Archive of SID

چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۲۸ ـ زمستان ۱۳۹۶
ص‌ص ۴۰ – ۹

طبقه‌بندی پروژه‌ها در مدیریت سبد پروژه با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره MHDIS

فاطمه ممی‌زاده*، محمدرضا صادقی‌مقدم، محمدرضا مهرگان*****

چکیده

سازمان‌های سرمایه‌گذار در میان پروژه های کاندیدای ورود به سبد سرمایه‌گذاری مبنای استانداردی برای شناسایی پروژه‌هایی که سهم بیشتری از سرمایه‌گذاری و سود را به خود اختصاص می‌دهند، ندارند و پروژه ها براساس برآوردهای شخصی ارزیابی و انتخاب می‌شوند؛ بدیهی است با افزایش تعداد و تنوع پروژه‌ها، خطا در اینگونه برآوردها افزایش می‌یابد. مسئله اصلی پژوهش حاضر، طبقه‌بندی پروژه‌های کاندید ورود به سبد سرمایه‌گذاری «شرکت غدیر»، توسط معیارهای مشخص به سه گروه ازپیش‌تعیین‌شده بسیار مهم، متوسط و کم اهمیت است. روش پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر گردآوری داده‌ها، تحلیل ـ ریاضی می‌باشد. از آنجا که برای تصمیم‌گیری در خصوص طبقه‌بندی به قضاوت مطلق تصمیم‌گیرندگان نیاز بوده و تعداد طبقات مورد بررسی بیشتر از دو طبقه است در میان مدل‌های طبقه‌بندی از مدل‌سازی MHDIS که نخست، مبتنی بر توابع مطلوبیت تصمیم‌گیرندگان بوده و دوم، مختص طبقه‌بندی چندگروهی و سلسله‌مراتبی است، استفاده شده. در مرحله دوم پس از مدل‌سازی با یک نمونه ۲۹ تایی مدل آزمون شده و برای بررسی و مقایسه کارایی مدل، خطای مدل با نتایج به‌دست‌آمده از مدل مشابه UTADIS مقایسه شده است. نتایج نمایانگر میزان خطای پایین‌تر این مدل در مقایسه با مدل UTADIS می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: مدل ریاضی؛ تصمیم‌گیری چند معیاره؛ مدیریت سبد پروژه‌ها؛ طبقه‌بندی؛ روش طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی گروهی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۳۰، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۰۷.

* کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
**استادیار، دانشگاه تهران.
*** استاد، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول).

E-mail: mehregan@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

سازمان‌های سرمایه‌گذاری درآمد خود را از طریق سرمایه‌گذاری در پروژه‌های مختلف کسب می‌کنند. آن‌ها با سرمایه‌گذاری در دارایی‌های متنوع و تشکیل پورتفو، ریسک سرمایه‌گذاری‌های خود را کاهش می‌دهند وضمن کسب سود، نیازهای مشتریانشان را تأمین می‌کنند [۲۹]. در این سازمان‌ها، پروژه‌ها، عناصر اصلی و سازنده تعبیر می‌شوند که بر حسب میزان موفقیت در اجرا، موفقیت رقابتی سازمان را تعیین می‌کنند [۴۳]. امروزه مدیران سازمان‌ها عموماً با این مسئله روبه رو هستند که از میان پروژه‌هایی که به‌صورت بالقوه به آن‌ها پیشنهاد می‌شود، کدام پروژه را انتخاب کنند، پروژه‌ها را بر چه اساسی انتخاب کنند یا چگونه منابع لازم را به آن‌ها تخصیص دهند [۲۵]. مدیران در این سازمان‌ها معمولاً تمامی پروژه‌های کاندیدای ورود به سبد سرمایه‌گذاری را به‌طور یکسان ارزیابی می‌کنند و مبنای مشخص و استانداردی برای شناسایی پروژه‌هایی که سهم بیشتری از سرمایه‌گذاری و سود سازمان را به خود اختصاص می‌دهند، ندارند و بر اساس برآوردهای شخصی و تجربه خود بودجه را به پروژه‌ها تخصیص می‌دهند. مدیریت سبد پروژه به معنای توانایی در مدیریت و نظارت مؤثر بر تضمین موفقیت پروژه‌های سازمان است [۳۳] که فرآیند تصمیم‌گیری پویایی را مهیا می‌سازد [۲۷]. سبد پروژه شامل چندین پروژه است که به خاطر محدود بودن منابع سازمان‌ها و به منظور تسهیل مدیریت مؤثر آن‌ها برای دستیابی به اهداف کلان و استراتژیک گروه‌بندی می‌شود [۲،۳۲،۴]. مدیریت سبد پروژه روشی برای تحقق اهداف استراتژیک سازمان است که این مدیریت توسط انتخاب، اولویت‌بندی، ارزیابی و مدیریت پروژه‌ها، برنامه‌ها و دیگر فعالیت‌های مرتبط اعمال می‌شود [۲۷]. این فرآیند چندمرحله‌ای از بکارگیری نتایج مطالعات امکان‌سنجی برای پیشنهاد پروژه‌های کاندیدا استفاده می‌کند و از طبقه‌بندی پروژه‌ها برای ارزیابی دقیق‌تر آن‌ها آغاز می‌شود و تا ارزیابی و رتبه‌بندی پروژه‌ها و توسعه یک سبد متوازن ادامه می‌یابد [۱].

در شرکت مورد مطالعه (شرکت سرمایه‌گذاری غدیر) نیز علی‌رغم سرمایه‌گذاری در پروژه‌های متعدد و متنوع، چارچوب استانداردی برای ارزیابی اولیه و تصویب پروژه‌های کاندیدای ورود به سبد وجود ندارد. شرکت یاد شده در بازه زمانی سال۱۳۸۶ تا ۱۳۹۳ در بیش از ۷۰ پروژه فعال سرمایه‌گذاری کرده است که تمامی آن‌ها نیاز به برنامه‌ریزی و پایش زمان و هزینه دارند؛ بنابراین با توجه به محدودیت منابع مالی، زمانی و سرمایه‌ای سازمان، امکان بررسی دقیق و کامل تمامی پروژه‌های موجود در سبد و پروژه‌های کاندیدا توسط مدیران ارشد سازمان وجود ندارد. اگر مدیران ارشد تمرکز اصلی خود را بر پروژه‌های بزرگ با حجم سرمایه‌گذاری بالا، مدت زمان طولانی اجرا و در نتیجه پرریسک قرار ندهند، ممکن است مدت‌ها هزینه‌ها و تمرکزشان صرف پروژه‌هایی شود که یا بازده مطلوب ندارند و یا اهداف پروژه در راستای اهداف سازمان قرار ندارد؛ بنابراین لازم است پروژه‌ها در بدو ورود طبقه‌بندی شوند تا پروژه‌هایی که بیشترین سهم از

www.SID.ir

Archive of SID

سرمایه‌گذاری را دارند، شناسایی شوند. مسئله اصلی در پژوهش حاضر، طبقه‌بندی پروژه‌های کاندیدای ورود به سبد سرمایه‌گذاری «شرکت غدیر»، توسط معیارهای مشخص، ازجمله مدت زمان اجرای پروژه، بودجه کل مورد نیاز، مقیاس در صنعت، نوع محصولات، چرخه عمر پروژه و وضعیت در مرحله ارزیابی پروژه‌ها است. با استفاده از این مدل پروژه‌هایی که بعد از انجام مطالعات فنی و اقتصادی اولیه، کاندیدای ورود به سبد سرمایه‌گذاری این سازمان هستند از نظر ۱. مطالعات دقیق‌تر پروژه‌های بزرگ، ۲. تعیین سطح تصویب پروژه‌ها، ۳. مدیریت ریسک پروژه‌ها و۴. استفاده از قانون پارتو برای گزارش‌دهی پروژه‌ها، به سه گروه طبقه‌بندی می‌شود:

۱. پروژه‌های گروه A: پروژه‌هایی که دارای اهمیت زیادی هستند که باید به‌طور مستقیم توسط خود اعضای هیئت‌مدیره شرکت سرمایه‌گذار بررسی و تصویب شوند. در این‌صورت «شرکت غدیر» پروژه را از تمامی ابعاد به‌صورت جامع و دقیق مورد مطالعه قرار داده و پیش‌بینی‌های لازم برای تخصیص بودجه برای سال‌های آتی را انجام می‌دهد؛

۲. پروژه‌های گروه B: پروژه‌هایی که دارای اهمیت متوسط هستند که می‌تواند به صورت غیر مستقیم توسط خود اعضای هیئت‌مدیره شرکت هلدینگ سرمایه‌گذار بررسی و تصویب شده و مصوبه به شرکت سرمایه‌گذار ابلاغ شود؛

۳. پروژه‌های گروه C: پروژه‌هایی که دارای اهمیت پایین هستندکه می‌تواند به‌صورت غیر مستقیم توسط خود شرکت مجری پروژه بررسی و تصویب شده و تنها مصوبه آن به شرکت سرمایه‌گذار ابلاغ شود.

در تحقیق حاضر، گروه‌ها از قبل تعیین شده و معیارها برای دسته بندی روشن و مشخص می‌باشد و ما به دنبال جای دادن نمونه‌ها در این گروه های از پیش تعیین شده براساس معیارها هستیم. بنابراین این تحقیق از نوع طبقه‌بندی می‌باشد. درحالی که در خوشه‌بندی نمونه‌ها به دسته‌هایی که اعضای آن‌ها براساس یکسری مشخصات مشابه یکدیگر می‌باشند تقسیم می‌شوند. در خوشه‌بندی گروه‌ها از قبل مشخص نبوده و براساس تشابهات نمونه‌ها تعیین می‌گردند. در این تحقیق از میان مدل‌های طبقه‌بندی، مدل طبقه‌بندی چندمعیاره با عنوان «روش طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی چندگروهی (MHDIS[1])» استفاده شده است. ساختار پژوهش حاضر به این صورت است که در بخش دوم پیشینه انتخاب سبد پروژه و مبانی نظری بهینه تکنیک طبقه‌بندی MHDIS توضیح داده خواهد شد. در بخش سوم روش‌شناسی پژوهش ارائه می‌شود. در این بخش مدل ریاضی پیشنهادی پژوهش شرح داده می‌شود. در بخش چهارم مراحل مدل‌سازی و تحلیل داده‌های مورد مطالعه و اعتبار و عملکرد مدل پیشنهادی پژوهش شرح داده می‌شود. در پایان در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادها ارائه می‌شود.

1. Multi-Group Hierarchical Discriminates

www.SID.ir

Archive of SID

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

گزینش پروژه‌های مناسب، تخصیص صحیح منابع محدود سازمان، تحقق تأکیدات بیانیه استراتژیک، هماهنگی و هم‌افزایی در مجموعه سبد پروژه‌های سازمان و تأمین سلامت روابط سازمانی مدیران پروژه از جمله مهم‌ترین مبانی نظری تشکیل‌دهنده سیستم مدیریت سبد پروژه است. با وجود علاقه رو به رشد و مرتبط با مدیریت سبد پروژه‌ها توسط سازمان‌ها، آن‌ها با یکسری مشکلات مواجه شده‌اند [۱۳]؛ مانند ارزیابی پروژه‌ها و تصمیم‌گیری بر روی اولویت آن‌ها به‌عنوان یکی از نقاط بحرانی مدیریت پروژه [۸]. بیشتر مطالعات در حوزه مدیریت سبد پروژه، دیدگاه عقلانی دارند و ابزارهای توسعه‌یافته، روش‌ها و تکنیک‌ها و تمرکز بر ساختار و کنترل را به‌کار گرفته‌اند [۳۴، ۲۳، ۳۶، ۷] که بر انتخاب کارآمد پروژه‌ها، تخصیص منابع و اولویت‌دهی تمرکز دارد [۲۳].

با توجه به پیشینه پژوهش در زمینه انتخاب سبد پروژه، بیشتر پژوهش‌ها برای انتخاب سبد پروژه از برنامه‌ریزی ریاضی استفاده کرده‌اند. نخستین پژوهش با استفاده از روش کمی در زمینه انتخاب سبد پروژه توسط شارپوویلیام (۱۹۶۷) انجام شده است که از یک برنامه‌ریزی خطی در مسائل انتخاب پروژه استفاده کرده‌اند [۲۵]. مسئله اختصاص گزینه‌ها به گروه‌های از پیش تعیین‌شده از مسائل مهم در حوزه‌های مختلف و همین‌طور حوزه مدیریت پروژه است. روش‌های طبقه‌بندی و رتبه‌بندی در انواع رشته‌ها، ازجمله آمار، اقتصاد، هوش مصنوعی و تحقیق در عملیات توسعه پیدا کرده است [۴۲].

