



توسعه مدل دو مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها برای بنگاه‌های سرمایه‌گذاری با در نظر گرفتن ماهیت و ساختار داده‌های مالی

رساله برای دریافت درجه دکتری
در رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

پژمان پیکانی

استاد راهنما:
دکتر عمران محمدی

بهمن ماه ۱۳۹۹



توسعه مدل دو مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها برای بنگاه‌های سرمایه‌گذاری با در نظر گرفتن ماهیت و ساختار داده‌های مالی

رساله برای دریافت درجه دکتری
در رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

پژمان پیکانی

استاد راهنما:
دکتر عمران محمدی

اساتید مشاور:
دکتر علی امروزنژاد
دکتر سید جعفر سجادی

بهمن ماه ۱۳۹۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تأییدیه ی هیأت داوران جلسه ی دفاع از رساله

نام دانشکده: دانشکده مهندسی صنایع

نام دانشجو: پژمان پیکانی

عنوان رساله: توسعه مدل دو مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها برای بنگاه‌های سرمایه‌گذاری با در نظر گرفتن ماهیت

و ساختار داده‌های مالی

تاریخ دفاع: ۱۳۹۹/۱۱/۱۱

رشته: مهندسی صنایع

گرایش: صنایع

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضاء
۱	استاد راهنما	عمران محمدی	استادیار	دانشگاه علم و صنعت ایران	
۲	استاد مشاور	سید جعفر سجادی	استاد	دانشگاه علم و صنعت ایران	
۳	استاد مشاور	علی امروزنژاد	استاد	دانشگاه استون انگلیس	
۴	استاد مدعو خارجی	مسعود ربانی	استاد	دانشگاه تهران	
۵	استاد مدعو خارجی	دنیا رحمانی	دانشیار	دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی	
۶	استاد مدعو داخلی	ابراهیم تیموری	دانشیار	دانشگاه علم و صنعت ایران	
۷	استاد مدعو داخلی	روزبه قوسی	استادیار	دانشگاه علم و صنعت ایران	

تأییدیه ی صحت و اصالت نتایج و رعایت موازین اخلاق پژوهش

باسمه تعالی

اینجانب **پژمان پیکانی** به شماره دانشجویی **۹۴۸۷۱۰۴۵** دانشجوی رشته **مهندسی صنایع** مقطع تحصیلی **دکتری** تأیید می‌نمایم که کلیه ی نتایج مندرج در این رساله/پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی ع/ضو/اءضای هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران بدون هر گونه دخل و تصرف انجام گرفته و به موارد نسخه برداری شده از آثار دیگران، مطابق مقررات و ضوابط، ارجاع داده شده و مشخصات کامل منابع را در فهرست منابع ذکر کرده‌ام. این رساله/پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرکی ارائه نگردیده است. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان و قانون ترجمه، تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی، ضوابط و مقررات آموزشی و پژوهشی، انضباطی و ...) با اینجانب رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض در خصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می‌نمایم. در ضمن، مسئولیت هرگونه پاسخگویی به اشخاص اعم از حقیقی و حقوقی و مراجع ذیصلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده ی اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچ گونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت. کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه علم و صنعت ایران است. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی و واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه برداری ترجمه و اقتباس از این رساله/پایان‌نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه علم و صنعت ایران ممنوع است. نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نام و نام خانوادگی: **پژمان پیکانی**

امضاء و تاریخ

مجوز بهره برداری از پایان نامه

بهره‌برداری از این پایان نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه / رساله برای همگان بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه / رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه / رساله تا تاریخ ممنوع است.

نام استاد راهنما: **عمران محمدی**

امضاء و تاریخ

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: پژمان پیکانی
شماره دانشجویی: ۹۴۸۷۱۰۴۵
رشته تحصیلی: مهندسی صنایع
گرایش: مهندسی صنایع

عنوان رساله به فارسی:

توسعه مدل دو مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها برای بنگاه‌های سرمایه‌گذاری با در نظر گرفتن ماهیت و ساختار داده‌های مالی

عنوان رساله به انگلیسی:

Developing Two-Stage Data Envelopment Analysis Model for Investment Firms Considering the Nature and Structure of Financial Data

نوع تحقیق:

☐ بنیادی ☒ نظری ☒ کاربردی ☒ توسعه ای

اعضای محترم کمیته هادی رساله:

استاد راهنما: آقای دکتر عمران محمدی
اساتید مشاور: آقای دکتر علی امروزنژاد، آقای دکتر سید جعفر سجادی

اعضای محترم کمیته داوران رساله:

داوران خارجی: آقای دکتر مسعود ربانی، خانم دکتر دنیا رحمانی
داوران داخلی: آقای دکتر ابراهیم تیموری، آقای دکتر روزبه قوسی

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که از نگاهشان صلابت

از رفتارشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم

بمشکر و قدردانی از

راهنمای دلسوز و فرزانه، مشوق راه علم

استاد ارجمند جناب آقای دکتر عمران محمدی

و سپاس فروان خدمت اساتید مشاور

جناب آقای دکتر علی امروز نژاد

و جناب آقای دکتر سید جعفر سجادی

بابت تمامی زحمات و حمایت‌های ارزشمندشان

چکیده

صندوق های سرمایه گذاری یکی از مهم ترین نهاد ها و ساز و کار های مفید سرمایه گذاری در بازار های سرمایه هستند. بدین صورت که منابع مالی را از سرمایه گذاران جمع آوری نموده و در سبد متنوعی از اوراق بهادار هم چون سهام، اوراق قرضه، ابزار های کوتاه مدت بازار پول و غیره سرمایه گذاری می کنند. بر این اساس، ساختار حاکم بر فعالیت آنها می تواند به عنوان یک فرآیند دو مرحله ای در نظر گرفته شود. بدین صورت که مدیر در مرحله اول به دنبال جذب سرمایه از سرمایه گذاران است و در مرحله دوم به تشکیل سبد سرمایه می پردازد. با توجه به اهمیت و نقش کلیدی صندوق های سرمایه گذاری در بازار های مالی، لزوم ارزیابی عملکرد آنها با هدف شناسایی صندوق های برتر و بهبود صندوق های ناکارآمد، امری ضروری است. در این راستا بایستی به دو نکته بسیار مهم شامل ساختار داخلی صندوق ها و هم چنین عدم قطعیت موجود در داده های مالی توجه گردد. زیرا در غیر این صورت نتایج حاصله می توانند نا معتبر، نادرست و گمراه کننده باشند. از این رو هدف از رساله پیش رو، ارائه و توسعه رویکرد های توانمند و کارآمد به منظور ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری با قابلیت در نظر گرفتن ساختار شبکه ای حاکم بر آنها و پیاده سازی در حضور انواع مختلف عدم قطعیت و شرایط زمانی داده های مالی می باشد. بدین منظور چهار رویکرد نوین تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای استوار، تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای بازه ای، تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای فازی و تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای پنجره ای مدل سازی و سپس با بهره گیری از داده های واقعی بازار سرمایه ایران، هر چهار رویکرد پیشنهادی اجرا و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند. نتایج حاصله بیانگر توانمندی و کارآمدی رویکرد های پیشنهادی پژوهش به منظور ارزیابی عملکرد، رتبه بندی و طبقه بندی صندوق های سرمایه گذاری با در نظر گرفتن ساختار داخلی آنها تحت عدم قطعیت داده ها و دوره های زمانی مختلف می باشد.

کلمات کلیدی: ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری، تحلیل پوششی داده های شبکه ای، ساختار دو مرحله ای، عدم قطعیت داده های مالی، بهینه سازی استوار، برنامه ریزی امکانی، تحلیل پنجره ای.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و کلیات موضوع	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ بیان مسئله	۲
۳-۱ اهمیت موضوع و ضرورت انجام تحقیق	۶
۴-۱ جنبه های نوآوری و جدید بودن موضوع	۸
۵-۱ اهداف تحقیق	۹
۶-۱ کاربرد های تحقیق	۹
۷-۱ سؤالات اصلی تحقیق	۱۰
۸-۱ ساختار تحقیق	۱۱
۹-۱ جمع بندی	۱۲
فصل دوم: مبانی نظری، پیشینه تجربی و روش شناسی پژوهش	۱۳
۱-۲ مقدمه	۱۴
۲-۲ مروری بر صندوق های سرمایه گذاری	۱۴
۱-۲-۲ انواع صندوق های سرمایه گذاری	۱۶
۲-۲-۲ مزایای صندوق های سرمایه گذاری	۲۰
۳-۲ تحلیل پوششی داده های شبکه ای	۲۲
۴-۲ برنامه ریزی عدم قطعیت	۳۲
۱-۴-۲ برنامه ریزی امکانی	۳۲
۲-۴-۲ بهینه سازی استوار	۳۷
۱-۲-۴-۲ رویکرد بهینه سازی استوار مبتنی بر سناریو	۳۷
۲-۲-۴-۲ رویکرد بهینه سازی استوار مبتنی بر مجموعه های عدم قطعیت محدب	۴۰

- ۵-۲ مرور ادبیات موضوع و تبیین شکاف های تحقیقاتی ۴۲
- ۵-۲-۱ تحلیل پوششی داده های شبکه ای و صندوق های سرمایه گذاری ۴۲
- ۵-۲-۲ تحلیل پوششی داده های غیر قطعی و بهینه سازی استوار ۴۵
- ۵-۲-۳ تحلیل پوششی داده های غیر قطعی و برنامه ریزی امکانی ۵۹
- ۶-۲ معرفی نماد ها و تعاریف مورد نیاز فرآیند مدل سازی ۷۴
- ۷-۲ ساختار شبکه ای حاکم بر صندوق های سرمایه گذاری ۷۷
- ۸-۲ جمع بندی ۷۸

فصل سوم: ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری تحت داده های بازه ای ۷۹

- ۱-۳ مقدمه ۸۰
- ۲-۳ رویکرد NDEA غیر قطعی مبتنی بر بهینه سازی استوار ۸۰
- ۱-۲-۳ رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای رهبر و پیرو ۸۰
- ۲-۲-۳ مدل سازی رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای استوار ۸۳
- ۳-۲-۳ پیاده سازی رویکرد RNDEA، اعتبار سنجی و تحلیل حساسیت نتایج ۸۹
- ۳-۳ رویکرد NDEA غیر قطعی مبتنی بر برنامه ریزی بازه ای ۹۵
- ۱-۳-۳ رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای یکپارچه ۹۵
- ۲-۳-۳ مدل سازی رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای بازه ای ۹۸
- ۳-۳-۳ پیاده سازی رویکرد INDEA و نتایج محاسباتی ۱۰۰
- ۴-۳ جمع بندی ۱۰۳

فصل چهارم: ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری تحت داده های فازی ۱۰۴

- ۱-۴ مقدمه ۱۰۵
- ۲-۴ رویکرد NDEA دو مرحله ای جمعی تحت بازده به مقیاس ثابت ۱۰۵
- ۳-۴ اندازه عمومی فازی با قابلیت تنظیم درجه خوشبینی و بدبینی ۱۱۰
- ۴-۴ مدل سازی رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای فازی ۱۱۳

- ۴-۵ رویکرد پیشنهادی رتبه بندی واحد های دو مرحله ای تحت محیط فازی ۱۲۰
- ۴-۶ پیاده سازی رویکرد FNDEA، اعتبار سنجی و تحلیل حساسیت نتایج ۱۲۲
- ۴-۷ جمع بندی ۱۳۰

فصل پنجم: ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری تحت داده های دوره ای ۱۳۲

- ۵-۱ مقدمه ۱۳۳
- ۵-۲ رویکرد NDEA دو مرحله ای جمعی تحت بازده به مقیاس متغیر ۱۳۳
- ۵-۳ مدل سازی رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای پنجره ای ۱۳۷
- ۵-۴ پیاده سازی رویکرد WNDEA و نتایج محاسباتی ۱۳۹
- ۵-۵ جمع بندی ۱۴۴

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات آتی ۱۴۵

- ۶-۱ مقدمه ۱۴۶
- ۶-۲ پیشنهادات برای مطالعات آتی ۱۴۶
- ۶-۳ جمع بندی ۱۴۸

پیوست ها ۱۵۲

- پ-۱ تحلیل پوششی داده های کلاسیک ۱۵۳
- پ-۱-۱ تعاریف و مفاهیم اولیه تحلیل پوششی داده ها ۱۵۳
- پ-۱-۱-۱ شعاعی و غیر شعاعی بودن مدل ها ۱۵۳
- پ-۱-۱-۲ ماهیت الگوی مورد استفاده ۱۵۴
- پ-۱-۱-۳ بازده به مقیاس الگوی مورد استفاده ۱۵۴
- پ-۱-۲ رویکرد های مدل سازی تحلیل پوششی داده ها ۱۵۵
- پ-۱-۲-۱ رویکرد کارایی ۱۵۶
- پ-۱-۲-۱-۱ فرم مضربی مدل CCR ۱۵۸

- پ-۱-۲-۱-۲-۱ فرم مضربی مدل BCC ۱۵۹
- پ-۱-۲-۱-۲-۲ رویکرد مجموعه امکان تولید ۱۶۱
- پ-۱-۲-۲-۱-۲-۱ فرم پوششی مدل CCR ۱۶۳
- پ-۱-۲-۲-۲-۲-۱ فرم پوششی مدل BCC ۱۶۵
- پ-۲-۱ داده های مورد استفاده در رساله ۱۶۸

منابع ۱۷۲

- فهرست واژگان و اصطلاحات موجود در تحقیق ۱۹۲
- فهرست علائم و اختصار های موجود در تحقیق ۱۹۳
- دستآورد های رساله ۱۹۶
- چکیده لاتین ۲۰۰

فهرست جداول

- جدول (۱-۲): مطالعات صورت گرفته در حوزه کاربرد NDEA در صندوق های سرمایه گذاری ۴۴
- جدول (۲-۲): بررسی و طبقه بندی حوزه کاربرد NDEA در صندوق های سرمایه گذاری ۴۴
- جدول (۳-۲): مطالعات صورت گرفته در حوزه تحلیل پوششی داده های استوار ۴۶
- جدول (۴-۲): کاربرد ها، اهداف و ویژگی های پژوهش های حوزه تحلیل پوششی داده های استوار ۴۹
- جدول (۵-۲): جزئیات و اطلاعات مدل های ارائه شده در حوزه تحلیل پوششی داده های استوار ۵۴
- جدول (۶-۲): مطالعات صورت گرفته در حوزه تحلیل پوششی داده های امکانی ۶۰
- جدول (۷-۲): کاربرد ها، اهداف و ویژگی های پژوهش های حوزه تحلیل پوششی داده های امکانی ۶۳
- جدول (۸-۲): جزئیات و اطلاعات مدل های ارائه شده در حوزه تحلیل پوششی داده های امکانی ۶۸
- جدول (۱-۳): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای استوار - مرحله اول پیشرو ۹۰
- جدول (۲-۳): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای استوار - مرحله دوم پیشرو ۹۱
- جدول (۳-۳): نتایج نهایی و رتبه بندی صندوق ها تحت شرایط عدم قطعیت بازه ای (رویکرد پیشنهادی) ۹۲
- جدول (۴-۳): نتایج نهایی و رتبه بندی صندوق ها تحت مقادیر انتظاری و اسمی داده ها (رویکرد کلاسیک) ۹۴
- جدول (۵-۳): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای بازه ای تحت بازده به مقیاس ثابت ۱۰۱
- جدول (۶-۳): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای بازه ای تحت بازده به مقیاس متغیر ۱۰۱
- جدول (۷-۳): رتبه بندی و طبقه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت بازده به مقیاس ثابت ۱۰۲
- جدول (۸-۳): رتبه بندی و طبقه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت بازده به مقیاس متغیر ۱۰۲
- جدول (۱-۴): نتایج حاصل از اجرای رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی - کل سیستم ۱۲۳
- جدول (۲-۴): نتایج حاصل از اجرای رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی - مرحله اول ۱۲۴
- جدول (۳-۴): نتایج حاصل از اجرای رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی - مرحله دوم ۱۲۵
- جدول (۴-۴): نتایج و رتبه بندی صندوق ها تحت شرایط عدم قطعیت فازی (رویکرد پیشنهادی) ۱۲۹
- جدول (۵-۴): نتایج و رتبه بندی صندوق ها تحت مقادیر انتظاری و اسمی داده ها (رویکرد کلاسیک) ۱۳۰
- جدول (۱-۵): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای - کل سیستم ۱۴۰

- جدول (۵-۲): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای – مرحله اول ۱۴۱
- جدول (۵-۳): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای – مرحله دوم ۱۴۲
- جدول (۵-۴): نتایج نهایی و رتبه بندی حاصل از اجرای رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای ۱۴۳
- جدول (۶-۱): مقایسه رویکرد های پیشنهادی پژوهش ۱۴۹
- جدول (پ-۱): نمونه ای از داده های مورد استفاده در رساله تحت قطعیت ۱۶۹
- جدول (پ-۲): نمونه ای از داده های مورد استفاده در رساله تحت عدم قطعیت بازه ای ۱۷۰
- جدول (پ-۳): نمونه ای از داده های مورد استفاده در رساله تحت عدم قطعیت فازی ۱۷۱

فهرست اشکال و نمودارها

- شکل (۱-۱): ساختار داخلی صندوق های سرمایه گذاری ۴
- شکل (۲-۱): شمای کلی رساله ۵
- شکل (۱-۲): مهم ترین ساختارهای شبکه در حوزه تحلیل پوششی داده های شبکه ای ۲۳
- شکل (۲-۲): ساختار دو مرحله ای ساده ۲۵
- شکل (۳-۲): عدد فازی دوزنقه ای ۳۳
- شکل (۴-۲): جامع ترین ساختار دو مرحله ای ۷۸
- شکل (۱-۴): نمایش رویه کارایی به ازای تمامی حالات ممکن (α, β) ۱۲۰
- شکل (۲-۴): نمایش رویه، حجم و رتبه کارایی کل صندوق های سرمایه گذاری ۱۲۶
- شکل (۳-۴): نمایش رویه، حجم و رتبه کارایی مرحله اول صندوق های سرمایه گذاری ۱۲۷
- شکل (۴-۴): نمایش رویه، حجم و رتبه کارایی مرحله دوم صندوق های سرمایه گذاری ۱۲۸
- شکل (پ-۱): انواع بازده به مقیاس ۱۵۵
- شکل (پ-۲): مجموعه امکان تولید برای یک ورودی و یک خروجی ۱۶۱
- شکل (پ-۳): مدل پوششی CCR در ماهیت ورودی ۱۶۳
- شکل (پ-۴): مدل پوششی CCR در ماهیت خروجی ۱۶۴
- شکل (پ-۵): مقایسه مجموعه امکان تولید دو مدل BCC و CCR ۱۶۶
- شکل (پ-۶): مجموعه امکان تولید تحت حالات مختلف بازده به مقیاس ۱۶۷

فصل اول:

مقدمه و کلیات موضوع

۱-۱ مقدمه

در این فصل به ارائه کلیات موضوع و تحقیق پیشنهادی شامل بیان و تعریف مسئله، اهمیت و ضرورت انجام تحقیق، جنبه های نوآوری و جدید بودن تحقیق، سؤالات، اهداف و کاربرد های پژوهش پیش رو پرداخته می شود. به عبارت دیگر هدف از فصل پیش رو، توضیح دلایل و تشریح چگونگی انتخاب موضوع و شکل گیری این رساله می باشد.

۱-۲ بیان مسئله

بدون شک، مقوله سرمایه گذاری با هدف کسب سود و شرایط مطلوب مالی، همواره یکی از دغدغه های بشر بوده است. بدین ترتیب که همواره بشر در کسوت سرمایه گذار به دنبال انتخاب و انجام یک سرمایه گذاری قابل قبول از بین انواع گزینه های پیش روی خویش می باشد تا بتواند از وضعیت مالی خود در مقابل تورم و از بین رفتن ارزش پول محافظت کند و هم چنین شرایط مالی حاکم بر زندگی خودش را بهبود ببخشد. از این رو چگونگی انجام یک فرآیند سرمایه گذاری مطلوب توسط سرمایه گذاران با هدف موفقیت و پیشرفت مالی، یکی از اصلی ترین، جذاب ترین و پرکاربرد ترین حوزه های تحقیقاتی و تصمیم گیری مالی برای سرمایه گذاران و پژوهشگران این حوزه، است.

لازم به ذکر است که سرمایه گذاری روش های مختلفی دارد که هرکدام از آنها برای موفقیت آمیز بودن، نیازمند داشتن مهارت و اطلاعات کافی است. یکی از مهم ترین روش های سرمایه گذاری، سرمایه گذاری در بورس است که در صورتی که به درستی و با مهارت انجام شود می تواند بازدهی مناسبی را برای سرمایه گذار به ارمغان بیاورد. اما توجه به این نکته ضروری است که همه افراد مهارت، اطلاعات و یا زمان کافی برای سرمایه گذاری در بورس را در اختیار ندارند. به همین دلیل این افراد بایستی با به کارگیری روش های دیگر، اقدام به سرمایه گذاری در بورس نمایند.

یکی از رویکرد های سرمایه گذاری غیرمستقیم در بورس که در سالیان گذشته از محبوبیت بالایی در بین سرمایه گذاران برخوردار شده است، سرمایه گذاری در بنگاه های سرمایه گذاری هم چون شرکت ها و صندوق های سرمایه گذاری می باشد. امروزه، شرکت ها و صندوق های سرمایه گذاری از نقش بسیار کلیدی در بازار های سرمایه برخوردار هستند. فرآیند آنها بدین شکل است که ابتدا منابع مالی را از سرمایه گذاران جمع آوری نموده و سپس در سبد متنوعی از اوراق بهادار هم چون سهام، اوراق قرضه، ابزارهای کوتاه مدت بازار پول و غیره با توجه به هدف شرکت و صندوق، به صورت حرفه ای سرمایه گذاری می کنند. لازم به ذکر است که بنگاه های سرمایه گذاری با ایفای نقش واسطه مالی و تبدیل سرمایه گذاری افراد غیر حرفه ای از حالت مستقیم به غیر مستقیم، دارای مزایای قابل توجهی برای سرمایه گذران و بازار های مالی می باشند که مهم ترین مزایای آنها عبارتند از:

❖ مدیریت حرفه ای

❖ انعطاف پذیری و تنوع بخشی اوراق بهادار

❖ کاهش ریسک سرمایه گذاری

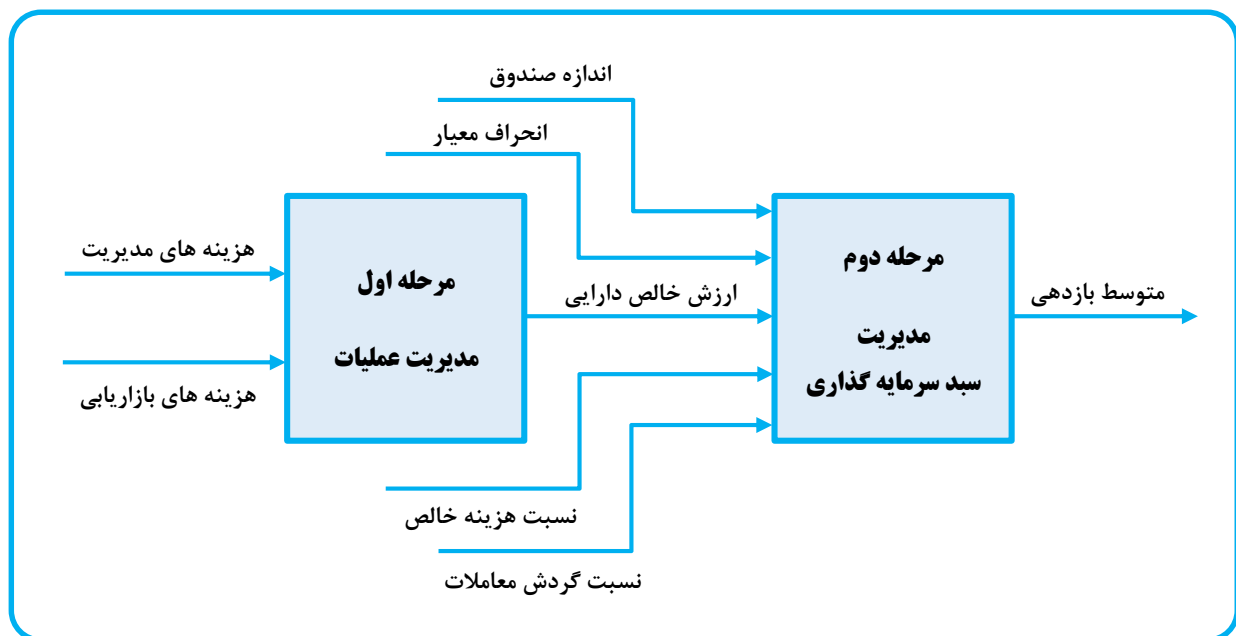
❖ نظارت و شفافیت اطلاعاتی

❖ صرفه جویی نسبت به مقیاس

❖ پایین بودن هزینه معاملات

❖ نقدشوندگی بالا

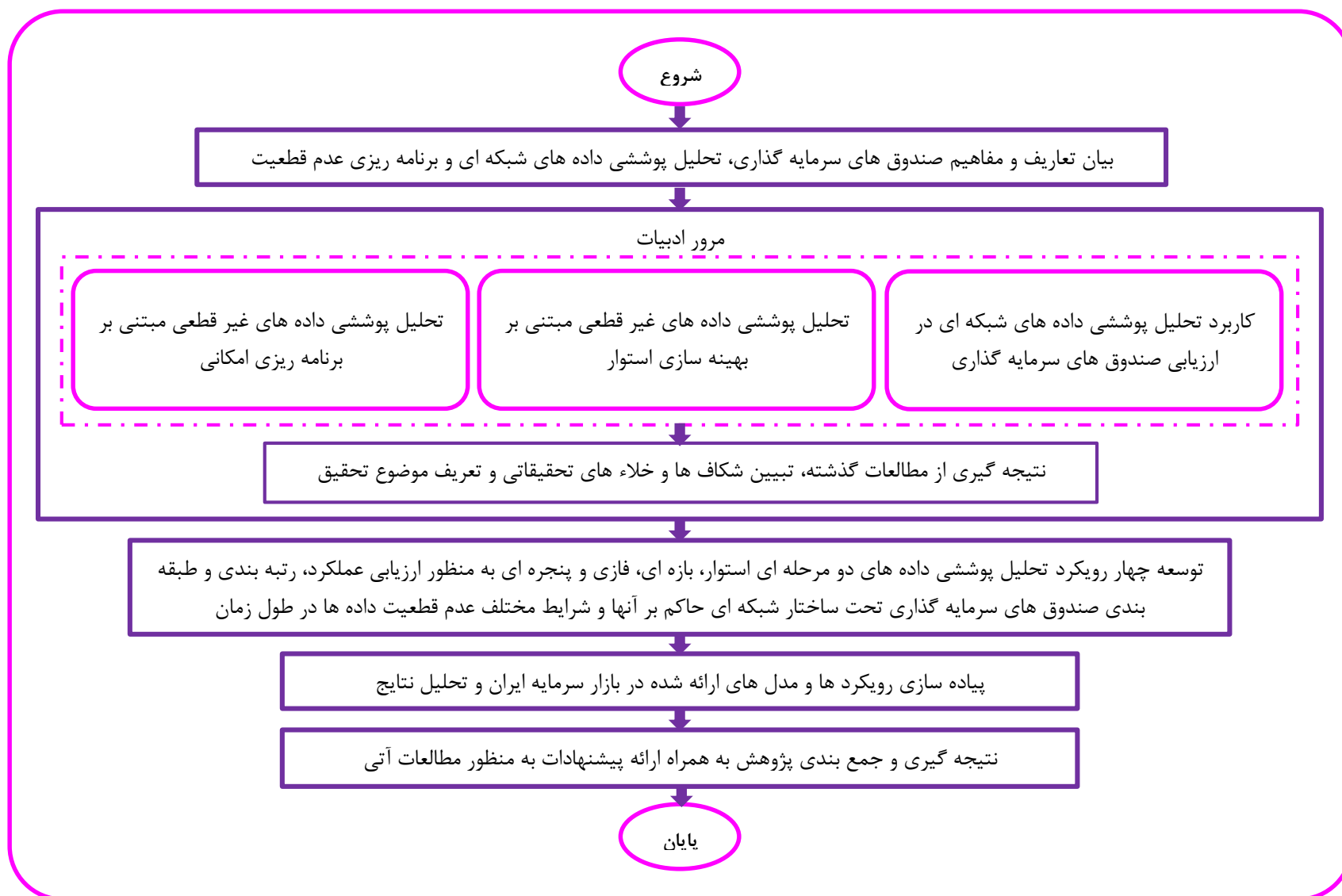
لازم به ذکر است که ساختار حاکم بر بنگاه های سرمایه گذاری را می توان به صورت یک سیستم دو مرحله ای در نظر گرفت. بدین صورت که در مرحله اول، مدیریت بنگاه سرمایه گذاری تلاش می کند تا از سرمایه گذاران جذب سرمایه کند و در مرحله دوم، اقدام به یک سرمایه گذاری مناسب و تشکیل سبد دارایی به منظور کسب بازدهی مطلوب و قابل قبول نماید. به منظور درک بیشتر توضیحات ارائه شده و آشنایی با چگونگی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری، یک شمای کلی از ساختار داخلی آنها در **شکل (۱-۱)** نشان داده شده است:



شکل (۱-۱): ساختار داخلی صندوق های سرمایه گذاری

همان طور که در **شکل (۱-۱)** ملاحظه می شود، یک بنگاه سرمایه گذاری در صورتی دارای عملکرد مطلوب است که در هر دو مرحله داخلی خویش یعنی مدیریت عملیات و مدیریت سبد سرمایه گذاری، از عملکرد مناسب و قابل قبولی برخوردار باشد. با توجه به توضیحات ارائه شده، به وضوح ملاحظه می گردد که نیاز به روشی کارآمد و توانمند به منظور ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری با قابلیت در نظر گرفتن ساختار شبکه ای و روابط داخلی حاکم بر صندوق ها، احساس می گردد.

علاوه بر این نکته مهم، در نظر گرفتن ماهیت حاکم بر داده ها هم چون عدم قطعیت و ساختار پانل موجود در داده های مالی نیز امری بسیار ضروری است که در صورت عدم توجه به این دو نکته بسیار مهم، بدون شک نتایج حاصله و نهایی از صحت و اعتبار قابل قبولی برخوردار نمی باشند. از این رو در رساله پیش رو تلاش می گردد تا با ارائه رویکرد های نوین و کاربردی به توسعه مدل های دو مرحله ای تحلیل پوششی داده ها برای ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری با در نظر گرفتن ماهیت و ساختار داده های مالی پرداخته شود. بر این اساس، شمای کلی رساله در قالب **شکل (۲-۱)** نشان داده شده است:



شکل (۱-۲): شمای کلی رساله

با توجه به **شکل (۱-۲)** که نشان دهنده شمای کلی رساله می باشد، یکی از گام های بسیار مهم رساله پیش رو، ارائه یک مرور ادبیات جامع و کامل به همراه بررسی و طبقه بندی تمامی مطالعات صورت گرفته در سه حوزه کاربرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای در ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری، تحلیل پوششی داده های غیر قطعی مبتنی بر بهینه سازی استوار و در نهایت تحلیل پوششی داده های غیر قطعی مبتنی بر برنامه ریزی امکانی می باشد. در واقع در بخش مرور ادبیات تلاش گردید تا نوآوری ها و رئوس اصلی پژوهش هم از راستای کاربردی و هم از لحاظ نظری برجسته و شفاف سازی گردند.

در ادامه به توسعه چهار رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای استوار، تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای بازه ای، تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای فازی و تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای پنجره ای به منظور ارزیابی عملکرد، رتبه بندی و طبقه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت ساختار شبکه ای حاکم بر آنها و در نظر گرفتن انواع مختلف عدم قطعیت و شرایط زمانی داده های مالی پرداخته می شود. در نهایت نیز هر چهار رویکرد پیشنهادی رساله با استفاده از داده های واقعی مستخرج از بازار سرمایه ایران به عنوان مطالعه موردی پژوهش، مورد پیاده سازی و نتایج حاصله مورد تجزیه و تحلیل واقع می گردند.

۱-۳ اهمیت موضوع و ضرورت انجام تحقیق

با توجه به نقش انکار ناپذیر و جایگاه مهم بنگاه های سرمایه گذاری در بازار های مالی، ارائه رویکردی توانمند با هدف ارزیابی عملکرد آنها به منظور شناسایی بنگاه های کارآمد و ارائه راه کار اصلاحی برای بنگاه های نا کارآمد، امری ضروری است. یکی از توانمند ترین و پر کاربرد ترین روش های حوزه ارزیابی عملکرد، رویکرد تحلیل پوششی داده ها می باشد. لازم به ذکر است که این رویکرد تا کنون دارای کاربرد بسیاری در حوزه های مختلف هم چون مالی، بانکداری، بیمه، زنجیره تامین، آموزش، حمل و نقل، بهداشت و سلامت، انرژی، گردشگری، کشاورزی، ورزش، تولید و غیره بوده است.

در ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده ها، توجه به چند نکته ضروری است. نکته مهم اول اینکه تمامی مدل های کلاسیک تحلیل پوششی داده ها برای ارزیابی کارایی واحد های تصمیم گیرنده، واحد ها را به صورت جعبه سیاهی در نظر می گیرند که از ورودی های اولیه برای تولید خروجی های نهایی استفاده می کند. حال آنکه که در بسیاری از مسائل دنیای واقعی از جمله صندوق های سرمایه گذاری، واحد های تحت بررسی دارای ساختار شبکه ای می باشند. اگر برای ارزیابی چنین واحد هایی از مدل های کلاسیک تحلیل پوششی داده ها استفاده شود، نتایج مناسبی حاصل نمی گردد. زیرا در این صورت، ساختار درونی واحد ها و روابط درون سازمانی در محاسبه کارایی در نظر گرفته نمی شوند و اگر در فرآیند شبکه ای حاکم بر واحد تحت بررسی، یکی از مراحل یا زیر واحد ها خوب عمل نکنند، منشاء این نا کارایی قابل شناسایی نمی باشد. بنابراین با توجه به اهمیت این موضوع و نکات مطرح شده، برای برطرف نمودن مشکلات مذکور و در نظر گرفتن ساختار درونی واحد ها در محاسبه کارایی، بایستی از مدل های تحلیل پوششی داده های شبکه ای به منظور ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری استفاده نمود.

نکته بسیار مهم دیگر، ضرورت در نظر گرفتن عدم قطعیت در ارزیابی بنگاه های سرمایه گذاری می باشد. زیرا عدم قطعیت یکی از موارد غیر قابل اجتناب در بازار های مالی و فرآیند سرمایه گذاری می باشد و در نظر گرفتن و چگونگی برخورد با آن در هنگام ارزیابی و رتبه بندی واحد ها با استفاده از تحلیل پوششی داده ها، امری بسیار ضروری است. علت این امر نیز حساسیت بالای تحلیل پوششی داده ها به تغییرات داده می باشد که کوچک ترین عدم قطعیت موجود در شاخص ها و معیار های مورد استفاده، می تواند به میزان قابل توجهی در مقادیر کارایی و حتی کارا و ناکارا بودن آنها تاثیر بگذارد. لذا ارایه و استفاده از مدل های تحلیل پوششی داده هایی که بتوانند کارایی بنگاه های سرمایه گذاری را در حضور عدم قطعیت داده ها، ارزیابی نمایند، بسیار ضرورت دارد. لازم به ذکر است در فرآیند مدل سازی و بهره گیری از مدل های تحلیل پوششی داده های غیر قطعی، بایستی به نوع عدم قطعیت داده ها توجه شود و متناسب با آن از رویکرد های پر کاربرد حوزه برنامه ریزی عدم قطعیت هم چون برنامه ریزی تصادفی، بهینه سازی فازی، بهینه سازی استوار و برنامه ریزی بازه ای استفاده نمود.

نکته حائز اهمیت دیگر این است که در مدل های کلاسیک تحلیل پوششی داده ها، از داده های مقطعی به منظور ارزیابی عملکرد واحد ها استفاده می شود و اندازه گیری کارایی واحد ها فقط در یک زمان مشخص صورت می پذیرد. در نتیجه اثر تغییرات زمان در ارزیابی واحد ها در نظر گرفته نمی شود. لذا با توجه به اینکه داده های مقطعی نگاهی گذرا از وضعیت کارایی واحد ها ارائه می دهند، استفاده از داده های پانل بر داده های مقطعی ارجحیت دارد و می تواند منجر به نتایج قابل اتکاتری گردد. به عبارت دیگر، تصمیم گیری در مورد کارایی واحد ها، تنها با تمرکز بر داده های مربوط به یک بازه زمانی خاص از معیار ها و شاخص های مالی و عدم در نظر گرفتن روند مربوط به بازه های زمانی پیشین این معیار ها، می تواند منجر به نتیجه گیری اشتباه در مورد کارایی واحد مورد نظر گردد. زیرا این امکان وجود دارد که تنها در بازه زمانی مذکور، معیار و واحد مربوطه مطلوب و یا غیر مطلوب بوده و در بازه های پیشین دارای روندی متفاوت بوده است. از این رو استفاده از مدل های تحلیل پوششی داده های پنجره ای، شاخص بهره وری مالیم کوئیست و رویکرد های پیش بینی بسیار مفید می باشند.

۴-۱ جنبه های نوآوری و جدید بودن موضوع

لحاظ نمودن ماهیت و ساختار داده های مالی هم چون ساختار دو مرحله ای حاکم بر بنگاه های سرمایه گذاری، عدم قطعیت موجود در بازار های مالی و هم چنین در نظر گرفتن تغییرات زمانی داده ها و استفاده از داده های پانل به منظور ارائه رویکرد نوین تحلیل پوششی داده های شبکه ای با هدف ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری، از جمله مهم ترین نوآوری های پژوهش پیش رو می باشند. لازم به تاکید است که در فرآیند ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری با بهره گیری از رویکرد تحلیل پوششی داده ها، هر چه بیشتر به ماهیت و ساختار داده های مالی توجه شود، مدل و رویکرد ارائه شده از تطابق بیشتری با ویژگی های بازار های مالی برخوردار خواهد بود و در صورت عدم توجه به این نکات، رویکرد ارائه شده، توانمندی، کارآمدی قابل قبول و قابلیت پیاده سازی در بازار های مالی را نخواهد داشت.

۱-۵ اهداف تحقیق

هدف اصلی و کلی پژوهش پیش رو، ارائه رویکرد نوین تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای به منظور ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری با قابلیت در نظر گرفتن ماهیت و ساختار داده های مالی می باشد که در ذیل به جزئیات مورد انتظار این هدف در قالب اهداف فرعی رساله اشاره شده است:

- ❖ مرور ادبیات جامع و کامل مطالعات صورت گرفته در حوزه کاربرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای به منظور ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری
- ❖ مرور ادبیات جامع و کامل مطالعات صورت گرفته در حوزه تحلیل پوششی داده های استوار
- ❖ مرور ادبیات جامع و کامل مطالعات صورت گرفته در حوزه تحلیل پوششی داده های امکانی
- ❖ ارائه رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای استوار
- ❖ ارائه رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی مبتنی بر برنامه ریزی امکانی
- ❖ ارائه رویکرد نوین رتبه بندی واحد های تصمیم گیرنده تحت عدم قطعیت داده ها
- ❖ ارائه رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای
- ❖ ارائه رویکرد نوین ارزیابی عملکرد واحد های تصمیم گیرنده با ساختار دو مرحله ای

۱-۶ کاربرد های تحقیق

با توجه به این نکته که پژوهش پیش رو حاصل تلفیق چند حوزه مهم تحقیقاتی و کاربردی از جمله ارزیابی بنگاه های سرمایه گذاری، برنامه ریزی عدم قطعیت، تحلیل پوششی داده ها و ارزیابی عملکرد می باشد، لذا دارای کاربرد های قابل توجه برای محققین هر یک از حوزه های مذکور و هم چنین سرمایه گذاران است. از این رو مهم ترین کاربران این تحقیق عبارتند از:

- ❖ مسئولین و مدیران صندوق های سرمایه گذاری
- ❖ مسئولین و مدیران بورس اوراق بهادار
- ❖ سرمایه گذاران و فعالان بازار سرمایه
- ❖ تحلیل گران حوزه های مالی و اقتصادی
- ❖ پژوهشگران حوزه مهندسی صنایع
- ❖ پژوهشگران حوزه مهندسی مالی
- ❖ پژوهشگران حوزه مدیریت مالی
- ❖ پژوهشگران حوزه ریاضیات مالی
- ❖ پژوهشگران حوزه ریاضیات کاربردی
- ❖ پژوهشگران حوزه ارزیابی عملکرد
- ❖ پژوهشگران حوزه برنامه ریزی عدم قطعیت

۷-۱ سوالات اصلی تحقیق

سوالات اصلی تحقیق پیش رو عبارتند از:

- ❖ ضرورت ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری در قالب یک ساختار شبکه ای به چه دلیل می باشد؟
- ❖ داده های موجود در بازار های مالی دارای چه ویژگی هایی می باشند؟
- ❖ ماهیت عدم قطعیت موجود در داده های مورد استفاده چگونه است و بایستی از چه روش برنامه ریزی عدم قطعیتی برای مقابله با نوع عدم قطعیت مذکور بهره گرفت؟
- ❖ عدم قطعیت داده ها چه تاثیری بر نتایج مربوط به کارایی و رتبه بندی بنگاه های سرمایه گذاری دارد؟
- ❖ استفاده از داده های پانل به منظور در نظر گرفتن اثر تغییرات زمانی به چه صورت است؟

۸-۱ ساختار تحقیق

ساختار و چارچوب تحقیق پیش رو شامل پنج فصل به قرار زیر است:

فصل اول) مقدمه و کلیات موضوع: در نخستین فصل، به تعریف موضوع تحقیق و چارچوب تحقیقاتی حاکم بر پژوهش و ابعاد مختلف آن، هم چون ضرورت انجام تحقیق، کاربردهای پژوهش، اهداف و سوالات تحقیق و مبانی چگونگی انجام آن به همراه شمای کلی رساله پرداخته می شود.

فصل دوم) مبانی نظری، پیشینه تجربی و روش شناسی پژوهش: در دومین فصل، مفاهیم، تعاریف، مدل ها و رویکردهای پایه ای مورد نیاز به منظور آشنایی با مبانی موضوع هم چون تحلیل پوششی داده ها و انواع مدل های آن به همراه برنامه ریزی عدم قطعیت ارائه می گردند. هم چنین، به بررسی و طبقه بندی مطالعات صورت گرفته در ادبیات موضوع به همراه شکاف های تحقیقاتی موجود در حوزه تحقیق پرداخته می شود. در نهایت نیز روش شناسی، نماد گذاری و رئوس اصلی پژوهش ارائه و توضیح داده می شوند.

فصل سوم) ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری تحت داده های بازه ای: در سومین فصل، به ارائه دو رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای استوار و تحلیل پوششی داده های شبکه ای بازه ای با هدف ارزیابی عملکرد، رتبه بندی و طبقه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت داده های بازه ای و عدم قطعیت عمیق پرداخته می شود.

فصل چهارم) ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری تحت داده های فازی: در چهارمین فصل، رویکرد نوین تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی با بهره گیری از برنامه ریزی امکانی به منظور ارزیابی عملکرد و رتبه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت عدم قطعیت فازی ارائه می گردد. هم چنین اعتبار سنجی و تحلیل حساسیت نتایج حاصل از پیاده سازی رویکرد پیشنهادی نیز مورد بررسی قرار می گیرد.

فصل پنجم) ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری تحت داده های دوره ای: در پنجمین فصل، رویکرد نوین تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای با هدف ارزیابی عملکرد و رتبه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت داده های دوره ای و هم چنین، بررسی تغییرات عملکرد و شناسایی روند کارایی آنها طی دوره های زمانی مختلف ارائه می شود.

فصل ششم) نتیجه گیری و پیشنهادات آتی: در ششمین فصل، به جمع بندی کلی مطالب و رویکرد های ارائه شده در رساله پرداخته می شود. هم چنین تعدادی پیشنهاد و فرصت تحقیقاتی برای مسیرهای آتی پژوهشی در راستای موضوع رساله نیز مطرح می گردد. در نهایت نیز مقایسه و طبقه بندی رویکرد های پیشنهادی پژوهش ارائه می گردد.

۹-۱ جمع بندی

در این فصل تلاش گردید تا با بررسی علل و چرایی انتخاب موضوع تحقیق و توضیحات کلی مورد نیاز برای آشنایی با حوزه تحقیق، یک شمای کلی از رساله و اهداف اصلی و فرعی مورد انتظار آن به همراه چگونگی دستیابی به هر یک از این اهداف ارائه گردد. به عبارت دیگر مقدمات و کلیات موضوع تحقیق در قالب بخش های مختلف و مورد نیاز به منظور شفاف سازی موضوع و بیان مسئله، ارائه و مورد بحث و بررسی قرار گرفتند.

فصل دوم:

مبانی نظری، پیشینه تجربی و روش شناسی پژوهش

۲-۱ مقدمه

در این فصل، علاوه بر آشنایی با صندوق های سرمایه گذاری، به ارائه مبانی نظری تحقیق شامل فرمول ها، مدل ها و رویکرد هایی که در این رساله مورد استفاده قرار خواهند گرفت، پرداخته می شود. لازم به توضیح است که تمرکز اصلی در بخش مبانی نظری بر روی رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای به همراه روش های کاربردی برنامه ریزی عدم قطعیت در حوزه تحلیل پوششی داده های غیر قطعی می باشد. هم چنین در ادامه فصل، پیشینه تجربی پژوهش شامل پژوهش های صورت گرفته در ادبیات موضوع تحقیق ارائه می گردند. لازم به ذکر است شکاف های تحقیقاتی مستخرج از ادبیات حوزه نیز برجسته و شفاف سازی می شوند. هم چنین در نهایت تمامی اندیس ها، مجموعه ها، پارامتر ها و متغیر های تصمیم مورد استفاده در فصول آتی به منظور ارائه رویکرد های پیشنهادی رساله، به صورت یکپارچه معرفی می گردند. در واقع در بخش پیشینه تجربی و روش شناسی پژوهش تلاش می گردد تا علل انتخاب رئوس اصلی موضوع پژوهش به صورت مستند ارائه و پیش نیاز ها، ساختار شبکه ای تحقیق و نماد گذاری های مورد نیاز در رساله نیز به منظور خلاصه نویسی و پرهیز از تکرار پیش از هر مدل سازی بیان گردند.

۲-۲ مروری بر صندوق های سرمایه گذاری

به طور کلی سرمایه گذاری در بازار های مالی به دو روش مستقیم و غیر مستقیم صورت می پذیرد. در سرمایه گذاری مستقیم افراد، خود با دانشی که دارند بدون واسطه اقدام به خرید و فروش اوراق بهادار می کنند. به عبارت دیگر، در سرمایه گذاری مستقیم فرد باید خودش اطلاعات کافی درمورد سرمایه گذاری خویش را داشته باشد و علاوه بر اختصاص زمان کافی برای مدیریت سرمایه اش، بایستی تمامی ریسک احتمالی سرمایه گذاری را نیز قبول نماید. چرا که در تمام بازار های مالی نوساناتی وجود دارد که اگر شخص اطلاعات لازم در خصوص سرمایه گذاری در آن بازار را نداشته باشد، ممکن است زیان های بسیار شدیدی را متحمل شود.

شکی نیست که همه افراد، دانش و تجربه کافی را برای معامله در بورس و سایر بازار ها ندارند. از طرف دیگر، ممکن است افرادی که با تجربه و خیره نیز باشند، زمان لازم برای حضور در بازار سرمایه را نداشته باشند. لذا این افراد بایستی از روش سرمایه گذاری غیر مستقیم و از طریق واسطه های مالی، اقدام به سرمایه گذاری در بازار های مالی نمایند. در سرمایه گذاری غیر مستقیم، افراد سرمایه خود را در اختیار نهاد مالی دیگری قرار می دهند و متولیان نهاد مالی مذکور با توجه به تخصص و دانشی که دارند، آن را به طرق مختلف سرمایه گذاری کرده و در نهایت سود حاصله را به سرمایه گذار پرداخت می نمایند (ارباب، ۱۳۹۵). روش سرمایه گذاری غیر مستقیم مناسب افرادی است که دانش کافی از بازار های مالی ندارند و یا نمی توانند وقت لازم و مورد نیاز را برای مدیریت سرمایه خویش صرف نمایند. هم چنین برای افرادی که دارای قدرت ریسک پذیری بسیار پایینی هستند و ترجیح می دهند از طریق یک روش مطمئن وارد بازار معاملات بورسی شوند، بسیار مناسب است. صندوق های سرمایه گذاری^۱ یکی از مهم ترین نهاد ها و ساز و کارهای سرمایه گذاری غیر مستقیم در بازار های مالی هستند که شرایط سرمایه گذاری در بازار را برای سرمایه گذاران مختلف به ویژه برای افراد مبتدی مساعدتر می نمایند.

صندوق های سرمایه گذاری با ایفای نقش واسطه مالی، سرمایه گذاری افراد غیر حرفه ای را از حالت مستقیم به غیر مستقیم تبدیل کرده و در این راستا، مزایای متعددی را هم برای بازار سرمایه و هم برای سرمایه گذار فراهم می کنند. صندوق های مذکور از یک سو با ارائه راهکار مناسب برای رشد کمی، کیفی و کمک به توسعه پایدار بازار سرمایه و تشویق سرمایه گذاری غیر مستقیم، ورود افراد غیر حرفه ای را به بازار تسهیل می کند و از سوی دیگر این امکان را پدید می آورند که از طریق تشکیل سبد متنوعی از دارایی ها که هر کدام دارای ویژگی های خاص خود هستند، ضمن کسب بازدهی مناسب، ریسک سرمایه گذاران را نیز کاهش دهند. به طور کلی صندوق های سرمایه گذاری را می شود مانند یک موسسه در نظر گرفت که پول سرمایه گذاران خرد و کلان را جمع آوری می کند و با تجمیع این پول ها، اقدام به سرمایه گذاری در دارایی های مالی مختلف می نماید و سپس سرمایه گذاران خود را در سودی که به واسطه سرمایه گذاری در این صندوق ها کسب می شود، شریک می کند.

^۱Mutual Funds

۲-۲-۱ انواع صندوق های سرمایه گذاری

صندوق های سرمایه گذاری در دارایی های مالی متفاوتی نظیر سهام، اوراق مشارکت، سپرده های بانکی و غیره سرمایه گذاری می کنند. طبق قوانین بازار اوراق بهادار، هر صندوق درصدی از سرمایه های دریافتی خود را باید در مواردی که در اساسنامه آن صندوق ذکر شده، سرمایه گذاری کند. با توجه به این نکات، در ادامه مهم ترین انواع صندوق های سرمایه گذاری با توجه به دارایی های تحت مالکیتشان ارائه می گردد (تاج بر، ۱۳۹۵).

صندوق های سرمایه گذاری با درآمد ثابت: صندوق های با درآمد ثابت بازدهی معقول با حداقل ریسک ممکن را نصیب سرمایه گذاران خود می کنند و افرادی که واحد های این صندوق ها را خریداری می کنند، در واقع سرمایه گذارانی کم ریسک هستند. به همین علت مدیران این صندوق های سرمایه گذاری منابع مالی حاصل از فروش واحد های این صندوق ها را عمدتاً به خرید اوراق بهادار بسیار کم ریسک مثل اوراق مشارکت، اوراق اجاره و اوراق خزانه و غیره اختصاص می دهند تا بتوانند سود قابل قبولی برای سرمایه گذاران محقق کنند. لازم به ذکر است که صندوق های با درآمد ثابت دارای ضامن نقد شوندگی و ضامن جبران خسارت احتمالی هستند و بنابراین پیش بینی های لازم برای پرداخت سود و هم چنین اصل سرمایه افراد در این صندوق ها انجام می شود و موظف به سرمایه گذاری حداقل ۷۵ درصد و حداکثر ۹۵ درصد از دارایی های خود در اوراق با درآمد ثابت هستند.

صندوق های سرمایه گذاری در سهام: صندوق های سهام به صندوق هایی اطلاق می شوند که بر اساس شرایط درج شده در اساسنامه و امیدنامه خود حداقل ۷۰ درصد ترکیب دارایی های خود را در سهام شرکت های پذیرفته شده در بورس یا بازار اول فرابورس سرمایه گذاری می کنند. بنابراین ریسک سرمایه گذاری در این صندوق ها در مقایسه با صندوق های با درآمد ثابت بیشتر و همچنین احتمال کسب بازدهی بالاتر در این نوع صندوق ها نیز بیشتر است. این مدل سرمایه گذاری مناسب افرادی است که دارای قدرت ریسک پذیری بالاتری بوده، دید بلند مدت به سرمایه گذاری خود داشته و درعین حال تخصص یا فرصت کافی برای سرمایه گذاری در بورس را ندارند.

لازم است بدانید که صندوق های سرمایه گذاری سهامی در استراتژی سرمایه گذاری خود با یکدیگر متفاوت هستند و ممکن است محافظه کارانه، میانه رو یا تهاجمی باشند. برای سرمایه گذاری در این صندوق ها توصیه می شود که سرمایه گذار به امیدنامه شرکت مراجعه نماید تا از استراتژی های آنها و ابزار هایی که در آنها سرمایه گذاری می کنند، مطلع گردد. البته با گذشت زمان هرچه عملکرد صندوق موفق تر بوده و سودآوری بیشتری داشته باشد، ارزش واحد های آن صندوق هم افزایش پیدا می کند و در مقابل اگر صندوق عملکرد مناسبی نداشته باشد، ممکن است ارزش واحد های سرمایه گذاری صندوق رشد مناسبی نداشته و حتی کاهش هم داشته باشد.

صندوق های سرمایه گذاری مختلط: این نوع از صندوق ها را می توان حد میانی صندوق های با درآمد ثابت و صندوق های سهامی دانست. به این معنی که نیمی از سرمایه را در سهام شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار و نیمه دیگر را در اوراق بهادار با درآمد ثابت سرمایه گذاری می کنند. بنابراین نسبت به صندوق های سهامی دارای ریسک کمتر و نسبت به صندوق های با درآمد ثابت ریسک بیشتری دارند. و از لحاظ ریسک و بازده بین صندوق های با درآمد ثابت و صندوق های سهامی قرار می گیرند. ترکیب دارایی ها در این نوع صندوق ها، بر اساس الزامات بورس، بین ۴۰ الی ۶۰ درصد در بورس و به طور مشابه بین ۴۰ الی ۶۰ درصد در اوراق بهادار با درآمد ثابت در نظر گرفته شده است.

صندوق های سرمایه گذاری طلا: امروزه در کنار امکان خرید و فروش فیزیکی طلا می توان گواهی سپرده طلا یا صندوق های سرمایه گذاری مبتنی بر طلا را نیز معامله کرد. یکی دیگر از انواع صندوق های سرمایه گذاری، صندوق های سرمایه گذاری مبتنی بر طلا هستند که حداقل ۷۰ درصد سرمایه گذاری این صندوق ها در سکه، طلا و اوراق مشتقه مبتنی بر طلا و ما بقی در اوراق با درآمد ثابت سرمایه گذاری می شود. با توجه به اینکه خریداری طلا و سکه به صورت فیزیکی ریسک هایی از قبیل احتمال سرقت، تقلب و غیره را داراست و جهت پوشش این ریسک ها، نیاز به هزینه وجود دارد، سرمایه گذاران می توانند این ریسک ها را با سرمایه گذاری در صندوق طلا، پوشش دهند.

صندوق سرمایه گذاری اختصاصی بازار گردانی: این نوع از صندوق ها با هدف بازار گردانی مجموعه‌ای از سهام مشخص شده در امیدنامه صندوق تأسیس شده اند. بنابراین صندوق های اختصاصی بازار گردانی به غیر از سهام و حق تقدم خرید سهام، در سایر دارایی ها سرمایه گذاری نمی کنند. عملکرد این صندوق ها، نقدشوندگی سهام را زیاد می کند. همچنین باعث حرکت قیمت سهام به سمت ارزش ذاتی اش می شود. صندوق های اختصاصی بازار گردانی از تشکیل صف های خرید و فروش در سهام جلوگیری می کنند و باعث روان شدن معاملات می شوند و مشتری های آنها معمولاً افراد حقوقی هستند.

صندوق سرمایه گذاری شاخصی: صندوق شاخصی بر مبنای یکی از شاخص های بازار سرمایه پرتفوی خود را تشکیل می دهند. این شاخص می تواند شاخص کل یا یکی دیگر از شاخص های بازار سهام باشد. در نتیجه عملکرد و بازدهی آنها مشابه با شاخص مربوطه است.

صندوق سرمایه گذاری نیکوکاری: هدف از تشکیل این نوع صندوق ها، تخصیص سرمایه افراد به امور خیر خواهانه است. ساختار صندوق های نیکوکاری به نحوی است که از سرمایه گذاری در امور خیر خواهانه اطمینان حاصل می شود و برای این کار از ارگان نظارتی نظیر حسابرسان و متولی صندوق استفاده می شود. در این نوع سرمایه گذاری فرد سرمایه گذار می تواند مشخص کند که چه میزان از سرمایه و سود ناشی از آن به امور خیر خواهانه تخصیص داده شود. ممکن است فردی کل سود خود و یا قسمتی از آن را به امور خیر خواهانه تخصیص دهد. حتی این امکان وجود دارد که اصل سرمایه و سود آن به امور نیکوکارانه تخصیص داده شود که در این صورت پس از انحلال صندوق اصل سرمایه فرد نیز صرف امور خیر خواهانه خواهد شد.

صندوق سرمایه گذاری قابل معامله بورسی: سرمایه گذاری آسان یکی از مهم ترین ویژگی های صندوق های سرمایه گذاری است. در این میان صندوق های قابل معامله در بورس کار را راحت تر کرده اند و به آسانی می توان در انواع صندوق های سرمایه گذاری مشارکت کرد و یا سرمایه را نقد نمود. صندوق های سرمایه گذاری قابل معامله تمام انواع صندوق های سرمایه گذاری را در بر می گیرند.

این صندوق ها مانند سهام قابل معامله در بورس، خرید و فروش می شوند و می توان به راحتی آنها را معامله کرد. از نظر ماهیت، صندوق های سرمایه گذاری قابل معامله خود به سه نوع با درآمد ثابت، سهامی و مختلط تقسیم می شوند. صندوق های قابل معامله در بورس به این دلیل که به صورت آنلاین خرید و فروش می شوند، قابلیت نقد شوندگی بالاتری نسبت به صندوق های غیر قابل معامله دارند. ارزش خالص دارایی ها در صندوق های قابل معامله، به صورت لحظه ای محاسبه می شود، در حالی که در سایر صندوق ها با یک روز تاخیر محاسبه و منتشر می شود. قیمت واحد های سرمایه گذاری در صندوق های قابل معامله ارزان تر از صندوق های غیر قابل معامله است و این مسئله امکان سرمایه گذاری های کوچکتر را فراهم می کند.

صندوق های سرمایه گذاری تامین مالی: همان طور که ذکر شد انواع صندوق سرمایه گذاری در ایران بر مبنای فاکتور هایی از قبیل ترکیب دارایی ها، هدف، اندازه و غیره دسته بندی می شوند. در این میان سه نوع صندوق وجود دارد که با هدف تامین مالی به وجود آمده اند که در ادامه توضیح داده خواهند شد:

صندوق های سرمایه گذاری پروژه: صندوق پروژه، صندوقی است که با هدف تامین مالی پروژه های مختلف و اجرای آنها مورد استفاده قرار می گیرد. در واقع این نوع از صندوق ها سرمایه جمع آوری شده افراد را برای ساخت و بهره وری پروژه از پیش تعیین شده ای مورد استفاده قرار می دهند. برای این کار ابتدا شرکت سهامی خاصی با عنوان شرکت پروژه تاسیس می شود. پس از اتمام پروژه این شرکت به سهامی عام تبدیل شده و به سرمایه گذاران به اندازه سهمی که داشته اند از سهام شرکت مربوطه واگذار می گردد.

صندوق های سرمایه گذاری زمین و ساختمان: یکی دیگر از انواع صندوق سرمایه گذاری تامین مالی، صندوق زمین و ساختمان است. این نوع از صندوق ها با هدف تامین مالی پروژه های ساختمانی به وجود آمده اند که با مجوز سازمان بورس در قالب یک شخصیت حقوقی تاسیس می شوند و می توانند به عنوان گزینه جایگزین وام عمل نمایند. یکی از اهداف این صندوق ها حفظ ارزش پول سرمایه گذاران در مقابل افزایش قیمت زمین یا ساختمان است که پس از اتمام پروژه و فروش واحد های ساختمانی، سود آن بین افراد تقسیم می شود.

صندوق های سرمایه گذاری جسورانه: صندوق های جسورانه یا خطر پذیر یکی دیگر از انواع صندوق سرمایه گذاری در ایران است که با هدف تامین مالی شرکت های نوپا و شرکت های کوچک تاسیس شده اند. ریسک این نوع از صندوق ها بسیار بالاست و در نتیجه بازدهی مورد انتظار بالاتری نیز دارند و به همین دلیل به این نوع از صندوق ها، جسورانه اطلاق می شود. صندوق های جسورانه، سرمایه جمع آوری شده افراد حقیقی و حقوقی را به سرمایه گذاری در شرکت ها و صنایع نو ظهوری که به منابع مالی کافی دسترسی ندارند، تخصیص می دهند تا افراد بتوانند از آن متفع گردند.

۲-۲-۲ مزایای صندوق های سرمایه گذاری

سرمایه گذاری آسان: یکی از مزایای مهم صندوق های سرمایه گذاری، این است که سرمایه گذار وقت و انرژی خاصی برای افزایش سرمایه صرف نمی کند. تنها کاری که سرمایه گذار باید انجام دهد، این است که صندوق سرمایه گذاری مناسب را انتخاب کرده و به آن مراجعه کند و کار های مربوط به آن را انجام دهد. ادامه کار های مرتبط با سرمایه گذاری توسط صندوق انجام می شود و نیازی به پیگیری و تحلیل بازار توسط سرمایه گذار نیست. از این رو، در وقت سرمایه گذار نیز صرفه جویی می شود.

مدیریت حرفه ای دارایی ها: صندوق سرمایه گذاری ابزاری برای سرمایه گذاران است تا بتوانند از توانایی ها و مهارت های افراد حرفه ای برای سرمایه گذاری و نظارت بر دارایی هایشان استفاده کنند. چرا که این صندوق ها دارای تحلیلگران و مدیران سرمایه گذاری هستند که پیوسته تلاش می کنند با یافتن گزینه های مناسب و خرید و فروش به موقع آنها، عملکرد ممتازی برای سرمایه گذاران خود فراهم نمایند.

نظارت و شفافیت اطلاعاتی: صندوق های سرمایه گذاری در بازه های زمانی مشخصی توسط سه نهاد سازمان بورس و اوراق بهادار، متولی و حسابرس، مورد بازرسی قرار می گیرند و تمامی فعالیت های آنان به صورت شفاف اطلاع رسانی می شوند. متولی صندوق نیز به صورت مستمر بر عملکرد صندوق نظارت دارد.

کاهش ریسک سرمایه گذاری ها: براساس قوانین سازمان بورس، صندوق های سرمایه گذاری ملزم به تشکیل سبدی متنوع از دارایی های نقدی و اوراق بهادار هستند. بخشی از این دارایی ها شامل دارایی های با درآمد ثابت همچون سپرده های بانکی و اوراق مشارکت می شود که ریسک سرمایه گذاری را به شکل قابل توجهی کاهش می دهد. تشکیل سبدی از دارایی ها که اصطلاحاً متنوع سازی دارایی ها نام دارد باعث کاهش ریسک سرمایه گذاری می شود. سرمایه گذار صندوق با پرداخت مبلغی قادر است چنین سبدی را خریداری کند و مخاطرات سرمایه گذاری مستقیم در بورس را کاهش دهد.

قابلیت نقد شوندگی مناسب: سرمایه گذاری در صندوق ها این امکان را به سرمایه گذار می دهد تا در صورت نیاز، بتواند با فروش واحد های سرمایه گذاری خویش، به نقدینگی مورد نیاز دست یابد. به عبارت دیگر سرمایه گذار هر زمان که تصمیم به نقد کردن دارایی خود بگیرد، ضامن نقد شوندگی صندوق این وظیفه مهم را بر عهده دارد.

صرفه جویی نسبت به مقیاس: با توجه به اینکه صندوق های سرمایه گذاری از گرد آوری سرمایه های خرد تشکیل می شوند، بنابراین امکان استفاده از مزایای یک مجموعه سرمایه گذاری بزرگ و متنوع برای دارندگان آن فراهم می شود. ضمناً به دلیل حجم بالای سرمایه صندوق ها هزینه هایی از قبیل تحلیل، بررسی، ارزش گذاری، خرید و فروش و سایر هزینه ها در بین سرمایه گذاران تقسیم و موجب صرفه جویی می گردد.

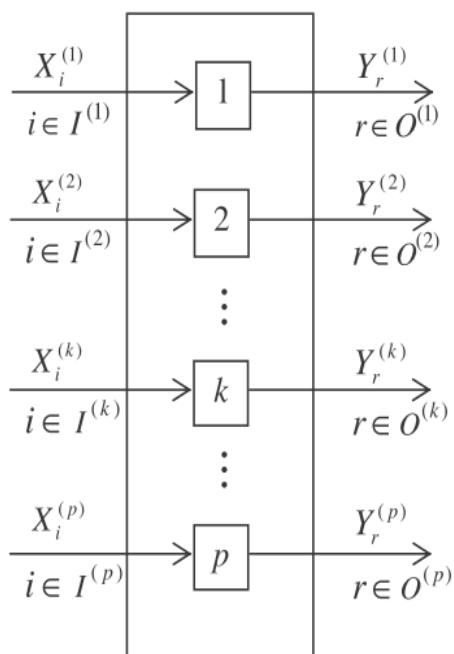
همان طور که در این بخش به وضوح ملاحظه گردید، صندوق های سرمایه گذاری از جایگاه و نقش بسیار مهمی در بازار سرمایه برخوردار هستند. از این رو با توجه به نقش انکار ناپذیر و جایگاه مهم بنگاه های سرمایه گذاری در بازار های مالی، ارائه رویکردی توانمند و کارآمد با هدف ارزیابی عملکرد، رتبه بندی و طبقه بندی بنگاه های سرمایه گذاری به منظور شناسایی بنگاه های کارآمد و هم چنین ارائه راه کار اصلاحی برای بنگاه های نا کارآمد، ضرورت می یابد (**رود دهقان، ۱۳۹۷**). در ادامه این فصل، تعاریف، مفاهیم و رویکرد های مورد نیاز در رساله به همراه توضیحات تکمیلی ارائه می گردند.

