگین  $\mu_A$  نشان داده می‌شود. با توجه به اینکه داناترین فرد جامعه به عنوان معلم شناخته می‌شود، بهترین دانش آموز به عنوان معلم تلقی شده و از او پیروی می‌شود (در شکل (۳-۵) با  $T_A$  نشان داده شده است). معلم سعی می‌کند با انتشار دانش خود در کلاس سطح علمی کلاس را بالا برده و میانگین نمرات دانش آموزان را بهبود ببخشد. در این میان دو عامل بر میزان یادگیری دانش آموزان و بهبود میانگین کلاس موثر است. اولین عامل توانایی معلم در آموزش و انتقال دانش و دیگری سطح علمی دانش آموزان کلاس است. هر چه کیفیت آموزش بهتر باشد، دانش بیشتری منتقل می‌شود. به همین ترتیب هر چه سطح علمی دانش آموزان بالاتر باشد دانش کسب شده حاصل از تعامل آن‌ها و در نتیجه میزان بهبود میانگین کلاس هم بیشتر خواهد بود.

با توجه به توانایی معلم و کیفیت آموزش و سطح علمی دیگر دانش آموزان میانگین کلاس بعد از آموزش معلم  $A$  از  $\mu_A$  به  $\mu_B$  می‌رسد. در این حالت دانش آموزان به یک معلم جدید با کیفیتی بهتر نیاز پیدا می‌کنند. بطوری که این معلم نیز داناترین فرد در کلاس با سطح میانگین جدید  $\mu_B$  یعنی  $T_B$  می‌باشد. (به این ترتیب یک نمودار جدید با معلمی جدید ایجاد می‌شود). همانند سایر الگوریتم‌ها TLBO هم الگوریتمی مبتنی بر جمعیت است که از یک جمعیت اولیه شروع کرده و بهینه کلی را پیدا می‌کند. موضوعات تحت آموزش به دانش آموزان به عنوان متغیرهای مسئله و بازده دانش آموزان همان تابع برآزش در سایر تکنیک‌های بهینه سازی است. معلم به عنوان بهترین جواب در نظر گرفته می‌شود.

فرایند TLBO طی دو مرحله انجام می‌شود. "مرحله آموزش" به معنی یادگیری از معلم و "مرحله یادگیری" به معنی یادگیری ناشی از تعامل دانش آموزان با یکدیگر.

### ۳-۶-۲-۱ مرحله آموزش

همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است میانگین کلاس تحت تعلیم یک معلم خوب از  $\mu_A$  به  $\mu_B$  بهبود می‌یابد. معلم خوب کسی است که سطح دانش آموزانش را به سطح خودش برساند. اما در عمل هیچ‌گاه این اتفاق رخ نمی‌دهد و او حداکثر می‌تواند به میزان ظرفیت کلاس میانگین را بالا ببرد. این از یک فرایند تصادفی وابسته به پارامترهای متعددی پیروی می‌کند.

فرض می‌شود  $M_i$  میانگین و  $T_i$  معلم در تکرار  $i$ ام باشد.  $T_i$  سعی می‌کند  $M_i$  را به سطح خودش برساند. بنابراین میانگین جدید برابر  $T_i$  خواهد بود که با  $M_{new}$  نشان داده می‌شود. جواب بر اساس اختلاف بین میانگین موجود و جدید طبق رابطه زیر

بروز می‌شود:

$$Difference\_mean_i = r_i (M_{new} - T_F M_i)$$

(۳۵-۳)

در رابطه فوق  $r_i$  یک عدد تصادفی در بازه  $[0,1]$  و  $T_F$  همان فاکتور آموزش است که کیفیت آموزش و میزان توانایی معلم در انتقال دانش را تعیین می‌کند. مقدار  $T_F$  به صورت تصادفی و با احتمال  $T_F = \text{round} [1 + \text{rand}(0,1)\{2-1\}]$  می‌تواند ۱ یا ۲ باشد.

این اختلاف، جواب‌های موجود را بر اساس عبارت زیر اصلاح می‌کند.

$$x_{new,i} = x_{old,i} + Difference\_mean_i \quad (36-3)$$

### ۳-۶-۲-۲ مرحله یادگیری



در این مرحله یادگیری از تعامل تصادفی میان دانش آموزان ایجاد می‌شود. لذا تعامل متقابل دانش آموزان موجب بهبود سطح کلاس می‌شود. اصلاحات در مرحله یادگیری به صورت زیر بیان می‌شود:

*For  $i = 1:P_n$*

*Randomly select two learners  $X_i$  and  $X_j$ , where  $i \neq j$*

*If  $f(X_i) < f(X_j)$*

$$x_{new,i} = x_{old} + r(x_i - x_j)$$

*Else*

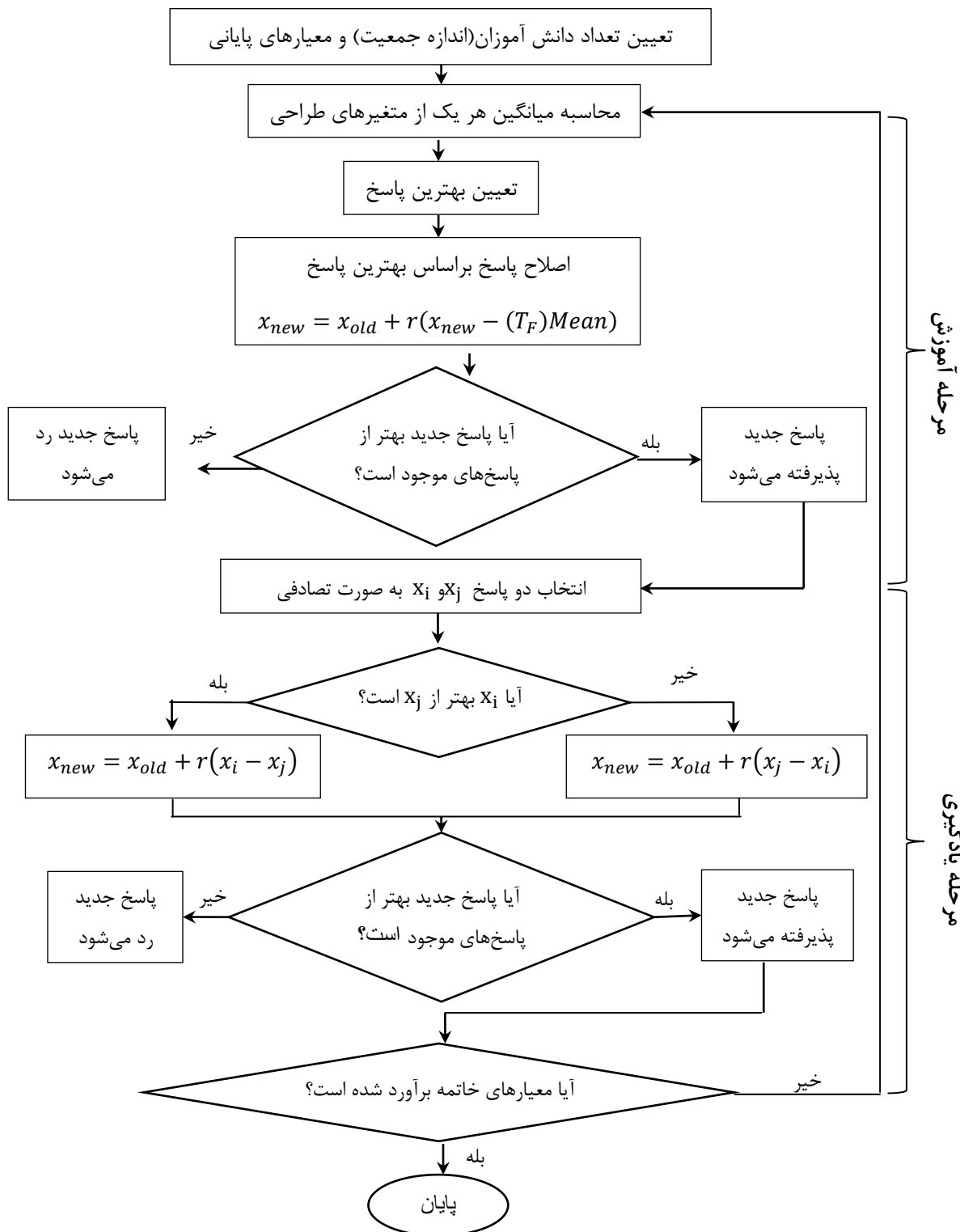
$$x_{new} = x_{old} + r(x_j - x_i)$$

*End if*

*End For*

*Accept  $x_{new}$  if it gives a better function value*

### ۳-۶-۳ فلوجارت الگوریتم TLBO



### ۳-۶-۴ گام های پیاده سازی فرایند الگوریتم خودبهبینی مبتنی بر آموزش و یادگیری

گام ۱: تعریف مسئله بهینه سازی و مقداردهی اولیه پارامترها: مسئله بهینه سازی را بصورت یک مسئله مینیمم سازی تعریف و محدودیت های آن مشخص می گردد. سپس پارامترهای زیر را مقداردهی می شود:

