

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

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

چکیده

سازمان‌های سرمایه‌گذار در میان پروژه‌های کاندیدای ورود به سبب سرمایه‌گذاری مبنای استاندارد برای شناسایی پروژه‌هایی که سهم بیشتری از سرمایه‌گذاری و سود را به خود اختصاص می‌دهند، ندارند و پروژه‌ها 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 سبب سرمایه‌گذاری «شرکت غدیر»، توسط معیارهای مشخص به سه گروه از پیش تعیین شده بسیار مهم، متوسط و کم اهمیت است. روش پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر گردآوری داده‌ها، تحلیل - 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 سبب 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).

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 و ضمن 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 روبه‌رو 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 استاندارد 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 استاندارد برای ارزیابی اولیه و تصویب پروژه‌های کاندیدای ورود به سبد وجود ندارد. شرکت یاد شده در بازه زمانی سال ۱۳۸۶ 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 پریسک 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

سرمایه‌گذاری را دارند، شناسایی شوند. مسئله اصلی در پژوهش حاضر، طبقه‌بندی پروژه‌های کاندیدای ورود به سبد سرمایه‌گذاری «شرکت غدیر»، توسط معیارهای مشخص، از جمله 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 و ۴. 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 این صورت «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 هدینگ سرمایه‌گذار بررسی و تصویب شده و مصوبه به شرکت سرمایه‌گذار ابلاغ شود؛

۳. پروژه‌های گروه C: پروژه‌هایی که دارای اهمیت پایین هستند که می‌تواند به صورت 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 گروه‌های 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 (MHDIS¹)» 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.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

گزینش پروژه‌های مناسب، تخصیص صحیح منابع محدود سازمان، تحقق تأکیدات بیانیه استراتژیک، هماهنگی و هم‌افزایی در مجموعه سید پروژه‌های سازمان و تأمین سلامت روابط سازمانی مدیران پروژه از جمله مهم‌ترین مبانی نظری تشکیل‌دهنده سیستم مدیریت سید پروژه است. با وجود علاقه رو به رشد و مرتبط با مدیریت سید 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 سید پروژه، دیدگاه عقلانی دارند و ابزارهای توسعه‌یافته، روش‌ها و تکنیک‌ها و تمرکز بر ساختار و کنترل را به‌کار گرفته‌اند [۳۴، ۳۳، ۳۶، ۷] که بر انتخاب کارآمد پروژه‌ها، تخصیص منابع و اولویت‌دهی تمرکز دارد [۲۳].

با توجه به پیشینه پژوهش در زمینه انتخاب سید پروژه، بیشتر پژوهش‌ها برای انتخاب سید پروژه از برنامه‌ریزی ریاضی استفاده کرده‌اند. نخستین پژوهش با استفاده از روش کمی در زمینه انتخاب سید 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، از جمله 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 سید 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 در عملیات 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^۱ عواملی است که در انتخاب گزینه‌های پهنه 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

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 به کار گرفته می‌شوند [۲۲]؛ همچنین برای انتخاب گزینه مناسب از میان یک مجموعه پیوسته از روش‌های تجمیع معیار با عنوان «تصمیم‌گیری با چندین هدف و یا برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه (MOMP)» استفاده می‌شود [۴۴].

روی (۱۹۹۶)، هوانگ (۱۹۸۱)، زاوادسکاس (۲۰۰۱)، تراینتافیلو (۲۰۰۰)، گوستاوسون و همکاران (۲۰۰۵)، فارسجانی 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 [۱۵۶، 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، در مدل 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]. زوپونیدیس و دامپوس (۲۰۰۰b) در روش MHDIS رویکرد جایگزین را برای تعیین توابع مطلوبیت با هدف رتبه‌بندی ارائه دادند. این روش به صورت 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 تجزیه و تحلیل مطلوبیت وجود دارد. زوپونیدیس و دامپوس (۲۰۰۲)، در پژوهشی با عنوان «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].

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

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

مدیریت سبب 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 سبب متوازن ادامه می‌یابد.

بیشتر مطالعات انجام‌شده در حوزه مدیریت سبب پروژه بر انتخاب کارآمد سبب پروژه‌ها، تخصیص منابع و اولویت‌دهی تمرکز دارد [۳۶، ۳۳]؛ 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 سبب 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

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 پیش تعیین شده 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 - ریاضی می‌باشد. مدل ریاضی به کار 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 گسسته بودن 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 به صورت تدریجی و گام به گام توسعه داده و در مجموع سه هدف را بهبود می‌دهد: ۱. حداقل کردن خطای کل ۲. حداقل کردن تعداد نهائی خطا در طبقه‌بندی ۳. حداکثر کردن حداقل فاصله‌ها. داده‌های موردنیاز برای ساخت مدل ارائه شده در تحقیق، از اسناد و مدارک موجود جمع‌آوری شده 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 به کار برد. این روش به توسعه مجموعه‌ای از توابع مطلوبیت تجمیعی منجر می‌شود که برای طبقه‌بندی موارد به گروه‌های خاص و از پیش تعیین شده به کار 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 به ترتیب سایر گروه‌ها را از یکدیگر تفکیک می‌کند. به طور ساده، این مدل برای طبقه‌بندی یک گزینه، ابتدا امکان قرارگیری گزینه موردنظر را در گروه اول بررسی می‌کند.