۲-۳ تحلیل پوششی داده های شبکه ای

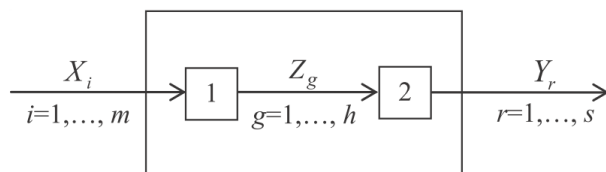
مدل های کلاسیک تحلیل پوششی داده ها برای ارزیابی عملکرد واحد های تصمیم گیرنده، واحد ها را به صورت جعبه سیاهی در نظر می گیرند که از ورودی های اولیه برای تولید خروجی های نهایی استفاده می کند. حال آنکه که در اکثر مواقع، واحد های تحت بررسی، فرایند تولید خروجی نهایی را در طی یک مرحله انجام نمی دهند و پس از طی چند مرحله خروجی نهایی را تولید می نمایند. اگر برای ارزیابی این چنین واحد هایی از مدل های سنتی تحلیل پوششی داده ها استفاده شود، نتایج مناسبی به دست نمی آید. زیرا در این صورت ساختار درونی واحد ها و روابط درون سازمانی در محاسبه کارایی در نظر گرفته نمی شود و اگر در روند تولید یکی از مراحل یا زیر واحد ها خوب عمل نکند، این ناکارایی در محاسبه کارایی شناسایی نمی شود و این موضوع پیامدهای نامطلوبی به همراه خواهد داشت.

بنابراین با توجه به اهمیت این موضوع و نکات مطرح شده، در دو دهه اخیر محققان حوزه تحلیل پوششی داده ها، برای برطرف نمودن مشکلات مذکور و در نظر گرفتن ساختار درونی واحد ها در محاسبه کارایی، مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای را مطرح نمودند (کائو، ۲۰۱۴، ۲۰۱۷). تحلیل پوششی داده های شبکه ای^۲ از حیث نوع ساختار شبکه متفاوت است که در **شکل (۱-۲)**، مهم ترین و پرکاربرد ترین ساختار های شبکه آورده شده است. همان طور که در **شکل (۱-۲)** نیز ملاحظه می شود، واحدهای تصمیم گیرنده متناسب با مسئله و مطالعه موردی تحت بررسی، ممکن است دارای ساختار های دو مرحله ای، سری، موازی باشند. توجه به این نکته ضروری است که ساختار دو مرحله ای حالت خاص ساختار سری می باشد که از جمله پر کاربرد ترین ساختار های موجود در مطالعات حوزه تحلیل پوششی داده های شبکه ای است. لازم به ذکر است هم چنین در برخی موارد ممکن است ساختار واحد تحت بررسی ترکیبی از ساختار های سری و موازی باشد.

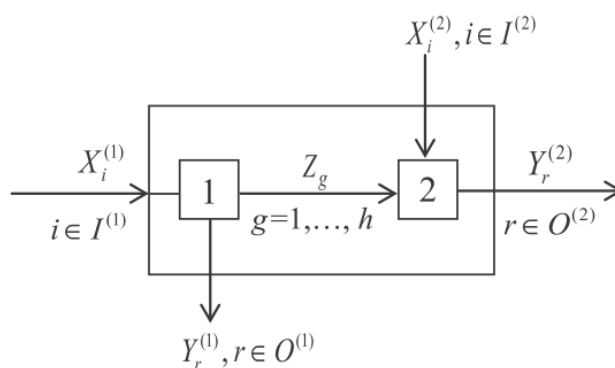
^۲Network Data Envelopment Analysis (NDEA)



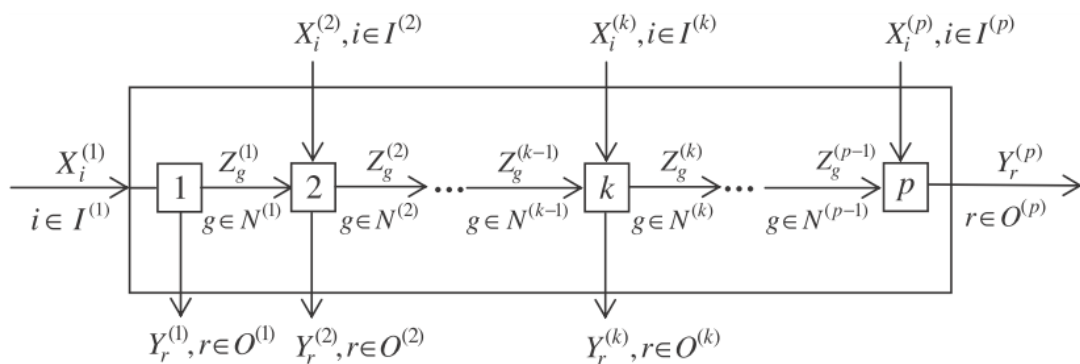
(پ)



(الف)



(ب)



(ت)

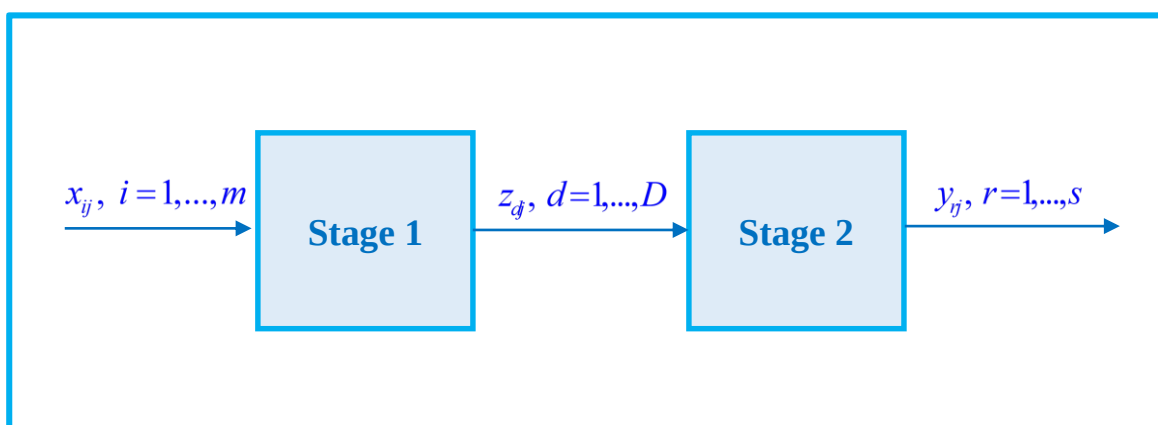
شکل (۱-۲): مهم ترین ساختار های شبکه در حوزه تحلیل پوششی داده های شبکه ای (کائو، ۲۰۱۴)

(الف) دو مرحله ای پایه ای، (ب) دو مرحله ای توسعه یافته، (ج) موازی، (د) سری

همان طور که پیش تر نیز مطرح شد، ساختار دو مرحله ای، ساده ترین و در عین حال یکی از پرکاربردترین ساختارهای شبکه می باشد که در بسیاری موارد هم چون صندوق های سرمایه گذاری، بانک ها، شرکت های بیمه و غیره استفاده می شود. از این رو با توجه به کاربرد قابل توجه ساختار دو مرحله ای در حوزه های مالی و اقتصادی، در ادامه به ارائه و بررسی مهم ترین رویکرد های پیشنهادی به منظور مدل سازی تحلیل پوششی داده های شبکه ای با در نظر گرفتن ساختار دو مرحله ای پرداخته می شود. لازم به ذکر است که رویکرد های پیشنهادی مذکور تنها به مدل سازی در ساختار دو مرحله ای محدود نمی شوند و قابلیت توسعه و پیاده سازی در ساختار های دیگر را نیز دارا می باشند. لازم به ذکر است که تا کنون روش های مختلفی به منظور مدل سازی و ارزیابی عملکرد ساختار های شبکه ای ارائه شده اند که در ادامه به تعدادی از مهم ترین رویکرد های NDEA اشاره می شود:

- رویکرد جعبه سیاه: در این روش کارایی کل و مراحل به صورت جداگانه و بر اساس مدل های استاندارد تحلیل پوششی داده ها محاسبه می گردند (سیفورد و ژو، ۱۹۹۹).
- رویکرد مبتنی بر مجموعه امکان تولید: در این روش کارایی کل و مراحل در قالب یک مدل یکپارچه و با توجه به روابط حاکم بر مجموعه امکان تولید محاسبه می شوند (چن و ژو، ۲۰۰۴).
- رویکرد مبتنی بر نظریه بازی (پیشرو-پسرو): در این روش فرض بر این است کارایی یکی از مراحل از درجه اهمیت بالاتری برخوردار است و بر اساس جواب بهینه این مرحله، کارایی مرحله دیگر و در نهایت کارایی کل محاسبه می شوند (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۸).
- رویکرد رابطه ای ضربی (میانگین هندسی): در این روش فرض بر این است کارایی کل واحد تصمیم گیرنده برابر با حاصل ضرب کارایی مراحل می باشد (کائو و هوانگ، ۲۰۰۸).
- رویکرد رابطه ای جمعی (میانگین حسابی): در این روش فرض بر این است کارایی کل واحد تصمیم گیرنده برابر با مجموع وزن دار شده کارایی هر یک از مراحل می باشد (چن و همکاران، ۲۰۰۹).

با توجه به توضیحات داده شده، اکنون در ادامه چگونگی مدل سازی تحلیل پوششی داده های شبکه ای با ساختار دو مرحله ای تحت رویکرد جعبه سیاه، رویکرد مبتنی بر مجموعه امکان تولید و رویکرد رابطه ای ضربی توضیح داده می شود. بدین منظور ساختار دو مرحله ای ارائه شده در **شکل (۲-۲)**، را در نظر بگیرید. فرض نمایید n واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای وجود داشته باشند به طوری که $DMU_j (j=1, \dots, n)$ با استفاده از ورودی $(x_{1j}, \dots, x_{mj})$ در مرحله اول، خروجی $(z_{1j}, \dots, z_{Dj})$ را تولید می کند. سپس در مرحله دوم $(z_{1j}, \dots, z_{Dj})$ را $(y_{1j}, \dots, y_{sj})$ حاصل می شوند.



شکل (۲-۲): ساختار دو مرحله ای ساده

لازم به ذکر است که به منظور مدل سازی تحلیل پوششی داده های شبکه ای نیز همانند تحلیل پوششی داده های کلاسیک، دو رویکرد کارایی و مجموعه امکان تولید وجود دارند که به ترتیب منجر به پدید آمدن مدل های مضربی و پوششی می گردند. با این تفاوت که در تحلیل پوششی داده های شبکه ای بر خلاف مدل های کلاسیک این حوزه، لزومی ندارد که مدل های مضربی و پوششی، دوگان یکدیگر باشند. لذا جواب های حاصل این دو رویکرد ممکن است که برخلاف مدل های پیشین، با یکدیگر متفاوت باشند. توجه به این نکته ضروری است که در صوت نیاز به توضیحات بیشتر، تمامی توضیحات تکمیلی و مفاهیم پایه ای مورد استفاده در حوزه تحلیل پوششی داده های کلاسیک در **پیوست (الف)** آورده شده است.

اولین رویکرد ارائه شده به منظور ارزیابی عملکرد واحد های تصمیم گیرنده با ساختار شبکه ای، رویکرد مستقل (جعبه سیاه) می باشد. در رویکرد مستقل، برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم گیرنده دو مرحله ای، از مدل های استاندارد تحلیل پوششی داده ها برای مرحله اول، مرحله دوم و کل فرآیند بهره گرفته می شود. بدین صورت که کل فرآیند دو مرحله ای نیز به عنوان یک واحد کلی که ورودی های آن، ورودی های مرحله اول و خروجی های آن، خروجی های مرحله دوم هستند، در نظر گرفته می شود. سیفورد و ژو (۱۹۹۹) برای اندازه گیری کارایی کلی، مدل (۱-۲) را پیشنهاد نمودند:

$$E_0 = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (1-2)$$

$$\text{S.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad \forall j$$

$$v_i, u_r \geq 0, \quad \forall i, r$$

هم چنین برای اندازه گیری کارایی مرحله اول نیز مدل (۲-۲) را معرفی نمودند:

$$E_0^1 = \text{Max} \frac{\sum_{d=1}^D w_d z_{d0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (2-2)$$

$$\text{S.t.} \quad \frac{\sum_{d=1}^D w_d z_{dj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad \forall j$$

$$v_i, w_d \geq 0, \quad \forall i, d$$

و در نهایت برای اندازه گیری کارایی مرحله دوم، مدل (۳-۲) را به صورت زیر ارائه کردند:

$$E_0^2 = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{d=1}^D w_d z_{d0}} \quad (3-2)$$

$$\text{S.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{d=1}^D w_d z_{dj}} \leq 1, \quad \forall j$$

$$w_d, u_r \geq 0, \quad \forall d, r$$

همان طور که ملاحظه می شود مدل های ارائه شده، کسری و غیر خطی می باشند، لذا در ادامه با استفاده از تبدیلات چارنز و کوپر به خطی سازی آنها در حالت ورودی محور پرداخته می شود. **مدل (۴-۲)**، مدل ورودی محور به منظور اندازه گیری کارایی کلی می باشد:

$$E_0 = \text{Max} \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (4-2)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j$$

$$v_i, u_r \geq 0, \quad \forall i, r$$

هم چنین **مدل (۵-۲)**، مدل ورودی محور به منظور اندازه گیری کارایی مرحله اول است:

$$E_0^1 = \text{Max} \sum_{d=1}^D w_d z_{d0} \quad (5-2)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{d=1}^D w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j$$

$$v_i, w_d \geq 0, \quad \forall i, d$$

و در نهایت مدل (۶-۲)، مدل ورودی محور به منظور اندازه‌گیری کارایی مرحله دوم می باشد:

$$\begin{aligned}
 E_0^2 &= \text{Max} \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \\
 \text{S.t.} \quad &\sum_{d=1}^D w_d z_{d0} = 1 \\
 &\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^D w_d z_{dj} \leq 0, \quad \forall j \\
 &w_d, u_r \geq 0, \quad \forall d, r
 \end{aligned}
 \tag{۶-۲}$$

لازم به ذکر است که در این روش ممکن است یک واحد کلی کارا بوده، در حالی که هیچ یک از مراحل اول و دوم، کارا عمل نمی کنند. علت این موضوع عدم در نظر گرفتن روابط داخلی واحد تصمیم گیرنده می باشد. همان طور که ملاحظه می گردد، رویکرد مستقل دارای نقاط ضعف متعددی است و به هیچ وجه، توانایی در نظر گرفتن روابط داخلی واحد ها را ندارد.

از این رو **کائو و هوانگ (۲۰۰۸)**، رویکرد رابطه ای ضربی (میانگین هندسی) را به منظور برقراری ارتباط بین کل فرآیند و مراحل اول و دوم، معرفی نمودند. لازم به ذکر است که در این روش جهت رسیدن به مجموعه وزن های بهینه، دو فرض اساسی شامل بازده مقیاس ثابت و هم چنین برابر بودن ضرایب اندازه واسطه در دو مرحله. یعنی برابری وزن های خروجی مرحله اول با وزن های ورودی مرحله دوم در نظر گرفته شده است.

فرض کنید u_r^* ، v_i^* و w_d^* ضرایب و اوزان بهینه ای می باشند که واحد تصمیم گیرنده تحت بررسی برای محاسبه اندازه کارایی کلی، کارایی مرحله اول و کارایی مرحله دوم اختیار می کند که در این صورت **رابطه (۷-۲)** برقرار می باشد:

$$E_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{i0}} \leq 1, \quad E_0^1 = \frac{\sum_{d=1}^D w_d^* z_{d0}}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{i0}} \leq 1, \quad E_0^2 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{r0}}{\sum_{d=1}^D w_d^* z_{d0}} \leq 1
 \tag{۷-۲}$$

حال با توجه به رابطه (۷-۲)، ملاحظه می‌شود که اندازه کارایی کلی برابر با حاصل ضرب اندازه کارایی

مراحل اول و دوم می‌باشد که این مطلب در رابطه (۸-۲) نشان داده شده است:

$$E_0 = E_0^1 * E_0^2 \quad (۸-۲)$$

بر اساس این نکته، یک راه پیشنهادی برای محاسبه اندازه کارایی کل واحد تحت بررسی، استفاده از رابطه

بین E_0 ، E_0^1 و E_0^2 و قرار دادن قیود کسری متناظر هر کدام از مراحل در مدل است که در نتیجه اعمال این

روش، مدل (۹-۲) حاصل می‌شود:

$$E_0 = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (۹-۲)$$

$$\text{S.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\frac{\sum_{d=1}^D w_d z_{dj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{d=1}^D w_d z_{dj}} \leq 1, \quad \forall j$$

$$v_i, w_d, u_r \geq 0, \quad \forall i, d, r$$

مدل (۹-۲)، مدل رابطه‌ای ضربی نامیده می‌شود که در آن از میانگین هندسی اندازه‌های کارایی مراحل اول و دوم را استفاده شده است. در ادامه به خطی سازی آن تحت ماهیت ورودی محور به صورت **مدل (۱۰-۲)** پرداخته می‌شود:

$$\begin{aligned}
 E_0 &= \text{Max} \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} & (10-2) \\
 \text{S.t.} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j \\
 & \sum_{d=1}^D w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^D w_d z_{dj} \leq 0, \quad \forall j \\
 & v_i, w_d, u_r \geq 0, \quad \forall i, d, r
 \end{aligned}$$

در نهایت پس از محاسبه مقادیر بهینه u_r^* ، v_i^* و w_d^* ، مقادیر کارایی از **رابطه (۱۱-۲)** به دست می‌آیند:

$$E_0^* = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{i0}}, \quad E_0^{1*} = \frac{\sum_{d=1}^D w_d^* z_{d0}}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{i0}}, \quad E_0^{2*} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{r0}}{\sum_{d=1}^D w_d^* z_{d0}} \quad (11-2)$$

به وضوح ملاحظه می‌شود که **رابطه (۸-۲)** برقرار می‌باشد. توجه به این نکته بسیار مهم ضروری است که مقادیر بهینه ضرایب به دست آمده از **مدل (۱۰-۲)** لزوماً یکتا نیستند و در نتیجه تجزیه اندازه کارایی بر اساس **رابطه (۱۱-۲)** نیز لزوماً منحصر به فرد نمی‌باشد. یک راه حل برای رفع این مشکل، پیدا کردن مجموعه ضرایبی است که با ثابت نگه داشتن اندازه کارایی کلی حاصله از **مدل (۱۰-۲)**، بیشترین مقدار را برای اندازه کارایی مرحله اول یا اندازه کارایی مرحله دوم به دست می‌دهند. اگر اندازه کارایی مرحله اول برای تصمیم گیرنده ارجحیت داشته باشد، این راه حل توسط **مدل (۱۲-۲)** فرموله می‌شود:

$$E_0^1 = \text{Max} \sum_{d=1}^D w_d z_{d0} \quad (12-2)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{d=1}^D w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^D w_d z_{dj} \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - E_0^* \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 0$$

$$v_i, w_d, u_r \geq 0, \quad \forall i, d, r$$

در این صورت اندازه کارایی مرحله اول توسط مدل (۱۲-۲) محاسبه می گردد و سپس اندازه کارایی مرحله

دوم نیز با استفاده از رابطه $E_0^{2*} = \frac{E_0^*}{E_0^{1*}}$ به دست می آید. هم چنین اگر اندازه کارایی مرحله دوم برای تصمیم

گیرنده ارجحیت داشته باشد، می توان به همین طریق اقدام به تجزیه کارایی نمود.

قابل ذکر است که در اندازه گیری کارایی سیستم های یک مرحله ای، چون کارایی نسبی واحدهای تصمیم

گیرنده با یکدیگر مقایسه می شود، پس ما همواره واحد تصمیم گیرنده کارا خواهیم داشت، ولی در اندازه گیری

کارایی سیستم های دو مرحله ای با مدل رابطه ای، یک سیستم کارا است اگر هر دو مرحله کارا باشند و در صورتی

که حتی یکی از مراحل ناکارا باشد، کل واحد نیز ناکارا خواهد بود. بنابراین این احتمال وجود دارد که در میان

واحدهای تصمیم گیرنده ای که مورد بررسی قرار می گیرند اصلاً واحد کارا وجود نداشته باشد، حتی آن واحد

تصمیم گیرنده ای که بیشترین کارایی را در مفهوم رابطه ای دارد ممکن است کارا نباشد. لازم به توضیح است که

مدل رابطه ای ضربی در شرایط بازده به مقیاس متغیر، به یک مدل غیر خطی تبدیل شده و خطی کردن آن با

روش های معمول، امکان پذیر نیست.

۲-۴ برنامه ریزی عدم قطعیت

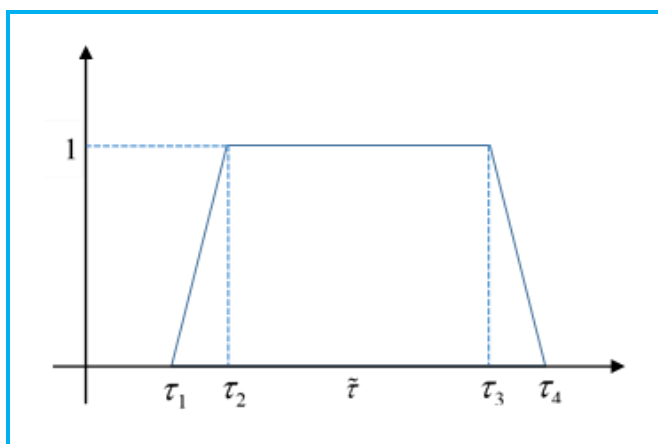
یکی از مفروضات اساسی در استفاده از تحلیل پوششی داده ها، لزوم دقیق و قطعی بودن داده های ورودی و خروجی می باشد. زیرا وجود انحرافی کوچک در داده ها می تواند موجب تغییر قابل توجهی در نتایج مربوط به کارایی و رتبه بندی واحد های تصمیم گیرنده به ویژه زمانی که کارایی یک واحد خاص نزدیک به کارایی واحد دیگر است، گردد. این در حالی است که در بسیاری از شرایط و مسائل دنیای واقعی به خصوص بازار های مالی، تعیین مقدار دقیق عددی برای برخی از ورودی ها و یا خروجی ها امکان پذیر نیست. از این رو در چنین شرایطی، نیاز به ارائه و استفاده از مدل های تحلیل پوششی داده هایی است که بتوانند کارایی واحد های تصمیم گیرنده را در حضور عدم قطعیت داده ها، ارزیابی نمایند. بدین منظور محققین، با توجه به نوع عدم قطعیت داده ها و با استفاده از رویکرد های پر کاربرد حوزه برنامه ریزی عدم قطعیت هم چون برنامه ریزی تصادفی، برنامه ریزی ریاضی فازی و بهینه سازی استوار، به ارائه مدل های تحلیل پوششی داده های غیر قطعی پرداخته اند (زنجیرچی و حسن زاده، ۱۳۹۹). لازم به ذکر است که در ادامه به معرفی برنامه ریزی امکانی و بهینه سازی استوار به منظور ارائه مدل های تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای غیر قطعی در فصل آتی پرداخته می شود.

۲-۴-۱ برنامه ریزی امکانی

تلفیق مدل های قطعی تحلیل پوششی داده ها و مفاهیم فازی در قالب مدل تحلیل پوششی داده های فازی، این امکان را فراهم می کند که بتوان کارایی واحد های تصمیم گیرنده را در حضور داده های غیر دقیق و فازی ارزیابی نمود. حاتمی ماربینی و همکاران (۲۰۱۱)، مدل های تحلیل پوششی داده های فازی را به چهار دسته کلی رویکرد تولرانس، رویکرد مبتنی بر سطح آلفا، رویکرد رتبه بندی فازی و رویکرد امکانی طبقه بندی نمودند. سپس امروزنژاد و همکاران (۲۰۱۴)، دو دسته دیگر شامل رویکرد حسابی فازی و رویکرد مجموعه فازی تصادفی / نوع دوم فازی به این طبقه بندی اضافه نمودند.

همان طور که در طبقه بندی صورت گرفته در مدل سازی تحلیل پوششی داده ها فازی نیز مطرح شد، رویکرد برنامه ریزی امکانی، یکی از رویکرد های پرکاربرد در این حوزه می باشد. زاده (۱۹۷۸) اصول اساسی نظریه امکان را در نظریه مجموعه فازی ارائه نمود و پیشنهاد کرد که با متغیر های فازی دارای توزیع امکان، همانند متغیرهای تصادفی دارای توزیع احتمالی رفتار شود. در مدل برنامه ریزی خطی فازی، ضرایب فازی و محدودیت های مدل می توانند به ترتیب به عنوان متغیرهای فازی و رویدادهای فازی در نظر گرفته شوند. از این رو، احتمال وقایع فازی (یعنی محدودیت های فازی) را می توان با استفاده از نظریه امکان و اندازه های امکان، الزام و اعتبار و غیره تعیین کرد. به طور کلی از برنامه ریزی امکانی به منظور مقابله با عدم قطعیت ناشی از فقدان داده یا عدم دانش در مورد مقدار دقیق پارامتر های مسئله، بهره گرفته می شود (ترابی و توفیقی، ۱۳۹۷).

در این بخش به معرفی اندازه های امکان، الزام و اعتبار همراه با توضیحات هر یک از آنها پرداخته می شود. هم چنین روابط مربوط به چگونگی تبدیل محدودیت های شانسی تصادفی به معادل قطعیشان در یک سطح اطمینان مورد نظر تحت هر سه اندازه مذکور ارائه می شود. لازم به ذکر است که با در نظر گرفتن عدد فازی دوزنقه ای $\tilde{\tau}(\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4)$ با شرایط $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3 < \tau_4$ و هم چنین عدد قطعی γ ، روابط مربوط به اندازه های مختلف و چگونگی سازی آنها در یک سطح اطمینان مورد نظر همچون α ارائه می شود.



شکل (۲-۳): عدد فازی دوزنقه ای (ژو و ژو، ۲۰۱۱)

$$\mu(\tau) = \begin{cases} \frac{\tau - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1}, & \text{if } \tau_1 \leq \tau \leq \tau_2; \\ 1, & \text{if } \tau_2 \leq \tau \leq \tau_3; \\ \frac{\tau_4 - \tau}{\tau_4 - \tau_3}, & \text{if } \tau_3 \leq \tau \leq \tau_4; \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (13-2)$$

لازم به ذکر است که در شکل (۳-۲) و رابطه (۱۳-۲)، ساختار و ضابطه عدد فازی دوزنقه ای مشاهده می گردد. توجه به این نکته ضروری است که عدد فازی دوزنقه ای دارای کاربرد فراوان می باشد و در صورتی که $\tau_2 = \tau_3$ قرار داده شود، تبدیل به عدد فازی مثلثی می گردد. اکنون در ادامه تعاریف و روابط اندازه های امکان، الزام و اعتبار ارائه می گردند.

اندازه امکان: با در نظر گرفتن فضای امکان به صورت $(\Omega, P(\Omega), Pos)$ ، به طوری که مجموعه جهانی و غیر تهی Ω شامل تمامی رخداد های ممکن و $P(\Omega)$ مجموعه توانی Ω باشد، برای هر $A, B \in P(\Omega)$ ، مقادیر نا منفی $Pos\{A\}$ و $Pos\{B\}$ وجود دارد که به آنها اندازه امکان (Pos) اطلاق می شود (دوبیوس و پرید، ۱۹۸۸). با در نظر گرفتن عدد فازی دوزنقه ای $\tilde{\tau}$ در فضای امکان $(\Omega, P(\Omega), Pos)$ ، امکان رخداد های فازی $\{\tilde{\tau} \leq \gamma\}$ و $\{\tilde{\tau} \geq \gamma\}$ ، به ترتیب بر اساس روابط (۱۴-۲) و (۱۵-۲) به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$Pos\{\tilde{\tau} \leq \gamma\} = \begin{cases} 1, & \text{if } \tau_2 \leq \gamma; \\ \frac{\gamma - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1}, & \text{if } \tau_1 \leq \gamma \leq \tau_2; \\ 0, & \text{if } \tau_1 \geq \gamma. \end{cases} \quad (14-2)$$

$$Pos\{\tilde{\tau} \geq \gamma\} = \begin{cases} 1, & \text{if } \tau_3 \geq \gamma; \\ \frac{\tau_4 - \gamma}{\tau_4 - \tau_3}, & \text{if } \tau_3 \leq \gamma \leq \tau_4; \\ 0, & \text{if } \tau_4 \leq \gamma. \end{cases} \quad (15-2)$$

هم چنین بر اساس اندازه امکان، به منظور تبدیل یک محدودیت شانسی فازی به معادل قطعی آن در یک سطح اطمینان مشخص α ، از روابط (۱۶-۲) و (۱۷-۲) به صورت زیر استفاده می شود:

$$Pos\{\tilde{\tau} \leq \gamma\} \geq \alpha \Leftrightarrow (1-\alpha)\tau_1 + \alpha\tau_2 \leq \gamma \quad (16-2)$$

$$Pos\{\tilde{\tau} \geq \gamma\} \geq \alpha \Leftrightarrow \alpha\tau_3 + (1-\alpha)\tau_4 \geq \gamma \quad (17-2)$$

اندازه الزام: برای $\{A\}$ در $(\Omega, P(\Omega), Pos)$ ، به صورت $Nec\{A\} = 1 - Pos\{A^c\}$ تعریف می شود به طوری که $\{A^c\}$ ، متمم $\{A\}$ است. هم چنین، اندازه الزام، دوگان اندازه امکان می باشد. با در نظر گرفتن عدد فازی دوزنقه ای $\tilde{\tau}$ در فضای امکان $(\Omega, P(\Omega), Pos)$ ، الزام رخداد های فازی $\{\tilde{\tau} \leq \gamma\}$ و $\{\tilde{\tau} \geq \gamma\}$ ، به ترتیب بر اساس روابط (۱۸-۲) و (۱۹-۲) به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$Nec\{\tilde{\tau} \leq \gamma\} = \begin{cases} 1, & \text{if } \tau_4 \leq \gamma; \\ \frac{\gamma - \tau_3}{\tau_4 - \tau_3}, & \text{if } \tau_3 \leq \gamma \leq \tau_4; \\ 0, & \text{if } \tau_3 \geq \gamma. \end{cases} \quad (18-2)$$

$$Nec\{\tilde{\tau} \geq \gamma\} = \begin{cases} 1, & \text{if } \tau_1 \geq \gamma; \\ \frac{\tau_2 - \gamma}{\tau_2 - \tau_1}, & \text{if } \tau_1 \leq \gamma \leq \tau_2; \\ 0, & \text{if } \tau_2 \leq \gamma. \end{cases} \quad (19-2)$$

هم چنین بر اساس اندازه امکان، به منظور تبدیل یک محدودیت شانسی فازی به معادل قطعی آن در یک سطح اطمینان مشخص α ، از روابط (۲۰-۲) و (۲۱-۲) به صورت زیر استفاده می شود:

$$Nec\{\tilde{\tau} \leq \gamma\} \geq \alpha \Leftrightarrow (1-\alpha)\tau_3 + \alpha\tau_4 \leq \gamma \quad (20-2)$$

$$Nec\{\tilde{\tau} \geq \gamma\} \geq \alpha \Leftrightarrow \alpha\tau_1 + (1-\alpha)\tau_2 \geq \gamma \quad (21-2)$$

اندازه اعتبار: برای $\{A\}$ در $(\Omega, P(\Omega), Pos)$ ، به صورت میانگین دو اندازه امکان و الزام یعنی

$$Cr\{A\} = \frac{1}{2}(Pos\{A\} + Nec\{A\})$$

تعریف می شود. با در نظر گرفتن عدد فازی دوزنقه ای $\tilde{\tau}$ در فضای امکان

$(\Omega, P(\Omega), Pos)$ ، اعتبار رخداد های فازی $\{\tilde{\tau} \leq \gamma\}$ و $\{\tilde{\tau} \geq \gamma\}$ ، به ترتیب بر اساس روابط (۲۲-۲) و (۲۳-۲) به

صورت زیر محاسبه می گردد:

$$Cr\{\tilde{\tau} \leq \gamma\} = \begin{cases} 0, & \text{if } \tau_1 \geq \gamma; \\ \frac{\gamma - \tau_1}{2(\tau_2 - \tau_1)}, & \text{if } \tau_1 \leq \gamma \leq \tau_2; \\ \frac{1}{2}, & \text{if } \tau_2 \leq \gamma \leq \tau_3; \\ \frac{\gamma - 2\tau_3 + \tau_4}{2(\tau_4 - \tau_3)}, & \text{if } \tau_3 \leq \gamma \leq \tau_4; \\ 1, & \text{if } \tau_4 \leq \gamma. \end{cases} \quad (22-2)$$

$$Cr\{\tilde{\tau} \geq \gamma\} = \begin{cases} 1, & \text{if } \tau_1 \geq \gamma; \\ \frac{2\tau_2 - \tau_1 - \gamma}{2(\tau_2 - \tau_1)}, & \text{if } \tau_1 \leq \gamma \leq \tau_2; \\ \frac{1}{2}, & \text{if } \tau_2 \leq \gamma \leq \tau_3; \\ \frac{\tau_4 - \gamma}{2(\tau_4 - \tau_3)}, & \text{if } \tau_3 \leq \gamma \leq \tau_4; \\ 0, & \text{if } \tau_4 \leq \gamma. \end{cases} \quad (23-2)$$

هم چنین بر اساس اندازه اعتبار، به منظور تبدیل یک محدودیت شانسی فازی به معادل قطعی آن در یک

سطح اطمینان مشخص α ، از روابط روابط (۲۴-۲) و (۲۵-۲) به صورت زیر استفاده می شود:

$$Cr\{\tilde{\tau} \leq \gamma\} \geq \alpha \Leftrightarrow \begin{cases} (2-2\alpha)\tau_3 + (2\alpha-1)\tau_4 \leq \gamma & \text{if } \alpha > 0.5; \\ (1-2\alpha)\tau_1 + 2\alpha\tau_2 \leq \gamma & \text{if } \alpha \leq 0.5. \end{cases} \quad (24-2)$$

$$Cr\{\tilde{\tau} \geq \gamma\} \geq \alpha \Leftrightarrow \begin{cases} (2\alpha-1)\tau_1 + (2-2\alpha)\tau_2 \geq \gamma & \text{if } \alpha > 0.5; \\ 2\alpha\tau_3 + (1-2\alpha)\tau_4 \geq \gamma & \text{if } \alpha \leq 0.5. \end{cases} \quad (25-2)$$

لازم به ذکر است که اندازه های امکان، الزام و اعتبار به ترتیب دارای دیدگاه خوشبینانه، بدبینانه و ترکیبی از این دو دیدگاه می باشند. از این رو تصمیم گیرنده می تواند بر اساس دیدگاه و نوع مسئله خویش، به تناسب از هر یک از اندازه های مذکور استفاده نماید.