•  $P_n$ : اندازه جمعیت

•  $G_n$ : تعداد تولید

•  $D_n$ : تعداد متغیر طراحی

•  $(L_L, U_L)$ : کران های متغیر طراحی

گام ۲: تولید جمعیت اولیه: یک جمعیت تصادفی بر اساس اندازه جمعیت و تعداد متغیرهای طراحی تولید می گردد. در این الگوریتم اندازه جمعیت و متغیرهای طراحی به ترتیب بیانگر تعداد دانش آموزان و درس-ها می باشد. جمعیت به صورت زیر نشان داده می شود:

$$\begin{array}{cccc}
 & \text{درس ها} & & \\
 \text{Population} = & \begin{array}{cccc}
 x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,D} \\
 x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,D} \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 x_{P_n,1} & x_{P_n,2} & \dots & x_{P_n,D}
 \end{array} & \begin{array}{l}
 \left. \begin{array}{l} \text{دانش} \\ \text{شماره} \\ \text{آموز} \end{array} \right\} \\
 \begin{array}{l} M \\ M \\ \vdots \\ M \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

گام ۳: مرحله آموزش: میانگین هر ستون از ماتریس جمعیت را محاسبه می گردد. به این ترتیب ماتریس میانگین دروس / مقدار متغیر به صورت زیر به دست می آید:

$$M_{,D} = [m_{\cdot 1}, m_{\cdot 2}, m_{\cdot 3}, \dots] \quad (37-3)$$

در هر تکرار بهترین پاسخ به عنوان معلم عمل خواهد کرد.

$$X_{teacher} = X_{f(x)=min} \quad (38-3)$$

معلم سعی می‌کند میانگین را از  $M_{,D}$  به  $X_{teacher}$  برساند. مقدار به دست آمده به عنوان میانگین جدید در تکرار بعدی لحاظ می‌شود. (پاسخ‌ها متناسب با بهترین پاسخ یافت شده بهبود می‌یابند)

$$M_{new,D} = X_{teacher,D} \quad (39-3)$$

اختلاف دو میانگین برابر است با:

$$Difference_{,D} = r(M_{new,D} - T_F M_{,D}) \quad (40-3)$$

مقدار  $T_F$  در رابطه‌ی فوق برابر ۱ یا ۲ انتخاب می‌شود. سپس اختلاف به دست آمده به جواب قبلی اضافه شده و جواب جدید طبق رابطه زیر محاسبه و در صورت بهبود تابع هدف، پذیرفته می‌شود. (مقادیر متغیرهای بهبود یافته)

$$X_{new,D} = X_{old,D} + Difference_{,D} \quad (41-3)$$

**گام ۴:** مرحله یادگیری: همان طور که قبلاً توضیح داده شد دانش آموزان از تعامل با یکدیگر دانش خود را افزایش می‌دهند. روابط ریاضی این مرحله توضیحات مرحله یادگیری بیان شده‌است.

**گام ۵:** معیار توقف: در صورت تامین حداکثر تعداد تولید الگوریتم متوقف و در غیر این صورت از گام ۳ تکرار می‌شود.

### ۳-۶-۵ بررسی روند الگوریتم TLBO در یک مثال عددی

به منظور درک بهتر نحوه‌ی اجرای الگوریتم، رویه گام به گام پیاده سازی الگوریتم در بهینه سازی یک تابع ساده با سه متغیر مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در گام اول مسئله بهینه سازی و کران‌های پارامترهای آن به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$f(x) = 2x_1 - 3x_2 + 5x_3$$

$$0 < x_1 < 2$$

$$-6 < x_2 < 3$$

$$-1 < x_3 < 10$$

$$10: P_n$$

$$1: G_n$$

$$3: D_n$$

در گام دوم جمعیت اولیه به صورت تصادفی تولید و سپس به ترتیب صعودی به نزولی مرتب می‌شود:

$$[x_1 \quad x_2 \quad x_3] = \begin{bmatrix} 1.332 & -3.874 & 8.412 \\ 0.511 & -3.136 & 7.740 \\ 1.261 & -4.163 & 6.767 \\ 0.075 & -2.595 & 7.015 \\ 0.416 & 0.429 & 7.015 \\ 1.054 & -1.919 & 4.413 \\ 0.645 & -4.070 & 2.467 \\ 1.526 & -0.680 & 1.756 \\ 1.076 & -4.510 & -0.511 \\ 0.660 & 1.726 & 2.214 \end{bmatrix} \Rightarrow f(x) = \begin{bmatrix} 56.348 \\ 49.131 \\ 48.846 \\ 43.241 \\ 34.623 \\ 29.929 \\ 25.834 \\ 13.872 \\ 13.128 \\ 7.214 \end{bmatrix}$$

سپس با توجه به جمعیت اولیه بهترین پاسخ به عنوان معلم در تکرار فوق انتخاب می شود.

$$X_{teacher} = X_{f(x)=\min}$$

$$[x_1 \ x_2 \ x_3] = [1.332 \ -3.874 \ 8.412] \Rightarrow f(x) = 56.348$$

گام سوم، فاز آموزش : با محاسبه میانگین نمرات/مقادیر هر ستون، متوسط نمره/مقدار هر متغیر تعیین می شود.

$$M_{,D} = [m_1 \ m_2 \ m_3] = [0.856 \ -2.279 \ 4.733]$$

معلم سعی می کند میانگین را از  $M_{,D}$  به  $X_{teacher}$  برساند. مقدار به دست آمده به عنوان میانگین جدید در تکرار بعدی لحاظ می شود.

$$M_{new,D} = X_{teacher,D} = [1.332 \ -3.874 \ 8.412]$$

با توجه به اختلاف ایجاد شده میان دو میانگین (طبق رابطه ۳-۴۰) پاسخ جدید و مقادیر متناظر تابع هدف محاسبه می گردد.

$$Differerece = [-0.222 \ -0.300 \ 1.484]$$

$P$	$X_{new,D} =$	0.117	-	5.168	8.902	$\Rightarrow$	60.246
		0.289	-	3.436	9.224	$\Rightarrow$	57.005
		0.040	-	4.462	8.251	$\Rightarrow$	56.720
		0.147	-	2.895	8.545	$\Rightarrow$	51.115
		0.195	0.129		8.499	$\Rightarrow$	42.497
		0.832	-	2.218	5.897	$\Rightarrow$	37.803
		0.423	-	4.370	3.951	$\Rightarrow$	33.708
		0.305	-	0.980	3.240	$\Rightarrow$	21.746
		0.854	-	4.809	3.951	$\Rightarrow$	21.002
		0.439	1.426		3.698	$\Rightarrow$	15.088

$$P \quad f(x) =$$

فاز یادگیری: در این مرحله دو پاسخ به صورت تصادفی انتخاب شده و پس از بررسی شرایط و اعمال روابط زیر مقادیر متغیرها و تابع هدف اصلاح می‌شود.