اگر گزینه موردنظر قابل طبقه‌بندی در گروه اول نبود، امکان طبقه‌بندی آن در گروه دوم بررسی می‌شود و الی آخر [۹]. در واقع هر مرحله K ام یک مسئله طبقه‌بندی با دو گروه است که هدف آن جدا کردن گزینه‌های متعلق به گروه K از گزینه‌های متعلق به سایر گروه‌های $\{C_{K+1}, C_{K+2}, \dots, C_q\}$ 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

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

- این تکنیک گروه‌ها را به صورت تدریجی و با تخصیص گزینه‌ها به بهترین گروه آغاز می‌کند و سپس به تخصیص گزینه‌ها به سایر گروه‌ها می‌پردازد؛
- این تکنیک سه تابع هدف را به کار می‌گیرد.

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

ارزیابی هر گزینه a_j بر اساس 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 تجمعی از بردار معیارهای $(X=(x_1, x_2, x_3))$ است؛ بنابراین طبقه‌بندی یک گزینه در یکی از گروه‌های از قبل تعیین شده $c_1 > c_2 > \dots > c_q$ 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 به صورت زیر هستند.

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

$U_k(x)$ مطلوبیت گزینه‌های متعلق به گروه C_k را نشان می‌دهد؛ در حالی که $U_{\sim k}(x)$ نمایانگر گزینه‌های متعلق به گروه‌های C_{k+1}, \dots, C_q است. $U_{ki}(x_i)$ و $U_{\sim ki}(x_i)$ توابع مطلوبیت نهایی از بردار معیارهایی است که بین 0 و 1 نرمالایز شده‌اند. مجموع پارامترهای وزن دهی h_{ki} و $h_{\sim ki}$ یک است.

$$\sum_{i=1}^m h_{ki} = 1 \quad \text{and} \quad \sum_{i=1}^m h_{\sim ki} = 1 \quad (2)$$

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 0 و 1 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

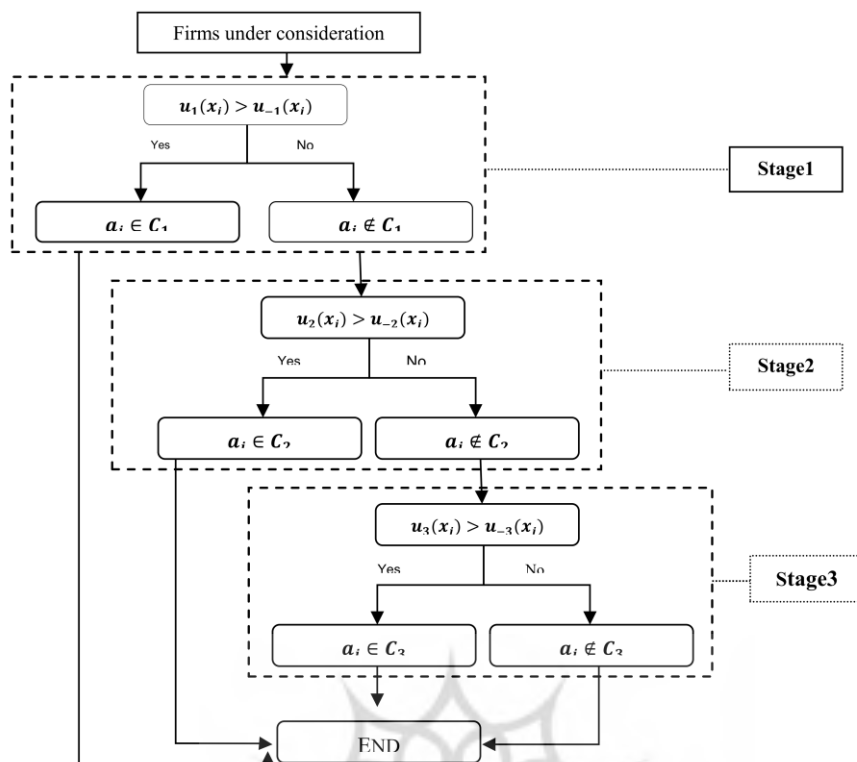
اساس تابع $U_{\sim k}(X)$ باشد، گزینه مربوطه به گروه C_k تعلق خواهد داشت؛ در غیر این صورت اگر مطلوبیت کل گزینه‌ای مطابق تابع مطلوبیت $U_{\sim k}(X)$ بزرگ‌تر از تابع مطلوبیت تخمین‌زده با تابع مطلوبیت $U_k(X)$ باشد آنگاه گزینه متعلق به گروه C_{k+1}, \dots, C_q است. در گام دوم فرآیند، گروه دقیق این گزینه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

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } U_k(\underline{g}_a) > U_{\sim k}(\underline{g}_a) \quad \text{then } \in C_k \\ \text{if } U_k(\underline{g}_a) < U_{\sim k}(\underline{g}_a) \quad \text{then } \notin C_k \end{array} \right\} \quad (3)$$

در شکل ۱، فرآیند تفکیک سلسله‌مراتبی به کار گرفته شده 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 از آنجاکه 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 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_1 و LP_2) و یک مسئله برنامه‌ریزی عدد صحیح مخلوط به‌دست می‌آید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



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

الف) حداقل کردن خطای کل در طبقه‌بندی گزینه‌ها

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

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

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 حالی که $N_{\sim k}$ نشان‌دهنده گزینه‌های متعلق به گروه N_k است.