۲-۴-۲ بهینه سازی استوار

به کار گیری بهینه سازی استوار در مدل سازی تحلیل پوششی داده ها، یکی دیگر از رویکرد های پیشنهادی به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در داده های مدل می باشد. در بهینه سازی استوار با توجه به اینکه نوع عدم قطعیت به صورت بازه ای و یا مبتنی بر سناریو باشد، رویکرد های مختلفی ارائه شده است که در ادامه به توضیح مهم ترین این رویکرد ها پرداخته می شود.

۲-۴-۲-۱ رویکرد بهینه سازی استوار مبتنی بر سناریو

در این زیر بخش، چگونگی مدل سازی رویکرد بهینه سازی استوار مبتنی بر سناریو که اولین بار توسط **مالوی و همکاران (۱۹۹۵)** مطرح شده، معرفی می گردد. لازم به توضیح است که از رویکرد استوار مبتنی بر سناریو در شرایطی استفاده می شود که داده ها دارای ماهیت گسسته و مبتنی بر سناریو باشند. **مالوی و همکاران (۱۹۹۵)** یک رویکرد بهینه سازی استواری با دیدگاه واقع بینانه را بر اساس برنامه ریزی تصادفی دو مرحله ای و مطرح نمودن دو مفهوم استواری شدنی بودن و استواری بهینگی ارائه نمودند. استواری شدنی بودن بدین معنی می باشد که جواب به دست آمده از مدل، برای تمامی و یا اکثریت حالات ممکن پارامترهای دارای عدم قطعیت تقریباً شدنی باقی بماند. هم چنین استواری بهینگی نیز بدین معنی می باشد که مقدار تابع هدف به ازای جواب استوار، برای تمامی و یا اکثریت حالات ممکن پارامترهای دارای عدم قطعیت، نزدیک به مقدار بهینه خویش باشد (**پیکانی و همکاران، ۲۰۲۰**).

در مدل بهینه سازی استوار **مالوی و همکاران (۱۹۹۵)**، همانند برنامه ریزی تصادفی دو مرحله ای، دو نوع متغیر شامل متغیرهای ساختاری یا طراحی و متغیرهای کنترل وجود دارد. برای متغیرهای طراحی قبل از فهم پارامترهای احتمالی تصمیم گیری می شود و نمی توان آنها را مورد بازنگری قرار داد، حال آن که متغیرهای کنترل بعد از یک فهم خاص از پارامترهای عدم قطعیت تعدیل می شوند. به منظور آشنایی با رویکرد بهینه سازی استوار مبتنی بر سناریو، **مدل (۲-۲۶)** در نظر گرفته می شود:

$$\begin{aligned} \text{Min } \Phi &= \alpha^T x + \beta^T y \\ \text{S.t. } \varphi x &= \lambda \\ \mu x + \gamma y &= \varepsilon \\ x, y &\geq 0 \end{aligned} \quad (2-26)$$

در **مدل (۲-۲۶)**، x بردار متغیرهای ساختاری و y بردار متغیرهای کنترل است. پارامترهای φ و λ قطعی و معین و محدودیت دوم، محدودیت ساختاری است. پارامترهای μ و γ و ε پارامترهای دارای عدم قطعیت و محدودیت سوم، محدودیت کنترل است. یک فهم خاص از پارامتر دارای عدم قطعیت سناریو نامیده می شود که به آن نماد s اختصاص می یابد و احتمال آن با p_s مشخص می شود. هم چنین برای نشان دادن مجموعه ای از سناریو از نماد Ω استفاده می شود. مدل بهینه سازی استوار **مالوی و همکاران (۱۹۹۵)** با در نظر گرفتن تحلیل هزینه - فایده بین استواری شدنی بودن و استواری بهینگی به صورت **مدل (۲-۲۷)** می باشد:

$$\begin{aligned} \text{Min } \Phi &= \sum_{s \in \Omega} p_s \Phi_s + \varpi \sum_{s \in \Omega} p_s \left(\Phi_s - \sum_{s' \in \Omega} p_{s'} \Phi_{s'} \right)^2 + \zeta \sum_{s \in \Omega} p_s \eta_s^2 \\ \text{S.t. } \Phi_s &= \alpha^T x + \beta_s^T y_s, \quad \forall s \in \Omega \\ \varphi x &= \lambda \\ \mu_s x + \gamma_s y_s + \eta_s &= \varepsilon_s, \quad \forall s \in \Omega \\ x, y_s &\geq 0, \quad \forall s \in \Omega \end{aligned} \quad (2-27)$$

لازم به ذکر است در تابع هدف استوار مدل (۲-۲۷)، عبارات اول و دوم به ترتیب مربوط به امید ریاضی و واریانس تابع هدف برای تمامی سناریو ها می باشند که کنترل کننده استواری بهینگی است. عبارت سوم نیز کنترل کننده استواری شدنی بودن می باشد که غیر موجه بودن مدل را تحت هر سناریو نشان می دهد. هم چنین با بهره گیری از ضرایب ϖ و ζ در عبارات اول و دوم، تصمیم گیرنده می تواند درجه اهمیت استواری بهینگی و استواری شدنی بودن را متناسب با نظر خویش، تنظیم نماید.

همان طور که در تابع هدف ملاحظه می شود، مدل مذکور به علت حضور عبارت مربوط به واریانس، یک مسئله غیر خطی می باشد که قابل تبدیل به یک مسئله خطی است. یو و لی (۲۰۰۰) برای کاهش محاسبات کامپیوتری پیشنهاد نمودند که از قدر مطلق انحراف $\left| \sum_{s \in \Omega} p_s \Phi_s - \sum_{s' \in \Omega} p_{s'} \Phi_{s'} \right|$ به جای عبارت درجه دو $\sum_{s \in \Omega} p_s \left(\Phi_s - \sum_{s' \in \Omega} p_{s'} \Phi_{s'} \right)^2$ استفاده شود. اگرچه عبارت پیشنهادی شامل مقادیر قدر مطلق است ولیکن قابلیت خطی سازی با استفاده از متغیر کمکی به صورت مدل (۲-۲۸) را دارا می باشد:

$$\begin{aligned} \text{Min } \Phi &= \sum_{s \in \Omega} p_s \Phi_s + \varpi \left(\sum_{s \in \Omega} p_s \left(\left(\Phi_s - \sum_{s' \in \Omega} p_{s'} \Phi_{s'} \right) + 2 \delta_s \right) \right) + \zeta \sum_{s \in \Omega} p_s \eta_s^2 & (2-28) \\ \text{S.t. } \Phi_s - \sum_{s' \in \Omega} p_{s'} \Phi_{s'} + \delta_s &\geq 0, \quad \forall s \in \Omega \\ \Phi_s &= \alpha^T x + \beta_s^T y_s, \quad \forall s \in \Omega \\ \varphi x &= \lambda \\ \mu_s x + \gamma_s y_s + \eta_s &= \varepsilon_s, \quad \forall s \in \Omega \\ x, y_s &\geq 0, \quad \forall s \in \Omega \end{aligned}$$

توجه به این نکته ضروری است که در رویکرد های سناریو محور، بایستی سناریو ها دارای ویژگی سازگاری و هم چنین از نظر تعداد، معقول و منطقی باشند.

۲-۴-۲ رویکرد بهینه سازی استوار مبتنی بر مجموعه های عدم قطعیت محدب

در صورتی که داده های غیر قطعی دارای ماهیت پیوسته و بازه ای و از نوع عمیق باشند، به منظور مقابله با این نوع عدم قطعیت از رویکرد بهینه سازی استوار مبتنی بر مجموعه های عدم قطعیت محدب استفاده می شود که در آن فرض بر این است که تصمیم گیرنده دارای دیدگاه بدبینانه می باشد (بایرام زاده و همکاران، ۲۰۱۸). لازم به ذکر است که در این حوزه مطالعات قابل توجهی صورت گرفته است که از جمله مهم ترین آنها می توان به سویستر (۱۹۷۳)، بن - تال و نمیروفسکی (۲۰۰۰) و برتسیماس و سیم (۲۰۰۴) اشاره نمود.

سویستر (۱۹۷۳) اولین تحقیق در زمینه بهینه سازی استوار را در قالب یک الگوی بهینه سازی خطی ارائه نمود. رویکرد سویستر (۱۹۷۳) به شدت محافظه کارانه و در آنالیز حساسیت، جواب استوار تابع هدف خیلی بدتر از جواب بهینه مسئله اسمی می باشد. در ادامه، بن - تال و نمیروفسکی (۲۰۰۰) با هدف برطرف کردن محافظه کاری حد اکثری رویکرد سویستر (۱۹۷۳)، یک رویکرد بهینه سازی استوار با قابلیت کنترل محافظه کاری ارائه نمودند. اما از آنجایی که همتای استوار ارائه شده در این روش یک مسئله غیر خطی از نوع مخروطی مرتبه دوم است، در صورت استفاده از این رویکرد، یک مدل برنامه ریزی خطی تبدیل به یک مدل برنامه ریزی غیر خطی می گردد. لذا استفاده از رویکرد بن - تال و نمیروفسکی (۲۰۰۰) می تواند منجر به افزایش پیچیدگی مسئله تحت بررسی گردد.

از این رو، برتسیماس و سیم (۲۰۰۴) رویکرد استواری ارائه نمودند که در آن علاوه بر قابلیت کنترل درجه محافظه کاری و استواری جواب، همتای استوار یک مسئله خطی نیز به صورت خطی باقی می ماند. لازم به ذکر است که در این رویکرد با تغییر دادن پارامتر مطرح شده در مدل، می توان به راحتی و بدون نیاز به مدل سازی مجدد به جواب های مسئله اسمی که دارای کمترین محافظه کاری و هم چنین رویکرد سویستر (۱۹۷۳) که دارای بیشترین محافظه کاری می باشند نیز دست یافت.

به منظور آشنایی با چگونگی ارائه همتای استوار در رویکردهای مطرح شده، محدودیت a ام مسئله اسمی

به صورت $\sum_b \tilde{\alpha}_{ab} \varphi_b \leq \beta_a$ در نظر گرفته می شود که در آن Λ_a ، نشان دهنده مجموعه ضرایب و پارامترهای

غیر قطعی در محدودیت a ام می باشد. $\tilde{\alpha}_{ab}, b \in \Lambda_a$ بر اساس یک توزیع همگن و در بازه مقارن

$[\alpha_{ab} - \hat{\alpha}_{ab}, \alpha_{ab} + \hat{\alpha}_{ab}]$ مقدار می گیرد که در آن α_{ab} مقدار اسمی پارامتر غیر قطعی و برابر با میانگین بازه می

باشد. در نهایت همتای استوار محدودیت $\forall a$ ، $\sum_b \tilde{\alpha}_{ab} \varphi_b \leq \beta_a$ ، بر اساس رویکرد های استوار **سویستر (۱۹۷۳)**،

بن - تال و نمیروفسکی (۲۰۰۰) و **برتسیماس و سیم (۲۰۰۴)** به ترتیب در **رابطه های (۲۹-۲)** الی **(۳۱-۲)** ارائه

شده اند:

$$\begin{cases} \sum_b \alpha_{ab} \varphi_b + \sum_{b \in \Lambda_a} \hat{\alpha}_{ab} \phi_b \leq \beta_a, \quad \forall a \\ -\phi_b \leq \varphi_b \leq \phi_b, \quad \forall b \in \Lambda_a \\ \phi \geq 0 \end{cases} \quad (29-2)$$

$$\begin{cases} \sum_b \alpha_{ab} \varphi_b + \sum_{b \in \Lambda_a} \hat{\alpha}_{ab} \phi_{ab} + \Omega_a \sqrt{\sum_{b \in \Lambda_a} \hat{\alpha}_{ab}^2 \sigma_{ab}^2} \leq \beta_a, \quad \forall a \\ -\phi_{ab} \leq \varphi_b - \sigma_{ab} \leq \phi_{ab}, \quad \forall a, b \in \Lambda_a \\ \phi \geq 0 \end{cases} \quad (30-2)$$

$$\begin{cases} \sum_b \alpha_{ab} \varphi_b + Z_a \Gamma_a + \sum_{j \in J_i} P_{ab} \leq \beta_a, \quad \forall a \\ Z_a + P_{ab} \geq \hat{\alpha}_{ab} \phi_b, \quad \forall a, b \in \Lambda_a \\ -\phi_b \leq \varphi_b \leq \phi_b, \quad \forall b \in \Lambda_a \\ Z, P, \phi \geq 0 \end{cases} \quad (31-2)$$

لازم به ذکر است که به منظور کنترل سطح محافظه کاری در رویکرد های بن - تال و نمیروفسکی (۲۰۰۰) و برتسیماس و سیم (۲۰۰۴)، از پارامتر های Ω و Γ بهره گرفته می شود. هم چنین رویکرد های استوار سویستر (۱۹۷۳)، بن - تال و نمیروفسکی (۲۰۰۰) و برتسیماس و سیم (۲۰۰۴) به ترتیب بر اساس مجموعه های عدم قطعیت جعبه، تلفیق جعبه و بیضوی و تلفیق جعبه و چند وجهی می باشند.

۲-۵ مرور ادبیات موضوع و تبیین شکاف های تحقیقاتی

در این بخش به بررسی مطالعات پیشین صورت گرفته در سه حوزه کاربرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای در ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری، تحلیل پوششی داده های غیر قطعی مبتنی بر بهینه سازی استوار و در نهایت تحلیل پوششی داده های غیر قطعی مبتنی بر برنامه ریزی امکانی پرداخته می شود. هم چنین تلاش می گردد تا شکاف های تحقیقاتی موجود در ادبیات برجسته و نمایان شوند تا اهمیت و ضرورت انجام رساله پیش رو به منظور برطرف نمودن خلاء های موضوع پژوهش، هر چه بیشتر تبیین گردد. لازم به ذکر است که به منظور جامعیت مرور ادبیات صورت گرفته، با استفاده از کلید واژه های مورد نظر و تخصصی هر یک از حوزه ها، اقدام به جست و جوی مطالعات مرتبط در پایگاه های اطلاعاتی Web of Science، Scopus و Google Scholar شده است. هم چنین اکثر انتشارات مهم هم چون Elsevier، Springer، Wiley-Blackwell، Taylor & Francis، Sage، Wolters Kluwer، Emerald و Inderscience نیز مورد بررسی قرار گرفته اند.

۲-۵-۱ تحلیل پوششی داده های شبکه ای و صندوق های سرمایه گذاری

پرماچاندرا و همکاران (۲۰۱۲) برای نخستین بار از تحلیل پوششی داده های شبکه ای برای ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری استفاده کردند. آنها با بهره گیری از رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای اقدام به ارزیابی عملکرد خانواده های صندوق های سرمایه گذاری با در نظر گرفتن ساختار داخلی آنها نمودند.

لازم به ذکر است که ساختار پیشنهادی آنها، به ترتیب دارای دو مرحله مدیریت عملیات و مدیریت سبد سرمایه گذاری می باشد. به طوری که هزینه های مدیریت و هزینه های بازاریابی به عنوان ورودی های مرحله اول، ارزش خالص دارایی به عنوان اندازه میانی و رابط دو مرحله، اندازه صندوق، انحراف معیار بازدهی (ریسک)، نسبت هزینه خالص و نسبت گردش معاملات به عنوان ورودی های مازاد مرحله دوم و در نهایت متوسط بازدهی به عنوان خروجی نهایی سیستم در نظر گرفته شده اند.

پرمچاندرا و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی دیگر به بررسی و تجزیه و تحلیل اهمیت صندوق های سرمایه گذاری و ضرورت استفاده از ساختار شبکه ای برای ارزیابی عملکرد آنها پرداختند. در ادامه **گالاگدرا و همکاران (۲۰۱۶)**، ساختار پیشنهادی ارائه شده در **پرمچاندرا و همکاران (۲۰۱۲)** را تعمیم دادند. بدین صورت که مدل دو مرحله ای پیشنهادی آنها شامل خروجی مازاد جریان نقدی کل به سرمایه گذاران در مرحله اول می باشد که سیستم را ترک می کند و به مرحله دوم وارد نمی شود. سپس **گالاگدرا و همکاران (۲۰۱۸)**، ساختار حاکم بر صندوق های سرمایه گذاری را به صورت سه مرحله ای شامل مدیریت عملیات، مدیریت منابع و مدیریت سبد سرمایه گذاری در نظر گرفتند.

در ادامه نیز **گالاگدرا (۲۰۱۹)**، خروجی غیر قابل کنترل مسئولیت اجتماعی را در مرحله اول در فرآیند ارزیابی عملکرد صندوق ها لحاظ نمود. لازم به ذکر است که در هر پنج پژوهش مهم صورت گرفته در حوزه، از رویکرد تجزیه کارایی بر اساس میانگین حساسی به منظور مدل سازی و در نظر گرفتن رابطه بین کارایی مراحل اول و دوم با کارایی کل سیستم بهره گرفته شده است. هم چنین مدل های ارائه شده در پژوهش های مذکور با استفاده از داده های واقعی و با هدف ارزیابی عملکرد خانواده های صندوق های سرمایه گذاری فعال در ایالت متحده آمریکا، پیاده سازی شده اند. به منظور جمع بندی مرور ادبیات این حوزه، اطلاعات مربوط به مطالعات صورت گرفته در زمینه کاربرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای در صندوق های سرمایه گذاری به همراه بررسی و طبقه بندی آنها به ترتیب در **جداول (۱-۲) و (۲-۲)** گردآوری و ارائه شده اند:

جدول (۱-۲): مطالعات صورت گرفته در حوزه کاربرد NDEA در صندوق های سرمایه گذاری

Research Code	Year	Author(s)	Publication	Publication Type
MFNDEA 01	2012	Premachandra, I. M., Zhu, J., Watson, J., Galagedera, D. U.	Journal of Banking & Finance	JP
MFNDEA 02	2016	Galagedera, D. U., Watson, J., Premachandra, I. M., Chen, Y.	Omega	JP
MFNDEA 03	2016	Premachandra, I. M., Zhu, J., Watson, J., Galagedera, D. U.	Data Envelopment Analysis	BC
MFNDEA 04	2017	Sánchez-González, C., Sarto, J. L., Vicente, L.	Omega	JP
MFNDEA 05	2018	Galagedera, D. U., Roshdi, I., Fukuyama, H., Zhu, J.	Omega	JP
MFNDEA 06	2019	Galagedera, D. U.	European Journal of Operational Research	JP
MFNDEA 07	2020	Galagedera, D. U., Fukuyama, H., Watson, J., Tan, E. K.	European Journal of Operational Research	JP
MFNDEA 08	2020	Hsieh, H. P., Tebourbi, I., Lu, W. M., Liu, N. Y.	Managerial and Decision Economics	JP
MFNDEA 09	2020	Tsolas, I. E.	Journal of Risk and Financial Management	JP

جدول (۲-۲): بررسی و طبقه بندی حوزه کاربرد NDEA در صندوق های سرمایه گذاری

Research Code	Type of NDEA Modeling					Network Structure					Research Features	
						ETS						
	AEDA	PPSA	SBA	IDA	LFEDA	I ₁	O ₁	IM	I ₂	O ₂	Uncertainty	Panel Data
MFNDEA 01	✓					✓		✓	✓	✓		
MFNDEA 02	✓					✓	✓	✓	✓	✓		
MFNDEA 03	✓					✓		✓	✓	✓		
MFNDEA 04			✓								✓	
MFNDEA 05	✓										✓	
MFNDEA 06	✓					✓	✓	✓	✓	✓		
MFNDEA 07		✓				✓		✓	✓	✓		
MFNDEA 08			✓			✓		✓		✓		
MFNDEA 09				✓		✓		✓	✓	✓		
Our Work	✓	✓			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓

JP: Journal Paper, BC: Book Chapter, AEDA: Additive Efficiency Decomposition Approach, LFEDA: Leader-Follower Efficiency Decomposition Approach, PPSA: Production Possibility Set Approach, SBA: Slack Based Approach, IDA: Independent Approach, ETS: Extended Two-Stage, THS: Three-Stage, I1: Input Variable for Stage 1 (First Input), O1: Output Variable for Stage 1 (Leakage Variable), IM: Intermediate Variable that Links the Two Stages (Linking Variable), I2: Input Variable for Stage 2 (Additional Input), O2: Output Variable for Stage 2 (Final Output)

همان طور که در **جدول (۱-۲)** ملاحظه می گردد تا کنون تنها ۹ پژوهش در حوزه ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری با استفاده از تحلیل پوششی داده های شبکه ای صورت پذیرفته است. هم چنین به وضوح در **جدول (۲-۲)** مشاهده می شود که در هیچ یک از تحقیقات مذکور، عدم قطعیت در نظر گرفته نشده است. علاوه بر این، عدم لحاظ نمودن تغییرات زمانی داده ها و بهره گیری از داده های پانل به جای داده های مقطعی نیز از جمله دیگر شکاف های تحقیقاتی مهم و مستخرج از مرور ادبیات موضوع می باشد.

۲-۵-۲ تحلیل پوششی داده های غیر قطعی و بهینه سازی استوار

بهینه سازی استوار یکی از رویکرد های کارآمد و جذاب حوزه برنامه ریزی عدم قطعیت است که توانایی مقابله با عدم قطعیت پیوسته و گسسته را به ترتیب در قالب مجموعه های عدم قطعیت و رویکرد های سناریو محور دارا می باشد (**پیکانی و همکاران، ۲۰۲۰**). با توجه به کارآمدی رویکرد بهینه سازی استوار، روز به روز بر کاربرد و محبوبیت آن در بین پژوهشگران افزوده شده است و در حوزه های مختلف نظری و کاربردی مورد استفاده قرار گرفته است.

یکی از این حوزه ها، حوزه تحلیل پوششی داده ها می باشد که اولین بار **سجادی و عمرانی (۲۰۰۸)** از رویکرد بهینه سازی استوار به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در داده های مدل تحلیل پوششی داده ها بهره گرفته اند. آنها در پژوهش خویش، مدل CCR ورودی محور را با در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده های خروجی با استفاده از دو رویکرد استوار **بن - تال و نمیروفسکی (۲۰۰۰)** و **برتسیماس و سیم (۲۰۰۴)** نموده اند و کارایی شرکت های توزیع برق در ایران را ارزیابی نموده اند. در ادامه اطلاعات کتاب شناختی مطالعات صورت گرفته در حوزه تحلیل پوششی داده های استوار، کاربرد ها، اهداف و ویژگی ها و در نهایت تمامی اطلاعات مربوط به مدل های تحلیل پوششی داده های استوار ارائه شده در ادبیات به ترتیب در **جداول (۲-۳) الی (۵-۲)** گردآوری و ارائه شده اند:

جدول (۲-۳): مطالعات صورت گرفته در حوزه تحلیل پوششی داده های استوار

Research Code	Year	Author(s)	Publication	Publication Type
RDEA 01	2008	Sadjadi, S. J., Omrani, H.	Energy Policy	JP
RDEA 02	2010	Roghanian, E., Foroughi, A.	International Journal of Industrial Engineering Computations	JP
RDEA 03	2010	Sadjadi, S. J., Omrani, H.	Telecommunications Policy	JP
RDEA 04	2010	Shokouhi, A. H., Hatami-Marbini, A., Tavana, M., Saati, S.	Computers & Industrial Engineering	JP
RDEA 05	2010	Wang, K., Wei, F.	Journal of Systems Engineering and Electronics	JP
RDEA 06	2011	Gharakhani, M., Kazemi, I., Alizadeh Haji, H.	Management Science Letters	JP
RDEA 07	2011	Sadjadi, S. J., Omrani, H., Abdollahzadeh, S., Alinaghian, M., Mohammadi, H.	Expert Systems with Applications	JP
RDEA 08	2011	Sadjadi, S. J., Omrani, H., Makui, A., Shahanaghi, K.	Expert Systems with Applications	JP
RDEA 09	2012	Aghayi, N., Raayatpanah, M. A.	International Conference on Data Envelopment Analysis	CP
RDEA 10	2012	Foroughi, A., Esfahani, M.	Management Science Letters	JP
RDEA 11	2012	Jalali Naini, S. G., Nouralizadeh, H. R.	Mathematical Problems in Engineering	JP
RDEA 12	2012	Khaki, A. R., Sadjadi, S. J., Gharakhani, M., Rashidi, S.	African Journal of Business Management	JP
RDEA 13	2013	Fasanghari, M., Amalnick, M. S., Anvari, R. T., Razmi, J.	Journal of Information Systems and Telecommunication	JP
RDEA 14	2013	Omrani, H.	Computers & Industrial Engineering	JP
RDEA 15	2013	Omrani, H.	International Journal of Industrial and Systems Engineering	JP
RDEA 16	2014	Fasanghari, M., Amalnick, M. S., Razmi, J., Anvari, R. T.	International Journal of Information & Communication Technology Research	JP
RDEA 17	2014	Hafezalkotob, A., Banihashemi, M. H. S., Rezaee, E. A., Tavakoli, H.	Journal of Industrial and Systems Engineering	JP
RDEA 18	2014	Kalantary, Z., Azar, A.	International Conference of DEA	CP
RDEA 19	2014	Kanani, K.	Journal of Contemporary Management Sciences	JP
RDEA 20	2014	Shokouhi, A. H., Shahriari, H.	Iranian Journal of Operations Research	JP
RDEA 21	2014	Shokouhi, A. H., Shahriari, H., Agrell, P. J., Hatami-Marbini, A.	OR Spectrum	JP
RDEA 22	2015	Adabi, F., Omrani, H.	Decision Science Letters	JP
RDEA 23	2015	Hafezalkotob, A., Haji-Sami, E., Omrani, H.	Journal of Industrial Engineering International	JP
RDEA 24	2015	Haji Sami, E., Ebrahimi Khameneh, M., Rezaeisaray, M., Esmaeili, S.	International Conference of Iranian Operations Research Society	CP
RDEA 25	2015	Kaviani, M. A., Abbasi, M.	International Journal of Strategic Decision Sciences	JP
RDEA 26	2015	Khamseh, A. A., Zahmatkesh, D.	Uncertain Supply Chain Management	JP

Research Code	Year	Author(s)	Publication	Publication Type
RDEA 27	2015	Lu, C. C.	Computers & Industrial Engineering	JP
RDEA 28	2015	Mardani, M., Salarpour, M.	Information Processing in Agriculture	JP
RDEA 29	2016	Aghayi, N., Maleki, B.	Energy	JP
RDEA 30	2016	Aghayi, N., Tavana, M., Raayatpanah, M. A.	European Journal of Industrial Engineering	JP
RDEA 31	2016	Ardekani, M. A., Hoseininasab, H., Khademizare, H., Fakhrzad, M.	International Journal of Engineering-Transactions B: Applications	JP
RDEA 32	2016	Atıcı, K. B., Gülpınar, N.	Robustness Analysis in Decision Aiding, Optimization, and Analytics	BC
RDEA 33	2016	Peykani, P., Mohammadi, E., Jabbarzadeh, A., & Jandaghian, A.	Journal of New Researches in Mathematics	JP
RDEA 34	2016	Rabbani, M., Heidari, N., Farrokhi-Asl, H.	Journal of Industrial Engineering and Management Studies	JP
RDEA 35	2016	Salahi, M., Torabi, N., Amiri, A.	Measurement	JP
RDEA 36	2016	Yousefi, S., Shabanpour, H., Fisher, R., Farzipoor Saen, R.	Measurement	JP
RDEA 37	2017	Arabmaldar, A., Jablonsky, J., Saljooghi, F. H.	Optimization	JP
RDEA 38	2017	Arabmaldar, A., Saljooghi, F. H.	International Journal of Computer Science and Information Security	JP
RDEA 39	2017	Bayati, M. F., Sadjadi, S. J.	PloS One	JP
RDEA 40	2017	Esfandiari, M., Hafezalkotob, A., Khalili-Damghani, K., Amirkhan, M.	International Journal of Management Science and Engineering Management	JP
RDEA 41	2017	Manavizadeh, N., Farrokhi-Asl, H., Rabbani, M.	International Journal of Data Envelopment Analysis	JP
RDEA 42	2017	Mohammadi, S., Tarokh, M. J., Mohammadi, E.	International Journal of Data Envelopment Analysis	JP
RDEA 43	2017	Omrani, H., Adabi, F., Adabi, N.	Journal of the Operational Research Society	JP
RDEA 44	2017	Omrani, H., Bozorgi-Amiri, A.	International Journal of Operational Research	JP
RDEA 45	2017	Rabbani, M., Farrokhi-Asl, H., Manavizadeh, N.	Management Science Letters	JP
RDEA 46	2017	Sabouhi, M., Mardani, M.	International Journal of Productivity and Quality Management	JP
RDEA 47	2017	Shabanpour, H., Yousefi, S., Farzipoor Saen, R.	Transportation Research Part D: Transport and Environment	JP
RDEA 48	2017	Soltani, A., Alam Tabriz, A., Sanei, M., Najafi Trojeni, I.	International Journal of Engineering Business Management	JP
RDEA 49	2017	Wu, D., Ding, W., Koubaa, A., Chaala, A., Luo, C.	Annals of Operations Research	JP
RDEA 50	2017	Zahedi-Seresht, M., Jahanshahloo, G. R., Jablonsky, J.	Applied Mathematical Modelling	JP
RDEA 51	2018	Aghayi, N., Tavana, M., Maleki, B.	Scientia Iranica	JP
RDEA 52	2018	Amirkhan, M., Didekhani, H., Khalili-Damghani, K., Hafezalkotob, A.	Expert Systems with Applications	JP
RDEA 53	2018	Dadashi, A., Mirbaha, B.	Transport	JP
RDEA 54	2018	Ehrgott, M., Holder, A., Nohadani, O.	European Journal of Operational Research	JP

Research Code	Year	Author(s)	Publication	Publication Type
RDEA 55	2018	Nikfarjam, H., Rostamy-Malkhalifeh, M., Noura, A.	Advances in Operations Research	JP
RDEA 56	2018	Peykani, P., Mohammadi, E.	International Conference on Industrial Engineering	CP
RDEA 57	2018	Peykani, P., Mohammadi, E., Sadjadi, S. J., Rostamy-Malkhalifeh, M.	International Conference on Intelligent Decision Science	CP
RDEA 58	2018	Wu, D., Wu, D. D.	IEEE Systems Journal	JP
RDEA 59	2018	Yousefi, S., Alizadeh, A., Hayati, J., Bagheri, M.	Safety Science	JP
RDEA 60	2019	Aghayi, N., Raayatpanah, M. A.	Journal of the Chinese Institute of Engineers	JP
RDEA 61	2019	Alizadeh, A., Omrani, H.	Measurement	JP
RDEA 62	2019	Hatami-Marbini, A., Arabmaldar, A.	European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis	CP
RDEA 63	2019	Lee, Y., Prabhu, V.	Socio-Economic Planning Sciences	JP
RDEA 64	2019	Lu, C., Tao, J., An, Q., Lai, X.	Annals of Operations Research	JP
RDEA 65	2019	Mensah, E. K.	University of Insubria	PT
RDEA 66	2019	Peykani, P., Seyed Esmaeili, F. S., Hossainzadeh Lotfi, F., Rostamy-Malkhalifeh, M.	Conference on Data Envelopment Analysis	CP
RDEA 67	2019	Peykani, P., Mohammadi, E., Seyed Esmaeili, F. S.	Journal of Quality Engineering and Production Optimization	JP
RDEA 68	2019	Rostamy-Malkhalifeh, M., Sahmani, M. A., Ziaee, K., Rahgoza, N.	International Conference on Data Envelopment Analysis	CP
RDEA 69	2019	Salahi, M., Toloo, M., Hesabirad, Z.	Journal of the Operational Research Society	JP
RDEA 70	2019	Shakouri, R., Salahi, M., Kordrostami, S.	Quantitative Finance and Economics	JP
RDEA 71	2019	Toloo, M., Mensah, E. K.	Computers & Industrial Engineering	JP
RDEA 72	2019	Wardana, R. W., Warinsiriruk, E., Joy-A-Ka, S.	International Conference on Advanced Welding and Smart Fabrication Technologies	CP
RDEA 73	2019	Yousefi, S., Soltani, R., Bonyadi Naeini, A., Farzipoor Saen, R.	Expert Systems	JP
RDEA 74	2020	Mardani Najafabadi, M., Taki, M.	Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects	JP
RDEA 75	2020	Mensah, E. K.	Decisions in Economics and Finance	JP
RDEA 76	2020	Peykani, P., Mohammadi, E., Jabbarzadeh, A., Rostamy-Malkhalifeh, M., Pishvae, M. S.	Plos One	JP
RDEA 77	2020	Salahi, M., Toloo, M., Torabi, N.	Journal of the Operational Research Society	JP
RDEA 78	2020	Shakouri, R., Salahi, M., Kordrostami, S.	Journal of Modelling in Management	JP
RDEA 79	2020	Tavana, M., Toloo, M., Aghayi, N., Arabmaldar, A.	Expert Systems with Applications	JP
RDEA 80	2020	Yadav, R., Malhotra, A. V., Mishra, A.	International Journal of Biological Macromolecules	JP

JP: Journal Paper, CP: Conference Paper, BC: Book Chapter, PT: Ph.D. Thesis.