$$X_{new,i} = X_{old,i} + r(X_i - X_j) \text{ If } f(X_i) > f(X_j)$$

$$X_{new,i} = X_{old,i} + r(X_j - X_i) \text{ If } f(X_j) > f(X_i)$$

اطلاعات پاسخ‌های منتخب عبارتند از:

$$X_i = [0.289 \quad - \quad 3.436 \quad 9.224] \quad , \quad f(X_i) = 57.005$$

$$X_j = [0.423 \quad - \quad 4.370 \quad 3.951] \quad , \quad f(X_j) = 33.708$$

به این ترتیب مقادیر اصلاح شده متغیرها و تابع هدف قابل محاسبه است :

$$X_{new,i} = \begin{pmatrix} 0.098 & -5.035 & 9.651 \\ 0.270 & -3.303 & 9.973 \\ 0.021 & -4.329 & 9.000 \\ 0.166 & -2.762 & 9.294 \\ 0.176 & 0.262 & 9.248 \\ 0.813 & -2.086 & 6.646 \\ 0.404 & -4.237 & 4.700 \\ 0.285 & -0.847 & 3.989 \\ 0.835 & -4.676 & 1.722 \\ 0.420 & 1.559 & 4.447 \end{pmatrix} \quad \text{و} \quad f(x) = \begin{pmatrix} 63.556 \\ 60.315 \\ 60.029 \\ 54.425 \\ 45.807 \\ 41.113 \\ 37.018 \\ 25.056 \\ 24.312 \\ 18.397 \end{pmatrix}$$

همان طور که در مثال فوق دیده می‌شود الگوریتم بدون نیاز به تعیین هیچ پارامتر کنترلی خاص توانست در طول یک تکرار مقادیر متغیرها را به گونه‌ای تعیین کند که مقدار تابع مورد نظر از  $56/348$  به  $63/556$  واحد بهبود یابد.



## فصل چهارم:

### تجزیه و تحلیل داده ها



در این فصل با توجه به سوالات طرح شده و فرایند تحقیق، نتایج هر مرحله به تفکیک مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

#### ۱-۴ مرحله اول، شناسایی مهم ترین معیارها و اهداف در انتخاب سبد پروژه:

پس از بررسی جامع ادبیات موضوع و پژوهش‌های انجام شده فاکتورهای ذیل به عنوان مهم ترین اهداف و معیار در انتخاب سبد پروژه شناسایی شد:

۱ ماکزیمم سازی ارزش مالی سبد

۲ ماکزیمم سازی میزان همسویی سبد پروژه با استراتژی‌های سازمان

۳ ماکزیمم سازی احتمال موفقیت سبد پروژه

۴ حفظ توازن سبد پروژه

#### ۲-۴ مرحله دوم، مدل سازی مسئله انتخاب سبد پروژه با توجه به اهداف شناسایی شده:

پس از شناسایی مهم ترین اهداف و محدودیت‌ها، یک مدل برنامه ریزی چند هدفه صفر و یک برای انتخاب سبد پروژه پیشنهاد شده است. از ویژگی‌های مدل پیشنهادی توجه به اثر متقابل پروژه‌ها در سودآوری و یا هزینه مضاعف، توجه به شرایط پیش نیازی پروژه‌ها و انتخاب در شرایط چند دوره‌ای است. در یک جمع بندی با توجه به اهداف و محدودیت‌های ذکر شده مدل ریاضی چند هدفه مسئله انتخاب سبد پروژه به صورت ذیل تشکیل شد:

$$Max Z1 \quad \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (b_{it} - c_{it}) x_{it} + \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (b_{ij} - c_{ij}) \sum_{t=1}^T x_{it} \cdot \sum_{t=1}^T x_{jt} \quad (15-3)$$

$$Max Z2 \quad \sum_{j=1}^S w_j \sum_{i=1}^N s_{ij} \sum_{t=1}^T x_{it} \quad (16-3)$$

$$Min Z3 \quad \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T v_i x_{it} \quad (17-3)$$

$$ST : \quad (18-3)$$

$$-\varepsilon \leq \sum_{i \in LT} \sum_{t=1}^T x_{it} - \sum_{i \in ST} \sum_{t=1}^T x_{it} \leq \varepsilon \quad (19-3)$$

$$-\delta \leq \sum_{i \in HR} \sum_{t=1}^T x_{it} - \sum_{i \in LR} \sum_{t=1}^T x_{it} \leq \delta \quad (20-3)$$

$$l_j \leq \sum_{i=1}^N k_{ij} \sum_{t=1}^T c_{it} x_{it} \leq u_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, S \quad (21-3)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T c_{it} x_{it} \leq B \quad (22-3)$$

$$\sum_{t=1}^T x_{it} = 1 \quad \forall i \in S_m \quad (23-3)$$

$$\sum_{t=1}^T x_{it} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (24-3)$$

$$\sum_{t=1}^T x_{it} \leq \sum_{j \in Q_i} \sum_{t=1}^T x_{jt} \quad (25-3)$$

$$\sum_{i \in S_e} \sum_{t=1}^T x_{jt} \leq 1 \quad e = 1, 2, \dots, E \quad (26-3)$$

$$|A_i| \sum_{t=1}^T x_{it} \leq \sum_{j \in A_i} \sum_{t=1}^T x_{jt} \quad (27-3)$$

$$k_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sum_{j=1}^S S_{ij}} \quad j = 1, 2, 3, \dots, S \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (28-3)$$

$$x_i = 0, 1$$

### ۳-۴ مرحله سوم، بهینه سازی مدل ارائه شده با استفاده از الگوریتم TLBO

از آنجا که متدلوژی تحقیق بر مدلسازی ریاضی و بهینه سازی استوار است، بررسی درستی مدل و

کارایی روش بهینه سازی مورد استفاده مستلزم اجرای آن در قالب یک مثال عددی و یا مطالعه موردی

است. باید اذعان داشت که اهمیت استفاده از الگوریتم‌های بهینه سازی در حل مسائل با ابعاد بالا یعنی با تعداد متغیرهای از چندین ده و چندین صد نمایان می‌شود. لذا در این تحقیق پس از بررسی پروژه‌های پیشنهادی به یک شرکت پیمانکاری فعال در صنعت ساخت و ساز و پروژه‌های عمرانی کارایی مدل و الگوریتم پیشنهادی در شناسایی سبد پروژه بهینه محک زده شد. در این اقدام از ۳ نفر از خبرگان خواسته شد نظرات خود را در مورد برآوردهای مربوط به هزینه هر پروژه و میزان منفعت آن حدود حداقل، ممکن ترین و حداکثر مقدار ممکن بیان کنند. سپس با استفاده از روش دلفی فازی، اعداد فازی مثلثی و توابع عضویت نهایی هر یک از مشخصه‌های پروژه تعیین و با استفاده از روش روبنز به اعداد قطعی تبدیل شد. در جدول (۴-۱) پروژه‌های پیشنهادی همراه مشخصات و برآوردهای نهایی که به صورت اعداد قطعی درآمد ا ارائه شده است. طبق نظر هیئت مدیره شرکت پروژه‌های که بیش از ۲۰ ماه زمان لازم داشته باشند به عنوان پروژه بلند مدت محسوب می‌شوند. هم چنین حداکثر بودجه قابل تخصیص معادل ۳۰۰۰ میلیارد ریال برآورد شده است.