تصمیم‌گیری چندمعیاره یکی از شاخه‌های پیشرفته تحقیق در عملیات است که روش‌های متعددی را به تصمیم‌گیران و تحلیل‌گران مالی ارائه می‌کند. توسعه مدل‌های طبقه‌بندی چندمعیاره به پژوهش‌های فیشر (۱۹۳۶)، باز می‌گردد. در حوزه انتخاب و ارزیابی سبد پروژه‌ها نیز از روش‌های مربوط به طبقه‌بندی و رتبه‌بندی استفاده شده است. برای پاسخ به مسئله انتخاب پروژه‌ها عمدتاً روش‌های مورد استفاده در دو گروه قابل دسته‌بندی هستند. نخست،روش‌هایی براساس معیارهای کیفی و بر مبنای نظرهای گروهی از کارشناسان و غالباً در موضوع‌های اجتماعی به کار گرفته شده‌اند.گروه دوم شامل روش‌های تصمیم‌گیری با مبنای تحقیق درعملیات می‌باشد که می‌توان آن‌ها را به دو دسته مدل‌های تصمیم‌گیری تک‌معیاره و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره تقسیم کرد [۱۹].

تصمیم‌گیری چندمعیاره نیازمند روش مناسبی برای ترکیب و یا تجمیع[1] عواملی است که در انتخاب گزینه‌های بهینه نقش دارند. در صورت گسسته‌بودن مجموعه گزینه‌ها می‌توان روش‌های تجمیع عوامل یا معیارها را در سه گروه روابط برتری، توابع مطلوبیت، مجموعه‌های فازی تقسیم

1. Aggregation

www.SID.ir

Archive of SID

کرد. مسائل و روش‌های گسسته تصمیم‌گیری چندمعیاره با عنوان «روش‌های تصمیم‌گیری با چند شاخص» نیز شناخته می‌شوند. شاخص عبارت است از: ویژگی‌ها، کیفیت‌ها یا پارامترهای عملکردی که برای انتخاب گزینه‌های تصمیم مطرح است [۲۱]. شاخص‌ها در واقع ویژگی‌هایی هستند که برای توصیف یک چیز به‌کار گرفته می‌شوند [۲۲]؛ همچنین برای انتخاب گزینه مناسب از میان یک مجموعه پیوسته از روش‌های تجمیع معیار باعنوان «تصمیم‌گیری با چندین هدف و یا برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه (MOMP)[1]» استفاده می‌شود [۴۴].

روی (۱۹۹۶)، هوانگ (۱۹۸۱)، زاوادسکاس (۲۰۰۱)، تراینتافیلو (۲۰۰۰)، گوستاوسون و همکاران (۲۰۰۵)، فارسیجانی و همکاران (۱۳۹۱)، دحیماوی و همکاران (۱۳۹۴)، از یک روش ارزیابی نسبی و پیچیده چندمعیاره برای حل مشکلات مختلف سازمانی استفاده کردند. از میان چهار رویکرد نظری که در MCDM شناسایی شده‌اند (رویکرد تصمیم‌گیری چندهدفه/برنامه-ریزی آرمانی، نظریه مطلوبیت چندمعیاره، روابط برتری و تفکیک ترجیحات)، تصمیم‌گیری چندهدفه [۱۵،۶،۲۵] روابط برتری [۱۸،۵،۳۹] و تفکیک ترجیحات [۴۱] در مطالعات مربوط به ارزیابی و طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند [۴۰].

ساده‌ترین راه برای به‌کارگیری توابع مطلوبیت با هدف رتبه‌بندی، درمدل UTADIS مطرح شد [۴۱]. مدل UTADIS یکی از انواع روش UTA است که یک روش رگرسیون ترتیبی است و برای توسعه مدل‌هایی استفاده می‌شود که می‌توانند مجموعه‌ای از گزینه‌ها را از کمترین به بیشترین رتبه‌بندی کنند [۱۷]. زوپوندیس و دامپوس (۲۰۰۰b) در روش MHDIS رویکرد جایگزین را برای تعیین توابع مطلوبیت با هدف رتبه‌بندی ارائه دادند. این روش به‌صورت خاص برای مسائل مربوط به طبقه‌بندی در بیش از دو گروه مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ ولی مسلماً برای دو گروه نیز کاربرد خواهد داشت. واضح است که به غیر استفاده از توابع مطلوبیت تجمیعی، امکان استفاده از فرم‌های پیچیده تجزیه‌وتحلیل مطلوبیت وجود دارد. زوپونیدیس و دامپوس (۲۰۰۲)، در پژوهشی باعنوان «MCDM در تصمیمات مالی: مروری بر روش‌ها و ادبیات موضوع» به بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه مالی و مباحث مدیریت سبد پروژه‌ها با استفاده از مدل‌های MCDM پرداخته‌اند. وی خلاصه‌ای از پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه تشکیل سبد پروژه با استفاده از MCDM را مطابق جدول ۱، ارائه کرده است [۳۸].

1. Multi Objective Mathematizal Programming

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه تشکیل مدیریت سبد پروژه با استفاده از MCDM

رویکرد	روش	پژوهش‌ها
نظریه مطلوبیت چندشاخصه	AHP	ساعتی و همکاران (۱۹۸۰)
	MACBETH	بانا و همکاران (۲۰۰۱)
	سایر روش‌ها	اوراد و زیسویلر (۱۹۸۲)
		کلسون و دو برون (۱۹۸۹)
		دومیناک (۱۹۹۷)
		ژاگ و همکاران (۱۹۹۹)
روش‌های برتری	ELECTRE	مارتل و همکاران (۱۹۸۸،۱۹۹۱)
		خوری و همکاران (۱۹۹۳)
روش‌های برتری	ELECTRE	هرسون و زوپونیدیس(۱۹۹۵،۱۹۹۷)
		هرسون و ریچی (۱۹۹۸)
روش‌های برتری	PROMETHEE	خوری و مارتل (۱۹۹۰)
		مارتل و همکاران (۱۹۹۱)
		هابابو و مارتل (۱۹۹۸)
تفکیک ترجیحات	UTA	زوپونیدیس (۱۹۹۳)
		زوپونیدیس و همکاران (۱۹۹۵)
		هرسون و زوپونیدیس(۱۹۹۵،۱۹۹۷)
	UTADIS	زوپونیدیس و همکاران (۱۹۹۹)
		زوپونیدیس و همکاران (۲۰۰۰)
	MHDIS	دامپوس و همکاران (۲۰۰۰)
نظریه مجموعه‌های فازی		ژاگ و همکاران (۱۹۹۹)

مدیریت سبد پروژه‌ها فرآیندی مشتمل بر مراحل متعدد مرتبط با هم است که صرفاً به ارزیابی و امتیازدهی پروژه‌ها محدود نمی‌شوند [۲]. این فرآیند چندمرحله‌ای از به‌کارگیری نتایج مطالعات امکان‌سنجی برای پیشنهاد پروژه‌های کاندیدا استفاده می‌کند و از طبقه‌بندی پروژه‌ها برای ارزیابی دقیق‌تر آن‌ها آغاز می‌شود و تا ارزیابی و رتبه‌بندی پروژه‌ها و انتخاب و توسعه یک سبد متوازن ادامه می‌یابد.

بیشتر مطالعات انجام‌شده در حوزه مدیریت سبد پروژه بر انتخاب کارآمد سبد پروژه‌ها، تخصیص منابع و اولویت‌دهی تمرکز دارد [۳۶،۲۳]؛ اما تاکنون مطالعه جامعی بر مرحله ارزیابی و طبقه‌بندی پروژه‌ها با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام نشده است؛ بنابراین با توجه به اهمیت این مرحله از مدیریت سبد پروژه از آن نظر که این طبقه‌بندی اولیه معیاری برای تعیین سطح پیچیدگی مطالعات، تخصیص منابع، تعیین دوره‌های گزارش‌گیری و غیره تا انتهای پروژه‌ها است، پژوهشگران پژوهش حاضر بر آن شدند تا با استفاده از یکی از تکنیک‌های

www.SID.ir

Archive of SID

تصمیم‌گیری چندمعیاره از نوع طبقه‌بندی مبتنی بر توابع مطلوبیت مدلی را توسعه دهند تا پروژه‌ها را در بدو ورود به سازمان مورد مطالعه برای سرمایه‌گذاری، در یکی از سه گروه A (مهم)، B (متوسط) و C (کم‌اهمیت) طبقه‌بندی کند. مسئله اختصاص گزینه‌ها به گروه‌های از پیش‌تعیین‌شده از مسائل مهم در حوزه‌های مختلف و همین‌طور حوزه مدیریت پروژه است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف از نوع تحقیقات کاربردی و از نظر گردآوری داده‌ها تحلیلی ـ ریاضی می‌باشد. مدل ریاضی به‌کار برده شده از نوع مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با مبنای تحقیق در عملیات با هدف طبقه‌بندی گزینه‌ها در گروه‌های همگن به ترتیب ارجحیت می‌باشد. این مدل با توجه به گسسته‌بودن مجموعه گزینه‌ها در گروه مبتنی بر توابع مطلوبیت قرار گرفته است. در این مدل فرآیند طبقه‌بندی در گروه‌ها را با استفاده از ۲ مدل برنامه‌ریزی خطی و یک برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط در هر مرحله به‌صورت تدریجی و گام به گام توسعه داده و در مجموع سه هدف را بهبود می‌دهد: ۱. حداقل‌کردن خطای کل ۲. حداقل‌کردن تعداد نهائی خطا در طبقه‌بندی ۳. حداکثرکردن حداقل فاصله‌ها. داده‌های موردنیاز برای ساخت مدل ارائه شده در تحقیق، از اسناد و مدارک موجود جمع‌آوری‌شده و از خبرگان نظرخواهی شده است. قلمرو زمانی این تحقیق پروژه‌های مربوط به سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۳ می‌باشد. قلمرو مکانی این تحقیق شرکت سرمایه‌گذاری غدیر است.

مدل MHDIS. این مدل نخستین بار توسط زوپونیدیس و دامپوس (۲۰۰۰)، ارائه شد که در آن یک فرآیند طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی را برای طبقه‌بندی شرکت‌های مورد مطالعه‌اش به‌کار برد. این روش به توسعه مجموعه‌ای از توابع مطلوبیت تجمیعی منجر می‌شود که برای طبقه‌بندی موارد به گروه‌های خاص و ازپیش‌تعیین‌شده به‌کار می‌روند. این مدل، عمل طبقه‌بندی را ضمن یک فرآیند سلسله‌مراتبی انجام می‌دهد؛ به این معنا که در ابتدا به تفکیک گروه اول از سایر گروه‌ها می‌پردازد و سپس به‌ترتیب سایر گروه‌ها را از یکدیگر تفکیک می‌کند. به‌طور ساده، این مدل برای طبقه‌بندی یک گزینه، ابتدا امکان قرارگیری گزینه موردنظر را در گروه اول بررسی می‌کند.

اگر گزینه موردنظر قابل‌طبقه‌بندی در گروه اول نبود، امکان طبقه‌بندی آن در گروه دوم بررسی می‌شود و الی آخر [۹]. درواقع هر مرحله Kام یک مسئله طبقه‌بندی با دو گروه است که هدف آن جداکردن گزینه‌های متعلق به گروه K از گزینه‌های متعلق به سایر گروه‌های $\{C_{k+1}, C_{k+2}, \ldots, C_q\}$ می‌باشد؛ بنابراین در هر مرحله از فرآیند سلسله‌مراتبی دو انتخاب برای طبقه‌بندی گزینه‌ها وجود دارد: تصمیم براینکه گزینه متعلق به گروه C_k است و یا گزینه متعلق

www.SID.ir

Archive of SID

به گروه‌های C_{k+1} تا C_q می‌باشد. ویژگی اصلی این روش در برابر سایر تکنیک‌های MCDM در دو موضوع زیر خلاصه می‌شود:

ـ این تکنیک گروه‌ها را به‌صورت تدریجی و با تخصیص گزینه‌ها به بهترین گروه آغاز می‌کند و سپس به تخصیص گزینه‌ها به سایر گروه‌ها می‌پردازد؛

ـ این تکنیک سه تابع هدف را به‌کار می‌گیرد.

به‌منظور جایگذاری مجموعه $A=(a_1,a_2,a_3\ldots)$ حاوی n گزینه، در q گروه که به‌صورت ترتیبی تعریف شده است $(c_1>c_2>\ldots..>c_q)$ ، هر گزینه توسط مجموعه $X=\{x_1,x_2,\ldots,x_m\}$ که شامل m معیار ارزیابی است، مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد.