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

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

Π_k و $\Pi_{\sim k}$ پیش‌بینی احتمال تعلق داشتن گزینه‌ها به ترتیب در گروه‌های 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 صورتی که 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 به کار می‌گیرد که هزینه نهایی طبقه‌بندی را تخمین می‌زند.

$$EC' = w_k \left(\frac{1}{N_k} \sum_{j \in C_k} e_{kj} \right) + w_{\sim k} \left(\frac{1}{N_{\sim k}} \sum_{j \in C_{\sim k}} e_{\sim kj} \right) \quad (5)$$

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 به کار رفته شده است.

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

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

حداقل کردن EC از طریق حل کردن مسئله برنامه‌ریزی ریاضی زیر به دست می‌آید:

Min EC

subject to:

$$\sum_{i=1}^m u_{ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^m u_{\sim ki}(x_{ij}) + e_{kj} \geq s \quad \forall a_j \in C_k \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m u_{\sim ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^m u_{ki}(x_{ij}) + e_{\sim kj} \geq s \quad \forall a_j \in C_{\sim k} \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m u_{ki}(x_{i*}) = 0, \sum_{i=1}^m u_{ki}(x_i^*) = 1, \sum_{i=1}^m u_{\sim ki}(x_{i*}) = 1, \sum_{i=1}^m u_{\sim ki}(x_i^*) = 0 \quad (8)$$

$$u_{ki}(x_i) \quad \text{increasing function,} \quad (9)$$

$$u_{\sim ki}(x_i) \quad \text{decreasing function,}$$

$$u_{ki}(x_i) \geq 0, \quad u_{\sim ki}(x_i) \geq 0, \quad e_{kj} \geq 0 \quad e_{\sim kj} \geq 0 \quad (10)$$

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 نرمالایز کردن نتایج توابع مطلوبیت کل در فاصله [۰، ۱] استفاده می‌شود. در این محدودیت‌ها X_{ij}^* و X_{ij}^* نشان‌دهنده کمترین و بیشترین مقادیر برای معیار X_{ij} است.

ب) حداقل کردن تعداد خطاها در طبقه‌بندی برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط^۱. 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 $EC_{\min} = EC'_{\min} = 0$ می‌شود؛ ولی همیشه این اتفاق نمی‌افتد. در این مواقع با در نظر گرفتن 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. حداقل کردن هزینه نهایی خطای طبقه‌بندی برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط:

$$\text{Min } EC = w_k \left(\frac{1}{N_k^{\min}} \sum_{j=1}^{N_k^{\min}} I_{kj} \right) + w_{\sim k} \left(\frac{1}{N_{\sim k}^{\min}} \sum_{j=1}^{N_{\sim k}^{\min}} I_{\sim kj} \right) \quad (11)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^m u_{ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^m u_{\sim ki}(x_{ij}) \geq s, \quad a_j = 1, 2, \dots, N_k^{cor} \quad (12)$$

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

$$\sum_{i=1}^m u_{ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^m u_{\sim ki}(x_{ij}) + I_{kj} \geq s, \quad a_j = 1, 2, \dots, N_K^{mis} \quad (13)$$

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

$$\sum_{i=1}^m u_{ki}(x_{i*}) = 0, \quad \sum_{i=1}^m u_{ki}(x_i^*) = 1 \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^m u_{\sim ki}(x_{i*}) = 1, \quad \sum_{i=1}^m u_{\sim ki}(x_i^*) = 0 \quad (15)$$

$$u_{ki}(x_i) \text{ increa sin g function} \quad (16)$$

$$u_{\sim ki}(x_i) \text{ decrea sin g function}$$

$$u_{ki}(x_i) \geq 0, \quad I_{kj}, I_{\sim kj} \text{ integers.} \quad (17)$$

شروع از توابع مطلوبیت اولیه که از حل LP1 و برنامه ریزی عدد صحیح مختلط به دست می‌آید، احتمال اصلاح این توابع مطلوبیت به طوری که هزینه کلی خطای طبقه‌بندی حداقل شود را بررسی می‌کند. این حداقل‌سازی بدون تغییر طبقه‌بندی‌های صحیح به دست آمده 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 حالی که $N_{\sim k}^{mis}$ ، 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 به طور مشابه N_k^{cor} و $N_{\sim k}^{cor}$ نشان‌دهنده تعداد گزینه‌هایی هستند که توسط LP1 به درستی طبقه‌بندی شده‌اند. تمام این طبقه‌بندی‌های درست بدون تغییر باقی می‌مانند؛ با وجود این 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 در نتیجه حل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط تسهیل می‌شود.