جدول ۴-۱: مجموعه پروژه های پیشنهادی به شرکت

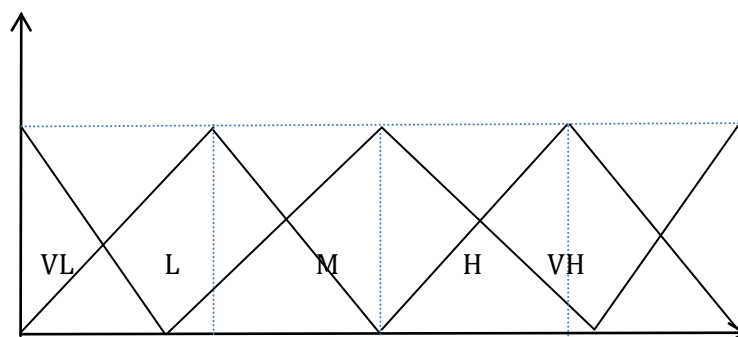
پروژه	هزینه برآوردی (میلیارد ریال)	مدت اجرا (ماه)	منفعت (میلیارد ریال)
۱. ساخت بزرگراه	۵۱۰.۲	۳۵	۱۰۳
۲. ساخت یک قطعه راه آهن	۳۳۰	۴۰	۵۷.۳
۳. زیرسازی راه آهن مرکز ایران	۱۸۱.۵	۱۵	۳۱.۰۵
۴. عملیات لوله گذاری در ترکمنستان	۱۵۰	۱۲	۳۳.۳
۵. زیر سازی راه آهن جنوب ایران	۱۸۰	۱۹	۲۸
۶. ساخت سد خاکی	۷۰۰	۴۰	۱۰۷.۱
۷. پروژه آپارتمان مسکونی لاله	۲۰	۱۲	۵
۸. ساخت پل روگذر میدان طالقانی	۹۰۰	۳۶	۲۶۸

۶۷	۶	۳۰	۹. پروژه احداث سوله‌های کارگاهی شهرک صنعتی
۵۲	۳۰	۱۸۰	۱۰. ساخت هتل پنج ستاره واقع در منطقه ۲
۲۹	۱۸	۱۰۰	۱۱. احداث برج مسکونی- تجاری فدک
۳۷	۲۰	۱۲۰	۱۲. پروژه مجتمع تجاری-اداری آرین
۱۷	۸	۹۰	۱۳. احداث کارگاه‌های اسکلت فلزی با ابعاد ۱۵۰۰ متر مربع
۰/۱۶	۵	۳	۱۴. مقاوم سازی تعدادی از مدارس استان
۶۷	۴۰	۲۰۰	۱۵. ساخت بیمارستان در منطقه ۳
۷.۳	۱۲	۳۵	۱۶. توسعه فرودگاه
۴	۵	۱۷	۱۷. تعریض خیابان شریعتی
۲۶۸	۴۸	۱۰۰۰	۱۸. ساخت سد بتنی
۹۸	۲۴	۴۵۰	۱۹. ساخت مجموعه ورزشی
۸۸	۱۸	۳۰۰	۲۰. اتمام کمربندی شرقی

هم چنین از خبرگان خواسته شده بود با توجه به توابع عضویت هر یک از متغیرهای زبانی نظرات خود را در مورد میزان اهمیت هر استراتژی، میزان همسویی هر پروژه با هر یک از استراتژی‌ها و هم چنین میزان موفقیت پروژه بیان نمایند. اعداد فازی مثلی مربوط به هر یک از ارزش‌های زبانی و توابع عضویت مثلی متناسب با هر یک از ارزش‌های زبانی به ترتیب در جدول (۴-۲) و شکل (۴-۱) آورده شده است.

جدول ۴-۲: اعداد فازی مثلثی مربوط به هر یک از ارزش‌های زبانی (میزان اهمیت هر استراتژی و میزان همسویی هر پروژه با هر استراتژی)

اعداد فازی	نماد	ارزش‌های زبانی
(۰.۰،۰.۰،۰.۲)	VL	خیلی کم
(۰.۰،۰.۲۵،۰.۵)	L	کم
(۰.۲،۰.۵،۰.۸)	M	متوسط
(۰.۵،۰.۸،۱)	H	زیاد
(۰.۸،۱،۱)	VH	خیلی زیاد



شکل ۴-۱: توابع عضویت برای ارزش‌های زبانی

(میزان اهمیت استراتژی، میزان همسویی پروژه با استراتژی)

برآوردهای انجام شده با استفاده از روش دلفی فازی تحلیل و تثبیت شد. در نهایت با استفاده از تابع غیر

فازی کننده روبنز به اعداد قطعی تبدیل شد. نتایج برآوردها در جدول (۳-۴) نشان داده شده است.

جدول (۳-۴)

پروژه	میزان همسویی هر پروژه با استراتژی ها										بررسی میزان موفقیت			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	تکنولوژی	تازگی	پیچیدگی	سرعت انجام کار
p1	۰.۸۴			۰.۲۲							۲	۱	۲	۳
p2		۰.۸۷		۰.۱۵							۲	۱	۳	۱
p3		۰.۷۴		۰.۲۷							۳	۱	۱	۴
p4						۰.۲۱		۰.۶۸			۲	۲	۳	۴
p5	۰.۱۹	۰.۹۷									۳	۲	۱	۱
p6						۰.۸۸				۰.۵۵	۳	۳	۲	۴
p7			۰.۸۷		۰.۳۳				۰.۲۴		۴	۱	۱	۴
p8	۰.۱۳			۰.۷۹		۰.۱					۳	۱	۳	۳
p9			۰.۱۹				۰.۶۶		۰.۲۴		۲	۲	۱	۲
p10			۰.۱۴		۰.۲۱		۰.۳۳		۰.۹۸		۲	۲	۱	۱
p11			۰.۹۳						۰.۷۳		۳	۳	۲	۲
p12					۰.۶۶				۰.۸۷		۱	۲	۲	۴
p13						۰.۴۲	۰.۸۹				۲	۲	۲	۳
p14						۰.۱۷	۰.۱	۰.۹۵			۲	۲	۳	۲
p15						۰.۵۴	۰.۳۴	۰.۸۹			۳	۳	۳	۴
p16		۰.۵۵					۰.۱۴				۳	۲	۱	۱
p17	۰.۴۳							۰.۳۴			۱	۱	۲	۳
p18						۰.۹۱				۰.۹۴	۴	۳	۲	۱
p19			۰.۱۳					۰.۵۷	۰.۱۵		۱	۳	۳	۱
p20	۰.۶۹			۰.۵۲							۳	۲	۳	۴
وزن هر استراتژی	۰.۰۹	۰.۱۲۴	۰.۰۴	۰.۱۳	۰.۰۴۸	۰.۱۶	۰.۰۷	۰.۱	۰.۱۲۷	۰.۱۱				



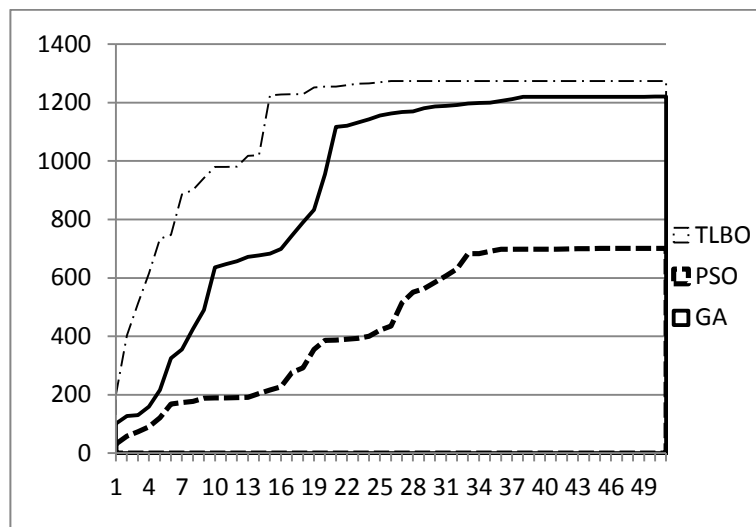
#### ۴-۴ سبد پروژه حاصل از حل مدل برنامه ریزی ارائه با استفاده از الگوریتم TLBO

در این بخش نتایج بهینه سازی مسئله انتخاب سبد پروژه شرکت معرفی شده در بخش قبل، با استفاده از الگوریتم TLBO ارائه می‌گردد. هم چنین پس از مقایسه نتایج با الگوریتم‌های مشابه مانند الگوریتم ژنتیک و بهینه سازی ازدحام ذرات نشان داده می‌شود که الگوریتم TLBO قادر است بدون تعیین هیچ نوع پارامتر کنترلی خاص با تعداد تکرار کمتر و سرعت بیشتر پاسخی بهتر ارائه نماید. مقادیر پارامترهای کنترلی خاص الگوریتم PSO در جدول (۴-۴) آمده است.