ارزیابی هر گزینه a_j براساس معیار x_i توسط x_{ij} نمایش داده می‌شود. تعداد گام‌ها در این فرآیند طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی q-1 است. در هر مرحله k از این فرآیند تمایز بین گروه‌ها مبتنی بر ارائه یک جفت تابع مطلوبیت تجمیعی از بردار معیارهای $X=(x_1,x_2,x_3,\ldots.)$ است؛ بنابراین طبقه‌بندی یک گزینه در یکی از گروه‌های از قبل تعیین‌شده $c_1>c_2>\ldots..>c_q$ باید بر اساس مقایسه مطلوبیت طبقه‌بندی گزینه a در C_k در مقابل مطلوبیت طبقه‌بندی a در گروه $C_{\sim k}$ باشد. این توابع مطلوبیت به‌صورت زیر هستند.

$$U_k(x)=\sum_{i=1}^{m}h_{ki}u_{ki}(x_i)\ \ and\ \ u_{\sim k}(\underline{x})=\sum_{i=1}^{m}h_{\sim ki}u_{\sim ki}(x_i) \qquad (۱)$$

U_k (x) مطلوبیت گزینه‌های متعلق به گروه C_k را نشان می‌دهد؛ درحالی‌که $U_{\sim k}$(x) نمایانگر گزینه‌های متعلق به گروه‌های $C_{k+1},\ldots\ldots,C_q$ است. U_{ki} (x_i) و $U_{\sim ki}$ (x_i) توابع مطلوبیت نهایی از بردار معیارهایی است که بین ۰ و ۱ نرمالایز شده‌اند. مجموع پارامترهای وزن‌دهی h_{ki} و $h_{\sim ki}$ یک است.

$$\sum_{i=1}^{m}h_{ki}=1\ and\ \sum_{i=1}^{m}h_{\sim ki}=1 \qquad (۲)$$

آن‌ها اولویت و اهمیت هر معیار را در توابع مطلوبیت متناظر نشان می‌دهند. تابع مطلوبیت نهایی U_{ki} (x_i) برای تمامی معیارهای (x_i) افزایشی و برعکس تابع مطلوبیت نهایی $U_{\sim ki}(x_i)$ کاهشی است.

هر دو تابع مطلوبیت، یک مطلوبیت کلی بین ۰ و ۱ را به هر گزینه اختصاص می‌دهد و اگر مطلوبیت کل یک گزینه بر اساس تابع مطلوبیت U_k(x) بیشتر از تابع مطلوبیت کل تخمینی بر

www.SID.ir

Archive of SID

اساس تابع $U_{\sim k}(X)$ باشد، گزینه مربوطه به گروه C_k تعلق خواهد داشت؛ در غیر این‌صورت اگر مطلوبیت کل گزینه‌ای مطابق تابع مطلوبیت $U_{\sim k}(X)$ بزرگ‌تر از تابع مطلوبیت تخمین‌زده با تابع مطلوبیت $U_k(x)$ باشد آنگاه گزینه متعلق به گروه $C_{k+1},.....,Cq$ است. در گام دوم فرآیند، گروه دقیق این گزینه مشخص می‌شود.

$$\left.\begin{array}{ll} if\ U_K\ (\underline{g_a}) > U_{\sim K}(\underline{g_a}) & then \in C_k \\ if\ U_K\ (\underline{g_a}) < U_{\sim K}(\underline{g_a}) & then \notin C_k \end{array}\right\} \quad (۳)$$

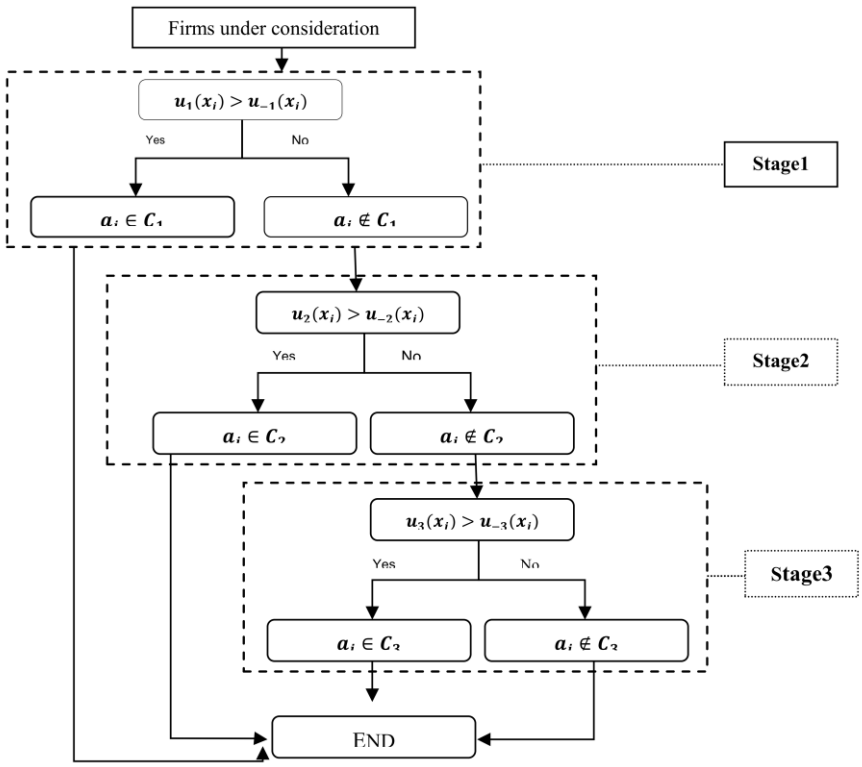
در شکل ۱، فرآیند تفکیک سلسله‌مراتبی به‌کار گرفته‌شده در روش MHDIS نمایش داده شده است. هر دو توابع مطلوبیت $U_{ki}(x_i)$ و $U_{\sim ki}(x_i)$ و توابع مطلوبیت نهایی $U_{ki}(x_{ji})$ و $U_{\sim ki}(x_{ji})$ توابع یکنوا هستند. توابع مطلوبیت نهایی $U_{ki}(x_{ji})$ افزایشی می‌باشند؛ درحالی‌که $U_{\sim ki}(x_{ji})$ توابعی کاهشی هستند.

این ویژگی مبتنی بر تعریف ترتیبی گروه‌ها است؛ به‌خصوص ازآنجاکه گروه C_k طبق تعریف نسبت به گروه‌های C_{k+1} تا C_q برتر است، انتظار می‌رود عملکرد بالاتر یک گزینه روی یک معیار مشخص x_i ویژگی‌هایش شباهت بیشتری به گروه C_k داشته باشد تا به گروه‌های C_{k+1} تا C_q.به‌صورت دقیق‌تر در هر مرحله K از فرآیند سلسله‌مراتبی، طبقه‌بندی دو برنامه‌ریزی خطی و یک برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط[1] برای برآورد بهینه دو تابع مطلوبیت تجمیعی $U_k(x)$ و $U_{\sim k}(X)$ هم از نظر خطاها و هم از نظر دقت به‌دست‌آمده از طبقه‌بندی حل می‌شوند. این دو هدف از طریق حل متوالی دو مسئله برنامه‌ریزی خطی (LP_1وLP_2) و یک مسئله برنامه‌ریزی عدد صحیح مخلوطبه‌دست می‌آید.

1. Mixed Integer Programing (MIP)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. فرایند طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی با تکنیک MHDIS [۱۹]

الف) حداقل‌کردن خطای کل در طبقه‌بندی گزینه‌ها

$$EC = w_k \left(\frac{1}{N_k} \sum_{\forall a_j \in C_k} I_{ki} \right) + w_{\sim k} \left(\frac{1}{N_{\sim K}} \sum_{\forall a_j \in C_{\sim k}} I_{\sim kj} \right) \qquad (۴)$$

$$w_k = \pi_k MC_k \quad , \quad w_{\sim k} = \pi_{\sim k} MC_{\sim K}$$

I_{kj} و $I_{\sim kj}$ متغیرهای صفر و یک هستند که وضعیت طبقه‌بندی گزینه‌ها در گروه C_k و یا $C_{\sim k}$ را نشان می‌دهند (صفر نشان‌دهنده طبقه‌بندی درست و یک نشان‌دهنده طبقه‌بندی اشتباه است). N_k تعداد گزینه‌های متعلق به گروه C_k را نشان می‌دهد؛ در حالی‌که $N_{\sim k}$ نشان‌دهنده گزینه‌های متعلق به گروه N_k است.

پارامترهای وزن‌دهی w_k و $w_{\sim k}$ باید برمبنای هزینه خطاها و پیش‌بینی احتمال‌های پیش فرض به‌دست بیایند به‌طوری‌که:

$w_k > 0$,$w_{\sim k} > 0$و$w_{\sim k} + w_k = 1$

www.SID.ir

Archive of SID

$\Pi_{\sim k}$ و Π_k پیش‌بینی احتمال تعلق‌داشتن گزینه‌ها به‌ترتیب درگروه‌های C_k و $C_{\sim k}$ است و MC_k و $MC_{\sim k}$ هزینه‌های طبقه‌بندی نادرست می‌باشد که با خطاهای طبقه‌بندی در ارتباط است. تعیین w_k و $w_{\sim k}$ به تصمیم‌گیرندگان بستگی دارد. توسعه جفت تابع مطلوبیت که هزینه خطای دسته‌بندی را حداقل می‌کند (EC_{min}، حداقل هزینه طبقه‌بندی نامگذاری می‌شود) نیازمند حل برنامه‌ریزی عدد صحیح مخلوط است. حل این مسائل در صورتی‌که تعداد متغیرهای عدد صحیح زیاد باشد فرآیندی پیچیده و زمان‌بر خواهد بود. برای حل این مسئله روش MHDIS یک تابع خطای جایگزین به نام « EC' » را به‌کار می‌گیرد که هزینه نهایی طبقه‌بندی را تخمین می‌زند.

$$EC' = w_k\left(\frac{1}{N_k}\sum_{\forall a_j \in C_k} e_{kj}\right) + w_{\sim k}\left(\frac{1}{N_k}\sum_{\forall a_j \in C_{\sim k}} e_{\sim kj}\right) \qquad (۵)$$

متغیرهای خطای e_{kj} و $e_{\sim kj}$ جانشین متغیرهای صفر و یک I_{kj} و $I_{\sim kj}$ می‌شود. هر دو متغیر خطا مقادیر حقیقی مثبتی هستند که نشان‌دهنده بزرگی شدت قوانین طبقه‌بندی است که در توسعه مدل به‌کار رفته شده است.

$$e_{kj} = max\ \{0\ , u_{\sim k}(\underline{x_j}) - u_k(\underline{x_j})\}$$
$$e_{\sim kj} = max\ \{0\ , u_k(\underline{x_j}) - u_{\sim k}(\underline{x_j})\}$$

حداقل‌کردن EC از طریق حل‌کردن مسئله برنامه‌ریزی ریاضی زیر به‌دست می‌آید:

Min EC

subject to:

$$\sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{ij}) + e_{kj} \geq s \qquad \forall a_j \in C_k \qquad (۶)$$

$$\sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_{ij}) + e_{\sim kj} \geq s \qquad \forall a_j \in C_{\sim k} \qquad (۷)$$

$$\sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_{i*}) = 0,\ \sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_i^*) = 1,\ \sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{i*}) = 1,\ \sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_i^*) = 0 \qquad (۸)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$u_{ki}(x_i) \quad increa\sin g \quad function,$$
$$u_{\sim ki}(x_i) \quad decrea\sin g \quad function, \tag{۹}$$

$$u_{ki}(x_i) \geq 0, \quad u_{\sim ki}(x_i) \geq 0, \quad e_{kj} \geq 0 \quad e_{\sim kj} \geq 0 \tag{۱۰}$$

در محدودیت‌های ۶ و ۷، s یک مقدار مثبت و کوچک ثابت است که برای حصول اطمینان از نابرابری دقیق رابطه ۳ برای متغیرهای خطای e_{kj} و $e_{\sim kj}$ استفاده می‌شود. محدودیت ۸ برای نرمالایزکردن نتایج توابع مطلوبیت کل در فاصله [۱و۰] استفاده می‌شود. در این محدودیت‌ها x_{i*} و x_i^* نشان‌دهنده کمترین و بیشترین مقادیر برای معیار x_i است.