ج) حداکثر کردن 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 به دست آمده 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، به درستی طبقه‌بندی شده‌اند با d نمایش داده می‌شود. هدف LP2 دقیق‌تر کردن طبقه‌بندی به دست آمده از طریق حداکثر کردن حداقل فاصله و تفاوت بین مطلوبیت کل گزینه‌هایی که توسط دو تابع مطلوبیت طبقه‌بندی شده‌اند. $d = \min \{ d_1, d_2 \}$

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

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

حداکثرسازی d از طریق حل برنامه‌ریزی خطی زیر به دست می‌آید:

Max d

subject to:

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

$$\sum_{i=1}^m u_{\sim ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^m u_{ki}(x_{ij}) - d \geq s, \quad a_j = 1, 2, \dots, N_{\sim k}^{cor^t} \quad (18)$$

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

$$\sum_{i=1}^m u_{\sim ki}(x_{ij}) - \sum_{i=1}^m u_{ki}(x_{ij}) \leq 0, \quad a_j = 1, 2, \dots, N_{\sim k}^{mis'} \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^m u_{ki}(x_{i*}) = 0, \sum_{i=1}^m u_{ki}(x_{i*}^*) = 1, \sum_{i=1}^m u_{\sim ki}(x_{i*}) = 1, \sum_{i=1}^m u_{\sim ki}(x_{i*}^*) \quad (20)$$

$$u_{ki}(x_i) \text{ increa sin g function,} \quad (21)$$

$$u_{\sim ki}(x_i) \text{ decrea sin g function,}$$

$$u_{ki}(x_i) \geq 0, \quad d \geq 0 \quad (22)$$

۴. 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 $m=76$ 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 (جدول ۲)؛ به طوری که 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.

جدول ۲. پروژه‌های مورد استفاده در بومی‌سازی مدل

پروژه‌های گروه A	J	پروژه‌های گروه B	J	پروژه‌های گروه C
نیروگاه سیکل ترکیبی بهبهان	۱	نیروگاه سیکل ترکیبی	۴	نیروگاه اوموسی
نیروگاه سیکل ترکیبی هرمز	۵	بنزین‌سازی پالایشگاه تبریز	۲۲	الهیة
فاز دوم اوره و آمونیاک	۹	سیمان سفید شرق	۲۳	شمشک
مجتمع پتروشیمی الفین	۱۲	تولید باتری اسیدی	۲۴	آ.س.پ رشديه تبريز
طرح آمونیاک و اوره	۲۰	مسکن مهر شهریار	۲۷	مسکن مهر اهواز
سیمان مند دشتی	۲۱	پاسارگاد	۳۳	میخک ۳
الکتروود گرافیتی	۲۵	افق نسترن	۳۴	کوی خلبان
کک‌سازی شاهرود	۲۶	افق کوهستگی	۳۵	بلوک ۱۱ تجمیعی
طرح مجتمع آلومینیوم جنوب	۲۸	نارنجستان	۳۶	بلوک ۱۶ تجمیعی رشديه
فولاد شاهرود	۲۹	هتل آپارتمان نارنجستان ۳	۳۷	بلوک C۱۵۱ رشديه ۲
فولادغدير کرمان	۳۰	تیسسا کیش ۱	۳۸	بلوک ۱۵۰ رشديه ۲
طرح فولادسازی یزد (خاتم)	۳۱	تیسسا کیش ۲	۳۹	بلوک ۱۵۸ رشديه ۲
فولاد نی‌ریز	۳۲	مجتمع مسکونی تیسسا کیش	۴۰	بلوک تجمیعی او ۲ و ۳
رویای کیش	۴۳	بلوک ۹ تجمیعی	۴۱	بلوک D۱۵۱ رشديه ۲
پارس	۴۵	تجاری-اداری رشت	۴۲	بلوک ۲۶ تجمیعی

پژوهش پیش رو دارای چهار مرحله کلی است. شرح مختصری از این چهار مرحله به صورت 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.

جدول ۳. 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.

حداقل کردن میزان خطا در طبقه‌بندی (LP₁)-مرحله اول. در مرحله اول N₁ تعداد گزینه‌های متعلق به گروه A و N_{~1} تعداد گزینه‌های متعلق به گروه‌های پایین‌تر از A را در مرحله اول نشان می‌دهد. N_{~1}=30 و N₁ = 15

e_{1j} متغیر انحراف از مدل برای پروژه‌های مربوط به گروه A است. e_{~1j} متغیر انحراف از مدل برای پروژه‌های مربوط به گروه‌های غیر از A است. برای گزینه‌های متعلق به گروه A، مطلوبیت u₁(x_{ij}) از u_{~1}(x_{ij}) کم شده و با متغیر خطای مربوط به هر پروژه جمع می‌شود؛ ولی برای پروژه‌های غیر از A برعکس u_{~1}(x_{ij}) از u₁(x_{ij}) کم شده و با متغیر خطای پروژه جمع می‌شود. با توجه به اطلاعات ذکر شده مدل برنامه‌ریزی خطی برای حداقل کردن تعداد خطا در مرحله اول به صورت زیر است:

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

subject to:

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

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

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

$u_{1i}(x_i)$ increasing function

$u_{\sim 1i}(x_i)$ decreasing function

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

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

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

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

و برای گزینه دوم، یعنی پروژه نیروگاه سیکل ترکیبی بهبهان، چون متعلق به گروه A، 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 قرارداد این گزینه‌ها با بیشترین مقادیر، در گروه اول مساوی یک و مجموع توابع مطلوبیت قرارداد 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 قرارداد این گزینه‌ها با کمترین مقدار در معیارها در گروه A صفر و مجموع توابع مطلوبیت قرارداد 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:

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

از آنجاکه $U_1(x_1)$ 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.