جدول (۲-۴): کاربرد ها، اهداف و ویژگی های پژوهش های حوزه تحلیل پوششی داده های استوار

Research Code	Research Perspective		Implementation Type		Application Type		Implementation Information			Research Description			
	Theoretical	Application	Numerical Example	Real Data	Area	Subarea	Number of DMUs	Number of Inputs	Number of Outputs	Combination Approach	Comparison Approach	Research Features	New Approach
RDEA 01	✓	✓		✓	Power	Electricity Distribution Companies	38	3	2		DEA / SFA		✓
RDEA 02		✓		✓	Transportation	Airports	21	3	3		DEA / SEDEA		
RDEA 03	✓	✓		✓	Communication	Telecommunication Companies	24	2	2		DEA / RDEA / BDEA		✓
RDEA 04	✓		✓				5	1	1		IDEA		✓
							5	2	2				
RDEA 05	✓		✓				10	3	2		DEA		✓
RDEA 06		✓		✓	Education	High Schools	35	3	2		DEA / SFA		
RDEA 07	✓	✓		✓	Energy	Gas Companies	27	2	3		DEA / SEDEA		✓
RDEA 08	✓	✓		✓	Power	Electricity Distribution Companies	37	3	2	TS / STEM	MORO		✓
RDEA 09	✓		✓				4	2	2				✓
RDEA 10	✓	✓		✓	Transportation	Airports	21	3	3	AHP			✓
RDEA 11	✓	✓		✓	Insurance	Insurance Companies	20	3	2	GEE			
RDEA 12		✓		✓	Health Care	Public Health Centers	53	7	7		DEA / SFA		
RDEA 13	✓	✓		✓	Business & IT	Telecommunication Research Center	12	1	34	Expert Opinion		Dummy Input	✓
RDEA 14	✓	✓	✓		Energy	Gas Companies	17	4	3	GP	DEA / CSWDEA / RDEA		✓
							27	2	2				
RDEA 15	✓	✓		✓	Energy	Gas Companies	27	2	2	PSM	DEA	Fuzzy Perturbation	✓
RDEA 16	✓	✓		✓	Business & IT	Enterprise Architecture of E-Government	12	1	34	Expert Opinion		Dummy Input	✓
RDEA 17	✓	✓		✓	SCM	Supplier Selection in SAPCO	21	3	2			Weight Restricted	
RDEA 18		✓		✓	Health Care	Hospitals	23	3	4		DEA		
RDEA 19		✓		✓	Energy	Oil Refining & Distribution Companies	27	2	5		DEA / FSEDEA		
RDEA 20	✓	✓	✓		Banking	Bank Branches	5	1	1				✓
							24	2	5				

Research Code	Research Perspective		Implementation Type		Application Type		Implementation Information			Research Description			
	Theoretical	Application	Numerical Example	Real Data	Area	Subarea	Number of DMUs	Number of Inputs	Number of Outputs	Combination Approach	Comparison Approach	Research Features	New Approach
RDEA 21	✓		✓				5	1	1		IDEA		✓
							5	2	2				
							7	2	1				
							20	3	5				
RDEA 22	✓	✓	✓		SCM	SCN Design	10	4	3	SCN Model		Two Objective	✓
RDEA 23	✓	✓		✓	Power	Electricity Distribution Companies	38	3	2				✓
RDEA 24		✓		✓	Health Care	Hospital (Emergency Departments)	6						
RDEA 25	✓	✓		✓	Operations Management	Operations Strategies of Cement Companies	9	5	2			Likert Scale Data	✓
RDEA 26	✓	✓		✓	SCM	Oil Facility Supporting Industry	10	4	3		DEA		
RDEA 27	✓	✓		✓	Meta-Heuristics Algorithm	GA	48	1	4		DEA	Undesirable Output	✓
						SA	36	1	4				
RDEA 28		✓		✓	Agriculture & Farm	Potato Production	23	6	1	MCS	DEA / IDEA		
RDEA 29	✓	✓	✓	✓			10		2		IDEA	Undesirable Outputs / Constant Input	✓
RDEA 30	✓		✓				17	4	3		DEA / CSWDEA		✓
RDEA 31	✓	✓		✓	Banking	Bank Branches	14	3	5		NDEA	Two Stage Network	✓
RDEA 32		✓		✓	Power	Electricity Power Networks	14				DEA / IDEA		
RDEA 33	✓	✓		✓	Agriculture & Farm	Olive Oil Production	89	4	1				✓
RDEA 34		✓		✓	Finance	Stock Exchange	15	2	2				✓
RDEA 35	✓			✓	Health Care	Hospitals	16	3	2		IDEA / RIDEA		✓
					Forestry	Forest Districts	17	4	3		DEA / CSWDEA / RCSWDEA		
					Energy	Gas Companies	27	2	2				

Research Code	Research Perspective		Implementation Type		Application Type		Implementation Information			Research Description			
	Theoretical	Application	Numerical Example	Real Data	Area	Subarea	Number of DMUs	Number of Inputs	Number of Outputs	Combination Approach	Comparison Approach	Research Features	New Approach
RDEA 36	✓	✓		✓	SCM	Sustainable Suppliers Evaluation & Ranking	20					Undesirable Factor / Dual-Role Factor / Likert Scale Data	
RDEA 37	✓			✓	Forestry	Forest Districts	17	4	3		SEDEA		✓
RDEA 38	✓			✓	Energy	Gas Companies	27	2	3		DEA / RDEA	Correlated Uncertainty	✓
RDEA 39	✓	✓		✓	Power	Electricity Power Networks	16			PSM	NDEA / SFA	Three Stage Network	✓
RDEA 40	✓			✓	Banking	Bank Branches	20					Two Stage Network	✓
RDEA 41		✓		✓	Tourism	Hotels	50	3	2				
RDEA 42		✓		✓	Communication	Call Centers	15	3	2	Delphi / Entropy	IDEA		✓
RDEA 43	✓	✓	✓		SCM	SCN Design	10	4	3	SCN Model		Three Objective	
RDEA 44	✓	✓		✓	Energy	Gas Companies	27	2	2	SFA / PCA / PSM			✓
RDEA 45		✓		✓	Mining	Mine Site	56			GP	DEA / RDEA		
RDEA 46	✓	✓		✓	Agriculture & Farm	Wheat Production	23	6	1				
RDEA 47	✓	✓		✓	SCM	Sustainable Suppliers Benchmarking & Ranking	20	4	3	GP		Double Frontier DEA	
RDEA 48		✓		✓	Energy	Gas Companies	60	3	4	Expert Opinion	IDEA		
RDEA 49	✓	✓		✓	Forestry & Manufacturing	Hybrid Poplar Reliability	25	2	8		DEA		
RDEA 50	✓		✓				10	2	1	MCS	DEA		
				✓	EPC Holding Enterprise	Subsidiary & Affiliated Companies	10	2	1				
RDEA 51	✓	✓	✓				5		2			Undesirable Outputs / Constant Input	✓
RDEA 52	✓	✓	✓				30	3	4	FDEA	IDEA		✓
							20	3	2				
							15	2	2				
				✓	SCM	Supply Chain Agility of SMEs	25	4	4				
RDEA 53		✓		✓	Project Management	Prioritizing Highway Safety Improvement Projects	30	1	3				
RDEA 54	✓	✓		✓	Health Care	Radiotherapy Design	42	1	1				✓

Research Code	Research Perspective		Implementation Type		Application Type		Implementation Information			Research Description			
	Theoretical	Application	Numerical Example	Real Data	Area	Subarea	Number of DMUs	Number of Inputs	Number of Outputs	Combination Approach	Comparison Approach	Research Features	New Approach
RDEA 55	✓	✓		✓	SCM	Sustainable Supplier Evaluation	35						✓
RDEA 56	✓	✓		✓	Finance	Stock Exchange	10	4	2		DEA		✓
RDEA 57	✓	✓		✓	Finance	Stock Exchange	20	4	2				✓
RDEA 58		✓		✓	Health Care	Hospitals	329	6	5				
RDEA 59		✓		✓	HSE Risk Prioritization	Automotive Parts	62	3	4 (2)	FMEA	DEA-FMEA / RPN	Undesirable Output	
RDEA 60	✓	✓		✓	Banking	Bank Branches	20	3	5		IDEA		✓
RDEA 61		✓		✓	Design of Experiments	CO2 Laser Cutting Machine				TM / NN			
RDEA 62	✓	✓		✓	Education								✓
RDEA 63	✓	✓		✓	Social and Emotional Health	Community Youth Prevention Programs	16	7	9				✓
RDEA 64	✓	✓		✓	Energy	New-Energy Vehicle Manufactures	13	2	3				✓
RDEA 65	✓	✓		✓	Banking	Banks	50	4	5				
							100	4	5				
							150	4	5				
							200	4	5			Reduction Computational Complexity	✓
							250	4	5				
							26	3	3				
							29	3	3				
RDEA 66	✓		✓				10	4	4				
			✓				5	1	1				✓
RDEA 67	✓	✓		✓	Finance	Stock Exchange	10	4	2		DEA		✓
RDEA 68		✓		✓	Banking	Bank Branches							
RDEA 69	✓	✓		✓	Banking	Banks	20	2	2		IDEA		✓
					Manufacturing	FMS	12	2	4				
RDEA 70	✓	✓		✓	Banking	Bank Branches	20						✓

Research Code	Research Perspective		Implementation Type		Application Type		Implementation Information			Research Description			
	Theoretical	Application	Numerical Example	Real Data	Area	Subarea	Number of DMUs	Number of Inputs	Number of Outputs	Combination Approach	Comparison Approach	Research Features	New Approach
RDEA 71	✓	✓		✓	Banking	Banks	50	4	5			Reduction Computational Complexity	✓
							100	4	5				
							150	4	5				
							200	4	5				
							250	4	5				
RDEA 72	✓	✓		✓	Manufacturing	Welding Process Selection	6			Expert Opinion			✓
RDEA 73	✓	✓		✓	Energy	Power Plants	60	3	2	Artificial Neural Network		Undesirable Outputs / Double Frontier DEA	✓
RDEA 74		✓		✓	Energy & Agriculture	Greenhouse Cucumber Production	30	8	1	Monte Carlo Simulation			
RDEA 75	✓	✓	✓		Banking	Banks	10	4	4				✓
				✓			29	3	3				
RDEA 76	✓	✓		✓	Finance	Stock Exchange	27	5	4	Portfolio Optimization Model			✓
RDEA 77	✓	✓		✓	Energy	Gas Companies	27	2	2				✓
					Forestry	Forest Districts	17	4	3				
RDEA 78	✓	✓	✓				10	2	1	AHP			✓
				✓	Banking	Bank Branches	17	4	7				
RDEA 79	✓	✓		✓	Banking	Bank Branches	50	1	3			Undesirable Outputs	✓
					Energy	Power Plants	17	1	5				
RDEA 80		✓		✓	Biological	Graft Copolymers	23	4	1				
Our Work	✓	✓		✓	Finance	Mutual Funds	15				Deterministic Approach	Ranking Approach	✓

AHP: Analytical Hierarchy Process, BDEA: Bootstrap Data Envelopment Analysis, CSWDEA: Common Set of Weights Data Envelopment Analysis, DEA: Data Envelopment Analysis, EPC: Engineering & Procurement & Construction, FDEA: Fuzzy Data Envelopment Analysis, FMEA: Failure Modes & Effect Analysis, FMS: Flexible Manufacturing System, FSEDEA: Fuzzy Super Efficiency Data Envelopment Analysis, GA: Genetic Algorithm, GEE: Generalized Estimating Equations, GP: Goal Programming, HSE: Health & Safety & Environment, IDEA: Interval Data Envelopment Analysis, IT: Information Technology, MCS: Monte Carlo Simulation, MORO: Multi Objective Model for Ratio Optimization, NDEA: Network Data Envelopment Analysis, NN: Neural Network, PCA: Principal Component Analysis, PGCC: Persian Gulf Cooperation Council, PSM: Parametric Solution Method, RCSWDEA: Robust Common Set of Weights Data Envelopment Analysis, RDEA: Robust Data Envelopment Analysis, RPN: Risk Priority Number, SA: Simulated Annealing, SAPCO: Supplying Automotive Parts Company, SCM: Supply Chain Management, SCN: Supply Chain Network, SEDEA: Super Efficiency Data Envelopment Analysis, SFA: Stochastic Frontier Analysis, SMEs: Small & Medium-sized Enterprises, STEM: Step Method, TM: Taguchi Method, TS: Target Setting.

جدول (۲-۵): جزئیات و اطلاعات مدل های ارائه شده در حوزه تحلیل پوششی داده های استوار

Research Code	Basic Model																					Model Type	Model Form	Model Orientation			Model RTS		Uncertainty		Uncertainty Set	Robust Optimization Approach						RDEA Model Class												
																													Data	Type																				
	CCR	BCC	ADD	RM	ERM	SEDEA	CEDEA	CSWDEA	DDF	VRM	LIDEA	UIDEA	BDEA	IADDEA	SDEA	MODEA	DDEA	NDEA	MPI	OPE	MPSS	EDEA	Radial	Non-Radial	M-F	E-F	I-O	O-O	N-O	CRS	VRS	Inputs	Outputs	Continuous	Discrete	Box	Ellipsoidal	Polyhedral	Norm-Based	SROA	BNROA	BSROA	MVZROA	SDROA	EROA	LP	NLP	MOLP		
	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓	✓					✓						✓					
RDEA 01	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓	✓					✓						✓					
	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓	✓					✓						✓					
RDEA 02	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓	✓					✓						✓					
RDEA 03													✓									✓		✓		✓			✓		✓		✓	✓					✓						✓					
RDEA 04											✓										✓	✓		✓		✓			✓	✓	✓		✓	✓					✓							✓				
	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓				✓						✓					
	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓				✓						✓					
RDEA 05																						✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓	✓				✓					✓					
	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓	✓				✓					✓					
	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓	✓				✓					✓					
RDEA 06																						✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓	✓				✓					✓					
	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓	✓				✓					✓					
RDEA 07					✓																	✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓	✓				✓					✓					
																						✓	✓		✓			✓		✓		✓		✓	✓				✓								✓			
RDEA 08													✓								✓	✓		✓				✓		✓		✓		✓	✓				✓									✓		
RDEA 09																				✓		✓		✓				✓		✓		✓		✓	✓				✓						✓					
RDEA 10	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓	✓				✓					✓					
RDEA 11	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓	✓				✓					✓					
RDEA 12	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓	✓				✓					✓					
RDEA 13	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓	✓				✓					✓				✓			
RDEA 14							✓														✓	✓		✓		✓			✓	✓	✓		✓		✓	✓				✓							✓			
RDEA 15	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓				✓						✓			✓		
RDEA 16	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓	✓							✓					✓				
	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓				✓						✓			✓		
RDEA 17		✓																				✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓	✓				✓					✓			✓		
		✓																				✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓				✓					✓			✓			
RDEA 18	✓																					✓		✓		✓			✓		✓		✓		✓				✓					✓				✓		

Research Code	Basic Model																					Model Type	Model Form		Model Orientation			Model RTS		Uncertainty		Uncertainty Set	Robust Optimization Approach						RDEA Model Class		
																														Data	Type										
	CCR	BCC	ADD	RM	ERM	SEDEA	CEDEA	CSWDEA	DDF	VRM	LIDEA	UIDEA	BDEA	IADDA	SDEA	MODEA	DDEA	NDEA	MPI	OPE	MPSS	EDEA	Radial Non-Radial	M-F E-F	I-O O-O N-O	CRS VRS	Inputs Outputs	Continuous Discrete	Box Ellipsoidal Polyhedral Norm-Based	SROA BNROA BSROA MVZROA SDROA EROA	LP NLP MOLP										
RDEA 19					✓																	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓									
RDEA 20															✓							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓									
RDEA 21											✓											✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓									
RDEA 22															✓							✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓									
RDEA 23	✓																					✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓									
RDEA 24	✓																					✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓									
RDEA 25	✓																					✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓									
RDEA 26	✓																					✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓									
RDEA 27		✓																				✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
		✓																				✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
RDEA 28											✓											✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
											✓											✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
RDEA 29									✓													✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
RDEA 30							✓															✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
RDEA 31																	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
RDEA 32	✓																					✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
	✓																					✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
RDEA 33		✓																				✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
		✓																				✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
											✓		✓									✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
RDE3 34											✓		✓									✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
											✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
RDEA 35	✓																					✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
	✓																					✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
							✓															✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									
RDEA 36															✓							✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓									

Research Code	Basic Model																				Model Type	Model Form		Model Orientation			Model RTS		Uncertainty		Uncertainty Set	Robust Optimization Approach						RDEA Model Class																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
																													Data	Type																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	CCR	BCC	ADD	RM	ERM	SEDEA	CEDEA	CSWDEA	DDF	VRM	LIDEA	UIDEA	BDEA	IADDA	SDEA	MODEA	DDEA	NDEA	MPI	OPE	MPSS	EDEA	Radial Non-Radial	M-F E-F	I-O O-O N-O	CRS VRS	Inputs Outputs	Continuous Discrete	Box Ellipsoidal Polyhedral Norm-Based	SROA BNROA BSROA MVZROA SDROA EROA	LP NLP MOLP																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	✓					✓																✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓</

Research Code	Basic Model																				Model Type	Model Form		Model Orientation			Model RTS		Uncertainty		Uncertainty Set	Robust Optimization Approach						RDEA Model Class		
																													Data	Type										
	CCR	BCC	ADD	RM	ERM	SEDEA	CEDEA	CSWDEA	DDF	VRM	LIDEA	UIDEA	BDEA	IADDA	SDEA	MODEA	DDEA	NDEA	MPI	OPE	MPSS	EDEA	Radial Non-Radial	M-F E-F	I-O O-O N-O	CRS VRS	Inputs Outputs	Continuous Discrete	Box Ellipsoidal Polyhedral Norm-Based	SROA BNROA BSROA MVZROA SDROA EROA	LP NLP MOLP									
RDEA 56	✓																					✓				✓	✓	✓	✓			✓								
		✓																				✓				✓	✓	✓	✓			✓								
RDEA 57									✓													✓				✓	✓	✓	✓			✓								
RDEA 58	✓																					✓				✓		✓						✓						
RDEA 59	✓																					✓				✓		✓					✓							
RDEA 60																				✓		✓				✓	✓	✓				✓								
RDEA 61	✓																					✓				✓		✓				✓								
RDEA 62					✓																		✓																	
RDEA 63																			✓			✓				✓	✓	✓				✓								
RDEA 64															✓								✓				✓	✓				✓								
RDEA 65	✓																					✓				✓	✓	✓				✓								
	✓																					✓				✓	✓	✓				✓								
	✓																					✓				✓	✓	✓				✓								
	✓																					✓				✓	✓	✓				✓								
	✓																					✓				✓	✓	✓				✓								
	✓																					✓				✓	✓	✓				✓								
	✓																					✓				✓	✓	✓				✓								
	✓																					✓				✓	✓	✓				✓								
	✓																					✓				✓	✓	✓				✓								
	✓																					✓				✓	✓	✓				✓								
	✓																					✓				✓	✓	✓				✓								
	✓																					✓				✓	✓	✓				✓								
RDEA 66			✓																			✓				✓	✓	✓				✓								
																						✓				✓	✓	✓				✓								
RDEA 67	✓																				✓				✓		✓	✓				✓								
RDEA 68		✓																			✓				✓		✓	✓				✓								
RDEA 69				✓																		✓				✓	✓	✓						✓						

Research Code	Basic Model																				Model Type	Model Form		Model Orientation			Model RTS		Uncertainty		Uncertainty Set	Robust Optimization Approach					RDEA Model Class											
																						Radial	Non-Radial	M-F	E-F	I-O	O-O	N-O	CRS	VRS		Data		Type		Box	Ellipsoidal	Polyhedral	Norm-Based	SROA	BNROA	BSROA	MVZROA	SDROA	EROA	LP	NLP	MOLP
	CCR	BCC	ADD	RM	ERM	SEDEA	CEDEA	CSWDEA	DDF	VRM	LIDEA	UIDEA	BDEA	IADEA	SDEA	MODEA	DDEA	NDEA	MPI	OPE												MPSS	EDEA	Inputs	Outputs													
					✓																		✓	✓	✓		✓										✓											
RDEA 70																		✓				✓	✓		✓											✓												
RDEA 71		✓																				✓	✓		✓		✓					✓					✓											
RDEA 72	✓																					✓	✓		✓										✓													
RDEA 73	✓																					✓			✓		✓										✓											
RDEA 74											✓											✓	✓		✓		✓						✓				✓											
RDEA 75	✓																					✓	✓		✓		✓									✓												
			✓																			✓	✓		✓		✓						✓				✓											
	✓																					✓	✓		✓		✓									✓												
	✓																					✓	✓		✓		✓									✓												
	✓																					✓	✓		✓		✓									✓												
RDEA 76		✓																				✓	✓		✓		✓									✓												
		✓																				✓	✓		✓		✓									✓												
			✓																			✓	✓		✓		✓									✓												
			✓																			✓	✓		✓		✓									✓												
RDEA 77	✓																					✓	✓		✓		✓									✓												
								✓														✓	✓		✓		✓									✓												
RDEA 78	✓																					✓	✓		✓								✓			✓												
RDEA 79								✓														✓			✓		✓									✓												
RDEA 80	✓																					✓			✓		✓									✓												
Our Work																		✓				✓	✓		✓		✓						✓			✓												

CCR: Charnes, Cooper & Rhodes, BCC: Banker, Charnes & Cooper, ADD: Additive, RM: Russell Measure, ERM: Enhanced Russell Measure, SEDEA: Supper Efficiency Data Envelopment Analysis, CEDEA: Cross Efficiency Data Envelopment Analysis, CSWDEA: Common Set of Weights Data Envelopment Analysis, DDF: Directional Distance Function, VRM: Variant of Radial Measure, LIDEA: Lower Bound of Interval Data Envelopment Analysis, UIDEA: Upper Bound of Interval Data Envelopment Analysis, BDEA: Bootstrap Data Envelopment Analysis, IADEA: Interactive Data Envelopment Analysis, SDEA: Simultaneous Data Envelopment Analysis, MODEA: Multi-Objective Data Envelopment Analysis, DDEA: Dynamic Data Envelopment Analysis, NDEA: Network Data Envelopment Analysis, MPI: Malmquist Productivity Index, OPE: Overall Profit Efficiency, MPSS: Most Productive Scale Size, EDEA: Extended Data Envelopment Analysis, M-F: Multiplier Form, E-F: Envelopment Form, I-O: Input Oriented, O-O: Output Oriented, N-O: Non Oriented, RTS: Returns to Scale, CRS: Constant Returns to Scale, VRS: Variable Returns to Scale, SROA: Soyster Robust Optimization Approach, BNROA: Ben-Tal & Nemirovski Robust Optimization Approach, BSROA: Bertsimas & Sim Robust Optimization Approach, MVZROA: Mulvey & Vanderbei & Zenios Robust Optimization Approach, SDROA: Snyder & Daskin Robust Optimization Approach, EROA: Extended Robust Optimization Approach, LP: Linear Programming, NLP: Non Linear Programming, MOLP: Multi Objective Linear Programming.

با توجه به مطالعات صورت گرفته در حوزه تحلیل پوششی داده های استوار، به وضوح ملاحظه می شود که یکی از شکاف های تحقیقاتی مهم، استوار سازی مدل های تحلیل پوششی داده های شبکه ای می باشد. زیرا از بین ۸۰ مطالعه صورت گرفته در حوزه مذکور، تنها ۴ پژوهش در زمینه تحلیل پوششی داده های شبکه ای استوار انجام شده است. لذا بدون شک، توجه به این موضوع و ارائه رویکرد های نوین تحلیل پوششی داده های استوار با قابلیت پیاده سازی در حضور ساختار شبکه ای یکی از فرصت های مهم تحقیقاتی برای پژوهشگران می باشد. هم چنین تا کنون در هیچ یک از مطالعات صورت گرفته، به ارزیابی عملکرد و رتبه بندی صندوق های سرمایه گذاری پرداخته نشده است و از این رو در رساله پیش رو، بدین نکته و موضوع مهم پرداخته خواهد شد.

۲-۵-۳ تحلیل پوششی داده های غیر قطعی و برنامه ریزی امکانی

تحلیل پوششی داده های امکانی یکی از رویکرد های مهم و پر کاربرد در حوزه تحلیل پوششی داده های فازی می باشد و تا کنون مطالعات قابل توجهی در این زمینه توسط پژوهشگران در حوزه های مختلف صورت پذیرفته است. **گو و همکاران (۲۰۰۰)** برای اولین بار با استفاده از رویکرد برنامه ریزی امکانی به ارائه مدل تحلیل پوششی داده های فازی پرداختند. مدل پایه پژوهش آنها، مدل CCR ورودی محور می باشد که از اندازه های امکان و الزام به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در ورودی ها و خروجی ها با تابع عضویت فازی مثلثی متقارن بهره گرفته شده است. لازم به ذکر است که مدل های ارائه شده در سیستم ارزیابی مشتریان- شرکت پیاده سازی گردیده اند. لازم به ذکر است که در رویکرد تحلیل پوششی داده های امکانی به منظور برخورد با عدم قطعیت داده ها، از تلفیق اندازه های مختلف هم چون امکان، الزام و اعتبار با برنامه ریزی محدودیت شانس که توسط **چارنز و کوپر (۱۹۵۹)** ارائه شده است، بهره گرفته می شود. در ادامه، اطلاعات کتاب شناختی مطالعات صورت گرفته در حوزه تحلیل پوششی داده های امکانی، کاربرد ها، اهداف و ویژگی ها و در نهایت تمامی اطلاعات و جزئیات مربوط به مدل های تحلیل پوششی داده های امکانی موجود در ادبیات به ترتیب در **جداول (۲-۶) الی (۲-۸)** گردآوری و ارائه شده اند:

جدول (۲-۶): مطالعات صورت گرفته در حوزه تحلیل پوششی داده های امکانی

Research Code	Year	Author(s)	Publication	Publication Type
FDEA 01	2000	Guo, P., Tanaka, H., Inuiguchi, M.	IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems	JP
FDEA 02	2002	Lertworasirikul, S.	North Carolina State University	PT
FDEA 03	2002	Lertworasirikul, S., Fang, S. C., Joines, J. A., & Nuttle, H. L.W.	Joint Conference on Information Sciences	CP
FDEA 04	2002	Lertworasirikul, S., Fang, S. C., Nuttle, H. L. W., & Joines, J. A.	Bellman Continuum	CP
FDEA 05	2003	Lertworasirikul, S., Fang, S. C., Joines, J. A., & Nuttle, H. L.W.	Fuzzy Sets and Systems	JP
FDEA 06	2003	Lertworasirikul, S., Fang, S. C., Nuttle, H. L. W., & Joines, J. A.	Fuzzy Optimization and Decision Making	JP
FDEA 07	2005	Garcia, P. A. A., Schirru, R., & Frutuoso E Melo, P. F.	Progress in Nuclear Energy	JP
FDEA 08	2005	Ramezanzadeh, S., Memariani, M., Saati, S.	Iranian Journal of Fuzzy Systems	JP
FDEA 09	2006	Punyangarm, V., Yanpirat, P., Charnsethikul, P., Lertworasirikul, S.	Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference	CP
FDEA 10	2006	Wu, D. D., Yang, Z., Liang, L.	Applied Mathematics and Computation	JP
FDEA 11	2007	Jiang, N., Yang, Y.	International Journal of Business and Management	JP
FDEA 12	2007	Meng, M., Liu, Y.	International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery	CP
FDEA 13	2007	Wen, M., You, C.	Technical Report	TR
FDEA 14	2008	Nedeljković, R. R., & Drenovac, D.	PosTel	JP
FDEA 15	2008	Punyangarm, V., Yanpirat, P., Charnsethikul, P., Lertworasirikul, S.	Thailand Statistician	JP
FDEA 16	2008	Qin, R., Liu, Y. K.	International Conference on Machine Learning and Cybernetics	CP
FDEA 17	2009	Qin, R., Liu, Y., Liu, Z., Wang, G.	International Symposium on Neural Networks	BC
FDEA 18	2009	Wen, M., Li, H.	Journal of Computational and Applied Mathematics	JP
FDEA 19	2010	Dai, X., Liu, Y., Qin, R.	International Conference in Swarm Intelligence	CP
FDEA 20	2010	Ketsarapong, S., Punyangarm, V.	Industrial Engineering and Management Systems	JP
FDEA 21	2010	Khodabakhshi, M., Gholami, Y., Kheirollahi, H.	Applied Mathematical Modelling	JP
FDEA 22	2010	Khodabakhshi, M., Kheirollahi, H.	International Conference of Fuzzy Information & Engineering	CP
FDEA 23	2010	Lin, H. T.	Computers & Industrial Engineering	JP
FDEA 24	2010	Punyangarm, V.	Conference Proceedings	CP
FDEA 25	2010	Wen, M., You, C., Kang, R.	Computers and Mathematics with Applications	JP
FDEA 26	2011	Hossainzadeh Lotfi, F., Jahanshahloo, G. R., Khodabakhshi, M., Moradi, F.	African Journal of Business Management	JP
FDEA 27	2011	Meng, M., Yuan, G., Huang, J.	International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery	CP
FDEA 28	2011	Qin, R., Liu, Y., Liu, Z. Q.	Expert Systems with Applications	JP
FDEA 29	2011	Wen, M., Qin, Z., Kang, R.	Fuzzy Optimization and Decision Making	JP

Research Code	Year	Author(s)	Publication	Publication Type
FDEA 30	2011	Wen, M., Zhou, D., Lv, C.	Information-An International Interdisciplinary Journal	JP
FDEA 31	2011	Zuojun, P., Yuhong, C., Lei, S.	Procedia Engineering	JP
FDEA 32	2012	Nedeljković, R. R., & Drenovac, D.	International Journal for Traffic and Transport Engineering	JP
FDEA 33	2012	Tavana, M., Shiraz, R. K., Hatami-Marbini, A., Agrell, P. J., Paryab, K.	Expert Systems with Applications	JP
FDEA 34	2012	Zhao, X., Yue, W.	Procedia Computer Science	JP
FDEA 35	2013	Bai-Qing, S., Yue, Q., Shan, X.	International Conference on Management Science and Engineering	CP
FDEA 36	2013	Payan, A., Shariff, M.	Journal of Uncertain Systems	JP
FDEA 37	2013	Tavana, M., Shiraz, R. K., Hatami-Marbini, A., Agrell, P. J., Paryab, K.	Knowledge-Based Systems	JP
FDEA 38	2013	Wen, M., Guo, L., Kang, R.	Information	JP
FDEA 39	2014	Agarwal, S.	International Conference on Soft Computing for Problem Solving	CP
FDEA 40	2014	Kheirollahi, H.	National Conference on Data Envelopment Analysis	CP
FDEA 41	2014	Meng, M.	Expert Systems with Applications	JP
FDEA 42	2014	Paryab, K., Shiraz, R. K., Jalalzadeh, L., Fukuyama, H.	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	JP
FDEA 43	2014	Shiraz, R. K., Charles, V., Jalalzadeh, L.	Expert Systems with Applications	JP
FDEA 44	2014	Shiraz, R. K., Tavana, M., Paryab, K.	International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies	JP
FDEA 45	2015	Azadi, M., Jafarian, M., Farzipoor Saen, R., Mirhedayatian, S. M.	Computers & Operations Research	JP
FDEA 46	2015	Fasanghari, M., Amalnick, M.S., Anvari, R.T. Razmi, J.	Applied Soft Computing	JP
FDEA 47	2015	Feng, X. Q., Meng, M. Q., Liu, Y. K.	Journal of Uncertain Systems	JP
FDEA 48	2015	Paryab, K., Tavana, M., Shiraz, R. K.	International Journal of Data Mining, Modelling and Management	JP
FDEA 49	2015	Payan, A.	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	JP
FDEA 50	2015	Wen, M.	Uncertain Data Envelopment Analysis	BC
FDEA 51	2015	Zerafat Angiz, M., Mustafa, A., Ghadiri, M. Tajaddini, A.	Computers & Industrial Engineering	JP
FDEA 52	2016	Nasseri, S. H., Ebrahimnejad, A., Gholami, O.	International Journal of Applied Decision Sciences	JP
FDEA 53	2016	Yaghoubi, A., Amiri, M., Safi Samghabadi, A.	Journal of Optimization in Industrial Engineering	JP
FDEA 54	2016	Zhou, X., Pedrycz, W., Kuang, Y., Zhang, Z.	Applied Soft Computing	JP
FDEA 55	2017	Agarwal, S.	International Journal of Business and Systems Research	JP
FDEA 56	2017	Ahmadvand, S. Pishvae, M.S.	Health Care Management Science	JP
FDEA 57	2017	Kheirollahi, H., Hessari, P., Charles, V., Chawshini, R.	Croatian Operational Research Review	JP
FDEA 58	2017	Ruiz, J.L. Sirvent, I.	Fuzzy Optimization and Decision Making	JP
FDEA 59	2017	Tlig, H., Ben Hamed, A.	Journal of Data Envelopment Analysis and Decision Science	JP
FDEA 60	2017	Yousefi, S., Soltani, R., Farzipoor Saen, R., & Pishvae, M. S.	Journal of Cleaner Production	JP

Research Code	Year	Author(s)	Publication	Publication Type
FDEA 61	2017	Zhou, X., Luo, R., Lev, B., Tu, Y.	International Conference on Management Science and Engineering Management	CP
FDEA 62	2018	Izadikhah, M., Khoshroo, A.	RAIRO-Operations Research	JP
FDEA 63	2018	Kumar, V., Singh, V. B., Garg, A., Kumar, G.	Quality, IT and Business Operations	BC
FDEA 64	2018	Nasseri, S. H., Ebrahimnejad, A., Gholami, O.	International Journal of Fuzzy Systems	JP
FDEA 65	2018	Peykani, P., Mohammadi, E.	International Conference on Intelligent Decision Science	CP
FDEA 66	2018	Peykani, P., Mohammadi, E., Pishvae, M. S., Rostamy-Malkhalifeh, M., Jabbarzadeh, A.	RAIRO-Operations Research	JP
FDEA 67	2018	Peykani, P., Seyed Esmaeili, F. S., Rostamy-Malkhalifeh, M., Hossainzadeh Lotfi, F.	International Journal of Hospital Research	JP
FDEA 68	2018	Sabouhi, F., Pishvae, M. S., Jabalameli, M. S.	Computers & Industrial Engineering	JP
FDEA 69	2018	Wardana, R. W., Warinsiriruk, E., Joy-A-Ka, S.	International Journal of Industrial and Systems Engineering	JP
FDEA 70	2018	Zhou, X., Xu, Z., Yao, L., Tu, Y., Lev, B., Pedrycz, W.	Journal of Cleaner Production	JP
FDEA 71	2019	Amini, M., Dabbagh, R., Omrani, H.	Decision Science Letters	JP
FDEA 72	2019	Ebrahimnejad, A., Nasseri, S. H., Gholami, O.	RAIRO-Operations Research	JP
FDEA 73	2019	Ebrahimnejad, A., Tavana, M., Nasseri, S. H., Gholami, O.	International Journal of Information Technology & Decision Making	JP
FDEA 74	2019	Gholizadeh, H., Fazlollahtabar, H.	International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences	JP
FDEA 75	2019	Ji, A. B., Chen, H., Qiao, Y., Pang, J.	Journal of the Operational Research Society	JP
FDEA 76	2019	Ji, A. B., Qiao, Y., & Liu, C.	Health Care Management Science	JP
FDEA 77	2019	Mehrasa, B., Behzadi, M. H.	Soft Computing	JP
FDEA 78	2019	Nasseri, S. H., Khatir, M. A.	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	JP
FDEA 79	2019	Nosrat, A., Sanei, M., Payan, A., Hossainzadeh Lotfi, F., Razavyan, S.	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	JP
FDEA 80	2019	Peykani, P., Mohammadi, E., Emrouznejad, A., Pishvae, M. S., Rostamy-Malkhalifeh, M.	Expert Systems with Applications	JP
FDEA 81	2019	Peykani, P., Mohammadi, E., Rostamy-Malkhalifeh, M., Hossainzadeh Lotfi, F.	Advances in Mathematical Finance and Applications	JP
FDEA 82	2019	Peykani, P., Seyed Esmaeili, F. S., Rostamy-Malkhalifeh, M., Hossainzadeh Lotfi, F., Tehrani, R.	Conference on Data Envelopment Analysis	CP
FDEA 83	2019	Seyed Esmaeili, F. S., Rostamy-Malkhalifeh, M., Hossainzadeh Lotfi, F.	Conference on Data Envelopment Analysis	CP
FDEA 84	2020	Mahla, D., & Agarwal, S.	Iranian Journal of Fuzzy Systems	JP
FDEA 85	2020	Roghaee, N., Mohammadi, E., & Varzgani, N.	International Journal of Management and Decision Making	JP
FDEA 86	2020	Shiraz, R. K., Tavana, M., & Fukuyama, H.	Soft Computing	JP
FDEA 87	2020	Wang, H., Dong, M., & Wang, L.	Conference on System Science and Engineering	CP
FDEA 88	2020	Wardana, R. W., Masudin, I., & Restuputri, D. P.	Cogent Engineering	JP

JP: Journal Paper, CP: Conference Paper, BC: Book Chapter, PT: Ph.D. Thesis, TR: Technical Report.