ب) حداقل‌کردن تعداد خطاها در طبقه‌بندی برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط[1]. حل LP1 به ایجاد یک جفت تابع مطلوبیت منجر می‌شود که تابع هزینه خطای EC' را حداقل می‌کند. اگر این توابع مطلوبیت گزینه‌ها را درست طبقه‌بندی کند متغیرهای خطای e_{kj} و $e_{\sim kj}$ صفر می‌شوند؛ بنابراین $EC_{min} = EC'_{min} = ۰$ می‌شود؛ ولی همیشه این اتفاق نمی‌افتد. در این مواقع با درنظرگرفتن این حقیقت که EC' تخمینی از EC می‌باشد واضح است که توابع مطلوبیت مرتبط با EC'_{min}، لزوماً هزینه نهایی خطای طبقه‌بندی EC_{min} را حداقل نمی‌کنند. در MHDIS این احتمال از طریق برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط بررسی می‌شود. حداقل‌کردن هزینه نهایی خطای طبقه‌بندی برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط:

$$Min\ EC = w_k\left(\frac{1}{N_k^{\min}}\sum_{j=1}^{N_k^{\min}} I_{kj}\right) + w_{\sim k}\left(\frac{1}{N_{\sim k}^{\min}}\sum_{j=1}^{N_{\sim k}^{\min}} I_{\sim kj}\right) \tag{۱۱}$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{ij}) \geq s, \qquad a_j = 1,2,\ldots,N_k^{cor}$$
$$\sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{ij}) \geq s, \qquad a_j = 1,2,\ldots,N_k^{cor} \tag{۱۲}$$

$$\sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{ij}) + I_{kj} \geq s, \qquad a_j = 1,2,\ldots,N_K^{mis}$$
$$\sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_{ij}) + I_{\sim kj} \geq s, \qquad a_j = 1,2,\ldots,N_{\sim K}^{mis} \tag{۱۳}$$

1. Mixed Integer Programing (MIP)

www.SID.ir

Archive of SID

$$\sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_{i*}) = 0, \qquad \sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_i^*) = 1 \tag{۱۴}$$

$$\sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{i*}) = 1, \qquad \sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_i^*) = 0 \tag{۱۵}$$

$$\begin{matrix} u_{ki}(x_i) & increa\sin g\ function \\ u_{\sim ki}(x_i) & decrea\sin g\ function \end{matrix} \tag{۱۶}$$

$$u_{ki}(x_i) \geq 0, \quad I_{kj}, I_{\sim kj} \quad \text{int}egers. \tag{۱۷}$$

شروع از توابع مطلوبیت اولیه که از حل LP1 و برنامه ریزی عدد صحیح مختلط به‌دست می‌آید، احتمال اصلاح این توابع مطلوبیت به‌طوری‌که هزینه کلی خطای طبقه‌بندی حداقل شود را بررسی می‌کند. این حداقل‌سازی بدون تغییر طبقه‌بندی‌های صحیح به‌دست‌آمده از LP1 انجام می‌شود (محدودیت ۱۲). توجه داشته باشید که متغیرهای صفر و یک I_{kj} و $I_{\sim kj}$ برای همه گزینه‌ها تعریف نمی‌شود و برای آن‌هایی تعریف می‌شوند که در LP1 به اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند (محدودیت ۱۳). تعداد گزینه‌هایی که درحقیقت به C_k متعلق هستند، ولی در LP1 به اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند با N_k^{mis} نمایش داده می‌شوند؛ در حالی‌که $N_{\sim k}^{mis}$، تعداد گزینه‌هایی را نشان می‌دهد که درحقیقت به گروه‌های $C_{\sim k}$ تعلق دارد؛ ولی در LP1 به اشتباه در گروه C_k طبقه‌بندی شده‌اند و به‌طور مشابه N_k^{cor} و $N_{\sim k}^{cor}$ نشان‌دهنده تعداد گزینه‌هایی هستند که توسط LP1 به‌درستی طبقه‌بندی شده‌اند. تمام این طبقه‌بندی‌های درست بدون تغییر باقی می‌مانند؛ باوجوداین در بیشتر موارد تعداد خطاها در LP1 ($N_{\sim k}^{mis} + N_k^{mis}$) تعداد کوچکی از تمام گزینه‌ها را شامل می‌شود؛ بنابراین تعداد متغیرهای عدد صحیح کم است و درنتیجه حل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط تسهیل می‌شود.

ج) حداکثرکردن حداقل فاصله. به این معنا که اگر چه آن‌ها به درستی گروه‌بندی شده‌اند، مطلوبیت کل آن‌ها مطابق دو تابع مطلوبیت توسعه داده شده ممکن است بسیار نزدیک به هم باشند و تنها اختلاف کوچکی بین $U_k(x_j)$ و $U_{\sim k}(x_j)$ باشد. این موضوع در MHDIS از طریق سومین فرمول‌سازی ریاضی که بر روی جواب‌های به‌دست‌آمده از برنامه ریزی عدد صحیح مختلط انجام می‌شود، نشان داده شده است. در این مرحله حداقل تفاوت بین مطلوبیت‌های کل گزینه‌هایی که بعد از حل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط، به‌درستی طبقه‌بندی شده‌اند با d نمایش داده می‌شود. هدف LP2 دقیق‌ترکردن طبقه‌بندی به‌دست‌آمده از طریق حداکثرکردن حداقل فاصله و تفاوت بین مطلوبیت کل گزینه‌هایی که توسط دو تابع مطلوبیت طبقه‌بندی شده‌اند. $d = min\{d_1, d_2\}$

www.SID.ir

Archive of SID

$$d_1 = \min_{j=1,2,\dots,N_k^{cor^t}} \left\{ U_k(\underline{x_j}) - U_{\sim k}(\underline{x_j}) \right\}$$
$$d_2 = \min_{j=1,2,\dots,N_k^{cor^t}} \left\{ U_{\sim k}(\underline{x_j}) - U_k(\underline{x_j}) \right\}$$

حداکثرسازی d از طریق حل برنامه‌ریزی خطی زیر به‌دست می‌آید:

Max d

subject to:

$$\begin{aligned} &\sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{ij}) - d \geq s, && a_j = 1,2,\dots,N_k^{cor^t} \\ &\sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_{ij}) - d \geq s, && a_j = 1,2,\dots,N_{\sim k}^{cor^t} \end{aligned} \quad (۱۸)$$

$$\begin{aligned} &\sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{ij}) \leq 0 \quad , && a_j = 1,2,\dots,N_k^{mis'} \\ &\sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_{ij}) \leq 0 \quad , && a_j = 1,2,\dots,N_k^{mis'} \end{aligned} \quad (۱۹)$$

$$\sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_{i*}) = 0, \sum_{i=1}^{m} u_{ki}(x_i^*) = 1, \sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_{i*}) = 1, \sum_{i=1}^{m} u_{\sim ki}(x_i^*) \quad (۲۰)$$

$$\begin{aligned} &u_{ki}(x_i) \quad increa\sin g \ function, \\ &u_{\sim ki}(x_i) \quad decrea\sin g \ function, \end{aligned} \quad (۲۱)$$

$$u_{ki}(x_i) \geq 0, \qquad d \geq 0 \quad (۲۲)$$

٤. تحلیل داده‌ها و نتایج پژوهش

جامعه آماری پژوهش حاضر شامل کلیه شرکت‌های سرمایه‌گذاری است که موضوع طبقه‌بندی، انتخاب و اولویت‌بندی پروژه‌های آن برای سهامداران مطرح است. نمونه آماری پروژه‌های «شرکت سرمایه‌گذاری غدیر» در بازه زمانی سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۳ می‌باشد. داده‌های مورد نیاز برای ساخت مدل ارائه شده در پژوهش از اسناد و مدارک موجود جمع‌آوری شده و از خبرگان نظرخواهی شده است. به این ترتیب نمونه آماری برابر با m=۷۶ پروژه می‌باشد. برای این کار با توجه به اینکه داده‌ها باید در ۳ گروه A، B و C طبقه‌بندی شوند از ۷۴ داده موجود ۴۵ داده برای ساخت مدل استفاده می‌شود (جدول۲)؛ به‌طوری‌که در هر گروه به تعداد مساوی، ۱۵ عدد، قرار گیرد و در ادامه از مابقی داده‌ها برای آزمون و ارزیابی مدل بومی‌سازی شده استفاده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. پروژه‌های مورداستفاده در بومی‌سازی مدل

j	پروژه های گروهA	j	پروژه‌های گروهB	j	پروژه های گروهC
۲	نیروگاه سیکل ترکیبی بهبهان	۱	نیروگاه سیکل ترکیبی	۴	نیروگاه ابوموسی
۳	نیروگاه سیکل ترکیبی هرمز	۵	بنزین‌سازی پالایشگاه تبریز	۲۲	الهیه
۶	فاز دوم اوره و آمونیاک	۹	سیمان سفید شرق	۲۳	شمشک
۷	مجتمع پتروشیمی الفین	۱۲	تولید باتری اسیدی	۲۴	آ.س.پ رشدیه تبریز
۸	طرح آمونیاک و اوره	۲۰	مسکن مهر شهریار	۲۷	مسکن مهر اهواز
۱۰	سیمان مند دشتی	۲۱	پاسارگاد	۳۳	میخک ۳
۱۱	الکترود گرافیتی	۲۵	افق نسترن	۳۴	کوی خلبان
۱۳	کک‌سازی شاهرود	۲۶	افق کوهسنگی	۳۵	بلوک ۱۱ تجمیعی
۱۴	طرح مجتمع آلومینیوم جنوب	۲۸	نارنجستان	۳۶	بلوک ۱۶تجمیعی رشدیه
۱۵	فولاد شاهرود	۲۹	هتل آپارتمان نارنجستان ۳	۳۷	بلوک C۱۵۱ رشدیه ۲
۱۶	فولادغدیر کرمان	۳۰	تیسا کیش ۱	۳۸	بلوک ۱۵۰رشدیه ۲
۱۷	طرح فولادسازی یزد (خاتم)	۳۱	تیسا کیش ۲	۳۹	بلوک ۱۵۸ رشدیه ۲
۱۸	فولاد نی‌ریز	۳۲	مجتمع مسکونی تیسا کیش	۴۰	بلوک تجمیعی ۱و۲و۳
۱۹	رویای کیش	۴۳	بلوک ۹ تجمیعی	۴۱	بلوک D۱۵۱ رشدیه ۲
۴۴	پارس	۴۵	تجاری-اداری رشت	۴۲	بلوک ۲۶ تجمیعی

پژوهش پیش رو دارای چهار مرحله کلی است. شرح مختصری از این چهار مرحله به‌صورت زیر می‌باشد:

جمع‌آوری داده‌ها و محاسبه معیارهای مطلوبیت ورودی مدل MHDIS: برای ارزیابی و مقایسه گزینه‌های سرمایه‌گذاری، شاخص‌هایی برای ارزیابی مطلوبیت هر پروژه محاسبه می‌شود که با توجه به مبانی نظری پژوهش و نظر خبرگان و استادان مهم‌ترین آن‌ها به شرح جدول ۳، معرفی می‌شوند.

جدول۳. معیارهای مطلوبیت

I	معیارهای مطلوبیت
۱	مدت زمان
۲	بودجه کل
۳	چرخه عمر
۴	نوع محصولات
۵	مقیاس در صنعت
۶	سهم مالکیت

مدل‌سازی MHDIS. با توجه به اینکه در مجموع سه گروه وجود دارد حل مدل در دو مرحله انجام می‌شود و توسعه چهار تابع مطلوبیت نیاز است.

www.SID.ir

Archive of SID

حداقل‌کردن میزان خطا در طبقه‌بندی (LP_1)–مرحله اول. در مرحله اول N_1 تعداد گزینه‌های متعلق به گروه A و $N_{\sim 1}$ تعداد گزینه‌های متعلق به گروه‌های پایین‌تر از A را در مرحله اول نشان می‌دهد. $N_1 = 15$ و$N_{\sim 1}=30$

e_{1j} متغیر انحراف از مدل برای پروژه‌های مربوط به گروه A است. $e_{\sim 1j}$ متغیر انحراف از مدل برای پروژه‌های مربوط به گروه‌های غیر از A است. برای گزینه‌های متعلق به گروه A، مطلوبیت $u_1(x_{ij})$ از $u_{\sim 1}(x_{ij})$ کم شده و با متغیر خطای مربوط به هر پروژه جمع می‌شود؛ ولی برای پروژه‌های غیر A برعکس $u_{\sim 1}(x_{ij})$ از $u_1(x_{ij})$ کم شده و با متغیر خطای پروژه جمع می‌شود. با توجه به اطلاعات ذکر شده مدل برنامه‌ریزی خطی برای حداقل‌کردن تعداد خطا در مرحله اول به‌صورت زیر است:

$$Min\ 0/5\left(\frac{1}{15}\sum_{\forall a_j \in C_1} e_{1\,j}\right) + 0.5\left(\frac{1}{30}\sum_{\forall a_j \in C_1} e_{\sim 1\,j}\right)$$

subject to:

$$\sum_{i=1}^{6} u_{1i}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{6} u_{\sim 1\,i}\,(x_{ij}) + e_{1\,j} \geq 0.001 \qquad \forall a_j \in C_1$$

$$\sum_{i=1}^{6} u_{\sim 1i}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{6} u_{1\,i}\,(x_{ij}) + e_{\sim 1\,j} \geq 0.001 \qquad \forall a_j \in C_{\sim 1}$$

$$\sum_{i=1}^{6} u_{1\,i}(x_{i^*}) = 0\,,\sum_{i=1}^{6} u_{1\,i}\,(x_i^*) = 1,\sum_{i=1}^{6} u_{\sim 1\,i}\,(x_{i^*}) = 1\,,\sum_{i=1}^{6} u_{\sim 1\,i}\,(x_i^*) = 0$$