جدول ۴. توابع مطلوبیت کل

نام پروژه	U_1	U_{-1}	نام پروژه	U_1	U_{-1}
نیروگاه سیکل ترکیبی نمای غدیر	۰/۲	۰/۳	آ.س.پ. رشديه تبريز	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	تیساکیش ۱	۰	۰/۱
طرح آمونیاک و اوره شهدای مرودشت	۰/۲	۰/۱	تیساکیش ۲	۰	۰/۱
سیمان سفید شرق	۰	۰/۲	مجتمع مسکونی تیساکیش	۰	۰/۱
سیمان مند دشتی	۰/۲	۰/۱	میخک ۳	۰	۰/۴
الکتروود گرافیتی	۰/۲	۰/۱	کوی خلیان	۰	۰/۴
تولید باتری اسیدی	۰	۰/۳	بلوک ۱۱ تجمیعی رشديه ۲	۰	۰/۴
کک‌سازی شاهرود	۰/۲	۰/۱	بلوک ۱۶ تجمیعی رشديه ۲	۰	۰/۴
طرح مجتمع آلومینیوم جنوب	۰/۲	۰/۱	بلوک ۱۵۱ رشديه ۲	۰	۰/۴
فولاد شاهرود	۰/۱۹۸	۰/۱	بلوک ۱۵۰ رشديه ۲	۰	۰/۴
فولادغدير کرمان	۰/۲	۰/۱	بلوک ۱۵۸ رشديه ۲	۰	۰/۱
طرح فولادسازی یزد (خاتم)	۰/۲	۰/۱	بلوک تجمیعی ۱ و ۲ و ۳	۰	۰/۴
فولاد نی‌ریز	۰/۲	۰/۳	بلوک ۱۵۱ رشديه ۲	۰	۰/۴
رویای کیش	۰/۲	۰/۱	بلوک ۲۶ تجمیعی رشديه 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
الهیة	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 به درستی از سایر پروژه‌ها تفکیک شده‌اند و چون تعداد خطای طبقه‌بندی صفر است، نیازی به حل مدل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط برای حداقل کردن تعداد خطاها نخواهد بود و کار با مدل‌سازی و حل مدل LP₂ برای حداکثرسازی فاصله جواب‌ها از نقاط مرزی و بهبود دقت تابع مطلوبیت به دست آمده از مرحله قبل ادامه می‌یابد.

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

1. Mixed Integer Programing (MIP)

Max d

subject to:

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

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

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

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

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

$u_{1i}(x_i)$ increasing function,

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

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

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

$$U_1(x_1) = 0/998u_{11}(x_1) + 0/001u_{12}(x_2) + 0/002u_{13}(x_3) \quad (21)$$

$$U_{\sim 1}(x_1) = 0/001U_{\sim 11}(x_1) + 0/001u_{\sim 12}(x_2) + 0/001U_{\sim 13}(x_3) + 0/001(x_4) + U_{\sim 16}(x_6) \quad (22)$$

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

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

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

جدول ۵. توابع مطلوبیت نهایی کل

j	پروژه	U_1	U_{-1}	j	پروژه	U_1	U_{-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	تیساکیش ۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
۸	طرح آمونیاک و اوره شهدای مرودشت	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۳۱	تیساکیش ۲	۰	۰/۰۰۲
۹	سیمان سفید شرق	۰	۰/۰۰۱	۳۲	مجتمع مسکونی تیساکیش	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
۱۰	سیمان مند دشتی	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۳۳	میخک ۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
۱۱	الکتروگرافیتی	۰/۰۰۲	۰	۳۴	کوی خلیان	۰	۰/۰۰۱
۱۲	تولید باتری اسیدی	۰	۰/۰۰۱	۳۵	بلوک ۱۱ تجمعی رشدیه ۲	۰	۰/۰۰۱
۱۳	کک‌سازی شاهرود	۰/۰۰۱	۰	۳۶	بلوک ۱۶ تجمعی 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 ۱۵۰ رشدیه ۲	۰	۰/۰۰۱
۱۶	فولاد غدیر کرمان	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۳۹	بلوک ۱۵۸ رشدیه ۲	۰	۰/۰۰۱
۱۷	طرح فولادسازی یزد (خاتم)	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۴۰	بلوک تجمعی ۱ و ۲ و ۳	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 تجمعی رشدیه ۲	۰	۰/۰۰۱
۲۰	مسکن مهر شهریار	۰	۰/۰۰۱	۴۳	بلوک ۹ تجمعی	۰	۰/۰۰۱
۲۱	پاسارگاد	۰	۰/۰۰۲	۴۴	پارس	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
۲۲	الهیة	۰	۰/۰۰۱	۴۵	تجاری - اداری رشت	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
۲۳	شمشک	۰	۱				

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

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

subject to:

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

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

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

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

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

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

مدل یادشده دارای ۴۶ محدودیت و ۲۱۰ متغیر است. مدل معرفی شده در نرم افزار LINGO حل و در جدول ۶، توابع مطلوب کل مربوط به هر پروژه‌ها نشان داده شده است. بر اساس مقادیر برآورده شده از توابع مطلوبیت پروژه‌ها، مشاهده می‌شود که تمام پروژه‌های متعلق به گروه B به درستی از سایر پروژه‌ها تفکیک شده‌اند؛ بنابراین نیازی به حل مدل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط برای حداقل کردن تعداد خطاها نخواهد بود و کار با مدل سازی و حل مدل LP₂ برای حداکثرسازی فاصله جواب‌ها از نقاط مرزی و بهبود دقت تابع مطلوبیت به دست آمده از مرحله قبل ادامه می‌یابد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
رتال جامع علوم انسانی