جدول (۷-۲): کاربرد ها، اهداف و ویژگی های پژوهش های حوزه تحلیل پوششی داده های امکانی

Research Code	Research Perspective		Implementation Type		Implementation Information			Data Uncertainty Type					Research Description		
	Theoretical	Application	Numerical Example	Case Study	Number of DMUs	Number of Inputs	Number of Outputs	FT-I	FT-II	FURA	RAFU	FURO	Research Objective	Research Feature	Research Application
FDEA 01	✓	✓		✓	5	1	4	✓					Ranking	Unity Input	ACM System
FDEA 02	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation		
FDEA 03	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation		
FDEA 04	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation		
FDEA 05	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation		
FDEA 06	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation		
FDEA 07		✓		✓	13			✓					Ranking	FMEA / Linguistic Variable	AFW System
FDEA 08	✓		✓		4	2	1			✓			Performance Evaluation		
FDEA 09	✓									✓			Performance Evaluation		
FDEA 10		✓		✓	808	7	6	✓					Performance Evaluation	Linguistic Variable	Cross-Region Bank Branches
FDEA 11	✓		✓					✓					Performance Evaluation		
FDEA 12	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation		
FDEA 13	✓		✓					✓					Performance Evaluation		
FDEA 14		✓		✓				✓					Performance Evaluation		Post Offices
FDEA 15	✓		✓		4	4	1			✓			Performance Evaluation	MOP	
FDEA 16	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation		
FDEA 17	✓		✓		8	5	3		✓				Performance Evaluation		
FDEA 18	✓		✓		5	2	2	✓					Ranking	FS / GA	
FDEA 19	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation	EV	
FDEA 20	✓	✓	✓	✓				✓					Ranking	AHP / FMEA / Dummy Input	Production of Liquid Medicine

Research Code	Research Perspective		Implementation Type		Implementation Information			Data Uncertainty Type					Research Description		
	Theoretical	Application	Numerical Example	Case Study	Number of DMUs	Number of Inputs	Number of Outputs	FT-I	FT-II	FURA	RAFU	FURO	Research Objective	Research Feature	Research Application
FDEA 21	✓		✓		3	1	1	✓					Estimating Returns to Scale	Stochastic DEA	
FDEA 22	✓							✓					Measuring Congestion		
FDEA 23	✓	✓		✓	8		3	✓					Ranking	ANP	Personnel Selection
FDEA 24	✓												Ranking	AHP / Dummy Input	
FDEA 25	✓		✓		5	2	2	✓		✓			Ranking	FS / GA	
FDEA 26	✓	✓	✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation / Ranking	MOP	
				✓	38	3	2								Electricity Distribution Companies
FDEA 27	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation		
FDEA 28	✓		✓		5	4	4		✓				Performance Evaluation	EV / Reduction Methods / Parametric Programming	
FDEA 29	✓		✓		5	2	2	✓					Sensitivity and Stability Analysis		
FDEA 30	✓		✓					✓					Ranking		
FDEA 31	✓	✓		✓	4	2	2	✓					Performance Evaluation	MTP	Engineering Project Comparison and Selection
FDEA 32		✓		✓	5	2	1	✓					Performance Evaluation		Post Offices
FDEA 33	✓	✓		✓	40	4	2			✓			Performance Evaluation		BRAC
FDEA 34	✓	✓		✓	32			✓					Performance Evaluation	Multi-Subsystem Model	Mutual Funds Management Company
FDEA 35	✓	✓		✓	16			✓					Performance Evaluation	Two-Stage Structure	Commercial Bank
FDEA 36	✓	✓	✓		4	2	2	✓					Measuring Productivity Changes		
				✓	19	2	2								Social Security Organizations
FDEA 37	✓	✓	✓		5	2	2						Performance Evaluation	Fuzzy Threshold Level	
					10	2	1								
				✓	30	2	2								SCM
FDEA 38	✓		✓					✓					Ranking	Hurwicz Criterion	

Research Code	Research Perspective		Implementation Type		Implementation Information			Data Uncertainty Type					Research Description		
	Theoretical	Application	Numerical Example	Case Study	Number of DMUs	Number of Inputs	Number of Outputs	FT-I	FT-II	FURA	RAFU	FURO	Research Objective	Research Feature	Research Application
FDEA 39	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation		
FDEA 40	✓		✓		7	1	1			✓			Measuring Congestion		
FDEA 41	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation	Approximation Method / PSO / NN / GA	
FDEA 42	✓	✓	✓		8	3	2		✓				Performance Evaluation	Bifuzzy Variable	
				✓	15	2	2								Supply Chain Problem / Hypothetical Company
FDEA 43	✓		✓		5	2	2					✓	Performance Evaluation	Rough Set Theory / EV	
FDEA 44	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation		
FDEA 45	✓	✓		✓	26	4	2	✓					Performance Evaluation		SSCM / SSS
FDEA 46	✓	✓		✓	12			✓					Performance Evaluation	GDMM / P-Robustness Technique	EASA
FDEA 47	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation	EV / Approximation Approach / NN / SA	
FDEA 48	✓		✓		10	2	2	✓					Measuring Cost Efficiency	Convex and Non-Convex Approaches	
FDEA 49	✓	✓	✓		5	2	2	✓					Ranking		
				✓	16	3	2								Chief Executive Officers of Public Banks and Thrifts
FDEA 50	✓		✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation / Ranking / Sensitivity and Stability Analysis	Ranking Criteria / FS / GA	
					8	2	2								
FDEA 51	✓	✓	✓		6	2	2	✓					Extracting Relationship	Non-Discretionary Variables	
				✓	10	3	2								Commercial Bank Branches
FDEA 52	✓	✓		✓	20	3	2			✓			Performance Evaluation		Insurance Industry
FDEA 53	✓	✓		✓	5	3	2				✓		Performance Evaluation	Monte Carlo Simulation / GA	Gas Stations
FDEA 54	✓	✓		✓	15	4	2		✓				Performance Evaluation / Ranking		Sustainable Supplier Evaluation
FDEA 55	✓		✓		5	2	2	✓					Measuring Scale Efficiency		
FDEA 56	✓	✓		✓	97	3	1	✓					Performance Evaluation / Ranking	Undesirable Inputs	Kidney Allocation Problem

Research Code	Research Perspective		Implementation Type		Implementation Information			Data Uncertainty Type					Research Description		
	Theoretical	Application	Numerical Example	Case Study	Number of DMUs	Number of Inputs	Number of Outputs	FT-I	FT-II	FURA	RAFU	FURO	Research Objective	Research Feature	Research Application
FDEA 57	✓	✓	✓		7	1	1						Measuring Congestion		
					5	2	2	✓							
				✓	16	4	2								Hospital
FDEA 58	✓	✓	✓		5	2	2						Ranking	Alternative Secondary Goals	
					10	2	2	✓							
				✓	12	2	4								FMS
FDEA 59	✓	✓		✓	14	4	3	✓					Performance Evaluation		Commercial Banks
FDEA 60	✓	✓		✓	18			✓					Performance Evaluation / Ranking	Goal Programming (GP) / Likert Scale	Sustainable Supply Chains
FDEA 61	✓	✓		✓	16			✓					Performance Evaluation	Two-Stage Structure / Undesirable Outputs	Commercial Banks
FDEA 62	✓	✓		✓	22	4	1	✓					Ranking	Integer Programming / Undesirable Output	Barley Production Farms
FDEA 63	✓	✓		✓	5	2	2	✓					Ranking	GA	Selection of Optimal Software Reliability Growth Models
FDEA 64	✓	✓		✓	20	2	3			✓			Performance Evaluation	Undesirable Output	Banking Industry
FDEA 65	✓	✓		✓	10			✓					Performance Evaluation	Two-Stage Structure	Investment Companies
FDEA 66	✓	✓	✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation / Ranking	RPP	
FDEA 67	✓	✓		✓	10	4	3	✓					Measuring Productivity Changes	Linguistic Variable	Hospital
FDEA 68	✓	✓		✓	9			✓					Performance Evaluation		Supplier Selection and Resilient Supply Chain Design
FDEA 69	✓	✓		✓	6	8	6	✓					Performance Evaluation / Ranking		Welding Process Selection for Storage Tank
FDEA 70	✓	✓		✓	10				✓				Performance Evaluation	Two-Stage Structure	Industrial Production and Environmental Management System
FDEA 71	✓	✓		✓	31	5	3	✓					Performance Evaluation		Road Safety
FDEA 72	✓	✓	✓		4	2	1						Performance Evaluation / Ranking		NATO Enlargement Problem
					4	2	1			✓					
				✓	18	2	2								

Research Code	Research Perspective		Implementation Type		Implementation Information			Data Uncertainty Type					Research Description		
	Theoretical	Application	Numerical Example	Case Study	Number of DMUs	Number of Inputs	Number of Outputs	FT-I	FT-II	FURA	RAFU	FURO	Research Objective	Research Feature	Research Application
FDEA 73	✓	✓	✓		4	2	1			✓			Performance Evaluation / Ranking		Banking Industry
				✓	25	3	2								
FDEA 74	✓	✓		✓	24			✓					Performance Evaluation	Fuzzy Neural Network / RPP	Production Control Process
FDEA 75	✓	✓	✓		10	3	2	✓					Performance Evaluation / Ranking	Interactive Fuzzy Variables / Choquet Integral	
				✓	14	3	4								Hospital
FDEA 76	✓	✓		✓	30	2	1	✓					Classification	DEA Classification Machine / PLDA	Healthcare Management
FDEA 77	✓		✓		25	3	5				✓		Performance Evaluation		
FDEA 78	✓	✓		✓	31					✓			Performance Evaluation / Ranking	Two-Stage Structure / Undesirable Output	Banking Industry
FDEA 79	✓	✓		✓	24			✓					Performance Evaluation / Sensitivity and Stability Analysis	Two-Stage Structure	Non-Life Insurance Companies
FDEA 80	✓	✓	✓		5	2	2	✓					Performance Evaluation / Ranking	Adjustable Approach	
				✓	38	3	3								Hospitals
FDEA 81	✓	✓		✓	18	3	3	✓					Performance Evaluation / Ranking	Negative Data	Stock Exchange
FDEA 82	✓	✓		✓	12	3	3	✓					Performance Evaluation / Ranking	Negative Data	Stock Exchange
FDEA 83	✓	✓	✓		5	1	1	✓					Measuring Productivity Changes		
FDEA 84	✓	✓		✓	9	2	2	✓					Performance Evaluation / Ranking		Oil Companies
FDEA 85	✓	✓		✓	16			✓					Performance Evaluation / Ranking	Three-Stage Structure	Electricity Companies
FDEA 86	✓	✓		✓	24	1	1				✓		Performance Evaluation / Ranking		Stock Exchange
FDEA 87		✓		✓	20	2	3	✓					Performance Evaluation / Ranking	Undesirable Outputs	Green Supplier Evaluation
FDEA 88	✓	✓	✓		7	8	2	✓					Performance Evaluation	GDMM / p-Robustness Technique	Welding Process Selection
Our Work	✓	✓		✓	5			✓					Performance Evaluation / Ranking	Two-Stage Structure / Adjustable Approach	Mutual Funds

FT-I: Fuzzy Type-I, FT-II: Fuzzy Type-II, FURA: Fuzzy Random, RAFU: Random Fuzzy, FURO: Fuzzy Rough, ACM: Agent-Clients Evaluation, FMEA: Failure Mode and Effect Analysis, AFW: Auxiliary Feed Water, MOP: Multi-Objective Programming, EV: Expected Value, GA: Genetic Algorithm, AHP: Analytical Hierarchy Process, ANP: Analytic Network Process, FS: Fuzzy Simulation, MTP: Multi-Target Programming, BRAC: Base Realignment and Closure, SCM: Supply Chain Management, PSO: Particle Swarm Optimization, NN: Neural Network, SSCM: Sustainable Supply Chain Management, SSS: Sustainable Supplier Selection, GDMM: Group Decision Making Method, EASA: Enterprise Architecture Scenario Analysis, SA: Simulated Annealing, FMS: Flexible Manufacturing System, GP: Goal Programming, RPP: Robust Possibilistic Programming, PLDA: Piecewise-Linear Discriminant Analysis.

جدول (۲-۸): جزئیات و اطلاعات مدل های ارائه شده در حوزه تحلیل پوششی داده های امکانی

Research Code	Basic Model																	Model Type	Model Form	Model Orientation	Model RTS	Uncertain Data	Uncertain Measure					Hybrid Uncertain Programming Approach			FCCDEA Model Class		
	CCR	BCC	ADD	SBM	ERM	CSWDEA	CDEA	COEDEA	MPI	SEDEA	CREDEA	FDH	RDM	GDEA	DDEA	NDEA	MODEA	EDEA	Radial Non-Radial	M-F E-F	I-O O-O N-O	CRS NIRS NDRS VRS	Inputs Outputs	POS NEC CR GF PR	Stochastic Robust Rough	LP FP NLP							
FDEA 01	✓																		✓				✓	✓	✓			✓					
	✓																		✓				✓	✓				✓					
FDEA 02	✓																		✓				✓	✓	✓					✓			
	✓																		✓				✓	✓				✓					
FDEA 03	✓																		✓				✓	✓	✓					✓			
FDEA 04	✓																		✓				✓	✓	✓					✓			
FDEA 05	✓																		✓				✓	✓	✓					✓			
	✓																		✓				✓	✓		✓				✓			
FDEA 06		✓																	✓					✓	✓	✓					✓		
		✓																	✓	✓				✓	✓	✓					✓		
FDEA 07	✓																		✓				✓	✓	✓					✓			
FDEA 08	✓																		✓	✓			✓	✓								✓	
FDEA 09	✓																		✓				✓	✓								✓	
FDEA 10	✓																		✓				✓	✓	✓					✓			
	✓																		✓	✓			✓	✓	✓					✓			
		✓																	✓					✓	✓	✓					✓		
		✓																	✓	✓				✓	✓	✓					✓		
FDEA 11	✓																		✓				✓	✓			✓				✓		
FDEA 12	✓																		✓				✓	✓			✓				✓		
FDEA 13	✓																		✓				✓	✓			✓				✓		
FDEA 14	✓																		✓				✓	✓			✓				✓		
FDEA 15	✓																		✓				✓	✓	✓		✓				✓		

Research Code	Basic Model																Model Type	Model Form	Model Orientation	Model RTS	Uncertain Data	Uncertain Measure					Hybrid Uncertain Programming Approach			FCCDEA Model Class		
	CCR	BCC	ADD	SBM	ERM	CSWDEA	CDEA	COEDEA	MPI	SEDEA	CREDEA	FDH	RDM	GDEA	DDEA	NDEA	MODEA	EDEA	Radial Non-Radial	M-F E-F	I-O O-O N-O	CRS NIRS NDRS VRS	Inputs Outputs	POS NEC CR GF PR	Stochastic Robust Rough	LP FP NLP						
FDEA 16														✓					✓	✓	✓		✓	✓			✓					
														✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓					
														✓					✓	✓	✓		✓	✓			✓					
														✓					✓	✓	✓		✓	✓			✓					
FDEA 17	✓																		✓	✓	✓		✓	✓			✓					
FDEA 18	✓																		✓	✓	✓		✓	✓			✓					
FDEA 19	✓																		✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
FDEA 20	✓																✓		✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
	✓																	✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓				
FDEA 21			✓																✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
FDEA 22							✓												✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
FDEA 23	✓																		✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
FDEA 24	✓																✓		✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓			
	✓																	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓				
FDEA 25	✓																		✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
FDEA 26	✓																		✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
FDEA 27	✓																		✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
FDEA 28	✓																		✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
FDEA 29			✓																✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
FDEA 30			✓																✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
FDEA 31	✓																✓		✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
FDEA 32	✓																		✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓			
FDEA 33	✓																		✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓			
	✓																		✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓			

Research Code	Basic Model																	Model Type	Model Form	Model Orientation	Model RTS	Uncertain Data	Uncertain Measure					Hybrid Uncertain Programming Approach			FCCDEA Model Class												
	CCR	BCC	ADD	SBM	ERM	CSWDEA	CDEA	CODEA	MPI	SEDEA	CREDEA	FDH	RDM	GDEA	DDEA	NDEA	MODEA						EDEA	Radial	Non-Radial	M-F	E-F	I-O	O-O	N-O	CRS	NIRS	NDRS	VRS	Inputs	Outputs	POS	NEC	CR	GF	PR	Stochastic	Robust
	✓																		✓		✓					✓				✓	✓			✓				✓			✓		
FDEA 34																	✓		✓		✓					✓				✓	✓	✓								✓			
FDEA 35																✓			✓		✓					✓				✓	✓									✓			
FDEA 36									✓										✓			✓				✓				✓	✓									✓			
	✓																		✓		✓					✓				✓	✓	✓			✓						✓		
	✓																		✓		✓					✓				✓	✓				✓						✓		
FDEA 37																			✓		✓					✓				✓	✓				✓						✓		
	✓																		✓		✓					✓				✓	✓				✓						✓		
	✓																		✓		✓					✓				✓	✓				✓						✓		
FDEA 38			✓																✓		✓				✓				✓	✓											✓		
FDEA 39				✓															✓		✓					✓				✓	✓										✓		
							✓												✓		✓				✓				✓	✓						✓					✓		
							✓												✓		✓				✓				✓	✓						✓					✓		
	✓																		✓		✓					✓				✓	✓										✓		
FDEA 41		✓																	✓		✓					✓				✓	✓										✓		
	✓																		✓		✓					✓				✓	✓											✓	
FDEA 42	✓																		✓		✓					✓				✓	✓										✓		
FDEA 43	✓																		✓		✓					✓				✓	✓										✓		
												✓							✓		✓					✓				✓	✓										✓		
												✓							✓		✓					✓				✓	✓										✓		
FDEA 44												✓							✓		✓					✓				✓	✓										✓		
												✓							✓		✓					✓				✓	✓										✓		
												✓							✓		✓					✓				✓	✓										✓		
FDEA 45				✓															✓		✓					✓				✓	✓										✓		
FDEA 46																	✓		✓		✓					✓				✓	✓						✓				✓		
FDEA 47	✓																		✓		✓					✓				✓	✓											✓	

Research Code	Basic Model																	Model Type	Model Form	Model Orientation	Model RTS	Uncertain Data	Uncertain Measure					Hybrid Uncertain Programming Approach			FCCDEA Model Class															
	CCR	BCC	ADD	SBM	ERM	CSWDEA	CDEA	CODEA	MPI	SEDEA	CREDEA	FDH	RDM	GDEA	DDEA	NDEA	MODEA						EDEA	Radial	Non-Radial	M-F	E-F	I-O	O-O	N-O	CRS	NIRS	NDRS	VRS	Inputs	Outputs	POS	NEC	CR	GF	PR	Stochastic	Robust	Rough	LP	FP
	✓																		✓		✓			✓		✓				✓	✓			✓									✓			
								✓											✓		✓			✓		✓				✓	✓	✓											✓			
								✓				✓							✓		✓			✓		✓				✓	✓	✓											✓			
FDEA 48								✓				✓							✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓											✓			
								✓				✓							✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓											✓			
								✓				✓							✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓											✓			
FDEA 49						✓													✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
			✓																✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
			✓																✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
FDEA 50																			✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
	✓																		✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
							✓												✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
FDEA 51	✓																		✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
FDEA 52	✓																		✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓				✓		✓					✓			
FDEA 53															✓			✓		✓				✓		✓			✓	✓	✓	✓				✓		✓						✓		
FDEA 54				✓													✓	✓	✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
FDEA 55		✓																	✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
FDEA 56						✓													✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
FDEA 57							✓												✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
FDEA 58										✓									✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
FDEA 59	✓																		✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
FDEA 60																✓	✓	✓	✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
																			✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
FDEA 61																			✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
																			✓		✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓								✓			
FDEA 62				✓					✓									✓		✓			✓		✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓							✓			

Research Code	Basic Model																	Model Type	Model Form		Model Orientation			Model RTS				Uncertain Data		Uncertain Measure					Hybrid Uncertain Programming Approach			FCCDEA Model Class					
	CCR	BCC	ADD	SBM	ERM	CSWDEA	CDEA	CODEA	MPI	SEDEA	CREDEA	FDH	RDM	GDEA	DDEA	NDEA	MODEA		EDEA	Radial	Non-Radial	M-F	E-F	I-O	O-O	N-O	CRS	NIRS	NDRS	VRS	Inputs	Outputs	POS	NEC	CR	GF	PR	Stochastic	Robust	Rough	LP	FP	NLP
FDEA 63	✓																		✓		✓					✓					✓										✓		
FDEA 64	✓																		✓		✓					✓					✓					✓						✓	
	✓																		✓		✓					✓					✓					✓						✓	
	✓																		✓		✓					✓					✓					✓						✓	
FDEA 65																✓			✓					✓			✓					✓										✓	
																✓			✓					✓				✓				✓										✓	
																✓			✓					✓				✓				✓										✓	
																✓			✓					✓				✓				✓										✓	
FDEA 66	✓																		✓		✓					✓					✓											✓	
	✓																		✓		✓					✓					✓											✓	
	✓																		✓		✓					✓					✓											✓	
	✓																		✓		✓					✓					✓											✓	
	✓																		✓		✓					✓					✓											✓	
	✓																		✓		✓					✓					✓											✓	
	✓																		✓		✓					✓					✓											✓	
FDEA 67									✓										✓		✓					✓					✓											✓	
FDEA 68	✓																		✓		✓					✓					✓											✓	
FDEA 69	✓																		✓		✓					✓					✓											✓	
FDEA 70																✓	✓		✓		✓					✓					✓												✓
FDEA 71		✓																	✓		✓							✓				✓										✓	
FDEA 72	✓																	✓	✓		✓					✓					✓					✓					✓		
FDEA 73	✓																	✓	✓		✓					✓					✓					✓					✓		
FDEA 74	✓																		✓		✓					✓						✓										✓	
FDEA 75	✓																		✓		✓					✓					✓											✓	
											✓								✓		✓					✓					✓											✓	

Research Code	Basic Model																	Model Type	Model Form		Model Orientation			Model RTS				Uncertain Data		Uncertain Measure					Hybrid Uncertain Programming Approach			FCCDEA Model Class					
	CCR	BCC	ADD	SBM	ERM	CSWDEA	CDEA	COLDEA	MPI	SEDEA	CREDEA	FDH	RDM	GDEA	DDEA	NDEA	MODEA	EDEA	Radial	Non-Radial	M-F	E-F	I-O	O-O	N-O	CRS	NIRS	NDRS	VRS	Inputs	Outputs	POS	NEC	CR	GF	PR	Stochastic	Robust	Rough	LP	FP	NLP	
FDEA 76	✓																	✓	✓							✓					✓	✓									✓		
FDEA 77	✓																	✓	✓							✓					✓	✓					✓					✓	
	✓																	✓	✓							✓					✓	✓					✓					✓	
FDEA 78																✓			✓	✓						✓					✓	✓					✓					✓	
FDEA 79																✓			✓	✓						✓					✓	✓									✓		
				✓												✓			✓	✓						✓					✓	✓									✓		
FDEA 80	✓																		✓	✓						✓					✓	✓										✓	
FDEA 81													✓						✓	✓				✓					✓	✓											✓		
													✓						✓	✓				✓					✓	✓											✓		
FDEA 82													✓						✓	✓				✓					✓	✓											✓		
FDEA 83									✓										✓	✓						✓					✓	✓									✓		
FDEA 84				✓															✓	✓				✓			✓				✓	✓										✓	
FDEA 85																✓			✓	✓						✓					✓	✓									✓		
FDEA 86	✓																		✓	✓						✓					✓	✓					✓					✓	
	✓																		✓	✓						✓					✓	✓					✓				✓		
	✓																		✓	✓						✓					✓	✓					✓				✓		
FDEA 87	✓																		✓	✓						✓					✓	✓										✓	
FDEA 88	✓																		✓	✓						✓					✓	✓									✓		
Our Work															✓				✓	✓						✓					✓	✓				✓					✓		

CCR: Charnes & Cooper & Rhodes, BCC: Banker & Charnes & Cooper, ADD: Additive, SBM: Slack Based Model, ERM: Enhanced Russell Measure, CSWDEA: Common Set of Weights Data Envelopment Analysis, CDEA: Congestion Data Envelopment Analysis, COEDEA: Cost Efficiency Data Envelopment Analysis, MPI: Malmquist Productivity Index, SEDEA: Supper Efficiency Data Envelopment Analysis, CREDEA: Cross Efficiency Data Envelopment Analysis, FDH: Free Disposal Hull, RDM: Range Directional Measure, DDEA: Dynamic Data Envelopment Analysis, NDEA: Network Data Envelopment Analysis, MODEA: Multi-Objective Data Envelopment Analysis, EDEA: Extended Data Envelopment Analysis, M-F: Multiplier Form, E-F: Envelopment Form, I-O: Input Oriented, O-O: Output Oriented, N-O: Non Oriented, RTS: Returns to Scale, CRS: Constant Returns to Scale, NIRS: Non Increasing Returns to Scale, NDRS: Non Decreasing Returns to Scale, VRS: Variable Returns to Scale, POS: Possibility, NEC: Necessity, CR: Credibility, GF: General Fuzzy, PR: Probability, LP: Linear Programming, FP: Fractional Programming, NLP: Non-Linear Programming.

با توجه به مرور ادبیات صورت گرفته در حوزه تحلیل پوششی داده های امکانی به وضوح ملاحظه می شود که علی رغم ۸۸ مطالعه صورت گرفته در این حوزه توسط پژوهشگران مختلف، تنها در ۸ پژوهش به مدل های تحلیل پوششی داده های شبکه ای امکانی پرداخته شده است. هم چنین تنها در ۲ پژوهش از اندازه عمومی فازی با قابلیت انعطاف پذیری در زمینه دیدگاه بدبینانه و خوشبینانه تصمیم گیرنده به منظور برخورد با عدم قطعیت موجود در محدودیت های فازی شانسی مدل بهره گرفته شده است. از این رو، یکی از شکاف های تحقیقاتی مهم که از پتانسیل بالایی برای پژوهش های آتی برخوردار است، توجه به ساختار داخلی و شبکه ای واحد های تصمیم گیرنده تحت شرایط فازی و ارائه رویکرد های نوین تحلیل پوششی داده های شبکه ای امکانی با استفاده از اندازه عمومی فازی می باشد.

۲-۶ معرفی نماد ها و تعاریف مورد نیاز فرآیند مدل سازی

در این بخش تمامی اندیس ها، مجموعه ها، پارامتر ها و متغیر های تصمیم مورد استفاده در رساله به صورت کامل معرفی و شرح داده می شوند. علت این امر، یکپارچه سازی نماد های استفاده شده در تمامی مدل ها و رویکرد های پیشنهادی رساله می باشد.

اندیس ها و مجموعه ها

j	اندیس واحد های تصمیم گیرنده دو مرحله ای ($j=1,...,J$)
i	اندیس ورودی های مرحله اول ($i=1,...,I$)
k	اندیس خروجی های مرحله اول ($k=1,...,K$)
d	اندیس اندازه های میانی ($d=1,...,D$)
h	اندیس ورودی های مرحله دوم ($h=1,...,H$)
r	اندیس خروجی های مرحله دوم ($r=1,...,R$)
p	واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای تحت بررسی

پارامترها

ورودی i ام مرحله اول واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای تحت بررسی	x_{ip}
خروجی k ام مرحله اول واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای تحت بررسی	f_{kp}
اندازه میانی d ام واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای تحت بررسی	z_{dp}
ورودی h ام مرحله دوم واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای تحت بررسی	g_{hp}
خروجی r ام مرحله دوم واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای تحت بررسی	y_{rp}
ورودی i ام مرحله اول واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای	x_{ij}
خروجی k ام مرحله اول واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای	f_{kj}
اندازه میانی d ام واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای	z_{dj}
ورودی h ام مرحله دوم واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای	g_{hj}
خروجی r ام مرحله دوم واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای	y_{rj}
درصد اغتشاش و انحراف موجود در داده ها	δ
سطح محافظه کاری مورد انتظار تصمیم گیرنده	Γ
سطح اطمینان مورد نظر تصمیم گیرنده	α
سطح خوشبینی و بدبینی مورد نظر تصمیم گیرنده	β
عدد بزرگ به منظور مدل سازی محدودیت های نا سازگار	M

متغیرهای تصمیم گیرنده

وزن ورودی i ام مرحله اول واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای	τ_i
وزن خروجی k ام مرحله اول واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای	ω_k
وزن اندازه میانی d ام واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای	γ_d
وزن ورودی h ام مرحله دوم واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای	π_h
وزن خروجی r ام مرحله دوم واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای	μ_r
بازده به مقیاس مرحله اول واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای	ϖ_p^{S1}
بازده به مقیاس مرحله دوم واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای	ϖ_p^{S2}

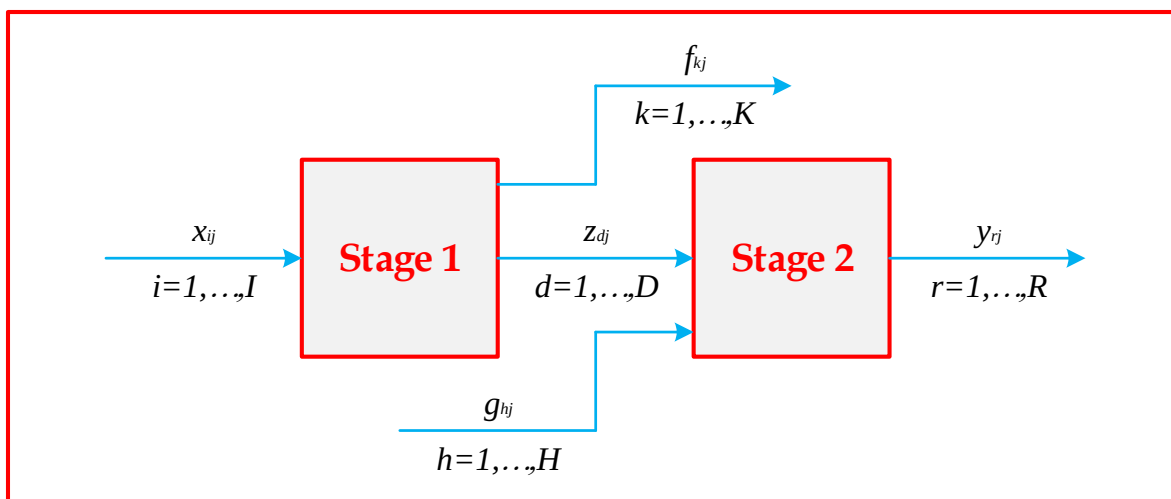
کارایی کل واحد تحت رویکرد پیشرو و پسرو	$\dagger_p^0$
کارایی مرحله اول واحد تحت رویکرد پیشرو و پسرو	$\dagger_p^{S1}$
کارایی مرحله دوم واحد تحت رویکرد پیشرو و پسرو (مرحله اول دارای ارجحیت بیشتر)	$\dagger_p^{S2/1}$
کارایی کل واحد تحت رویکرد پیشرو و پسروی استوار	$\dagger_{p(\Gamma, \delta)}^0$
کارایی مرحله اول واحد تحت رویکرد پیشرو و پسروی استوار	$\dagger_{p(\Gamma, \delta)}^{S1}$
کارایی مرحله دوم واحد تحت رویکرد پیشرو و پسروی استوار (مرحله اول دارای ارجحیت بیشتر)	$\dagger_{p(\Gamma, \delta)}^{S2/1}$
متغیر کمکی به منظور استوار سازی مدل غیر قطعی	$\ominus$
متغیر کمکی به منظور استوار سازی مدل غیر قطعی	ζ
کارایی کل واحد تحت رویکرد جمعی	Ψ_p^0
کارایی مرحله اول واحد تحت رویکرد جمعی	Ψ_p^{S1}
کارایی مرحله دوم واحد تحت رویکرد جمعی (مرحله اول دارای ارجحیت بیشتر)	$\Psi_p^{S2/1}$
کارایی کل واحد تحت رویکرد جمعی فازی	$\Psi_{p(\alpha, \beta)}^0$
کارایی مرحله اول واحد تحت رویکرد جمعی فازی	$\Psi_{p(\alpha, \beta)}^{S1}$
کارایی مرحله دوم واحد تحت رویکرد جمعی فازی (مرحله اول دارای ارجحیت بیشتر)	$\Psi_{p(\alpha, \beta)}^{S2/1}$
متغیر کمکی به منظور ارائه مدل تحلیل پوششی داده های فازی	Ω
متغیر کمکی به منظور ارائه مدل تحلیل پوششی داده های فازی	Υ
حجم زیر رویه کارایی کل واحد تحت عدم قطعیت فازی	Φ_p^0
حجم زیر رویه کارایی مرحله اول واحد تحت عدم قطعیت فازی	Φ_p^{S1}
حجم زیر رویه کارایی مرحله دوم واحد تحت عدم قطعیت فازی	$\Phi_p^{S2/1}$
تعداد سطوح اطمینان مورد نظر تصمیم گیرنده	η_α
تعداد سطوح خوشبینی و بدبینی مورد نظر تصمیم گیرنده	η_β

لازم به توضیح است که از نماد های معرفی شده، در این بخش، در فصول آتی به منظور ارائه رویکرد های پیشنهادی پژوهش شامل تحلیل پوششی داده های شبکه ای استوار و تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی، بهره گرفته می شود.