$u_{1\,i}(x_i)\ increasin\ g\ function$

$u_{\sim 1\,i}(x_i)\ decreasin\ g\ function$

$$u_{1\,i}(x_i) \geq 0, \qquad u_{\sim 1\,i}(x_i) \geq 0, e_{1j} \geq 0, \qquad e_{\sim 1j} \geq 0$$

برای مثال، برای گزینه اول، یعنی پروژه نیروگاه سیکل ترکیبی نمای غدیر، چون پروژه در گروه B، یعنی $C_{\sim 1}$ قرار دارد محدودیت مربوط به آن به‌صورت زیر خواهد بود:

$$[u_{\sim 11}(32)+u_{\sim 12}(9240)+u_{\sim 13}(100\%)+u_{\sim 14}(88)+u_{\sim 15}(3)+u_{\sim 16}(2)]-$$

$$[u_{11}(32)+u_{12}(9240)+u_{13}(100\%)+u_{14}(88)+u_{15}(3)+u_{16}(2)]+e_{\sim 11}>0/001$$

www.SID.ir

Archive of SID

و برای گزینه دوم، یعنی پروژه نیروگاه سیکل ترکیبی بهبهان، چون متعلق به گروهA، یعنی C1 است محدودیت به شکل زیر خواهد بود:

$$[u_{11}(52)+u_{12}(9575/28)+u_{13}(6\%)+u_{14}(90)+u_{15}(2)+u_{16}(3)]-$$

$$[u_{\sim 11}(52)+u_{\sim 12}(9575/28)+u_{\sim 13}(6\%)+u_{\sim 14}(90)+u_{\sim 15}(2)+u_{\sim 16}(3)]+e_{12}>0/001$$

برای هر معیار، مطلوبیت مقادیر max محاسبه می‌شود. مجموع توابع مطلوبیت قراردادن این گزینه‌ها با بیشترین مقادیر، در گروه اول مساوی یک و مجموع توابع مطلوبیت قراردادن این گزینه‌ها در گروه غیر A مساوی صفر است.

$$u_{11}(306)+u_{12}(62960)+u_{13}(100\%)+u_{14}(96)+u_{15}(3)+u_{16}(4)=1$$

$$u_{\sim 11}(306)+u_{\sim 12}(62960)+u_{\sim 13}(100\%)+u_{\sim 14}(96)+u_{\sim 15}(3)+u_{\sim 16}(4)=0$$

و به همین ترتیب مجموع توابع مطلوبیت قراردادن گزینه‌ها با کمترین مقدار در معیارها در گروه A صفر و مجموع توابع مطلوبیت قرار دادن این گزینه‌ها در گروه غیر A برابر یک می‌باشد.

$$u_{11}(3)+u_{12}(32)+u_{13}(0\%)+u_{14}(6)+u_{15}(1)+u_{16}(1)=0$$

$$u_{\sim 11}(3)+u_{\sim 12}(32)+u_{\sim 13}(0\%)+u_{\sim 14}(6)+u_{\sim 15}(1)+u_{\sim 16}(1)=1$$

برای مثال، مطلوبیت کلی پروژه نیروگاه سیکل ترکیبی نمای غدیر با جایگزاری مقادیر ارائه شده در رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$U_1(x_1)=u_{11}(32)+u_{12}\,2(9240)+u_{13}(100\%)+u_{14}(88)+u_{15}(3)+u_{15}(2)=0/2$$
$$U_{\sim 1}(x_1)=u_{\sim 11}(32)+u_{\sim 11}(9240)+u_{\sim 11}(100\%)+u_{\sim 11}(88)+u_{\sim 11}(3)+u_{\sim 11}(2)=0/3$$

ازآنجاکه $U_1(x_1)$ کوچک‌تر از $U_{\sim 1}(x_1)$ است، طبق پیش‌بینی این مدل این پروژه به گروه غیر از A متعلق خواهد بود. جدول ۴، مطلوبیت U_1 و$U_{\sim 1}$ مربوط به سایر پروژه‌ها را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴. توابع مطلوبیت کل

نام پروژه	U_1	$U_{\sim 1}$	نام پروژه	U_1	$U_{\sim 1}$
نیروگاه سیکل ترکیبی نمای غدیر	۰/۲	۰/۳	آ.س.پ رشدیه تبریز	۰	۰/۴
نیروگاه سیکل ترکیبی بهبهان	۰/۲	۰/۱	افق نسترن	۰	۰/۱
نیروگاه سیکل ترکیبی هرمز	۰/۲	۰/۱	افق کوهسنگی	۰	۰/۱
نیروگاه ابوموسی	۰	۱/۲۹۶	مسکن مهر اهواز	۰	۰/۴
بنزین‌سازی پالایشگاه تبریز	۰/۲	۰/۳	نارنجستان	۰	۰/۱
فاز دوم اوره و آمونیاک کرمانشاه	۰/۲	۰/۱	هتل آپارتمان نارنجستان ۳	۰	۰/۱
مجتمع پتروشیمی الفین دوازدهم	۰/۲	۰/۱	تیسا کیش ۱	۰	۰/۱
طرح آمونیاک و اوره شهدای مرودشت	۰/۲	۰/۱	تیسا کیش ۲	۰	۰/۱
سیمان سفید شرق	۰	۰/۲	مجتمع مسکونی تیسا کیش	۰	۰/۱
سیمان مند دشتی	۰/۲	۰/۱	میخک ۳	۰	۰/۴
الکترود گرافیتی	۰/۲	۰/۱	کوی خلبان	۰	۰/۴
تولید باتری اسیدی	۰	۰/۳	بلوک ۱۱ تجمیعی رشدیه ۲	۰	۰/۴
کک‌سازی شاهرود	۰/۲	۰/۱	بلوک ۱۶تجمیعی رشدیه ۲	۰	۰/۴
طرح مجتمع آلومینیوم جنوب	۰/۲	۰/۱	بلوک ۱۵۱ رشدیه ۲	۰	۰/۴
فولاد شاهرود	۰/۱۹۸	۰/۱	بلوک ۱۵۰رشدیه ۲	۰	۰/۴
فولادغدیر کرمان	۰/۲	۰/۱	بلوک ۱۵۸ رشدیه ۲	۰	۰/۱
طرح فولادسازی یزد ۱(خاتم)	۰/۲	۰/۱	بلوک تجمیعی ۱و۲و۳	۰	۰/۴
فولاد نی‌ریز	۰/۲	۰/۳	بلوک ۱۵۱ رشدیه ۲	۰	۰/۴
رویای کیش	۰/۲	۰/۱	بلوک ۲۶ تجمیعی رشدیه ۲	۰	۰/۴
مسکن مهر شهریار	۰	۰/۱	بلوک ۹ تجمیعی	۰	۰/۱
پاسارگاد	۰	۰/۱	پارس	۰/۲	۰/۱
الهیه	۰	۰/۶	تجاری–اداری رشت	۰	۰/۱
شمشک	۰	۰/۶			

بر اساس مقادیر برآورده شده از توابع مطلوبیت پروژه‌ها، مشاهده می‌شود که تمام پروژه‌های متعلق به گروه A به‌درستی از سایر پروژه‌ها تفکیک شده‌اند وچون تعداد خطای طبقه‌بندی صفر است، نیازی به حل مدل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط[1] برای حداقل‌کردن تعداد خطاها نخواهد بود و کار با مدل‌سازی و حل مدل LP_2 برای حداکثرسازی فاصله جواب‌ها از نقاط مرزی و بهبود دقت تابع مطلوبیت به‌دست‌آمده از مرحله قبل ادامه می‌یابد.

حداکثرکردن حداقل فاصله ـ مرحله اول. مدل برنامه‌ریزی اینگونه است که در آن N_k^{cor} برابر ۱۵ و $N_{\sim k}^{cor}$ برابر ۳۰ می‌باشد. همان‌طور که گفته شد، تعداد خطا در مرحله قبل برابر صفر است؛ بنابراین ۰ = $N_{\sim k}^{mis} = N_k^{mis}$ مدل مربوطه ۶۱ محدودیت و ۲۶۹ متغیر دارد.

1. Mixed Integer Programing (MIP)

www.SID.ir

Archive of SID

Max d

subject to:

$$\sum_{i=1}^{6} u_{1\,i}(x_{ij}) - \sum_{j=1}^{6} u_{\sim 1\,i}\,(x_{ij}) - d \;\geq s \qquad a_{\,j} = 1,2,\dots, N_k^{cort}$$

$$\sum_{i=1}^{6} u_{\sim 1\,i}(x_{ij}) - \sum_{j=1}^{6} u_{1\,i}\,(x_{ij}) - d \geq s \qquad a_j = 1,2,\dots, N_{\sim k}^{cort}$$

$$\sum_{i=1}^{6} u_{1\,i}(x_{ij}) - \sum_{j=1}^{6} u_{\sim 1\,i}\,(x_{ij}) \leq 0 \qquad a_j = 1,2,\dots, N_k^{mis'}$$

$$\sum_{i=1}^{6} u_{\sim 1\,i}(x_{ij}) - \sum_{j=1}^{6} u_{1\,i}\,(x_{ij}) \leq 0 \qquad a_j = 1,2,\dots, N_{\sim k}^{mis'}$$

$$\sum_{i=1}^{6} u_{1\,i}(x_{i^*}) = 0\,, \sum_{i=1}^{6} u_{1\,i}\,(x_i^*) = 1, \sum_{i=1}^{6} u_{\sim 1\,i}\,(x_{i^*}) = 1\,, \sum_{i=1}^{6} u_{\sim 1\,i}\,(x_i^*) = 0$$

$u_{1i}(x_i)$ *increa* sin *g function*,

$u_{\sim 1i}(x_i)$ *decrea* sin *g function*,

$u_{1\,i}(x_i) \geq 0\,, \qquad d \geq 0$

با حل این مدل توابع مطلوبیت نهایی جهت شناسایی پروژه‌های گروه A از سایر پروژه‌ها به‌دست می‌آید.

$$U_1(x_1) = 0/998u_{11}(x_1) + 0/001u_{12}(x_2) + 0/002u_{13}(x_3) \qquad (۲۱)$$

$$U_{\sim 1}(x_1) = 0/001U_{\sim 11}(x_1) + 0/001\mathrm{u}U_{\sim 12}(x_2) + 0/001U_{\sim 13}(x_3) + 0/001\,(x_4) + U_{\sim 16}(x_6) \qquad (۲۲)$$

توابع مطلوبیت نهایی در جدول ۵، ارائه شده است. از نتایج به‌دست‌آمده توابع مطلوبیت نهایی برای شناسایی پروژه‌های گروه A از سایر گروه‌ها استفاده می‌شود.

$$\mathrm{U_1\,(x_1) = 0/998u_{22}\,(x_1) + 0/001u_{12}\,(x_2) + 0/002u_{13}\,(x_3)}$$

$$\mathrm{U_{\sim 1}(x_1) = 0/001u{\sim}11(x_1) + 0/001u{\sim}12(x_2) + 0/001u{\sim}13(x_3) + 0/001u{\sim}14(x_4) + u{\sim}16(x_6)}$$