جدول ۶. توابع مطلوبیت کل

U ₂	U ₂	پروژه	U ₂	U ₂	پروژه
۰	۰/۱	تیساکیش ۱	۰	۱	نیروگاه سیکل ترکیبی نمای غدیر
۰	۰/۱	تیساکیش ۲	۱	۰	نیروگاه ابوموسی
۰	۰/۱	مجتمع مسکونی تیساکیش	۰	۰/۱	بنزین‌سازی پالایشگاه تبریز
۰/۱	۰	میخک ۳	۰	۰/۱	سیمان سفید شرق
۰/۱	۰	کوی خلبان	۰	۰/۱	تولید باتری اسیدی
۰/۱	۰	بلوک ۱۱ تجمعی رشدیه ۲	۰	۰/۱	مسکن مهر شهریار
۰/۱	۰	بلوک ۱۶ تجمعی رشدیه ۲	۰	۰/۱	پاسارگاد
۰/۱	۰	بلوک C۱۵۱ رشدیه ۲	۰/۱	۰	الهیة
۰/۱	۰	بلوک ۱۵۰ رشدیه ۲	۰/۱	۰	شمشک
۰/۱	۰	بلوک ۱۵۸ رشدیه ۲	۰/۱	۰	آ.س.پ رشدیه تبریز
۰/۱	۰	بلوک تجمعی ۳و۲و۱	۰	۰/۱	افق نسترن
۰/۱	۰	بلوک D۱۵۱ رشدیه ۲	۰	۰/۱	افق کوهسنگی
۰/۱	۰	بلوک ۲۶ تجمعی رشدیه ۲	۰/۱	۰	مسکن مهر اهواز
۰	۰/۱	بلوک ۹ تجمعی	۰	۰/۱	نارنجستان
۰	۰/۱	تجاری-اداری رشت	۰	۰/۱	هتل آپارتمان نارنجستان ۳

مدل حداکثرسازی حداقل خطاها در طبقه‌بندی (LP₂) - مرحله دوم. که در آن N_k^{cor} برابر ۱۵ و N_k^{cor} برابر ۱۵ است. همان‌طور که گفته شد، تعداد خطا در مرحله قبل برابر صفر است؛ بنابراین $N_k^{mis} = N_k^{mis} = 0$ این مدل نیز از نوع خطی بوده و دارای ۴۶ محدودیت و ۱۸۱ متغیر است.

Max d

subject to:

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

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

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

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

$u_{ki}(x_i)$ increasing function

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

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

نتایج، توابع مطلوبیت نهایی برای شناسایی پروژه‌های متعلق به گروه B را نشان می‌دهد. این دو تابع مطلوبیت به صورت 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. جدول ۷ توابع مطلوب کل مربوط به هر پروژه را نشان می‌دهد.

جدول ۷. توابع مطلوبیت نهایی مربوط به پروژه‌ها

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

آزمون مدل. برای آزمون مدل از مابقی نمونه پروژه‌ها (۲۹=۴۵-۷۴) استفاده می‌شود؛ به طوری که با استفاده از توابع مطلوبیت به دست آمده از مدل، مطلوبیت قراردادن پروژه‌ها را در گروه‌های A و B 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 به دست آمد به صورت زیر است:

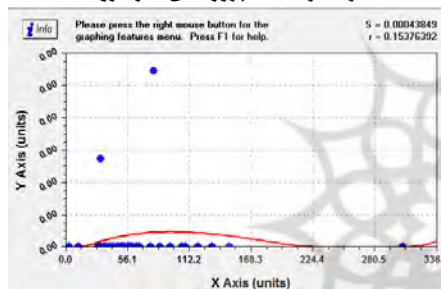
مشخص است پنج خطا در طبقه‌بندی حاصل از حل مدل وجود دارد و خطای مدل برابر با $0/1111$ است.

تحلیل نتایج مدل. وزن معیارهای مطلوبیت و نمودار مربوط به توابع مطلوبیت نهایی معیارها در گام اول و دوم به دست آمده که در جدول ۸ و شکل‌های ۲ و ۳، ارائه شده است.