۲-۷ ساختار شبکه ای حاکم بر صندوق های سرمایه گذاری

بنگاه های سرمایه گذاری هم چون صندوق ها و شرکت های سرمایه گذاری، یکی از نهاد های کارآمد و رو به رشد در بازار های مالی می باشند. هدف از شکل گیری چنین نهاد هایی در بازار سرمایه، جمع آوری پول از سرمایه گذاران مختلف و تجمیع این سرمایه های خرد به منظور انجام سرمایه گذاری در مقیاس های بزرگ تر می باشد. حسن دیگر این نهاد ها در این نکته هست که نهاد های مذکور با ایفای نقش واسطه ای، امکان حضور در یک سرمایه گذاری مطلوب را برای سرمایه گذارانی که به تنهایی دانش، زمان و اطلاعات کافی برای سرمایه گذاری را ندارند، فراهم می نمایند.

همان طور که در **شکل (۱-۱)** نشان داده شد، ساختار حاکم بر بنگاه های سرمایه گذاری را می توان به صورت یک سیستم دو مرحله ای در نظر گرفت. بدین صورت که در مرحله اول، مدیریت بنگاه سرمایه گذاری تلاش می کند تا از سرمایه گذاران جذب سرمایه کند و در مرحله دوم، اقدام به یک سرمایه گذاری مناسب و تشکیل سبد دارایی به منظور کسب بازدهی مطلوب و قابل قبول نماید. از این رو مرحله اول و مرحله دوم، به ترتیب مدیریت عملیات و مدیریت سرمایه گذاری می باشند. لازم به ذکر است که هزینه های مدیریت و هزینه های بازاریابی، دو ورودی مرحله مدیریت عملیات می باشند. هم چنین ارزش خالص دارایی رابط بین دو مرحله صندوق سرمایه گذاری است. چهار شاخص و معیار اندازه صندوق، انحراف معیار بازدهی (ریسک)، نسبت هزینه خالص و نسبت گردش معاملات نیز ورودی های مازادی هستند که در مرحله مدیریت سرمایه گذاری به سیستم وارد و در نظر گرفته می شوند. در نهایت نیز متوسط بازدهی صندوق، خروجی نهایی سیستم دو مرحله ای می باشد. با توجه به توضیحات مذکور، صندوق های سرمایه گذاری دارای ساختار دو مرحله ای به همراه ورودی مازاد می باشند. در ادامه به منظور جامعیت بیشتر فرآیند مدل سازی، رویکرد دو مرحله ای توسعه یافته به عنوان ساختار پایه پژوهش در قالب **شکل (۲-۴)** در نظر گرفته می شود:



شکل (۴-۲): جامع ترین ساختار دو مرحله ای

بدین ترتیب، با توجه به ساختار دو مرحله ای ارائه شده در شکل (۴-۲)، فرض کنید n واحد تصمیم گیرنده دو مرحله ای وجود داشته باشد به طوری که $DMU_j (j=1, \dots, n)$ دارای m ورودی $(x_{1j}, \dots, x_{mj})$ در مرحله اول، f خروجی مازاد $(f_{1j}, \dots, f_{kj})$ خارج شونده از سیستم در مرحله اول، d اندازه میانی $(z_{1j}, \dots, z_{dj})$ متصل کننده مراحل اول و دوم، h ورودی مازاد $(g_{1j}, \dots, g_{hj})$ اضافه شونده به سیستم در مرحله دوم و r خروجی $(y_{1j}, \dots, y_{rj})$ در مرحله دوم می باشد.

۲-۸ جمع بندی

در این فصل، ابتدا به ارائه مفاهیم بنیادین، تعاریف مورد نیاز رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای به همراه تعدادی از روش های پرکاربرد حوزه برنامه ریزی عدم قطعیت به منظور برخورد با داده های غیر قطعی پرداخته شد. در ادامه، مرور ادبیات موضوع پژوهش از سه دیدگاه مختلف به همراه استخراج شکاف های تحقیقاتی و تبیین نوآوری رساله پیش رو ارائه و بررسی گردید. هم چنین تمامی پیش نیاز های لازم به منظور مدل سازی شامل معرف نماد ها، معادل ریاضی ساختار دو مرحله ای پژوهش نیز ارائه و معرفی شدند.

فصل سوم:

ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری تحت داده های بازه ای

۳-۱ مقدمه

در این فصل به ارائه دو رویکرد نوین تحلیل پوششی داده های شبکه ای غیر قطعی با هدف ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری تحت داده های بازه ای پرداخته می شود. هم چنین، رویکرد های پیشنهادی پژوهش با استفاده از داده های واقعی بازار مالی ایران پیاده سازی و نتایج حاصله، مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند.

۳-۲ رویکرد NDEA غیر قطعی مبتنی بر بهینه سازی استوار

هدف از این بخش، ارائه رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای استوار^۳ می باشد. بدین منظور از روش تحلیل پوششی داده های شبکه ای پیشرو-پسرو و بهینه سازی استوار، به ترتیب به منظور مدل سازی ساختار شبکه ای حاکم بر صندوق های سرمایه گذاری و برخورد نمودن با عدم قطعیت موجود در داده های مالی استفاده می شود.

۳-۲-۱ رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای رهبر و پیرو

رویکرد رهبر و پیرو (پیشرو و پسرو) که به رویکرد بازی غیر مشارکتی نیز معروف است، یکی از رویکرد های پرکاربرد حوزه تحلیل پوششی داده های شبکه ای می باشد (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۸). در این رویکرد فرض بر این است که در یک ساختار دو مرحله ای، یکی از مراحل دارای اهمیت بیشتری نسبت به دیگری برای مدیر و تصمیم گیرنده می باشد. از این رو با توجه به اهمیت بیشتر مرحله مذکور که مرحله پیشرو (رهبر) نام دارد، ابتدا بایستی کارایی این مرحله محاسبه و حداکثر سازی گردد و سپس با توجه به مقدار کارایی آن، کارایی مرحله دارای اهمیت کمتر یعنی مرحله پسرو (پیرو) تعیین می شود. در نهایت نیز پس از محاسبه کارایی مراحل، مقدار کارایی کل واحد مذکور از حاصل ضرب کارایی مراحل یا میانگین آنها محاسبه می گردد.

^۳Robust Network Data Envelopment Analysis (RNDEA)

در ادامه با در نظر گرفتن مرحله اول به عنوان رهبر و مرحله دوم به عنوان پیرو، مدل های مربوط به کارایی مرحله اول، مرحله دوم و کل تحت ساختار دو مرحله ای جامع نمایش داده شده در **شکل (۲-۴)** و نماد گذاری معرفی شده در **فصل (۲)** ارائه می گردند. با توجه به توضیحات مذکور، مدل کسری به منظور محاسبه کارایی مرحله اول بازده به مقیاس متغیر به صورت **مدل (۱-۳)** می باشد:

$$\begin{aligned} \dagger_p^{S1} = \text{Max} \quad & \frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \varpi_p^{S1}}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i} \\ \text{S.t.} \quad & \frac{\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \varpi_p^{S1}}{\sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i} \leq 1, \quad \forall j \\ & \tau_i, \omega_k, \gamma_d \geq 0, \quad \forall i, k, d \end{aligned} \quad (1-3)$$

که در صورت استفاده از تبدیلات چارنز و کوپر (۱۹۶۲) و هم چنین فرض ماهیت ورودی محور، تبدیل به یک مدل خطی در قالب **مدل (۲-۳)** می گردد:

$$\begin{aligned} \dagger_p^{S1} = \text{Max} \quad & \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \varpi_p^{S1} \\ \text{S.t.} \quad & \sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i = 1 \\ & \sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i + \varpi_p^{S1} \leq 0, \quad \forall j \\ & \tau_i, \omega_k, \gamma_d \geq 0, \quad \forall i, k, d \end{aligned} \quad (2-3)$$

اکنون پس از محاسبه کارایی مرحله اول، به منظور محاسبه کارایی مرحله دوم تحت بازده به مقیاس متغیر از **مدل (۳-۳)** استفاده می شود که در آن $\dagger_p^{S1*}$ جواب بهینه حاصل از **مدل (۲-۳)** می باشد:

$$\begin{aligned}
\ddagger_p^{S2/1} &= \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r + \varpi_p^{S2}}{\sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h} \quad (3-3) \\
\text{S.t.} \quad &\frac{\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r + \varpi_p^{S2}}{\sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h} \leq 1, \quad \forall j \\
&\frac{\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \varpi_p^{S1}}{\sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i} \leq 1, \quad \forall j \\
&\frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \varpi_p^{S1}}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i} = \ddagger_p^{S1*} \\
&\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r
\end{aligned}$$

که همانند مدل کسری پیشین، اقدام به خطی سازی آن به صورت **مدل (3-4)** می گردد:

$$\begin{aligned}
\ddagger_p^{S2/1} &= \text{Max} \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r + \varpi_p^{S2} \quad (4-3) \\
\text{S.t.} \quad &\sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h = 1 \\
&\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r - \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h + \varpi_p^{S2} \leq 0, \quad \forall j \\
&\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i + \varpi_p^{S1} \leq 0, \quad \forall j \\
&\left(\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \varpi_p^{S1} \right) - \ddagger_p^{S1*} \left(\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i \right) = 0 \\
&\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r
\end{aligned}$$

در نهایت پس از محاسبه کارایی مراحل اول و دوم، مقدار کارایی کل واحد تحت بررسی از رابطه (۳-۵)

محاسبه می گردد:

$$\dagger_p^{O*} = \dagger_p^{S1*} * \dagger_p^{S2/1*} \quad (۳-۵)$$

لازم به توضیح است در صورتی که مرحله دوم به عنوان رهبر و مرحله اول به عنوان پیرو در نظر گرفته شوند، به طریق مشابه می توان کارایی مرحله دوم، مرحله اول و کل را اندازه گیری نمود.

۳-۲-۲ مدل سازی رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای استوار

به کار گیری بهینه سازی استوار در مدل سازی تحلیل پوششی داده ها، یکی از رویکرد های نوین به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در داده ها می باشد. لازم به ذکر است که از رویکرد بهینه سازی استوار مبتنی بر مجموعه های عدم قطعیت در شرایطی بهره گرفته می شود که داده ها دارای عدم قطعیت پیوسته و عمیق می باشند. با توجه به توضیحات مذکور، فرض نمایید داده های مورد استفاده در **مدل های (۳-۲) و (۳-۴)** دارای عدم

قطعیت بازه ای به صورت $\tilde{x}_{ij} \in [x_{ij} - \hat{x}_{ij}, x_{ij} + \hat{x}_{ij}]$ ، $\tilde{f}_{kj} \in [f_{kj} - \hat{f}_{kj}, f_{kj} + \hat{f}_{kj}]$ ، $\tilde{z}_{dj} \in [z_{dj} - \hat{z}_{dj}, z_{dj} + \hat{z}_{dj}]$ ، $\tilde{y}_{rj} \in [y_{rj} - \hat{y}_{rj}, y_{rj} + \hat{y}_{rj}]$ و $\tilde{g}_{hj} \in [g_{hj} - \hat{g}_{hj}, g_{hj} + \hat{g}_{hj}]$ می باشند.

لازم به توضیح است که یکی از چالش های بسیار مهم در استفاده از رویکرد بهینه سازی استوار، وجود محدودیت تساوی دارای پارامتر غیر قطعی در مدل می باشد. همان طور که در **مدل های (۳-۲) و (۳-۴)** نیز ملاحظه می شود، هر دو مدل دارای محدودیت تساوی مربوط به ورودی های واحد تحت بررسی هستند. لذا در ادامه به منظور برطرف نمودن چالش مذکور، محدودیت های تساوی به گونه ای که در جواب بهینه مدل ها تغییری ایجاد نشود، در قالب **مدل های (۳-۶) و (۳-۷)** مورد بازنگری قرار می گیرند. هم چنین قضایای مربوط به عدم تغییر جواب بهینه نیز ارائه و اثبات می گردند.

$$\dagger_p^{S1} = \text{Max} \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \bar{\omega}_p^{S1} \quad (6-3)$$

$$\begin{aligned} \text{S.t.} \quad & \sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i \leq 1 \\ & \sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i + \bar{\omega}_p^{S1} \leq 0, \quad \forall j \\ & \tau_i, \omega_k, \gamma_d \geq 0, \quad \forall i, k, d \end{aligned}$$

قضیه (۱-۳): جواب بهینه مدل (۶-۳) با مدل (۲-۳) یکسان می باشد.

اثبات: فرض نمایید $(\bar{\tau}, \bar{\omega}, \bar{\gamma}, \bar{\omega}_p^{S1})$ جواب بهینه مدل (۶-۳) باشد. برهان خلف می گردد که $\sum_{i=1}^I x_{ip} \bar{\tau}_i < 1$

(لازم به ذکر است که $\square > 0$ & $\sum_{i=1}^I x_{ip} \bar{\tau}_i = \square$). هم چنین در نظر بگیرید که $(\tilde{\tau}, \tilde{\omega}, \tilde{\gamma}, \tilde{\omega}_p^{S1})$ به صورت

$$\tilde{\tau} = \bar{\tau} / \square, \quad \tilde{\omega} = \bar{\omega} / \square, \quad \tilde{\gamma} = \bar{\gamma} / \square \quad \text{و} \quad \tilde{\omega}_p^{S1} = \bar{\omega}_p^{S1} / \square \quad \text{باشند. اکنون با توجه به روابط زیر}$$

$$\left\{ \begin{aligned} & \sum_{k=1}^K f_{kj} \tilde{\omega}_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \tilde{\gamma}_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tilde{\tau}_i + \tilde{\omega}_p^{S1} = \left(1/\square \left(\sum_{k=1}^K f_{kj} \bar{\omega}_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \bar{\gamma}_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \bar{\tau}_i + \bar{\omega}_p^{S1} \right) \right)^{(1/\square) > 0} \leq 0, \quad \forall j \\ & \sum_{i=1}^I x_{ip} \tilde{\tau}_i = \left(1/\square \left(\sum_{i=1}^I x_{ip} \bar{\tau}_i \right) \right) = 1 \\ & \tilde{\tau}_i, \tilde{\omega}_k, \tilde{\gamma}_d \geq 0, \quad \forall i, k, d \end{aligned} \right.$$

نشان داده می شود که $(\tilde{\tau}, \tilde{\omega}, \tilde{\gamma}, \tilde{\omega}_p^{S1})$ یک جواب شدنی مدل (۶-۳) می باشد. هم چنین در تابع هدف رابطه

$$\sum_{k=1}^K f_{kp} \tilde{\omega}_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \tilde{\gamma}_d + \tilde{\omega}_p^{S1} = \left(1/\square \left(\sum_{k=1}^K f_{kp} \bar{\omega}_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \bar{\gamma}_d + \bar{\omega}_p^{S1} \right) \right)$$

برقرار می باشد. از آنجایی که در ابتدا فرض شده است که $\sum_{i=1}^I x_{ip} \bar{\tau}_i < 1$ ، بنا براین $\left(1/\sum_{i=1}^I x_{ip} \bar{\tau}_i \right) > 1$ می شود و

در نهایت رابطه

$$\sum_{k=1}^K f_{kj} \tilde{\omega}_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \tilde{\gamma}_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tilde{\tau}_i + \tilde{\omega}_p^{S1} > \sum_{k=1}^K f_{kj} \bar{\omega}_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \bar{\gamma}_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \bar{\tau}_i + \bar{\omega}_p^{S1}$$

حاصل می گردد که این نکته با بهینگی $(\bar{\tau}, \bar{\omega}, \bar{\gamma}, \bar{\omega}_p^{S1})$ در تضاد است. لذا در هر جواب بهینه مدل (۳-۶)،

$$\square \quad \text{همواره} \quad \sum_{i=1}^I x_{ip} \bar{\tau}_i = 1 \quad \text{می باشد.}$$

$$\dagger_p^{S2/1} = \text{Max} \quad \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r + \omega_p^{S2} \quad (۷-۳)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h \leq 1$$

$$\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r - \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h + \omega_p^{S2} \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i + \omega_p^{S1} \leq 0, \quad \forall j$$

$$\left(\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \omega_p^S \right) - \dagger_p^{S1*} \left(\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i \right) = 0$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

قضیه (۳-۲): جواب بهینه مدل (۷-۳) با مدل (۴-۳) یکسان می باشد.

اثبات: فرض نمایید $(\bar{\tau}, \bar{\omega}, \bar{\gamma}, \bar{\pi}, \bar{\mu}, \bar{\omega}_p^{S1}, \bar{\omega}_p^{S2})$ جواب بهینه مدل (۷-۳) باشد. برهان خلف می گردد که

$$\sum_{d=1}^D z_{dp} \bar{\gamma}_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \bar{\pi}_h < 1 \quad (\text{لازم به ذکر است که } \square > 0 \text{ \& } \sum_{d=1}^D z_{dp} \bar{\gamma}_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \bar{\pi}_h = \square). \quad \text{هم چنین در نظر}$$

بگیرید که $(\bar{\tau}, \bar{\omega}, \bar{\gamma}, \bar{\pi}, \bar{\mu}, \bar{\omega}_p^{S1}, \bar{\omega}_p^{S2})$ به صورت $\bar{\tau} = \tau / \square, \bar{\omega} = \omega / \square, \bar{\gamma} = \gamma / \square, \bar{\pi} = \pi / \square, \bar{\mu} = \mu / \square$

باشند. اکنون با توجه به روابط زیر $\bar{\omega}_p^{S2} = \bar{\omega}_p^{S2} / \square$ و $\bar{\omega}_p^{S1} = \bar{\omega}_p^{S1} / \square$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{r=1}^R y_{rj} \check{\mu}_r - \sum_{d=1}^D z_{dj} \check{\gamma}_d - \sum_{h=1}^H g_{hj} \check{\pi}_h + \check{\omega}_p^{S2} = \left(1/\square \left(\sum_{r=1}^R y_{rj} \bar{\mu}_r - \sum_{d=1}^D z_{dj} \bar{\gamma}_d - \sum_{h=1}^H g_{hj} \bar{\pi}_h + \bar{\omega}_p^{S2} \right) \right)^{(1/\square) > 0} \leq 0, \quad \forall j \\ \sum_{k=1}^K f_{kj} \check{\omega}_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \check{\gamma}_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \check{\tau}_i + \check{\omega}_p^{S1} = \left(1/\square \left(\sum_{k=1}^K f_{kj} \bar{\omega}_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \bar{\gamma}_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \bar{\tau}_i + \bar{\omega}_p^{S1} \right) \right)^{(1/\square) > 0} \leq 0, \quad \forall j \\ \sum_{d=1}^D z_{dp} \check{\gamma}_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \check{\pi}_h = \left(1/\square \left(\sum_{d=1}^D z_{dp} \bar{\gamma}_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \bar{\pi}_h \right) \right) = 1 \\ \sum_{k=1}^K f_{kp} \check{\omega}_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \check{\gamma}_d + \check{\omega}_p^{S1} - \dagger_p^{S1*} \sum_{i=1}^I x_{ip} \check{\tau}_i = \left(1/\square \left(\sum_{k=1}^K f_{kp} \bar{\omega}_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \bar{\gamma}_d + \bar{\omega}_p^{S1} - \dagger_p^{S1*} \sum_{i=1}^I x_{ip} \bar{\tau}_i \right) \right) = 0 \\ \check{\tau}_i, \check{\omega}_k, \check{\gamma}_d, \check{\pi}_h, \check{\mu}_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r \end{array} \right.$$

نشان داده می شود که $(\check{\tau}, \check{\omega}, \check{\gamma}, \check{\pi}, \check{\mu}, \check{\omega}_p^{S1}, \check{\omega}_p^{S2})$ یک جواب شدنی مدل (۷-۳) می باشد. هم چنین در تابع

هدف رابطه $\sum_{r=1}^R y_{rp} \check{\mu}_r + \check{\omega}_p^{S2} = \left(1/\square \left(\sum_{r=1}^R y_{rp} \bar{\mu}_r + \bar{\omega}_p^{S2} \right) \right)$ برقرار می باشد. از آنجایی که در ابتدا فرض شده است

که $\sum_{d=1}^D z_{dp} \bar{\gamma}_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \bar{\pi}_h < 1$ ، بنابراین $\left(1/\sum_{d=1}^D z_{dp} \bar{\gamma}_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \bar{\pi}_h \right) > 1$ می شود و در نهایت رابطه

حاصل می گردد که این نکته با بهینگی $(\bar{\tau}, \bar{\omega}, \bar{\gamma}, \bar{\pi}, \bar{\mu}, \bar{\omega}_p^{S1}, \bar{\omega}_p^{S2})$ در $\sum_{r=1}^R y_{rp} \check{\mu}_r + \check{\omega}_p^{S2} > \sum_{r=1}^R y_{rp} \bar{\mu}_r + \bar{\omega}_p^{S2}$

تضاد است. لذا در هر جواب بهینه مدل (۷-۳)، همواره $\sum_{d=1}^D z_{dp} \bar{\gamma}_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \bar{\pi}_h = 1$ می باشد. $\square$

اکنون پس از برطرف نمودن چالش محدودیت تساوی و بازنگری مدل ها، بایستی رویکرد استوار پژوهش

از بین رویکرد های استوار موجود در ادبیات، انتخاب گردد. از این رو با توجه به نقاط قوت و ضعف رویکرد های

استوار **سویستر** (۱۹۷۳)، **بن - تال و نمبروفسکی** (۲۰۰۰) و **برتسیماس و سیم** (۲۰۰۴) که به تفصیل در **فصل**

(۲) مورد بحث و بررسی قرار گرفتند، رویکرد استوار **برتسیماس و سیم** (۲۰۰۴) به عنوان رویکرد مورد استفاده در

پژوهش برگزیده می شود.

با توجه به توضیحات ارائه شده در گام های پیشین، مدل نهایی تحلیل پوششی داده های شبکه ای استوار با استفاده از رویکرد برتسیماس و سیم (۲۰۰۴) به منظور محاسبه کارایی مرحله اول واحد تصمیم گیرنده تحت بررسی به صورت مدل (۸-۳) می باشد:

$$\begin{aligned}
 \dagger_{p(\Gamma, \delta)}^{S1} = \text{Max} \quad & \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \varpi_p^{S1} - \Theta_p^{fz} \Gamma_p^{fz} - \sum_{k=1}^K \zeta_{kp}^f - \sum_{d=1}^D \zeta_{dp}^z \quad (8-3) \\
 \text{S.t.} \quad & \Theta_p^{fz} + \zeta_{kp}^f \geq \delta f_{kj} \omega_k, \quad \forall k \\
 & \Theta_p^{fz} + \zeta_{dp}^z \geq \delta z_{dj} \gamma_d, \quad \forall d \\
 & \sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \Theta_p^x \Gamma_p^x + \sum_{i=1}^I \zeta_{ip}^x \leq 1 \\
 & \Theta_p^x + \zeta_{ip}^x \geq \delta x_{ij} \tau_i, \quad \forall i \\
 & \sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i + \varpi_p^{S1} + \Theta_k \Gamma_k + \sum_{k=1}^K \zeta_{kj}^f + \sum_{d=1}^D \zeta_{dj}^z + \sum_{i=1}^I \zeta_{ij}^x \leq 0, \quad \forall j \\
 & \Theta_k + \zeta_{kj}^f \geq \delta f_{kj} \omega_k, \quad \forall k, j \\
 & \Theta_k + \zeta_{dj}^z \geq \delta z_{dj} \gamma_d, \quad \forall d, j \\
 & \Theta_k + \zeta_{ij}^x \geq \delta x_{ij} \tau_i, \quad \forall i, j \\
 & \Theta_p^x, \Theta_p^{fz}, \Theta_k \geq 0, \quad \forall k \\
 & \zeta_{ip}^x, \zeta_{kp}^f, \zeta_{dp}^z, \zeta_{ij}^x, \zeta_{kj}^f, \zeta_{dj}^z \geq 0, \quad \forall i, k, d, j \\
 & \tau_i, \omega_k, \gamma_d \geq 0, \quad \forall i, k, d
 \end{aligned}$$

هم چنین پس از محاسبه کارایی مرحله اول به ازای درصد اغتشاش و سطح محافظه کاری مورد نظر تصمیم گیرنده $\dagger_{p(\Gamma, \delta)}^{S1*}$ ، کارایی مرحله دوم به ازای جواب بهینه مرحله اول و حالت عدم قطعیت مذکور، از طریق مدل (۹-۳) به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$\dagger_{p(\Gamma, \delta)}^{S2/1} = \text{Max} \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r + \varpi_p^{S2} - \Theta_p^y \Gamma_p^y - \sum_{r=1}^R \zeta_{rp}^y \quad (9-3)$$

$$\text{S.t.} \quad \Theta_p^y + \zeta_{rp}^y \geq \delta y_{rp} \mu_r, \quad \forall r$$

$$\sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h + \Theta_p^{zg} \Gamma_p^{zg} + \sum_{d=1}^D \zeta_{dp}^z + \sum_{h=1}^H \zeta_{hp}^g \leq 1$$

$$\Theta_p^{zg} + \zeta_{dp}^{zg} \geq \delta z_{dp} \gamma_d, \quad \forall d$$

$$\Theta_p^{zg} + \zeta_{hp}^{zg} \geq \delta g_{hp} \pi_h, \quad \forall h$$

$$\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r - \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h + \varpi_p^{S2} + \Theta_k \Gamma_k + \sum_{r=1}^R \zeta_{rj}^y + \sum_{d=1}^D \zeta_{dj}^z + \sum_{h=1}^H \zeta_{hj}^g \leq 0, \quad \forall j$$

$$\Theta_k + \zeta_{rj}^y \geq \delta y_{rj} \mu_r, \quad \forall r, j$$

$$\Theta_k + \zeta_{dj}^z \geq \delta z_{dj} \gamma_d, \quad \forall d, j$$

$$\Theta_k + \zeta_{hj}^g \geq \delta g_{hj} \pi_h, \quad \forall h, j$$

$$\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i + \varpi_p^{S1} + \Theta_k \Gamma_k + \sum_{k=1}^K \zeta_{kj}^f + \sum_{d=1}^D \zeta_{dj}^z + \sum_{i=1}^I \zeta_{ij}^x \leq 0, \quad \forall j$$

$$\Theta_k + \zeta_{kj}^f \geq \delta f_{kj} \omega_k, \quad \forall k, j$$

$$\Theta_k + \zeta_{dj}^z \geq \delta z_{dj} \gamma_d, \quad \forall d, j$$

$$\Theta_k + \zeta_{ij}^x \geq \delta x_{ij} \tau_i, \quad \forall i, j$$

$$\left(\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \varpi_p^{S1} - \Theta_p^{fz} \Gamma_p^{fz} - \sum_{k=1}^K \zeta_{kp}^f - \sum_{d=1}^D \zeta_{dp}^z \right)$$

$$- \dagger_{p(\Gamma, \delta)}^{S1*} \left(\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \Theta_p^x \Gamma_p^x + \sum_{i=1}^I \zeta_{ip}^x \right) = 0$$

$$\Theta_p^{fz} + \zeta_{kp}^f \geq \delta f_{kp} \omega_k, \quad \forall k$$

$$\Theta_p^{fz} + \zeta_{dp}^z \geq \delta z_{dp} \gamma_d, \quad \forall d$$

$$\Theta_p^x + \zeta_{ip}^x \geq \delta x_{ip} \tau_i, \quad \forall i$$

$$\Theta_p^x, \Theta_p^{fz}, \Theta_p^{zg}, \Theta_p^y, \Theta_k \geq 0, \quad \forall k$$

$$\zeta_{ip}^x, \zeta_{kp}^f, \zeta_{dp}^z, \zeta_{hp}^g, \zeta_{rp}^y, \zeta_{ij}^x, \zeta_{kj}^f, \zeta_{dj}^z, \zeta_{hj}^g, \zeta_{rj}^y \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r, j$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

در نهایت نیز پس از محاسبه کارایی هر دو مرحله، مقدار کارایی کل واحد تصمیم گیرنده از طریق [رابطه](#)

(۱۰-۳) قابل محاسبه می باشد:

$$\dagger_{p(\Gamma, \delta)}^{O*} = \dagger_{p(\Gamma, \delta)}^{SI*} * \dagger_{p(\Gamma, \delta)}^{S2/1*} \quad (10-3)$$

همان طور که در بخش پیشین نیز توضیح داده شد، در صورتی که مرحله دوم به عنوان پیشرو و مرحله اول به عنوان پسرو در نظر گرفته شوند، به طریق مشابه می توان به استوار سازی رویکرد پیشنهادی تحقیقی و محاسبه کارایی مرحله دوم، مرحله اول و کل تحت عدم قطعیت عمیق داده ها پرداخت.

۳-۲-۳ پیاده سازی رویکرد RNDEA، اعتبار سنجی و تحلیل حساسیت نتایج

در این بخش به پیاده سازی و اجرای رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای استوار با هدف ارزیابی عملکرد و رتبه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت داده های واقعی پرداخته می شود. بدین منظور، ۱۵ صندوق سرمایه گذاری در بازار مالی ایران به عنوان مطالعه موردی پژوهش انتخاب و داده های مربوط به شاخص ها و معیار های مورد نظر، استخراج و گردآوری شده اند. سپس رویکرد پیشنهادی پژوهش به ازای درصد اغتشاش مختلف ۱ و ۱۰ تحت سطوح محافظه کاری متفاوت ۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد اجرا و نتایج کارایی محاسبه شده اند. لازم به ذکر است که جواب حاصله به ازای سطح محافظه کاری صفر درصد، بیانگر مقادیر کارایی واحد تحت شرایط قطعیت داده ها می باشد.

با توجه به توضیحات مذکور، نتایج حاصل از ارزیابی مرحله اول، مرحله دوم و کل صندوق های سرمایه گذاری تحت هر یک از حالات اینکه مرحله اول پیشرو باشد یا مرحله دوم، به ترتیب در [جداول \(۱-۳\)](#) و [جدول \(۲-۳\)](#) آورده شده است. هم چنین میانگین کارایی و رتبه بندی نهایی صندوق های سرمایه گذاری نیز در [قالب جدول \(۳-۳\)](#) ارائه شده اند.