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. توابع مطلوبیت نهایی کل

j	پروژه	U_1	$U_{\sim 1}$	j	پروژه	U_1	$U_{\sim 1}$
۱	نیروگاه سیکل ترکیبی نمای غدیر	۰	۰/۰۰۱	۲۴	آ.س.پ رشدیه تبریز	۰	۱
۲	نیروگاه سیکل ترکیبی بهبهان	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۲۵	افق نسترن	۰	۰/۰۰۱
۳	نیروگاه سیکل ترکیبی هرمز	۰/۰۰۱	۰	۲۶	افق کوهسنگی	۰	۰/۰۰۱
۴	نیروگاه ابوموسی	۰	۰/۰۰۱	۲۷	مسکن مهر اهواز	۰	۰/۰۰۱
۵	بنزین سازی پالایشگاه تبریز	۰	۰/۰۰۱	۲۸	نارنجستان	۰	۰/۰۰۱
۶	فاز دوم اوره و آمونیاک کرمانشاه	۰/۰۰۱	۰	۲۹	هتل آپارتمان نارنجستان ۳	۰	۰/۰۰۴
۷	مجتمع پتروشیمی الفین دوازدهم	۰/۹۹۸	۰	۳۰	تیسا کیش ۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
۸	طرح آمونیاک و اوره شهدای مرودشت	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۳۱	تیسا کیش ۲	۰	۰/۰۰۲
۹	سیمان سفید شرق	۰	۰/۰۰۱	۳۲	مجتمع مسکونی تیسا کیش	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
۱۰	سیمان مند دشتی	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۳۳	میخک ۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
۱۱	الکترود گرافیتی	۰/۰۰۲	۰	۳۴	کوی خلبان	۰	۰/۰۰۱
۱۲	تولید باتری اسیدی	۰	۰/۰۰۱	۳۵	بلوک ۱۱ تجمیعی رشدیه ۲	۰	۰/۰۰۱
۱۳	کک‌سازی شاهرود	۰/۰۰۱	۰	۳۶	بلوک ۱۶تجمیعی رشدیه ۲	۰	۰/۰۰۱
۱۴	طرح مجتمع آلومینیوم جنوب	۰/۰۰۱	۰	۳۷	بلوک C۱۵۱ رشدیه ۲	۰	۰/۰۰۱
۱۵	فولاد شاهرود	۰/۰۰۱	۰	۳۸	بلوک ۱۵۰رشدیه ۲	۰	۰/۰۰۱
۱۶	فولادغدیر کرمان	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۳۹	بلوک ۱۵۸ رشدیه ۲	۰	۰/۰۰۱
۱۷	طرح فولادسازی یزد ۱(خاتم)	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۴۰	بلوک تجمیعی ۱و۲و۳	۰	۰/۰۰۱
۱۸	فولاد نی‌ریز	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۴۱	بلوک D۱۵۱ رشدیه ۲	۰	۰/۰۰۱
۱۹	رویای کیش	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۴۲	بلوک ۲۶ تجمیعی رشدیه ۲	۰	۰/۰۰۱
۲۰	مسکن مهر شهریار	۰	۰/۰۰۱	۴۳	بلوک ۹ تجمیعی	۰	۰/۰۰۱
۲۱	پاسارگاد	۰	۰/۰۰۲	۴۴	پارس	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
۲۲	الهیه	۰	۰/۰۰۱	۴۵	تجاری ـ اداری رشت	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
۲۳	شمشک	۰	۱				

حداقل‌کردن میزان خطا در طبقه‌بندی (LP_1) ـ مرحله دوم. در این مرحله با حذف پروژه‌هایی که طبق مدل در گروه A قرار گرفته‌اند، پروژه‌های گروه B از بقیه پروژه‌ها (پروژه‌های گروهC) شناسایی می‌شود که N_2 تعداد پروژه‌های متعلق به گروه B و $N_{\sim 2}$ پروژه‌های گروه C را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

$$Min\ 0.5\ (\frac{1}{15}\sum_{\forall a_j \in C_1} e_{2\,i}) + \ 0.5\ (\frac{1}{15}\sum_{\forall a_j \in C_1} e_{\sim 2\,i})$$

subject to:

$$\sum_{i=1}^{6} u_{2\,i}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{6} u_{\sim 2\,i}\ (x_{ij}) + \ e_{2\,j} \ \geq 0.001 \qquad \forall a_j \in C_2$$

$$\sum_{i=1}^{6} u_{\sim 2\,i}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{6} u_{2\,i}\ (x_{ij}) + \ e_{\sim 2\,j} \ \geq 0.001 \qquad \forall a_j \in C_{\sim 2}$$

$$\sum_{i=1}^{6} u_{2i}(x_{i^*}) = 0\,, \sum_{i=1}^{6} u_{2i}\ (x_i^*) = 1, \sum_{i=1}^{6} u_{\sim 2i}\ (x_{i^*}) = 1\,, \sum_{i=1}^{6} u_{\sim 2i}\ (x_2^*) = 0$$

$u_{2\,i}(x_i)\ increasing\ function$

$u_{\sim 2\,i}(x_i)\ decreasing\ function$

$u_{2\,i}(x_i)\ \geq 0, \qquad u_{\sim 2\,i}(x_i)\ \geq 0, e_{2i} \geq 0, \qquad e_{\sim 2i} \geq 0$

مدل یادشده دارای ۴۶ محدودیت و ۲۱۰ متغیر است. مدل معرفی‌شده در نرم‌افزار LINGO حل و در جدول۶، توابع مطلوب کل مربوط به هر پروژه‌ها نشان داده شده است. بر اساس مقادیر برآورده‌شده از توابع مطلوبیت پروژه‌ها، مشاهده می‌شود که تمام پروژه‌های متعلق به گروه B به‌درستی از سایر پروژه‌ها تفکیک شده‌اند؛ بنابراین نیازی به حل مدل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط برای حداقل‌کردن تعداد خطاها نخواهد بود و کار با مدل‌سازی و حل مدل LP_2 برای حداکثرسازی فاصله جواب‌ها از نقاط مرزی و بهبود دقت تابع مطلوبیت به‌دست‌آمده از مرحله قبل ادامه می‌یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. توابع مطلوبیت کل

پروژه	U_2	$U_{\sim 2}$	پروژه	U_2	$U_{\sim 2}$
نیروگاه سیکل ترکیبی نمای غدیر	۱	۰	تیسا کیش ۱	۰/۱	۰
نیروگاه ابوموسی	۰	۱	تیسا کیش ۲	۰/۱	۰
بنزین‌سازی پالایشگاه تبریز	۰/۱	۰	مجتمع مسکونی تیسا کیش	۰/۱	۰
سیمان سفید شرق	۰/۱	۰	میخک ۳	۰	۰/۱
تولید باتری اسیدی	۰/۱	۰	کوی خلبان	۰	۰/۱
مسکن مهر شهریار	۰/۱	۰	بلوک ۱۱ تجمیعی رشدیه ۲	۰	۰/۱
پاسارگاد	۰/۱	۰	بلوک ۱۶تجمیعی رشدیه ۲	۰	۰/۱
الهیه	۰	۰/۱	بلوک C۱۵۱ رشدیه ۲	۰	۰/۱
شمشک	۰	۰/۱	بلوک ۱۵۰رشدیه ۲	۰	۰/۱
آ.س.پ رشدیه تبریز	۰	۰/۱	بلوک ۱۵۸ رشدیه ۲	۰	۰/۱
افق نسترن	۰/۱	۰	بلوک تجمیعی ۱و۲و۳	۰	۰/۱
افق کوهسنگی	۰/۱	۰	بلوک D۱۵۱ رشدیه ۲	۰	۰/۱
مسکن مهر اهواز	۰	۰/۱	بلوک ۲۶ تجمیعی رشدیه ۲	۰	۰/۱
نارنجستان	۰/۱	۰	بلوک ۹ تجمیعی	۰/۱	۰
هتل آپارتمان نارنجستان ۳	۰/۱	۰	تجاری-اداری رشت	۰/۱	۰

مدل حداکثرسازی حداقل خطاها در طبقه‌بندی(LP_2) ـ مرحله دوم. که در آن N_k^{cor} برابر ۱۵ و $N_{\sim k}^{cor}$ برابر۱۵ است. همان‌طور که گفته شد، تعداد خطا در مرحله قبل برابر صفر است؛ بنابراین۰ = $N_{\sim k}^{mis}$ =N_k^{mis} این مدل نیز از نوع خطی بوده و دارای۴۶ محدودیت و ۱۸۱ متغیر است.

Max d

subject to:

$$\sum_{i=1}^{6} u_{2i}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{6} u_{\sim 2i}(x_{ij}) - d \geq s \qquad a_j = 1,2,\dots,N_k^{cor^t}$$

$$\sum_{i=1}^{6} u_{\sim 2i}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{6} u_{2i}(x_{ij}) - d \geq s \qquad a_j = 1,2,\dots,N_{\sim k}^{cor^t}$$

$$\sum_{i=1}^{6} u_{2i}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{6} u_{\sim 2i}(x_{ij}) \leq 0 \qquad a_j = 1,2,\dots,N_k^{mis'}$$

$$\sum_{i=1}^{6} u_{\sim 2i}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^{6} u_{2i}(x_{ij}) \leq 0 \qquad a_j = 1,2,\dots,N_k^{mis'}$$

$u_{k\,i}(x_i)$ $increasin\ g\ function$

www.SID.ir

Archive of SID

$u_{\sim k\,i}(x_i)\ decreasin\ g\ function$

$u_{2\,i}(x_i)\ \geq 0\,,\qquad d\ \geq 0$

نتایج، توابع مطلوبیت نهایی برای شناسایی پروژه‌های متعلق به گروه B را نشان می‌دهد. این دو تابع مطلوبیت به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$U_2\ (x) = U_{22}\ (x_2)$

$U_{\sim 2}\ (x) = U_{\sim 22}(x_2)$

به این ترتیب مدل تمامی پروژه‌ها در ۳ گروه A، B و C تقسیم می‌شود. جدول۷ توابع مطلوب کل مربوط به هر پروژه را نشان می‌دهد.

جدول ۷. توابع مطلوبیت نهایی مربوط به پروژه‌ها

پروژه	U_2	$U_{\sim 2}$	پروژه	U_2	$U_{\sim 2}$
نیروگاه سیکل ترکیبی نمای غدیر	۱	۰	تیسا کیش ۱	۱	۰
نیروگاه ابوموسی	۰	۱	تیسا کیش ۲	۱	۰
بنزین‌سازی پالایشگاه تبریز	۱	۰	مجتمع مسکونی تیسا کیش	۱	۰
سیمان سفید شرق	۱	۰	میخک ۳	۰	۱
تولید باتری اسیدی	۱	۰	کوی خلبان	۰	۱
مسکن مهر شهریار	۱	۰	بلوک ۱۱ تجمیعی رشدیه ۲	۰	۱
پاسارگاد	۱	۰	بلوک ۱۶تجمیعی رشدیه ۲	۰	۱
الهیه	۰	۱	بلوک ۱۵۱ رشدیه ۲	۰	۱
شمشک	۰	۱	بلوک ۱۵۰رشدیه ۲	۰	۱
آ.س.پ رشدیه تبریز	۰	۱	بلوک ۱۵۸ رشدیه ۲	۰	۱
افق نسترن	۱	۰	بلوک تجمیعی ۱و۲و۳	۰	۱
افق کوهسنگی	۱	۰	بلوک ۱۵۱ رشدیه ۲	۰	۱
مسکن مهر اهواز	۰	۱	بلوک ۲۶ تجمیعی رشدیه ۲	۰	۱
نارنجستان	۱	۰	بلوک ۹ تجمیعی	۱	۰
هتل آپارتمان نارنجستان ۳	۱	۰	تجاری-اداری رشت	۱	۰

آزمون مدل. برای آزمون مدل از مابقی نمونه پروژه‌ها(۲۹=۴۵-۷۴) استفاده می‌شود؛ به طوری‌که با استفاده از توابع مطلوبیت به‌دست‌آمده از مدل، مطلوبیت قراردادن پروژه‌ها را در گروه‌هایA وB محاسبه می‌کند و با مقایسه نتایج با طبقه‌بندی اولیه، صحت و دقت مدل آزمایش می‌شود. جفت توابع مطلوبیتی که از حل مدل در گام نخست برای تشخیص پروژه‌های گروه A به‌دست آمد به صورت زیراست:

www.SID.ir

Archive of SID

$$U_1(x_1)=0/998u_{11}(X_1)+0/001u_{12}(X_2)+0/001u_{13}(X_3)$$

$$U_{\sim 1}(x_1)=0/001U_{\sim 11}(X_1)+0/001U_{\sim 12}(X_2)+0/001U_{\sim 13}(X_3)+0/001U_{\sim 14}(X_4)+U_{\sim 16}(X_6)$$

با قراردادن مقادیر مطلوبیت هر پروژه در توابع مطلوبیت کل می‌توان مطلوبیت قرارگرفتن پروژه در گروه $AU_1(x)$ و غیر از $AU_{1\sim}(x)$ رامحاسبه کرده و با مقایسه آن‌ها گروه پروژه را شناسایی کرد. گام دوم مدل برای شناسایی پروژه‌های گروه‌های بعدی یعنی B و C حل می‌شود که با قراردادن مقادیر مطلوبیت استخراج‌شده از جدول ۷ توابع مطلوبیت $U_2(x)$ و $U_{\sim 2}(x)$ برای مقایسه و تفکیک پروژه‌های گروه B از C به‌دست آورده می‌شود.

$$U_2(x)=U_{22}(x_2)$$
$$U_{\sim 2}(x)=U_{\sim 22}(x_2)$$

نتایج به‌دست‌آمده از ۲۹ نمونه خطای صفر را نشان می‌دهد.