جدول(۴-۴) : پارامترهای کنترلی خاص الگوریتم PSO

۳۰	تعداد ذرات
۵۰	حداکثر دفعات تکرار الگوریتم
۲	C۱
۲	C۲
۰/۹۹۹۹	ضریب میرایی
عدد تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه [۰،۱]	اینرسی

برای مقایسه نتایج الگوریتم‌ها، تعداد دفعات تکرار هر الگوریتم ۵۰ در نظر گرفته شده است. مقایسه منحنی همگرایی الگوریتم‌های TLBO، GA و PSO در نمودار (۱) نشان دهنده برتری الگوریتم TLBO نسبت به PSO و PSO نسبت به GA می‌باشد. این برتری هم از لحاظ جواب نهایی است و هم از لحاظ سرعت و تعداد دفعات تکرار الگوریتم است.



نمودار (۱-۴): مقایسه منحنی‌های همگرایی الگوریتم‌های TLBO، PSO و GA برای مسئله مورد

جدول (۵-۴): مقایسه زمان رسیدن به بهترین جواب برای الگوریتم‌های TLBO، PSO و GA

بهترین پاسخ	تعداد تکرار	زمان (ثانیه)	
۱۲۷۴/۴	۲۶	۱/۰۵	TLBO
۷۰۱/۳۵	۴۷	۲۱/۳۳	GA
۱۲۲۱/۷	۳۸	۲/۵۶	PSO

جداول (۵-۴) و (۶-۴) تحلیل حساسیت مدل و تشکیل سبد در حالت چند هدفه و تک هدفه را نشان می‌دهد. در مقایسه جداول (۴-۴) و (۵-۴) مشاهده می‌شود در حالتی که انتخاب سبد تنها به معیار بیشینه سازی منفعت سازمان توجه کند میزان همسویی سبد منتخب با استراتژی‌های سازمان کمتر و هم چنین احتمال موفقیت مجموعه پروژه‌های منتخب کمتر از حالتی است که انتخاب به صورت چند هدفه و با توجه به هر سه معیار انجام شود.

جدول (۴-۵): سبد پروژه منتخب در حالت تک هدفه (هدف: منفعت سبد)

استراتژی	پروژه های انتخابی	اندازه سبد	Z* <sub>۱</sub>	Z* <sub>۲</sub>	Z* <sub>۳</sub>
۱	p <sub>۸</sub> , p <sub>۲۰</sub>	۱۰	۸۶۶.۶	۳۰۷۵	۹۷
۲	p <sub>۱۶</sub>				
۳	p <sub>۱۰</sub> , p <sub>۱۱</sub>				
۴	p <sub>۸</sub> , p <sub>۲۰</sub>				
۵	p <sub>۱۰</sub> , p <sub>۱۲</sub>				
۶	p <sub>۴</sub> , p <sub>۸</sub> , p <sub>۱۳</sub> , p <sub>۱۵</sub> , p <sub>۱۸</sub>				
۷	p <sub>۱۰</sub> , p <sub>۱۳</sub> , p <sub>۱۵</sub> , p <sub>۱۶</sub>				
۸	p <sub>۴</sub> , p <sub>۱۵</sub>				
۹	p <sub>۱۰</sub> , p <sub>۱۱</sub> , p <sub>۱۲</sub>				
۱۰	p <sub>۱۸</sub>				

جدول (۴-۶): سبد پروژه منتخب در حالت چند هدفه

استراتژی	پروژه های انتخابی	اندازه سبد	Z* <sub>۱</sub>	Z* <sub>۲</sub>	Z* <sub>۳</sub>
۱	p <sub>۸</sub> , p <sub>۲۰</sub>	۸	۸۵۰.۳	۳۰۹۵	۷۸
۲	p <sub>۱۶</sub>				
۳	p <sub>۱۹</sub>				
۴	p <sub>۸</sub> , p <sub>۲۰</sub>				
۵	p <sub>۱۲</sub>				
۶	p <sub>۸</sub> , p <sub>۱۳</sub> , p <sub>۱۵</sub> , p <sub>۱۸</sub>				
۷	p <sub>۱۳</sub> , p <sub>۱۵</sub> , p <sub>۱۶</sub>				
۸	p <sub>۱۵</sub> , p <sub>۱۹</sub>				
۹	p <sub>۱۲</sub> , p <sub>۱۹</sub>				
۱۰	p <sub>۱۸</sub>				

همان طور که مشاهده می‌شود الگوریتم خودبهبینه مبتنی بر آموزش و یادگیری به خوبی توانست سبد پروژه بهینه را شناسایی نماید. با توجه به عملکرد بالا و همگرایی الگوریتم می‌توان گفت این روش با مسئله بهینه‌سازی سبد پروژه سازگار بوده و براحتی می‌تواند آن را حل کند.

## فصل پنجم:

## نتیجه گیری

## ۵-۱-مقدمه

به جرات می‌توان گفت آنچه در هر پژوهش بیش از سایر بخش‌ها اهمیت دارد در درجه‌ی اول نتایجی است که از آن حاصل می‌گردد. در درجه بعد پیشنهادهایی که با توجه به مراحل مختلف تحقیق حاصل می‌شود، می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. در واقع تمام تلاشی که یک محقق در طوا انجام یک تحقیق یا پژوهش انجام می‌دهد در قسمت مربوط به نتیجه‌گیری و پیشنهادات خلاصه می‌شود.

بدیهی است چنانچه نتایج تحقیق به خوبی تبیین نگردد، ممکن است بخش بسیار مهمی از تلاش‌های صورت گرفته توسط محققان بین برود و یا فاقد ارزش شود. دستیابی به آنچه به عنوان هدف تحقیق بیان می‌شود نیز بایستی در این بخش محرز شود. تمام هزینه و وقتی که صرفانجام یک تحقیق شده است با نتایج حاصل از آن می‌تواند توجیه شود.

## ۵-۲- بحث و نتیجه‌گیری

مرور ادبیات نشان می‌دهد پژوهشگران بسیاری موضوع انتخاب سبد پروژه را بررسی کرده‌اند. تاکنون روش‌های بسیاری برای ارزیابی و انتخاب سبد پروژه ارائه شده که به دلایل مختلف از جمله صعوبت کاربرد بسیاری از این روش‌ها کاربردی نشده‌اند. به گفته‌ی آقای هس (۱۹۹۳) علم مدیریت در مورد ارائه مدل‌های کاربردی برای انتخاب سبد پروژه شکست خورده است.

عمده مدل پیشنهادی تنها بر مبنای معیار سوددهی و بازده بوده‌اند. هر چند تعدادی از پژوهش‌های موجود عنوان چند معیاره را با خود یدک می‌کشند، لیکن معیارهای آن‌ها محدود به یکی از مباحث اصلی انتخاب سبد است.

گذشته از موارد فوق چالش دیگری که در مواجهه با مسائل انتخاب سبد پروژه وجود دارد، ابزارها و روش‌های بهینه‌سازی است که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند. NP-Hard بودن مسئله و فضای جستجوی

بسیار بزرگ جهت دستیابی به جواب بهینه استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری را اجتناب ناپذیر کرده است. از طرفی اجرای هر یک از الگوریتم‌های فرا ابتکاری پیشین مستلزم تعیین پارامترهای کنترلی خاصی است که عملکرد الگوریتم و در نتیجه پاسخ نهایی را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. با توجه به حساسیت عملکرد الگوریتم به مقادیر پارامترهای کنترلی، انتخاب نادرست پارامترها علاوه بر افزایش محاسبات ممکن است الگوریتم را به دام بهینه محلی بیاندازد.