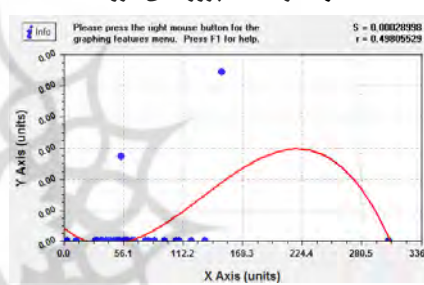
جدول ۸. وزن نهایی توابع مطلوبیت

U_{1i}	U_{2i}	معیار مطلوبیت
۰/۳۵۲	۰/۳۵۲	اندازه پروژه (ماه)
۱۶/۸۴۱	۶۲۸۷۱	بودجه مورد نیاز پروژه
۰/۰۴۷	۰/۰۲۳	سهم مالکیت
۰/۴۸۶	۱/۷۳۴۴	مقیاس در صنعت
.	.	نوع محصول
۳/۰۹	.	چرخه عمر

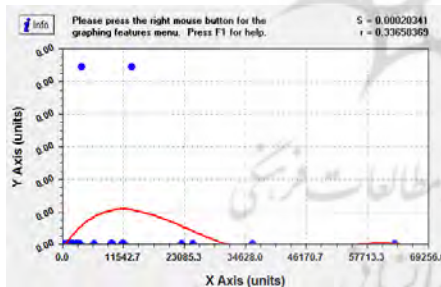
معیار اندازه ماه - پروژه‌های غیر گروه A



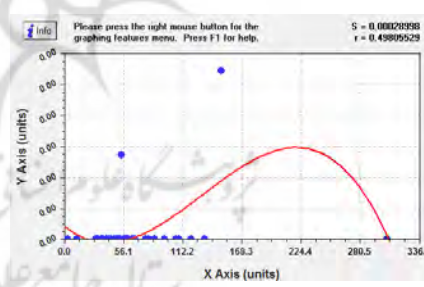
معیار اندازه ماه - پروژه‌های گروه A



معیار بودجه - پروژه‌های غیر گروه A

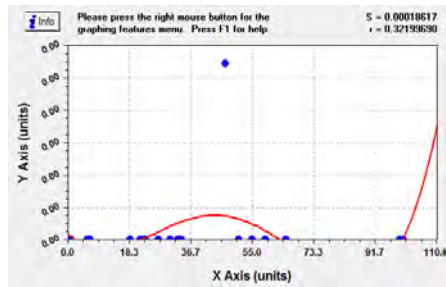


معیار بودجه - پروژه‌های گروه A

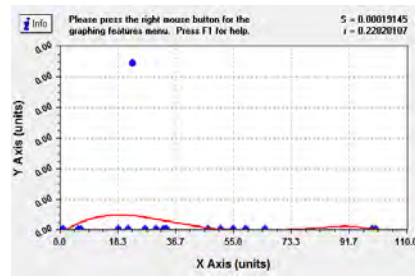


معیار سهم مالکیت - پروژه‌های غیر گروه A

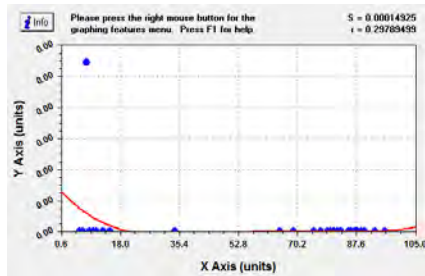
معیار سهم مالکیت - پروژه‌های گروه A



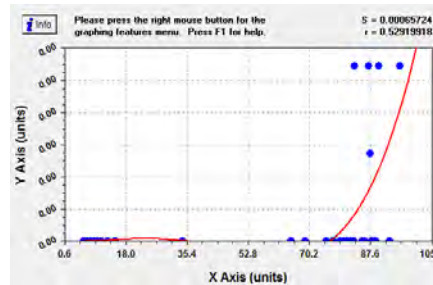
معیار مقیاس در صنعت - پروژه‌های غیر گروه A