ساخت مدل UTADIS و مقایسه نتایج. در مدل‌سازی UTADIS برای تخمین توابع حاشیه مطلوبیت و تشکیل مدل UTADIS دامنه توابع مطلوبیت را باید به زیربازه‌هایی تقسیم کرد که در این مدل مرسوم‌ترین حالت‌ها، یعنی زیر بازه‌های برابر، انتخاب شده است؛ به‌عبارتی دامنه توابع مطلوبیت به ۲۰ بازه با فاصله مساوی تقسیم شده است. با مشخص‌شدن تعداد تقسیمات دامنه توابع مطلوبیت، تعداد محدودیت‌های مدل برابر ۴۶ و تعداد متغیرها برابر ۱۸۲ و تعداد ضرایب مدل ۱۸۲×۴۵ خواهد بود. محدودیت پروژه‌های گروه A بزرگ‌تر مساوی و پروژه‌های گروه C کوچک‌تر مساوی خواهد بود و برای پروژه‌های گروه B یک محدودیت بزرگ‌تر و یک محدودیت کوچک‌تر مساوی وجود خواهد داشت.

برای روشن‌شدن مطلب، محدودیت مربوط به پروژه فاز دوم اوره و آمونیاک کرمانشاه (j=6) بسط داده شده و مطلوبیت از نظر هر یک از ۶ معیار مطلوبیت به‌وسیله ۲۰ زیربازه w_{it} (t=1,2,……,20 i=1,2,…..6) تخمین زده می شود.

۰/۰۱=< متغیر انحراف+آستانه مطلوبیت− مجموع مطلوبیت صندوق از نظر هر معیار

$$w_{11}+w_{12}+0/9042w_{13}+w_{21}+w_{22}+w_{23}+w_{24}+w_{25}+w_{26}+w_{27}+0/8597w_{28}+w_{41}+w_{42}+w_{43}+w_{44}+w_{45}+w_{46}+w_{47}+w_{48}+w_{49}+w_{410}+w_{411}+w_{412}+w_{413}+w_{414}+w_{415}+w_{416}+0.6444w_{417}+w_{51}+w_{52}+w_{53}+w_{54}+w_{55}+w_{56}+w_{57}+w_{58}+w_{59}+w_{510}+w_{61}+w_{62}+w_{63}+w_{64}+w_{65}+w_{66}+0/6666w_{67}-U+\sigma_{6+}>=0/01$$

مدل معرفی‌شده با استفاده از نرم‌افزار EXCLE SOLVER حل شده است.مقادیر مطلوبیت هر زیربازه (W_{it}) و آستانه‌های مطلوبیت U وV برآورده‌شده توسط مدل محاسبه می‌شود. از نتایج،

www.SID.ir

Archive of SID

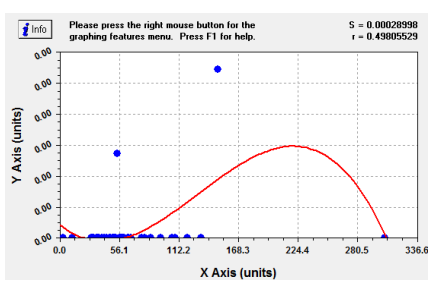
مشخص است پنج خطا در طبقه‌بندی حاصل از حل مدل وجود داردوخطای مدل برابر با ۰/۱۱۱۱ است.

تحلیل نتایج مدل. وزن معیارهای مطلوبیت و نمودار مربوط به توابع مطلوبیت نهایی معیارها در گام اول و دوم به‌دست آمده که در جدول ۸ و شکل‌های ۲ و۳، ارائه شده است.

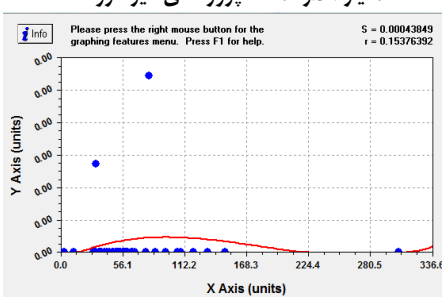
جدول ۸. وزن نهایی توابع مطلوبیت

معیار مطلوبیت	U_{1i}	$U_{\sim 1i}$
اندازه پروژه (ماه)	۰/۳۵۲	۰/۳۵۲
بودجه موردنیاز پروژه	۶۲۸۷۱	۱۶/۸۴۱
سهم مالکیت	۰/۰۲۳	۰/۰۴۷
مقیاس در صنعت	۱/۷۳۴۴	۰/۴۸۶
نوع محصول	۰	۰
چرخه عمر	۰	۳/۰۹

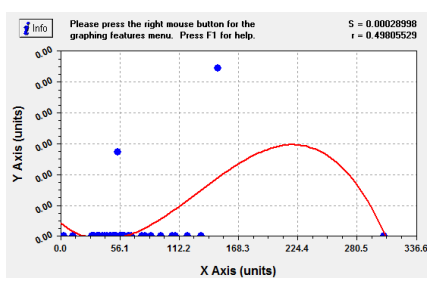
معیار اندازه ماه – پروژه‌های گروه A



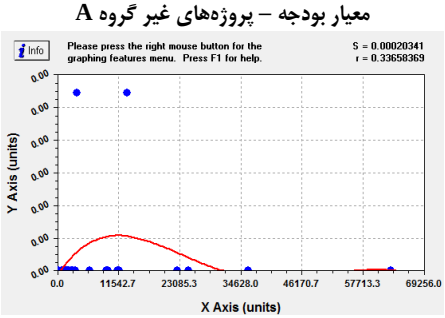
معیار اندازه ماه – پروژه‌های غیر گروه A



معیار بودجه – پروژه‌های گروه A



معیار بودجه – پروژه‌های غیر گروه A

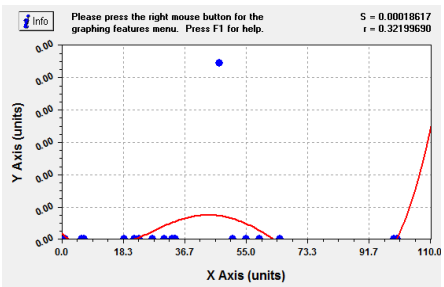


معیار سهم مالکیت – پروژه‌های گروه A

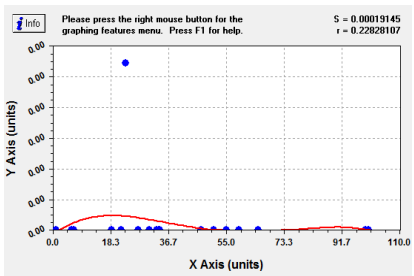
معیار سهم مالکیت – پروژه‌های غیر گروه A

www.SID.ir

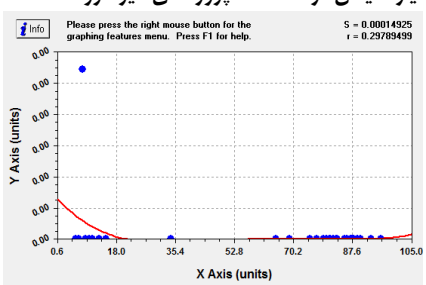
Archive of SID



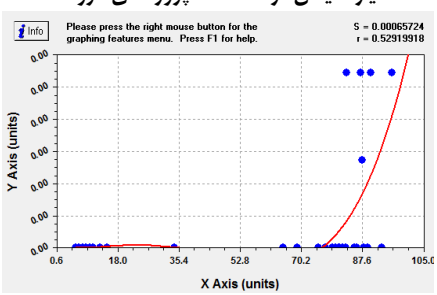
معیار مقیاس در صنعت – پروژه‌های غیر گروه A



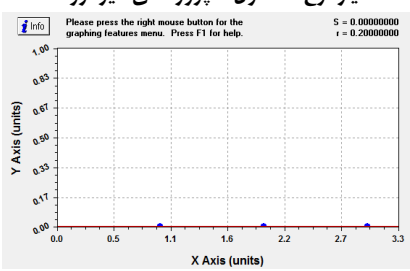
معیار مقیاس در صنعت – پروژه‌های گروه A



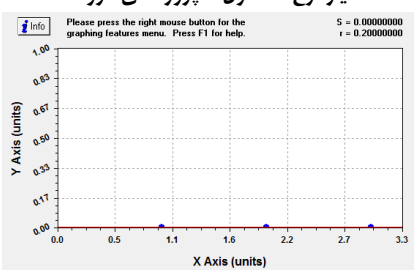
معیار نوع محصول – پروژه‌های غیرگروه A



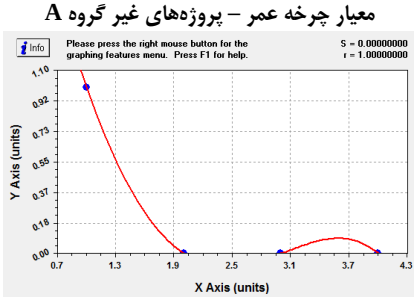
معیار نوع محصول – پروژه‌های گروه A

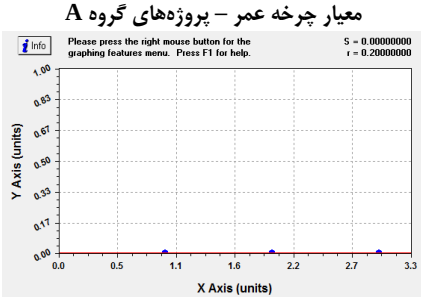


معیار چرخه عمر – پروژه‌های غیر گروه A



معیار چرخه عمر – پروژه‌های گروه A





شکل۲. توابع مطلوبیت نهایی معیارهای مطلوبیت در مدل توسعه‌داده‌شده توسط MHDIS

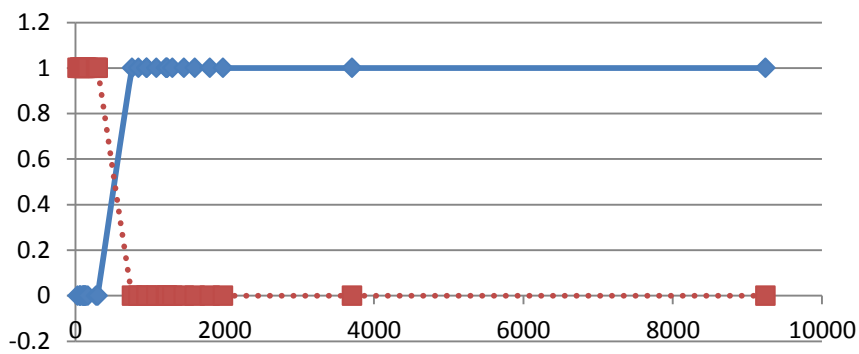
در شکل ۳، نمودار با خط کامل نشان‌دهنده توابع توسعه‌داده‌شده برای پروژه‌های گروه B و خطوط نقطه‌چین نشان‌دهنده توابع توسعه‌یافته برای پروژه‌های گروه C است. نتایج به‌دست‌آمده از مقادیر وزن معیارها نشان می‌دهد که معیار مربوط به بودجه در توابع مطلوبیت متناظر پروژه‌های گروه A قابل‌توجه و مهم است؛ ولی وزن این معیار برای پروژه‌های غیر A بسیار کم

www.SID.ir

Archive of SID

است. این نتیجه در مورد معیار نسبت مقیاس در صنعت نیز صادق می‌باشد. در مقابل معیار چرخه عمر در مورد معیارهای مربوط به پروژه‌های غیر A قابل‌توجه است؛ اما اهمیت آن برای شناسایی پروژه‌های A کم می‌باشد. این نتایج می‌تواند به‌صورت زیر تفسیر شود:

مقادیر زیاد در معیار بودجه و پروژه‌هایی که در مراحل اولیه چرخه هستند از مشخصه‌های پروژه‌های گروه Aاست؛ اما خلاف این امر صادق نیست؛ یعنی مقادیر کم بودجه و در مراحل بالایی چرخه عمر بودن لزوماً مشخصه‌های پروژه‌های غیر A نیست و همین‌طور مراحل بالا برای یافتن جفت توابع مطلوبیت نهایی برای شناسایی پروژه‌های گروه B از پروژه‌های C در مرحله دوم انجام شد. طبق داده‌های به‌دست‌آمده از حل مدل LP2 معیار بودجه تنها معیار مطلوبیتی است که پروژه‌های گروه B را از پروژه‌های گروه C جدا می‌کند.



شکل ۳. توابع مطلوبیت نهایی معیار بودجه در مدل توسعه‌داده‌شده توسط MHDIS در مرحله دوم

با توجه به نتایج حل مدل MHDIS مشاهده شد که تمامی پروژه‌های موردبررسی هم در نمونه اولیه و هم در نمونه موردآزمون بدون خطا در گروه‌های صحیح خود طبقه‌بندی شدند؛ درنهایت برای مقایسه کارایی مدل، نمونه اولیه در مدل مشابه با نام UTADIS بومی‌سازی شد. طبق نتایج، خطای کل این مدل در طبقه‌بندی پروژه‌ها ۰/۱۱۱ بود؛ به‌طوری‌که از ۴۵ نمونه اولیه سه نمونه به اشتباه طبقه‌بندی شده بودند[۲۰].