این پژوهش ضمن توجه به نقاط ضعف و شکاف‌های موجود در حوزه مدیریت سبد پروژه، ارائه مدلی مناسب برای تصمیم‌گیری سازمان یافته انتخاب پروژه در سازمان‌های پروژه محور را مبنای کار خود قرار داده است. لذا در اولین گام اقدام به شناسایی معیارهای مهم و کلیدی در انتخاب سبد پروژه نمود. هر چند بررسی و ارزیابی پروژه‌های صنایع مختلف معیارهای خاص خود را می‌طلبد، لیکن مطالعات انجام شده در این پژوهش نشان می‌دهد که مستقل از نوع صنعت در هر انتخابی باید اهداف زیر را مد نظر قرار داد:

۱. ماکزیمم سازی ارزش مالی سبد پروژه

۲. همسویی پروژه‌های انتخابی با استراتژی‌های سازمان

۳. اطمینان از توانایی اجرای پروژه و موفقیت سبد پروژه

۴. حفظ توازن سبد پروژه

در توضیح اهداف فوق باید گفت توجه صرف به ارزش مالی پروژه ممکن است بسیار گمراه کننده باشد. چرا اگر پروژه‌های منتخب با استراتژی‌های سازمان هم راستا نباشند، تامین اهداف و مأموریت سازمان غیر ممکن خواهد شد. هم چنین تناسب میان سبد پروژه و توانایی و تخصص سازمان شرط اصلی در اجرای موفق پروژه و در نتیجه بهره مندی از منافع آن است. نتایج ارائه شده در فصل سوم تاییدی است بر این

ادعا که مسئله انتخاب سبد پروژه مسئله‌ای چند معیاره است انتخاب بر مبنای ارزش مالی لزوماً بهینه نبوده و لازم است از مدل‌های چند هدفه و چند معیاره استفاده نمود. لذا در این پژوهش یک مدل برنامه ریزی صفر و یک چند هدفه برای انتخاب سبد پروژه ارائه شد. در مدل پیشنهادی علاوه بر توجه به تاثیرات متقابل پروژه‌ها، محدودیت منابع در دوره‌های زمانی مختلف هم لحاظ شده است.

در نهایت با توجه به گستردگی فضای جواب مسئله و لزوم استفاده از الگوریتم‌های بهینه سازی، کارایی الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری در حل مسائل انتخاب سبد پروژه بررسی شد. الگوریتم خودبهینه مبتنی بر آموزش و یادگیری برای حل مسائل پیچیده‌ی بهینه سازی ابداع شده است. آزمون این روش در مسائل مختلف فنی و مهندسی نشان داده است که به کمک آن می‌توان به پاسخ‌های بسیار مطلوبی دست یافت. از آنجایی که این روش بدون نیاز به هیچ پارامتر کنترلی خاص عملیات بهینه سازی را انجام می‌دهد سرعت همگرایی بسیار بالایی داشته و در دام بهینه محلی نخواهد افتاد. در این تحقیق با توجه به ماهیت موضوع مورد بررسی، تکنیک TLBO به عنوان یک تکنیک کارای بهینه سازی به کار گرفته شده است. این تکنیک به واسطه‌ی اهداف تعیین شده به بیشینه سازی مطلوبیت شرکت سرمایه گذار می‌پردازد. نتایج ارائه شده در فصل چهارم حاکی از آن است که تکنیک فوق در حل مسائل انتخاب سبد پروژه از قابلیت بسیار بالایی برخوردار است و براحتی می‌توان با استفاده از آن سبد پروژه بهینه سازمان را شناسایی نمود.

### ۳-۵ پیشنهادات برای پژوهش‌های آتی

۱. هر چند در این پژوهش مدل برای چند دوره زمانی طراحی شده است. لیکن با توجه به اینکه مسئله انتخاب سبد پروژه یک مسئله پویا است و در طول دوره عمر سازمان به صورت مستمر ادامه دارد، شاید



بتوان با استفاده از برنامه ریزی پویا مدلی طراحی نمود که در طول عمر سازمان به صورت مستمر ادامه یافته و قابل اجرا باشد.

۲. با توجه به قابلیت بسیار بالای الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری، نو بودن کاربرد آن در حوزه مدیریت و هم چنین شباهت مسئله انتخاب سبد پروژه با بهینه سازی پرتفولیو در بازارهای مالی بررسی کارایی این الگوریتم در مسائل مالی و بهینه سازی پرتفولیو پیشنهاد می شود.

## منابع:

- [١] Markowitz, Harry, (١٩٥٩), "Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments", John Wiley & Sons, New York, U.S.A.
- [٢] Adler, P. S., A. Mandelbaum, V. Nguyen, E. Schwerer. From project to process management: An empirically-based framework for analyzing product development time. *Management Science* ٤١, ٤٥٨-٤٨٤, ١٩٩٥.
- [٣] Santos, B. L. Selecting information systems projects: problems, solutions & challenges. *IEEE: System Sciences Conference, Hawaii*, pp. ١١٣١-١١٤٠, ١٩٨٩.
- [٤] Lootsma FA, Mensch TCA, Vos FA. Multi-criteria analysis and budget reallocation in long term research planning. *European Journal of Operational Research*,;٤٧(٣):٢٩٣±٣٠٥, ١٩٩٠.
- [٥] Lucas HC, Moor JR Jr. A multiple-criterion scoring approach to information system project selection. *INFOR*, Vol.١٤, No.١, pp. ١-١٢. ١٩٧٦
- [٦] Muralidhar K, Santhnam R, Wilson RL. Using the analytic hierarchy process for information system project selection. *Information and Management*.Vol.١٨, Nol.١, pp. ٨٧-٩٥, ١٩٩٠.
- [٧] Ghasemzadeh, F., N. Archer, P. Iyogum. A zero-One Model for Project Portfolio Selection and Scheduling, *Journal of the Operational Research Society*, ٥٠(٧).٧٤٥-٧٥٥, ١٩٩٩.
- [٨] K. Mukherjee and A. Bera, "Application of goal programming in project selection decision--A case study from the Indian coal mining industry," *European Journal of Operational Research*, vol. ٨٢, pp. ١٨-٢٥, ١٩٩٥.
- [٩] R. Santhanam and G. J. Kyparisis, "A decision model for interdependent information system project selection," *European Journal of Operational Research*, vol. ٨٩, pp. ٣٨٠-٣٩٩,

- [١٠] C. Stummer and K. Heidenberger, "Interactive R&D portfolio selection considering multiple objectives, project interdependencies, and time: A three-phase approach," ٢٠٠١, pp. ٤٢٣-٤٢٨ vol. ٢.
- [١١] C. Carlsson, R. Fullér, M. Heikkila, and P. Majlender, "A fuzzy approach to R&D project portfolio selection," International Journal of Approximate Reasoning, vol. ٤٤, pp. ٩٣-١٠٥, ٢٠٠٧.
- [١٢] K. Doerner, W. J. Gutjahr, R. F. Hartl, C. Strauss, and C. Stummer, "Pareto ant colony optimization: A metaheuristic approach to multiobjective portfolio selection," Annals of Operations Research, vol. ١٣١, pp. ٧٩-٩٩, ٢٠٠٤.
- [١٣] C. Stummer and K. Heidenberger, "Interactive R&D portfolio selection considering multiple objectives, project interdependencies, and time: A three-phase approach," ٢٠٠١, pp. ٤٢٣-٤٢٨ vol. ٢.
- [١٤] X. Huang, "Optimal project selection with random fuzzy parameters," International Journal of Production Economics, vol. ١٠٦, pp. ٥١٣-٥٢٢, ٢٠٠٧.
- [١٥] Amiri. Babak, "A Multi-Objective Hybrid Optimization Algorithm for Project Selection Problem", J. Basic. Appl. Sci. Res., ٢(٧)٦٩٩٥-٧٠٠٢, ٢٠١٢
- [١٦] Klapka J., Piños P. Decision support system for multicriteria R&D and information systems projects selection // Eur. J. Operational Research. ٢٠٠٢. V. ١٤٠. P. ٤٣٤-٤٤٦.
- [١٧] Rabbani M., Aramoon Bajestani M., Baharian Khoshkhou G. A multi-objective particle swarm optimization for project selection problem // Expert Systems with Applications. ٢٠١٠. V. ٣٧(Issue ١). P. ٣١٥-٣٢١.
- [١٨] Xian-jin D., Shu-dong S., Jun-qiang W., Jin-hui H. Multi-objective R&D portfolio selection optimization under uncertainty // Computer Integrated Manufacturing Systems, DOI: CNKI:SUN:JSJJ.٠.٢٠٠٧.٠٩.٠٢٦, last access online: ٢٩/١٢/٢٠١٠.