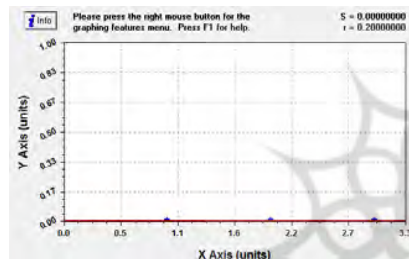
معیار مقیاس در صنعت - پروژه‌های گروه A



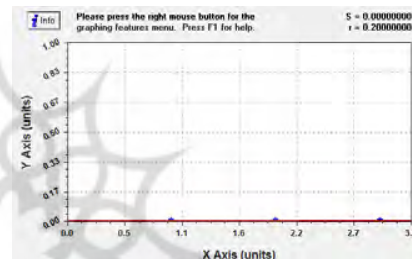
معیار نوع محصول - پروژه‌های غیر گروه A



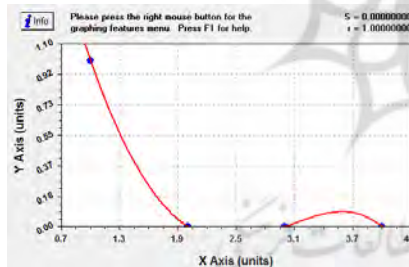
معیار نوع محصول - پروژه‌های گروه A



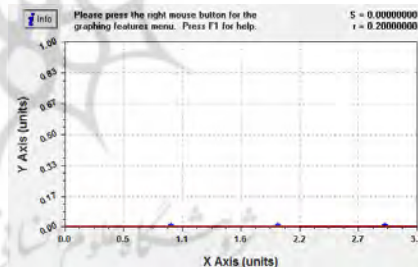
معیار چرخه عمر - پروژه‌های غیر گروه A



معیار چرخه عمر - پروژه‌های گروه A



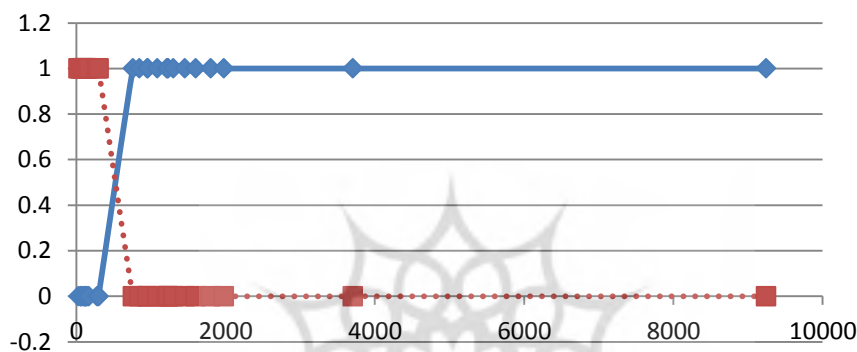
شکل ۲. توابع مطلوبیت نهایی معیارهای مطلوبیت در مدل توسعه داده شده توسط MHDIS



در شکل ۳، نمودار با خط کامل نشان‌دهنده توابع توسعه داده شده برای پروژه‌های گروه B و خطوط نقطه‌چین نشان‌دهنده توابع توسعه یافته برای پروژه‌های گروه C است. نتایج به دست آمده از مقادیر وزن معیارها نشان می‌دهد که معیار مربوط به بودجه در توابع مطلوبیت متناظر پروژه‌های گروه A قابل توجه و مهم است؛ ولی وزن این معیار برای پروژه‌های غیر A بسیار کم

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 قابل توجه است؛ اما اهمیت آن برای شناسایی پروژه‌های A کم می‌باشد. این نتایج می‌تواند به صورت زیر تفسیر شود:

مقادیر زیاد در معیار بودجه و پروژه‌هایی که در مراحل اولیه چرخه هستند از مشخصه‌های پروژه‌های گروه A است؛ 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 به دست آمده 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 توسعه داده شده توسط MHDIS در مرحله دوم

با توجه به نتایج حل مدل MHDIS مشاهده شد که تمامی پروژه‌های مورد بررسی هم در نمونه اولیه و هم در نمونه مورد آزمون بدون خطا در گروه‌های صحیح خود طبقه‌بندی شدند؛ در نهایت 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؛ به طوری که 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؛ در حالی که در پژوهش‌های دامپوس و همکاران (۲۰۰۲) و پندارکی و همکاران (۲۰۰۵)، مدل UTADIS به عنوان یکی از کاراترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مقایسه با سایر روش‌های گسسته برای تشکیل سید پروژه

مطرح شده بود. می‌توان نتیجه گرفت که سلسله‌مراتبی بودن 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 برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط، مانند سایر مدل‌های متعدد موجود، شود. شرکت مورد مطالعه می‌تواند با اتکا به مدل ارائه‌شده پروژه‌ها را در بدو ورود به سبد سرمایه‌گذاری با ایده‌ای روشن از معیارهای تأثیرگذار به صورت عینی به سه گروه با اهمیت، متوسط و کم‌اهمیت تقسیم کند. در این حالت این سازمان با توجه به حجم زیاد پروژه‌ها و زمان‌بر بودن 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 صورت گرفته 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 صورت گرفته در دوره متفاوت، به طوری که 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 مطلوب نبودن نتایج مدل، گروه‌بندی اولیه مجدداً بررسی شود. شرکت یادشده و تمامی سازمان‌های مشابه می‌توانند تعیین کنند در صورتی که تعداد گزینه‌های هر گروه از یک مقداری مشخص بیشتر شود، برای مدیریت و کنترل گزینه‌های هر گروه نیز دوباره به گروه‌های از پیش تعیین شده‌ای طبقه‌بندی شوند؛ همچنین به سازمان مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود با کدنویسی مدل یادشده و ارائه آن به صورت برنامه کامپیوتری به صورت کاملاً کاربردی از نتایج مدل بهره ببرد.

علاوه بر موارد ذکر شده می‌توان به منظور بهبود مدل‌تأثیر معیارهای مطلوبیت بر یکدیگر و دخالت آن‌ها در مدل و همچنین اهمیت و اولویت رخ دادن خطاها و احتمال آن‌ها در برآورد توابع مطلوبیت معیارها در پژوهش‌های آتی مورد بررسی قرار گیرد. در امتیازدهی برخی از معیارها که به صورت کیفی موجود بودند در پژوهش حاضر با ترتیب اهمیت، شماره‌های ۱ تا ۵ 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 در نهایت در مدل سلسله‌مراتبی MHDIS در هر

مرحله با فرض درست بودن طبقه‌بندی انجام شده 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 برطرف کردن این ضعف ارائه دهند.



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 Policy, 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). A Multi-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., Ghaniai, 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). Multicriteria Decision Aid Classification Methods, 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 of additive utility functions for multicriteria decisionmaking, the UTA method. *European Journal of Operational Research, 10*, 151-164.
18. Jafarnejad, A., Mohseni, M., abdollahi, A. (2013). Provides a fuzzy

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 a portfolio, *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: Enabling a 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 forecasting 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). *Whitepaper Series, Project Portfolio Management*, September. 34. Teller, J., Under, B. N., Kock, A., & Gemünden, 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

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 Decision Making: Methodologies and Literature Review, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*: 167-186.