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مقایسه نتایج حاصل از حل دو مدل MHDIS و UTADIS نشان‌دهنده کارایی و دقت مدل MHDIS نسبت به مدل مشابه، یعنی UTADIS است؛ درحالی‌که در پژوهش‌های دامپوس و همکاران(۲۰۰۲) و پندارکی و همکاران(۲۰۰۵)، مدل UTADIS به‌عنوان یکی از کاراترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مقایسه با سایر روش‌های گسسته برای تشکیل سبد پروژه

www.SID.ir

Archive of SID

مطرح شده بود. می‌توان نتیجه گرفت که سلسله‌مراتبی‌بودن فرآیند و وجود سه معیار ارزیابی (مقدار خطا، تعداد خطا و حداقل فاصله توابع مطلوبیت گزینه‌ها) و حل سه مدل برنامه‌ریزی در هر مرحله مدل MHDIS باعث افزایش دقت و کارایی این مدل شده است؛ بدون اینکه وارد پیچیدگی‌های مربوط به حل مدل‌های برنامه ریزی عدد صحیح مختلط[1]، مانند سایر مدل‌های متعدد موجود، شود. شرکت موردمطالعه می‌تواند با اتکا به مدل ارائه‌شده پروژه‌ها را در بدو ورود به سبد سرمایه‌گذاری با ایده‌ای روشن از معیارهای تأثیرگذار به‌صورت عینی به سه گروه بااهمیت، متوسط و کم‌اهمیت تقسیم کند.در این حالت این سازمان با توجه به حجم زیاد پروژه‌ها و زمان‌بربودن فرآیند تصویب و بررسی پروژه‌ها، می‌تواند پروژه‌های مهم را خود شرکت انجام دهد و پروژه‌های متوسط را به هلدینگ‌های سازمان و پروژه‌های کم‌اهمیت را به شرکت‌های مجری پروژه برای بررسی،تعیین بودجه و تصویب واگذار کند؛ از سوی دیگر این سازمان می‌تواند از این طبقه‌بندی صورت‌گرفته در امر تخصیص بودجه، تمرکز بر گزارش‌گیری، کنترل پروژه‌ها، ارزیابی دوره‌ای و کنترل ریسک پروژه‌ها در حین اجرای آن‌ها بهره بگیرد. با توجه به وجود نوسان شدید در محیط در دوره زمانی تشکیل مدل و دوره زمانی به‌کارگیری نتایج پیشنهاد می‌شود پژوهش صورت‌گرفته در دوره متفاوت، به‌طوری‌که بازار بین دوره تشکیل مدیریت سبد پروژه و به‌کارگیری نتایج مدل نوسان کمتری داشته باشد، تکرار شده و نتایج با هم مقایسه شوند؛ از طرفی با توجه به اینکه با تغییر گروه‌بندی اولیه خطای مدل نیز تغییر می‌کند، پیشنهاد می‌شود در صورت مطلوب‌نبودن نتایج مدل، گروه‌بندی اولیه مجدداًبررسی شود. شرکت یادشده و تمامی سازمان‌های مشابه می‌توانند تعیین کنند در صورتی‌که تعداد گزینه‌های هر گروه از یک مقداری مشخص بیشتر شود، برای مدیریت و کنترل گزینه‌های هر گروه نیز دوباره به گروه‌های ازپیش‌تعیین‌شده‌ای طبقه‌بندی شوند؛ همچنین به سازمان مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود با کدنویسی مدل یادشده و ارائه آن به‌صورت برنامه کامپیوتری به‌صورت کاملاً کاربردی از نتایج مدل بهره ببرد.

علاوه بر موارد ذکرشده می‌توان به‌منظور بهبود مدلتأثیر معیارهای مطلوبیت بر یکدیگر و دخالت آن‌ها در مدل و همچنین اهمیت و اولویت رخ‌دادن خطاها و احتمال آن‌ها در برآورد توابع مطلوبیت معیارها در پژوهش‌های آتی موردبررسی قرار گیرد. در امتیازدهی برخی از معیارها که به‌صورت کیفی موجود بودند در پژوهش حاضر با ترتیب اهمیت، شماره‌های ۱تا۵ اختصاص داده شد که پژوهشگران در پژوهش‌های آتی می‌توانند راه‌های دقیق‌تری برای کمی‌سازی آن‌ها ارائه دهند؛از طرف دیگر پیشنهاد می‌شود با تکرار فرآیند پژوهش با استفاده از قلمرو زمانی متغیر، توانایی توابع مطلوبیت در مدل بررسی شود و درنهایت در مدل سلسله‌مراتبی MHDIS در هر

1. Mixed Integer Programing (MIP)

www.SID.ir

Archive of SID

مرحله با فرض درست‌بودن طبقه‌بندی انجام‌شده گزینه‌های متعلق به گروه برتر از بررسی بیشتر در مرحله بعدی حذف شود که این امر ممکن است به حذف گزینه‌ای منجر شود که شاید در مرحله k ام به اشتباه در گروه K جای گرفته است؛ بنابراین به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی راه‌حلی برای برطرف‌کردن این ضعف ارائه دهند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Abasi, M., Ashrafi, M., Kheirkhah, A., Niad, H., & Ghorbanzadeh karimi, H. (2013). Select a portfolio of research and development projects using a combination of data envelopment analysis. *National Research Institute for Science Plicy, 3,* 67-84.

2. Archer, N. P., & Ghasemzadeh, F. (1999). An integrated framework for project portfolio selection. *Int. J. of Project Management, 17(4),* 207-216.

3. Asgharpour, M. (2006). Multi-criteria decision making, University of Tehran Publishers, fourth edition.

4. Bossidy, L., & Charan, R. (2002). Execution: The discipline of getting things done. Crown Business, New York, USA.

5. Bouri, A., Martel, J. M, and Chabchoub, H. (2002). AMulti-criterion Approach for selecting Atractive Portfolio. *Journal of Multi criteria Decision Analysis,* 269-277.

6. Choo, E. U., & Wediey, W. Z. (1985). Optimal criterion weights in repetitivemulticriteria decision-making. *Jouunal of the Gperational Research Society, 36(11):* 983-992.

7. Cooper, G. R., Edgett, S., & Kleinschmidt, J. E. (2002). Optimizing the stage-gate process: what best-practice companies do, Part I, *Research Technology Management, 45(5),* 21-70.

8. Cooper, R. G., Edgett, S., & Kleinschmidt, E. (2000). Portfolio management for new product development: results of an industry practices study. *R&D Management, 31(4),* 361-80.

9. Cosmidous, K., Doumpos, M., & Zoupondis, C. (2008). Country Risk Evaluatin: Methods and Applications, springer Optimization and Its Application.

10. Dahimavy, A., Ghanian, M., Ghoochani, M., & Zareyi, H. (2015). Prossesof application of multi criteria decision making models in prioritizing of water development projects of rural areas in the Khuzestan province. *Journal of Water and Sustainable Development, 3,* 9-16.

11. Doumpos, M. & Zoupondis, C. (2002). MulticriteriaDecisionAidClassificationMethods, Kluwer Academic Publishers.

12. Doumpos, M., Pentaraki, K., Baourakis, G., & Zopounidis, C. (2002). Creditriskassessment using multicriteria hierarchical discrimination approach: A comparative analysis. *European Journal of Operational Research, 138,* 392-412.

13. Elonen, S., & Artto, K. A. (2003). Problems in managing internal development projects in multi-project environments, *International Journal of Project Management, 21:* 395-402.

14. Farsijani, H., Fattahi, M., & Noroozi, M. H. (2012). Project Portfolio Selection with Considering Interaction between Projects using Particle Swarm Optimization (PSO). *Journal of Industrial Management Perspective, 2(5):* 27-48.

15. Freed, N. and Glover, F. (1981). A linear programming approach to the discriminant problem. *uecision Sciences, 12:* 68-74.

16. Hwang, C. L. & Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making Methods and Application: A State – of – The Art Survey, Berlin, Springer- Verlag.

17. Jacquet-Lagr"eze E., & Siskos Y. (1982). Assessing a set ofadditive utility functions for multicriteria decisionmaking, the UTA method. *European Journal ofOperational Research, 10,* 151-164.

18. Jafarnejad, A., Mohseni, M., abdollahi, A. (2013). Provides a fuzzy

www.SID.ir

Archive of SID

PROMETHEE-AHP hybrid approach to assess supply chain performance, *Journal of Industrial Management Perspective, 14,* 69-92.

19. Linton, J. D., Walsh, S. T., Kirchhoff, B. A., Morabito, J. M. & Merges, J.M. (2000). Selection of R&D projects in aporfolio, Proceeding of the 2000 IEEE: 506-511.

20. Mamizadeh, F. (2015). Classification of projects in project portfolio management using MHDIS multi-criteria decision-making method, Master's Thesis, University of Tehran.

21. Mehregan, M. (2012). Advanced operational research, University of Tehran Publishers.

22. Mehregan, M. (2007). Multi objective decisionmaking, University of Tehran Publishers.

23. Moor, S. (2010). Strategic Portfolio Management: Enablinga Productive Organization, Wiley, Hoboken, NJ.

24. Pendaraki, K., Zopounidis, C., & Doumpos, M. (2010). On the construction of mutual fund portfolios: A multicriteria methodology and an application to the Greek market of equity mutual funds. *European Journal of Operational Research, 163(2):* 462-481.

25. Rabieh, M., & Fadaei, A. (2015). Fuzzy Robust Mathematical Model for Project Portfolio Selection and its Solving through Multi Objective Differential Evolutionary Algorithm. *Journal of industrial management perspective, 19,* 65-90.

26. Rad, P. F., & Levin, G. (2006). Project Portfolio Management: Tools and Techniques (1st Ed.). N.Y: Judith W. Umlas: 47-49.

27. Robbins, G. (2005). Ten Critical Steps for Successful Project Portfolio Management June.

28. Roy, B. (1996). Multicriteria Methodology for Decision Aiding, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

29. Sabahi myab, S. (2012). Formation of project portfolio management consisting of Tehran Stock Exchange investment funds using goal planning, Master's Thesis, University of Tehran.

30. Sarmad, Zohre, et al., (2005). Research methods in behavioral sciences, Tehran: Agah Publications.

31. Skitmore, M. (1998). A Method for ForecastingOwner's Monthly Construction Project Expenditure Flow, *International Journal of Forecasting, 14(1),* 17-34.

32. Shenhar, A. Dvir, D. Levy, O., & Maltz, A. (2001). Project success: a multidimensional strategic concept, *Long Range Planning. 34(6),* 699-725.

33. Spear, M. C. (2004). Withepaper Series, Project Portfolio Management ,September. 34. Teller, J., Under, B. N., Kock, A., & Gemu¨nden, H. G. (2012). Formalization of project portfolio management: the moderating role of project portfolio complexity", *International Journal of Project Management. 30(5):* 596-607.

35. Triantaphyllou, E. (2000). Multi-Criteria Decision Making Methods: a Comparative Study Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

36. Turner, J. R. (2009). The Handbook of Project-based Management, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, NY.

37. Xidonas, P., Mavrotas, G., & Psarras, J. (2005). Portfolio management within the frame of multiobjective mathematical programming: a categorised

www.SID.ir

Archive of SID

bibliographic study. *International Journal of Operational Research, 8(1).*

38. Xidonas, p., Mavrotas, G., Krintas, TH., Psarras, J., & Zopounidis, C. (2012). multicriteria portfolio management. new York, Springer Science & Business Media.

39. Zheng, Jun. Cailloux, O., & Mousseau, V. (2011). Constrained Decision Theory: 331-343.

40. Zopounidis, C., & Doumpos, M. (2007). Building additive utilities for multi-group hierarchical discrimination: the M.H.Dis method. *Optimization Methods and Software,* 1055-6788 (Print): 1029-4937.

41. Zopounidis, C., & Doumpos, M. (1998). A Multicriteria Discrimination Method for the Prediction of Financial Distress: The Case of Greece. *Multinational Finance Journal, 3(2),* 71-101.

42. Zopounidis, C., Doumpos, M., (2002a). Multicriteria classification and sorting methods: A literature review, *European Journal of Operational Research, 138:* 229-246.

43. Zopounidis, C., & Doumpos, M. (1999). A Multicriteria Discrimination Method for the Prediction of Financial Distress: The Case of Greece, *Multinational Finance Journal, 3(2):* 71–101.

44. Zopounidis, C. & Doumpos. (2002b). Multicriteria Decision Aid in Financial DecisionMaking: Methodologies and Literature Review, *Journal of Multi-Croteria Decision Analysis:* 167-186.

www.SID.ir