- [٢٠] Carazo A.F., Gomez T., Molina J., Hernandez-Diaz A.G., Guerrero F.M., Caballero R. "Solving a comprehensive model for multiobjective project portfolio selection" *Computers & Operations Research*. ٢٠١٠. V. ٣٧. P. ٦٣٠-٦٣٩.
- [٢١] C.O. Anyaeche, R.A. Okwara., An Integer Linear Programming Model for Project Portfolio Selection in a Community, *International Journal of Engineering Research in Africa* Vol. ٤, ٦٧-٧٤
- [٢٢] P. Guo, J.J. Liang, Y.M. Zhu, J.F. Hu "R&D project portfolio selection model analysis within project interdependencies context" *Industrial Engineering and Engineering Management*, ٢٠٠٨. IEEM ٢٠٠٨. IEEE International Conference
- [٢٣] Gilberto Rivera, Claudia G. Gómez, Eduardo R. Fernández, Laura Cruz, Oscar Castillo, and Samantha S. Bastiani," Handling of Synergy into an Algorithm for Project Portfolio Selection", *springer*. ٢٠١٢
- [٢٤] Ming-Feng Yang, Yi Lin," Applying fuzzy multi-objective linear programming to project management decisions with the interactive two-phase method", *Computers & Industrial Engineering* (٢٠١٣).
- [٢٥] Kaveh Khalili-Damghani, Soheil Sadi-Nezhad," A decision support system for fuzzy multi-objective multi-period sustainable project selection", *Computers & Industrial Engineering* ٦٤ (٢٠١٣) ١٠٤٥-١٠٦٠.
- [٢٦] RV Rao, VD Kalyankar (٢٠١١) Parameters optimization of advanced machining processes using TLBO algorithm, EPPM, Singapore, ٢٠ - ٢١ Sep ٢٠١١.
- [٢٧] schachter, D. (٢٠٠٤). *Managing your library's technology projects*. Information Outlook. W, S., & Y. Yuan. (٢٠٠٦). *Optimization Theory and Methods: Nonlinear Programming*. Springer Science + Business Media, LLC Press.
- [٢٨] Watson, P. (٢٠٠٩). A methodology for attaining and assessing pproject success for rehabilitation project. *journal of building appraisal*.
- [٢٩] Ohara, Shigenobu (٢٠٠٥): A Guidebook of Project & Program Management for Enterprise Innovation (٢rd Revision). Project Management Association of Japan (PMAJ).
- [٣٠] Maylor, Harvey (٢٠١٠): Project Management (٤<sup>th</sup> edition). Pearson Education Limited, Edinburgh.

- [٣٢] Morris, Peter and Jamieson, Ashley (٢٠٠٥): Moving from corporate strategy to project strategy. *Project Management Journal*. Vol. ٣٦ (٤), ٥-١٨.
- [٣٣] Hartman, F. (٢٠٠٠). *Don't park your brain outside: Apractical guide to improving shareholder value with SMART Management*. Project management institute.
- [٣٤] Christophe N. Bredillet, "Blowing hot and cold on project management", *Project Management Journal* Volume ٤١, Issue ٣, pages ٤-٢٠, June ٢٠١٠.
- [٣٥] Erik, L., & Demeulemeester Willy S. (٢٠٠٢). *Project Scheduling (A Research Handbook)*. Department of Applied Economics, Leuven Belgium: Kluwer Academic publisher.
- [٣٦] Henriksen, A. D. (١٩٩٩). A Practical R&D Project-Selection Scoring Tool. *IRRR Transactions on Engineering Management*, ٤٦(٢), ١٥٨-١٧٠.
- [٣٧] Madic, B. T. (٢٠١١). Project portfolio management implementation review. *African Journal of Business Management*, ٥(٢), ٢٤٠-٢٤٨.
- [٣٨] Markowitz, Harry, (March ١٩٥٢) "Portfolio Selection", *Journal of finance*, ٧, ١, pp. ٧٧-٩١.
- [٣٩] Hagin, R. L. (٢٠٠٤). *Investment Management – Portfolio Diversification, Risk, and Timing – Fact and Fiction*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, U.S.A.
- [٤٠] Meredith, J. R. and S. J. Mantel (٢٠٠٩). *Project Management - A Managerial Approach*, Seventh Edition.
- [٤١] Cooper, Edgett, & Scott. (٢٠٠٨). *Portfolio Management for New Products: Picking the Winners. Product Innovation Best Practices Series*.
- [٤٢] Levine, H. A. (٢٠٠٥). *Project Portfolio Management: A Practical guide to selecting projects, managing portfolios, and maximizing benefits. Jossey-Bass. Wiley Imprint, San Francisco*.
- [٤٣] Phillips, P., & Phillips, J. (٢٠٠٨). *ROI Fundamentals: Why and When to Measure ROI. Pfeiffer, Portland*.
- [٤٤] Ross, S., Randolph, W., & Bradford, J. (٢٠٠٨). *Essentials of Corporate Finance* (٦ ed.). McGraw-Hill Irwin, New York.

[٤٥] Ingvar Stein Birgisson, "Project Portfolio Management in New Product

Development Organizations Application of accepted PPM theories in practice", Master of Science Thesis in the Master's Program International Project Management, Chalmers University Of Technology, Gothenburg, Sweden ٢٠١٢.

[٤٦] Santiago, L.P., Vakili, P., ٢٠٠٥. "Optimal project selection and budget allocation for R&D Portfolios". *Technology Management: a Unifying Discipline for Melting the Boundaries*, ٢٧٥-٢٨١, <http://dx.doi.org/10.1109/PICMET.2005.1509701>.

[٤٧] Tidd, J., Bessant, J., Pavitt, K., ٢٠٠٥. *Managing Innovation Integrating Technological, Market and Organizational Change*, ٣rd ed. John Wiley & Sons, Sussex.

[٤٨] Coldrick, S., Longhurst, P., Ivey, P., Hannis, J., ٢٠٠٥. An R&D options selection model for investment decisions. *Technovation* ٢٥, ١٨٥-١٩٣.

[٤٩] Iamratanakul, S., Patanakul, P. Milosevic, D. ٢٠٠٨. Project Portfolio Selection: From Past to Present. In: *Proceedings of the ٤th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, ICMIT'٢٠٠٨*. ٢٠٠٨.

[٥٠] Baker, N., Freeland, J., ١٩٧٥. Recent advances in R&D benefit measurement and project selection methods. *Management Science* ٢١, ١١٦٤-١١٧٥

[٥١] Baker, N.R., Pound, W.H., ١٩٦٤. R&D project selection. *IEEE Transactions on Engineering Management*, ١١

[٥٢] Gupta, S.K., Mandakovic, T., ١٩٩٢. Contemporary approaches to R&D project selection: a literature search. In: Kocaoglu, D.F. (Ed.), *Management of R&D and Engineering*. North Holland, Amsterdam, pp. ٦٧-٨٧

[٥٣] Heidenberger, K., Stummer, C., ١٩٩٩. Research and development project selection and resource allocation: a review of quantitative modeling approaches. *International Journal of Management Review* ١, ١٩٧-٢٢٤

[٥٤] K. Mukherjee and A. Bera, "Application of goal programming in project selection decision--A case study from the Indian coal mining industry," *European Journal of Operational Research*, vol. ٨٢, pp. ١٨-٢٥, ١٩٩٥.

[٥٥] Kurt Heidenberger & Christian Stummer., ١٩٩٩. Research and Development Project Selection and Resource Allocation: A Review of Quantitative Modeling Approaches. *Journal of Management Reviews*, ١(٢), pp.١٩٧-٢٢٤

[٥٦] Pearson A.W., M.J.W. Stratford, A. Wadee & A. Wilkinson., ١٩٩٦. Decision Support Systems in R&D Project Management, In Gaynor G.H. (ed.). *Handbook of Technology Management*, New York, McGraw-Hill, pp.١٥.١-١٥.٢٢.

[٥٧] Liberatore M.J. & A.C. Stylianou. , ١٩٩٢. The Development Manager's Advisory System: A Knowledge-based DSS Tool for Project Assessment. *Decision Science*, ٢٤(٥), pp.٩٥٢-٩٧٦.

[٥٨] F. Ghasemzadeh, N.P. Archer, "Project portfolio selection through decision support", Elsevier, *Decision Support Systems*, ٢٩, ٢٠٠٠, ٧٣-٨٨.

[٥٩] Lin.C, Hsieh.P(٢٠٠٤) "A fuzzy decision support system for strategic portfolio management", *Journal of Decision Support Systems* ٣٨ (٢٠٠٤) ٣٨٣- ٣٩٨.

[٦٠] R.L., H., & S. E. Haupt. (٢٠٠٤). "*Practical Genetic Algorithms, ٢nd Edition*". John Wiley & Sons Inc.

[٦١] W, S., & Y.Yuan. (٢٠٠٦). *Optimization Theory and Methods: Nonlinear Programming*. Springer Science + Business Media, LLC Press.

[٦٢] S.B.L, V. (٢٠٠٤). *Convex Optimization*. Cambridge University Press.

[٦٣] P, Pedregal. (٢٠٠٤). *Introduction to Optimization*. Springer, New York Inc.

[٦٤] Killen. (n.d.). Catherine, Hunt, Robert and Kleinschmidt, Elko (٢٠٠٧): Managing the New Product Development Project Portfolio: A Review of the Literature and Empirical Evidence. PICMET ٢٠٠٧ Proceedings, Oregon – USA, ١٨٦٤-١٨٧٤.

- [10] BRADI MA, DAVIS D. 2001. A comprehensive 0-1 goal programming model for project selection. *International Journal of Project Management*, 19: 243-202.
- [11] Wang, J., Hwang, W.L., 2007. A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real options valuation model. *Omega* 35, 247-207.
- [12] Carlsson, C., Fuller, R., Heikkila, M., Majlender, P., 2007. A fuzzy approach to R&D project portfolio selection. *International Journal of Approximate Reasoning* 44, 93-100.
- [13] Guo, P., Liang, J.J., Zhu, Y.M., Hu, J.F. 2008. R&D project portfolio selection model analysis within project interdependencies context. In: *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM'2008)*. 2008.
- [14] Tian, Q., et al., 2000. An organizational decision support system for effective R&D project selection. *Decision Support Systems* 39, 43-413
- [15] Eilat, H., Golany, B., Shtub, A., 2006. Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: a DEA based methodology. *European Journal of Operational Research* 172, 1018-1039
- [16] Linton, J.D., Morabito, J., Yeomans, J.S., 2007. An extension to a DEA support system used for assessing R&D projects. *R&D Management* 37 (1), 29-36.
- [17] Huang, C.C., Chub, P.Y., Chiang, Y.H., 2008. A fuzzy AHP application in government sponsored R&D project selection. *Omega* 36, 1038-1052.
- [18] Shenhar A, Dvir D, Levy O, Maltz A (2001). Project success: a multidimensional strategic concept. *Long Range Planning*. 34(6): 699-720.
- [19] .Pap .E, BoÄsnjak. Z, BoÄsnjak .S,” Application of fuzzy sets with dierent t-norms in the interpretation of portfolio matrices in strategic management” *Fuzzy Sets and Systems* 114 (2000) 123-131



[۷۵] Ewing, P. L. Jr., Tarantino, W., & Parnell, G. S. (۲۰۰۶). Use of decision analysis in the army base realignment and closure (BRAC) ۲۰۰۵ military value analysis. *Decision Analysis*, ۳, ۳۳-۴۹.

[۷۶] Kennedy, J., & Eberhart, R. (۱۹۹۵). A Discrete Binary of the Particle Swarm Algorithm', in *IEEE Int. Conf. Vol. ۴, No.۲, PP ۱۹۴۲-۱۹۴۸*.

[۷۶] Dorigo, M. and Stützle, T. (۲۰۰۴). *Ant Colony Optimization* by, MIT Press. ISBN ۰-۲۶۲-۰۴۲۱۹-۳.

[۷۷] Karaboga & Dervis (۲۰۱۰). Artificial bee colony algorithm, *Scholarpedia*, ۵(۳): ۶۹۱۵.

[۷۸] Karaboga & Dervis (۲۰۱۰). Artificial bee colony algorithm, *Scholarpedia*, ۵(۳):

۶۹۱۵.

[۷۹] شعاری، حمید رضا (مترجم) (۱۳۸۷) .، استاندار مدیریت پروژه، موسسه مدیریت پروژه، تهران.

[۸۰] روانشادانیا، مهدی (۱۳۹۱). از مدیریت پروژه تا مدیریت سبد پروژه. فدک ایسایس.

[۸۱] طالبی، آرش (۱۳۸۹). انتخاب بهینه سبد سهام با استفاده از روش های فراابتکاری و مقایسه آن با سبدهای تشکیلی خبرگان و تازه کارها در بازار بورس اوراق بهادار تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود

[۸۲] مطیع قادر رح، لطفی، رش &، سید اسفهلان م. (۱۳۸۹). مروری بر برخی از روش های بهینه سازی هوشمند. شبستر.

[۸۳] رضایی، فاطمه. "مطالعه و شناسایی فاکتورهای موثر در بهره وری و موفقیت دفتر مدیریت پروژه در مدیریت سبد پروژه ها" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف. ۹۰

[۸۴] احسانفر، عباس. "همسویی مدیریت پورتفولیوی پروژه‌ها با اهداف استراتژیک در سازمان‌های پروژه

محور"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف. تابستان ۸۹

[۸۵] فلسفی، رضا. "بررسی مدیریت سبد پروژه‌ها در سازمان‌های پروژه محور، مطالعه موردی: سازمان

توسعه برق و شرکت مپنا" پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت و ساخت، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه

تربیت مدرس، آبان ۸۹

[۸۶] ویسی، امید، "ارزیابی و انتخاب سبد پروژه با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره، مطالعه

موردی پروژه‌های شهرداری تهران"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت

مدرس. ۸۷.

[۸۷] رحمانی، نوشین. "بررسی و ارزیابی عوامل موثر در انتخاب پروژه‌های فناوری اطلاعات و ارائه مدل

چندمعیاره مناسب برای انتخاب پرتفولیوی پروژه‌ها (مطالعه موردی: موسسه تبیان)"، دانشکده مدیریت و

حسابداری دانشگاه شهیدبهشتی. شهریور ۹۰

[۸۸] رفیعی، مجید. "۵انتخاب و زمان بندی سبد پروژه‌های چند دوره‌ای در حالت غیر قطعی

"، رساله دکتری، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف. ۹۱

[۸۹] فرهودی، علیرضا، "بررسی مدیریت پورتفولیوی پروژه‌ها در صنعت پتروشیمی"، پایان نامه کارشناسی

ارشد رشته مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس. ۸۷.

## **Abstract**

Nowadays, organizations are facing with various projects and investment opportunities. Regarding to the existing constraints and activity of the business environment, the survival and success of organizations to achieve competitive advantage requires opting for an appropriate and limited group of projects. This selection faces two fundamental challenges.

The first one is concerned with the conditions of decision making in the problem of project portfolio selection. Since most decision makers find themselves under the conditions of uncertainty and ambiguity and even with incomplete information to make a decision, considering the exact amounts or the distribution function for the parameters of a project may be impractical and non-functional.)

The second challenge is concerned with the tools and methods of optimization that have been used up to now. Among existing approaches, the evolutionary algorithms such as GA and PSO are known as the most fundamental tools of optimization. Using these tools, there is a fundamental problem and that is in implementing each prior meta-heuristic method, determining special control parameters are required. Choosing the controlling parameter amounts in a right way is very sensitive and also influences on the algorithm performance and the final answer as a result. In addition, the improper selection of parameters increases the calculation process or may result in a local answer. This study considers the uncertainty conditions in the project portfolio selection model by using the fuzzy concepts and then tries to enter the self-optimization from the engineering literature to the management literature for the first time with a modern approach in order to pass the second challenge and implement it in project portfolio selection. The considered technique does the optimization operations without the necessity to determine the special controlling parameters and it determines the general optimization. This technique has been used only in Electrical and Mechanical Engineering for optimizing the designing variables.

**Keywords:** project portfolio optimization, evolutionary algorithm, teaching-learning based optimization algorithm (TLBO)



**Shahrood University of Technology**

**Faculty of Industrial Engineering and Management**

**New Approach in Project Portfolio Optimization Using Teaching-Learning  
Based Optimization (TLBO)**

**Maryam Azari Takami**

**Supervisor:**

**Dr Reza Sheikh**

**February ۲۰۱۴**