جدول (۳-۱): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای استوار – مرحله اول پیشرو

$\Gamma = 100\%$		$\Gamma = 50\%$		$\Gamma = 25\%$		صندوق
$\delta = 10\%$	$\delta = 1\%$	$\delta = 10\%$	$\delta = 1\%$	$\delta = 10\%$	$\delta = 1\%$	سرمایه گذاری
0.103719	0.124257	0.103730	0.124259	0.111687	0.125192	۱. ص. س.
0.049646	0.059477	0.049666	0.059479	0.053473	0.059926	۲. ص. س.
0.117951	0.141308	0.117975	0.141311	0.127023	0.142372	۳. ص. س.
0.184055	0.275331	0.210375	0.278811	0.244583	0.283026	۴. ص. س.
0.818182	0.980198	0.843247	0.983332	0.904007	0.990201	۵. ص. س.
0.453408	0.721783	0.527041	0.731598	0.624754	0.743986	۶. ص. س.
0.651784	0.958487	0.766091	0.973665	0.863245	0.985223	۷. ص. س.
0.443970	0.531885	0.444063	0.531897	0.478117	0.535891	۸. ص. س.
0.022810	0.027327	0.022841	0.027331	0.024588	0.027535	۹. ص. س.
0.310824	0.373837	0.311376	0.373942	0.335936	0.376831	۱۰. ص. س.
0.133067	0.159417	0.133084	0.159420	0.143291	0.160617	۱۱. ص. س.
0.383548	0.591402	0.439341	0.598782	0.517648	0.608626	۱۲. ص. س.
0.797823	0.977542	0.844601	0.983214	0.917975	0.991552	۱۳. ص. س.
0.818182	0.980198	0.880952	0.987562	0.939024	0.993766	۱۴. ص. س.
0.311839	0.373589	0.311843	0.373590	0.335767	0.376396	۱۵. ص. س.
0.818182	0.980198	0.895238	0.989055	0.933333	0.993146	۱. ص. س.
0.818182	0.980198	0.895238	0.989055	0.933333	0.993146	۲. ص. س.
0.818182	0.980198	0.872640	0.986783	0.904526	0.992902	۳. ص. س.
0.338810	0.405901	0.343411	0.406481	0.371767	0.409454	۴. ص. س.
0.818182	0.980198	0.870588	0.989055	0.933333	0.993146	۵. ص. س.
0.818182	0.980198	0.886128	0.988207	0.933141	0.993357	۶. ص. س.
0.776011	0.974696	0.823755	0.981109	0.902221	0.989956	۷. ص. س.
0.818182	0.980198	0.870588	0.986335	0.933333	0.994514	۸. ص. س.
0.818182	0.980198	0.869455	0.989044	0.943752	0.994493	۹. ص. س.
0.778269	0.974990	0.821572	0.980446	0.895722	0.988986	۱۰. ص. س.
0.731726	0.876622	0.735959	0.877171	0.805379	0.887463	۱۱. ص. س.
0.727631	0.887317	0.734685	0.889201	0.786906	0.893867	۱۲. ص. س.
0.674086	0.939405	0.718364	0.943433	0.783936	0.953009	۱۳. ص. س.
0.818182	0.980198	0.870588	0.986335	0.933333	0.993146	۱۴. ص. س.
0.818182	0.980198	0.895238	0.986004	0.946342	0.992788	۱۵. ص. س.
0.084861	0.121797	0.092863	0.122899	0.104241	0.124334	۱. ص. س.
0.040619	0.058299	0.044463	0.058828	0.049909	0.059515	۲. ص. س.
0.096506	0.138510	0.102950	0.139443	0.114895	0.141362	۳. ص. س.
0.062360	0.111757	0.072245	0.113331	0.090928	0.115886	۴. ص. س.
0.669421	0.960788	0.734121	0.972569	0.843740	0.983414	۵. ص. س.
0.370970	0.707490	0.467026	0.722970	0.582983	0.739044	۶. ص. س.
0.505791	0.934233	0.631071	0.955271	0.778838	0.975328	۷. ص. س.
0.363248	0.521353	0.386596	0.524629	0.446242	0.532951	۸. ص. س.
0.018663	0.026785	0.019859	0.027031	0.023205	0.027384	۹. ص. س.
0.241905	0.364487	0.255818	0.366629	0.300905	0.372681	۱۰. ص. س.
0.097369	0.139749	0.097944	0.139838	0.115404	0.142542	۱۱. ص. س.
0.279082	0.524761	0.322777	0.532438	0.407340	0.544031	۱۲. ص. س.
0.537801	0.918307	0.606730	0.927597	0.719634	0.944958	۱۳. ص. س.
0.669421	0.960788	0.766947	0.974068	0.876423	0.986955	۱۴. ص. س.
0.255141	0.366191	0.279174	0.368361	0.317750	0.373682	۱۵. ص. س.

مدیریت عملیات (مرحله اول)

مدیریت سبد سرمایه گذاری (مرحله دوم)

صندوق سرمایه گذاری (کل سیستم)

جدول (۳-۲): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای استوار – مرحله دوم پیشرو

$\Gamma = 100\%$		$\Gamma = 50\%$		$\Gamma = 25\%$		صندوق
$\delta = 10\%$	$\delta = 1\%$	$\delta = 10\%$	$\delta = 1\%$	$\delta = 10\%$	$\delta = 1\%$	سرمایه گذاری
0.103719	0.124257	0.103730	0.124259	0.111687	0.125192	۱. ص. س.
0.049646	0.059477	0.049666	0.059479	0.053473	0.059926	۲. ص. س.
0.117951	0.141308	0.117975	0.141311	0.127023	0.142372	۳. ص. س.
0.184055	0.275331	0.210375	0.278811	0.244583	0.283026	۴. ص. س.
0.818182	0.980198	0.843247	0.983332	0.904007	0.990201	۵. ص. س.
0.453408	0.721783	0.527041	0.731598	0.624754	0.743986	۶. ص. س.
0.651784	0.958487	0.766091	0.973665	0.863245	0.985223	۷. ص. س.
0.443970	0.531885	0.444063	0.531897	0.478117	0.535891	۸. ص. س.
0.022810	0.027327	0.022841	0.027331	0.024588	0.027535	۹. ص. س.
0.310824	0.373837	0.311376	0.373942	0.335936	0.376831	۱۰. ص. س.
0.133067	0.159417	0.133084	0.159420	0.143291	0.160617	۱۱. ص. س.
0.383548	0.591402	0.439341	0.598782	0.517648	0.608626	۱۲. ص. س.
0.797823	0.977542	0.844601	0.983214	0.917975	0.991552	۱۳. ص. س.
0.818182	0.980198	0.880952	0.987562	0.939024	0.993766	۱۴. ص. س.
0.311839	0.373589	0.311843	0.373590	0.335767	0.376396	۱۵. ص. س.
0.818182	0.980198	0.895238	0.989055	0.946342	0.994514	۱. ص. س.
0.818182	0.980198	0.895238	0.989055	0.946342	0.994514	۲. ص. س.
0.818182	0.980198	0.872640	0.986783	0.929505	0.992902	۳. ص. س.
0.338810	0.405901	0.343411	0.406481	0.371767	0.409454	۴. ص. س.
0.818182	0.980198	0.895238	0.989055	0.946342	0.994514	۵. ص. س.
0.818182	0.980198	0.886128	0.988207	0.933141	0.993357	۶. ص. س.
0.776011	0.974696	0.823755	0.981109	0.902221	0.989956	۷. ص. س.
0.818182	0.980198	0.895238	0.989055	0.946342	0.994514	۸. ص. س.
0.818182	0.980198	0.893792	0.989044	0.943752	0.994493	۹. ص. س.
0.778269	0.974990	0.821572	0.980446	0.895722	0.988986	۱۰. ص. س.
0.737851	0.883961	0.752989	0.884011	0.805379	0.887463	۱۱. ص. س.
0.727631	0.887317	0.734685	0.889201	0.786906	0.893867	۱۲. ص. س.
0.674086	0.939405	0.718364	0.943433	0.783936	0.953009	۱۳. ص. س.
0.818182	0.980198	0.895238	0.989055	0.946342	0.994514	۱۴. ص. س.
0.818182	0.980198	0.895238	0.989055	0.946342	0.994514	۱۵. ص. س.
0.084861	0.121797	0.092863	0.122899	0.105694	0.124505	۱. ص. س.
0.040619	0.058299	0.044463	0.058828	0.050604	0.059597	۲. ص. س.
0.096506	0.138510	0.102950	0.139443	0.118068	0.141362	۳. ص. س.
0.062360	0.111757	0.072245	0.113331	0.090928	0.115886	۴. ص. س.
0.669421	0.960788	0.754907	0.972569	0.855499	0.984768	۵. ص. س.
0.370970	0.707490	0.467026	0.722970	0.582983	0.739044	۶. ص. س.
0.505791	0.934233	0.631071	0.955271	0.778838	0.975328	۷. ص. س.
0.363248	0.521353	0.397542	0.526075	0.452462	0.532951	۸. ص. س.
0.018663	0.026785	0.020415	0.027031	0.023205	0.027384	۹. ص. س.
0.241905	0.364487	0.255818	0.366629	0.300905	0.372681	۱۰. ص. س.
0.098184	0.140919	0.100211	0.140929	0.115404	0.142542	۱۱. ص. س.
0.279082	0.524761	0.322777	0.532438	0.407340	0.544031	۱۲. ص. س.
0.537801	0.918307	0.606730	0.927597	0.719634	0.944958	۱۳. ص. س.
0.669421	0.960788	0.788662	0.976753	0.888638	0.988314	۱۴. ص. س.
0.255141	0.366191	0.279174	0.369501	0.317750	0.374331	۱۵. ص. س.

مدیریت عملیات (مرحله اول)

مدیریت سبد سرمایه گذاری (مرحله دوم)

صندوق سرمایه گذاری (کل سیستم)

جدول (۳-۳): نتایج نهایی و رتبه بندی صندوق ها تحت شرایط عدم قطعیت بازه ای (رویکرد پیشنهادی)

ارزیابی نهایی		مرحله دوم پیشرو		مرحله اول پیشرو		صندوق
رتبه	امتیاز	رتبه	امتیاز	رتبه	امتیاز	سرمایه گذاری
13	0.115474	13	0.115474	13	0.115474	۱. ص. س.
14	0.055278	14	0.055278	14	0.055278	۲. ص. س.
12	0.131323	12	0.131323	12	0.131323	۳. ص. س.
10	0.246030	10	0.246030	10	0.246030	۴. ص. س.
2	0.919861	2	0.919861	2	0.919861	۵. ص. س.
5	0.633762	5	0.633762	5	0.633762	۶. ص. س.
4	0.866416	4	0.866416	4	0.866416	۷. ص. س.
7	0.494304	7	0.494304	7	0.494304	۸. ص. س.
15	0.025405	15	0.025405	15	0.025405	۹. ص. س.
9	0.347124	9	0.347124	9	0.347124	۱۰. ص. س.
11	0.148149	11	0.148149	11	0.148149	۱۱. ص. س.
6	0.523224	6	0.523224	6	0.523224	۱۲. ص. س.
3	0.918784	3	0.918784	3	0.918784	۱۳. ص. س.
1	0.933281	1	0.933281	1	0.933281	۱۴. ص. س.
8	0.347171	8	0.347171	8	0.347171	۱۵. ص. س.
2	0.936057	1	0.937255	2	0.934859	۱. ص. س.
2	0.936057	1	0.937255	2	0.934859	۲. ص. س.
9	0.927953	9	0.930035	9	0.925872	۳. ص. س.
15	0.379304	15	0.379304	15	0.379304	۴. ص. س.
5	0.934003	1	0.937255	6	0.930750	۵. ص. س.
8	0.933202	8	0.933202	4	0.933202	۶. ص. س.
10	0.907958	10	0.907958	10	0.907958	۷. ص. س.
6	0.933890	1	0.937255	7	0.930525	۸. ص. س.
4	0.934549	7	0.936577	5	0.932521	۹. ص. س.
11	0.906664	11	0.906664	11	0.906664	۱۰. ص. س.
13	0.822164	13	0.825276	14	0.819053	۱۱. ص. س.
14	0.819935	14	0.819935	13	0.819935	۱۲. ص. س.
12	0.835372	12	0.835372	12	0.835372	۱۳. ص. س.
7	0.933776	1	0.937255	8	0.930297	۱۴. ص. س.
1	0.936857	1	0.937255	1	0.936458	۱۵. ص. س.
12	0.108634	12	0.108770	12	0.108499	۱. ص. س.
14	0.052004	14	0.052069	14	0.051939	۲. ص. س.
11	0.122542	11	0.122806	10	0.122278	۳. ص. س.
13	0.094418	13	0.094418	13	0.094418	۴. ص. س.
2	0.863500	2	0.866325	2	0.860676	۵. ص. س.
5	0.598414	5	0.598414	5	0.598414	۶. ص. س.
3	0.796755	3	0.796755	3	0.796755	۷. ص. س.
6	0.464054	6	0.465605	6	0.462503	۸. ص. س.
15	0.023868	15	0.023914	15	0.023821	۹. ص. س.
9	0.317071	9	0.317071	9	0.317071	۱۰. ص. س.
10	0.122586	10	0.123031	11	0.122141	۱۱. ص. س.
7	0.435071	7	0.435071	7	0.435071	۱۲. ص. س.
4	0.775838	4	0.775838	4	0.775838	۱۳. ص. س.
1	0.875598	1	0.878763	1	0.872434	۱۴. ص. س.
8	0.326866	8	0.327015	8	0.326717	۱۵. ص. س.

مدیریت عملیات (مرحله اول)

مدیریت سبد سرمایه گذاری (مرحله دوم)

صندوق سرمایه گذاری (کل سیستم)

با توجه به **جداول (۱-۳) و (۲-۳)**، ملاحظه می گردد که همانطو که انتظار می رفت با افزایش سطح محافظه کاری از ۰ به ۱۰۰ درصد، مقادیر کارایی کاهش یافته اند. هم چنین هر چه میزان و درصد اغتشاش داده ها بیشتر باشد یا به عبارتی عدم قطعیت داده ها عمیق تر باشد، نتایج کارایی نسبت به شرایط قطعیت کمتر می گردد. لازم به توضیح است که در **جدول (۳-۳)**، میانگین مقادیر کارایی به ازای تمامی حالات (Γ, δ) و اینکه کدام یک از مراحل پیشرو باشند، محاسبه شده و در نهایت از مقدار مذکور به عنوان معیار رتبه بندی صندوق های سرمایه گذاری از دیدگاه مرحله اول، مرحله دوم و کل استفاده شده است.

همان طور که در **جدول (۳-۳)** مشاهده می شود، صندوق های سرمایه گذاری ۱۴ و ۱۵، به ترتیب از دیدگاه مدیریت عملیاتی و مدیریت سرمایه گذاری دارای بهترین عملکرد می باشند. هم چنین صندوق سرمایه گذاری ۱۴ در مقایسه با دیگر صندوق های سرمایه گذاری از عملکرد کلی بالاتری برخوردار است. توجه به این نکته ضروری است که صندوق سرمایه گذاری ۷ علی رغم عملکرد قابل قبول در مرحله اول و کل، دارای انحراف استاندارد قابل توجه در نمرات کارایی به ازای حالات مختلف عدم قطعیت می باشد و نسبت به سایر صندوق ها، دارای حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات داده است. با توجه به این نکات و توضیحات می توان صندوق ها را براساس میانگین و انحراف معیار مقادیر کارایی به ۴ گروه مختلف به شکل زیر طبقه بندی نمود:

- I. میانگین زیاد و انحراف معیار کم، آنگاه صندوق دارای عملکرد مطلوب با ریسک پایین است.
- II. میانگین زیاد و انحراف معیار بالا، آنگاه صندوق دارای عملکرد مطلوب با ریسک بالا است.
- III. میانگین کم و انحراف معیار آن کم، آنگاه صندوق دارای عملکرد نا مطلوب با ریسک پایین است.
- IV. میانگین کم و انحراف معیار زیاد، آنگاه صندوق دارای عملکرد نا مطلوب با ریسک بالا است.

بدیهی است که صندوق های سرمایه گذاری که در طبقه اول و چهارم قرار می گیرند، به ترتیب دارای بهترین و بدترین عملکرد می باشند. لازم به ذکر است که محدوده عددی این طبقه بندی بستگی به نظر تصمیم گیرنده دارد.

در نهایت به منظور اعتبار سنجی نتایج حاصل از رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای استوار، نتایج رویکرد پیشنهادی با نتایج حاصله از رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای کلاسیک مقایسه می گردد. بدین منظور، رویکرد کلاسیک تحلیل پوششی داده های پیشرو - پسرو با استفاده از مقادیر انتظاری و اسمی داده های صندوق های سرمایه گذاری اجرا می گردد. بر این اساس، مقادیر کارایی و رتبه تمامی صندوق ها تحت هر یک از مراحل و هم چنین کل سیستم، در قالب **جدول (۳-۴)** ارائه شده اند:

جدول (۳-۴): نتایج نهایی و رتبه بندی صندوق ها تحت مقادیر انتظاری و اسمی داده ها (رویکرد کلاسیک)

صندوق سرمایه گذاری		مدیریت سبد سرمایه گذاری		مدیریت عملیات		صندوق سرمایه گذاری
رتبه	کارایی	رتبه	کارایی	رتبه	کارایی	ص.س.
12	0.126767	1	1.000000	13	0.126767	۱. ص.س.
14	0.060678	1	1.000000	14	0.060678	۲. ص.س.
11	0.144163	1	1.000000	12	0.144163	۳. ص.س.
13	0.119149	15	0.414101	10	0.287730	۴. ص.س.
1	1.000000	1	1.000000	1	1.000000	۵. ص.س.
5	0.758633	1	1.000000	5	0.758633	۶. ص.س.
1	1.000000	1	1.000000	1	1.000000	۷. ص.س.
7	0.542630	1	1.000000	7	0.542630	۸. ص.س.
15	0.027879	1	1.000000	15	0.027879	۹. ص.س.
8	0.381604	1	1.000000	8	0.381604	۱۰. ص.س.
10	0.146670	14	0.901818	11	0.162638	۱۱. ص.س.
6	0.563510	13	0.909187	6	0.619796	۱۲. ص.س.
4	0.974822	12	0.974822	1	1.000000	۱۳. ص.س.
1	1.000000	1	1.000000	1	1.000000	۱۴. ص.س.
9	0.381137	1	1.000000	9	0.381137	۱۵. ص.س.

همان طور که به وضوح در **جداول (۳-۳) الی (۳-۴)** ملاحظه می گردد، رتبه های حاصل از ارزیابی کل صندوق های سرمایه گذاری تحت هر دو رویکرد استوار و کلاسیک، از تطابق بالایی برخوردار می باشند که این موضوع بیانگر صحت و اعتبار قابل قبول نتایج حاصل از رویکرد پیشنهادی پژوهش است. هم چنین توجه به این نکته ضروری است که رویکرد پیشنهادی تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای استوار پژوهش بر خلاف رویکرد کلاسیک موجود در ادبیات، توانایی رتبه بندی کامل تمامی صندوق ها را دارا می باشد و از قدرت تفکیک پذیری بالایی در تمییز دادن صندوق ها نسبت به یکدیگر برخوردار است.

۳-۳ رویکرد NDEA غیر قطعی مبتنی بر برنامه ریزی بازه ای

هدف از این بخش، ارائه رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای بازه ای^۴ می باشد. بدین منظور از روش تحلیل پوششی داده های شبکه ای یکپارچه تحت فرم پوششی و هم چنین برنامه ریزی بازه ای، به ترتیب به منظور مدل سازی ساختار دو مرحله ای حاکم بر صندوق های سرمایه گذاری و برخورد نمودن با داده های غیر قطعی و بازه ای استفاده می گردد.

۳-۳-۱ رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای یکپارچه

همان طور که در بخش پیشین نیز ملاحظه گردید، در نخستین گام بایستی رویکرد مدل سازی تحلیل پوششی داده های شبکه ای از میان رویکرد های موجود در ادبیات و حوزه تحقیق انتخاب و سپس با توجه به ساختار دو مرحله ای توسعه یافته که حاکم بر بنگاه های سرمایه گذاری است، مدل تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای پژوهش تحت شرایط کاملاً قطعی ارائه گردد.

از این رو، در ادامه به ارائه چگونگی مدل سازی تحلیل پوششی داده های شبکه ای یکپارچه با استفاده از مفهوم مجموعه امکان تولید تحت فرم پوششی پرداخته می شود. **چن و ژو (۲۰۰۴)** اقدام به ارائه یک رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای با استفاده و تلفیق فرم پوششی مراحل اول و دوم نمودند. به منظور آشنایی با رویکرد مذکور، فرم پوششی مرحله اول تحت ماهیت ورودی و فرم پوششی مرحله دوم تحت ماهیت خروجی را به صورت **مدل های (۱۱-۳) و (۱۲-۳)** در نظر بگیرید. توجه به این نکته ضروری است که مدل های ارائه شده در این بخش، قابلیت پیاده سازی تحت حالات مختلف بازده به مقیاس را تنها با تغییر پارامتر دارا هستند و از این رو دارای جامعیت می باشند.

^۴Interval Network Data Envelopment Analysis (INDEA)

$$\text{Min } \theta_p \quad (11-3)$$

$$\text{S.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta_p x_{ip}, \quad \forall i$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j f_{kj} \geq f_{kp}, \quad \forall k$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j z_{dj} \geq z_{dp}, \quad \forall d$$

$$\square_1 \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j + \square_2 (-1)^{\square_3} \varepsilon \right) = \square_1$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$$

$$\text{Max } \varphi_p \quad (12-3)$$

$$\text{S.t. } \sum_{j=1}^n \mu_j z_{dj} \leq z_{dp}, \quad \forall d$$

$$\sum_{j=1}^n \mu_j g_{hj} \leq g_{hp}, \quad \forall h$$

$$\sum_{j=1}^n \mu_j y_{rj} \geq \varphi_p y_{rp}, \quad \forall r$$

$$\square_1 \left(\sum_{j=1}^n \mu_j + \square_2 (-1)^{\square_3} \varepsilon \right) = \square_1$$

$$\mu_j \geq 0, \quad \forall j$$

لازم به توضیح است که پارامترهای $\square_1$ ، $\square_2$ و $\square_3$ مربوط به تعیین بازده به مقیاس مورد نظر می باشند

که چگونگی دستیابی به هر یک از حالات ممکن، در ذیل ارائه شده است:

- اگر $\square_1 = 0$ باشد، آن گاه بازده به مقیاس ثابت خواهد بود.
- اگر $\square_1 = 1$ و $\square_2 = 0$ باشد، آن گاه بازده به مقیاس متغیر خواهد بود.
- اگر $\square_1 = 1$ ، $\square_2 = 1$ و $\square_3 = 0$ باشد، آن گاه بازده به مقیاس غیر افزایشی خواهد بود.
- اگر $\square_1 = 1$ ، $\square_2 = 1$ و $\square_3 = 1$ باشد، آن گاه بازده به مقیاس غیر کاهشی خواهد بود.

با در نظر گرفتن ساختار دو مرحله ای جامع نمایش داده شده در **شکل (۲-۴)**، نماد گذاری معرفی شده در **فصل (۲)** و هم چنین توضیحات مذکور، مدل پیشنهادی **چن و ژو (۲۰۰۴)** به صورت **مدل (۳-۱۳)** می باشد:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \quad \ell_1 \theta_p - \ell_2 \varphi_p \quad (۳-۱۳) \\
 & \text{S.t.} \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta_p x_{ip}, \quad \forall i \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j f_{kj} \geq f_{kp}, \quad \forall k \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j z_{dj} \geq \hat{z}_{dp}, \quad \forall d \\
 & \quad \square_1 \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j + \square_2 (-1)^{\square_3} \varepsilon \right) = \square_1 \\
 & \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \mu_j z_{dj} \leq \hat{z}_{dp}, \quad \forall d \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \mu_j g_{hj} \leq g_{hp}, \quad \forall h \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \mu_j y_{rj} \geq \varphi_p y_{rp}, \quad \forall r \\
 & \quad \square_1 \left(\sum_{j=1}^n \mu_j + \square_2 (-1)^{\square_3} \varepsilon \right) = \square_1 \\
 & \quad \mu_j \geq 0, \quad \forall j
 \end{aligned}$$

همان طور که ملاحظه می شود، پنج محدودیت اول مربوط به مدل پوششی مرحله اول تحت ماهیت ورودی و پنج محدودیت بعدی مربوط به مدل پوششی مرحله دوم تحت ماهیت خروجی می باشند که در نهایت تحت تابع هدف مذکور به یکپارچه سازی آنها در قالب یک مدل واحد پرداخته شده است. لازم به توضیح است که در این مدل، $\hat{z}_{dp}$ متغیر تصمیم است و ℓ_1 و ℓ_2 نیز بیانگر درجه اهمیت هر یک از مراحل اول و دوم برای تصمیم گیرنده هستند. هم چنین مقادیر کارایی مراحل اول و دوم تحت بررسی به ترتیب برابر با θ_p ، $1/\varphi_p$ می باشند و در نهایت نیز مقدار کارایی کل واحد مذکور از میانگین حسابی کارایی مراحل محاسبه می گردد.

۳-۳-۲ مدل سازی رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای بازه ای

اکنون در این بخش به ارائه رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای بازه ای بر اساس مدل سازی یکپارچه به منظور ارزیابی عملکرد و طبقه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت داده های بازه ای پرداخته می شود. لازم به توضیح است که به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در داده ها از رویکرد تحلیل پوششی داده های بازه ای ارائه شده توسط **دسپوتیس و اسمیرلیس (۲۰۰۲)** در مدل سازی به کار گرفته می شود. از این رویکرد در شرایطی استفاده می شود که داده های غیر قطعی به صورت یک بازه و دارای کران بالا و کران پایین هستند و رویکرد مذکور یکی از رویکردهای پرکاربرد در حوزه تحلیل پوششی داده های غیر قطعی است.

توجه به این نکته ضروری است که در این روش، نتایج کارایی نیز همانند داده های مورد استفاده، در قالب یک بازه می باشند که کران بالا و پایین بازه به ترتیب نشان دهنده مقادیر خوشبینانه و بدبینانه کارایی واحد تحت بررسی است. با در نظر گرفتن داده های مورد استفاده در مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای بازه ای به صورت $x_{ij} \in [x_{ij}^l, x_{ij}^u]$ ، $f_{kj} \in [f_{kj}^l, f_{kj}^u]$ ، $z_{dj} \in [z_{dj}^l, z_{dj}^u]$ ، $g_{hj} \in [g_{hj}^l, g_{hj}^u]$ و $y_{rj} \in [y_{rj}^l, y_{rj}^u]$ کران پایین و بالای کارایی واحد تحت بررسی به ترتیب از **مدل های (۳-۱۴) و (۳-۱۵)** محاسبه می گردد. هم چنین در نهایت، پس از اجرای مدل های تحلیل پوششی داده های بازه ای، با توجه به مقادیر کران بالا و پایین کارایی واحد ها، می توان آنها را طبق روابط ذیل طبقه بندی نمود:

- واحد تحت بررسی در طبقه E^{++} قرار می گیرد، اگر رابطه $E^{++} = \{j \in J \mid E_j^l = 1\}$ برقرار باشد.
- واحد تحت بررسی در طبقه E^+ قرار می گیرد، اگر رابطه $E^+ = \{j \in J \mid E_j^l < 1 \ \& \ E_j^u = 1\}$ برقرار باشد.
- واحد تحت بررسی در طبقه E^- قرار می گیرد، اگر رابطه $E^- = \{j \in J \mid E_j^u < 1\}$ برقرار باشد.

لازم به توضیح است که طبقه بندی ارائه شده در بالا می تواند به صورت مجزا برای هر یک از مراحل و هم چنین کل سیستم مورد استفاده قرار گیرد.

$$\text{Min} \quad \nabla = \ell_1 \theta_p - \ell_2 \varphi_p \quad (14-3)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \lambda_j x_{ij}^l + \lambda_p x_{ip}^u \leq \theta_p x_{ip}^u, \quad \forall i$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \lambda_j f_{kj}^u + \lambda_p f_{kp}^l \geq f_{kp}^l, \quad \forall k$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \lambda_j z_{dj}^u + \lambda_p z_{dp}^l \geq \widehat{z}_{dp}, \quad \forall d$$

$$\square_1 \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j + \square_2 (-1)^{\square_3} \varepsilon \right) = \square_1$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \mu_j z_{dj}^l + \mu_p z_{dp}^u \leq \widehat{z}_{dp}, \quad \forall d$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \mu_j g_{hj}^l + \mu_p g_{hp}^u \leq g_{hp}^u, \quad \forall h$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \mu_j y_{rj}^u + \mu_p y_{rp}^l \geq y_{rp}^l, \quad \forall r$$

$$\square_1 \left(\sum_{j=1}^n \mu_j + \square_2 (-1)^{\square_3} \varepsilon \right) = \square_1$$

$$\mu_j \geq 0, \quad \forall j$$

$$\text{Min} \quad \Delta = \ell_1 \theta_p - \ell_2 \varphi_p \quad (15-3)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \lambda_j x_{ij}^u + \lambda_p x_{ip}^l \leq \theta_p x_{ip}^l, \quad \forall i$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \lambda_j f_{kj}^l + \lambda_p f_{kp}^u \geq f_{kp}^u, \quad \forall k$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \lambda_j z_{dj}^l + \lambda_p z_{dp}^u \geq \widehat{z}_{dp}, \quad \forall d$$

$$\square_1 \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j + \square_2 (-1)^{\square_3} \varepsilon \right) = \square_1$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \mu_j z_{dj}^u + \mu_p z_{dp}^l \leq \widehat{z}_{dp}, \quad \forall d$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \mu_j g_{hj}^u + \mu_p g_{hp}^l \leq g_{hp}^l, \quad \forall h$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \mu_j y_{rj}^l + \mu_p y_{rp}^u \geq y_{rp}^u, \quad \forall r$$

$$\square_1 \left(\sum_{j=1}^n \mu_j + \square_2 (-1)^{\square_3} \varepsilon \right) = \square_1$$

$$\mu_j \geq 0, \quad \forall j$$

لازم به توضیح است که با بهره گیری از **مدل (۱۴-۳)**، بدترین و کمترین مقدار کارایی ممکن برای واحد تصمیم گیرنده تحت بررسی محاسبه می گردد. هم چنین، برای محاسبه بهترین و بیشترین مقدار کارایی ممکن برای واحد مذکور، بایستی **مدل (۱۵-۳)** تحت بازده به مقیاس مورد نظر اجرا گردد.

۳-۳-۳ پیاده سازی رویکرد INDEA و نتایج محاسباتی

در انی بخش، چگونگی پیاده سازی و اجرای رویکرد پیشنهادی تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای بازه ای، با استفاده از داده های مربوط به ۱۰ شرکت سرمایه گذاری فعال در بازار مالی ایران، مورد بررسی قرار می گیرد. لازم به توضیح است که در اجرای **مدل های (۱۴-۳) و (۱۵-۳)**، ضرایب ℓ_1 و ℓ_2 که بیانگر درجه اهمیت هر یک از مراحل اول و دوم می باشند، برابر با ۱ در نظر گرفته شده اند. با توجه به توضیحات مذکور، نتایج حاصل از ارزیابی مرحله اول (مدیریت عملیات)، مرحله دوم (مدیریت سبد سرمایه گذاری) و کل شرکت های سرمایه گذاری تحت بازده به مقیاس ثابت و بازده به مقیاس متغیر در قالب یک بازه کارایی، به ترتیب در **جداول (۵-۳) و (۶-۳)** آورده شده است. هم چنین، رتبه بندی و طبقه بندی تمامی شرکت های سرمایه گذاری نیز تحت بازده به مقیاس ثابت و بازده به مقیاس متغیر، به ترتیب در **جداول (۷-۳) و (۸-۳)** ارائه شده اند.

جدول (۳-۵): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای بازه ای تحت بازده به مقیاس ثابت

صندوق سرمایه گذاری		مدیریت سبد سرمایه گذاری		مدیریت عملیات		صندوق سرمایه گذاری
کران بالا	کران پایین	کران بالا	کران پایین	کران بالا	کران پایین	ص.س.
0.67684	0.37718	1.00000	0.59586	0.35367	0.15850	۱. ص.س.
0.62409	0.28207	0.40933	0.18825	0.83885	0.37590	۲. ص.س.
0.60530	0.30610	0.21060	0.09450	1.00000	0.51771	۳. ص.س.
0.58887	0.53982	0.17774	0.07965	1.00000	1.00000	۴. ص.س.
0.61550	0.55177	1.00000	1.00000	0.23101	0.10353	۵. ص.س.
0.58844	0.53963	1.00000	1.00000	0.17687	0.07926	۶. ص.س.
0.48789	0.21863	0.55011	0.24651	0.42566	0.19075	۷. ص.س.
0.53931	0.51740	0.07862	0.03479	1.00000	1.00000	۸. ص.س.
1.00000	0.59448	1.00000	0.47105	1.00000	0.71790	۹. ص.س.
0.94560	0.55553	0.89119	0.39926	1.00000	0.71179	۱۰. ص.س.

جدول (۳-۶): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای بازه ای تحت بازده به مقیاس متغیر

صندوق سرمایه گذاری		مدیریت سبد سرمایه گذاری		مدیریت عملیات		صندوق سرمایه گذاری
کران بالا	کران پایین	کران بالا	کران پایین	کران بالا	کران پایین	ص.س.
0.80380	0.66816	1.00000	1.00000	0.607595	0.336321	۱. ص.س.
1.00000	0.86585	1.00000	1.00000	1.00000	0.731707	۲. ص.س.
0.66702	0.37905	0.33405	0.22360	1.00000	0.534493	۳. ص.س.
0.59581	0.54632	0.19162	0.09264	1.00000	1.00000	۴. ص.س.
1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	۵. ص.س.
0.64530	0.57969	1.00000	1.00000	0.290595	0.159375	۶. ص.س.
0.54393	0.26204	0.59919	0.27866	0.48868	0.245415	۷. ص.س.
0.54020	0.52205	0.08040	0.04410	1.00000	1.00000	۸. ص.س.
1.00000	0.63133	1.00000	0.53220	1.00000	0.73045	۹. ص.س.
1.00000	0.63427	1.00000	0.40214	1.00000	0.866406	۱۰. ص.س.

جدول (۷-۳): رتبه بندی و طبقه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت بازده به مقیاس ثابت

صندوق سرمایه گذاری		مدیریت سبد سرمایه گذاری		مدیریت عملیات		صندوق سرمایه گذاری
رتبه	طبقه	رتبه	طبقه	رتبه	طبقه	ص.س.
5	E^{-}	3	E^{+}	8	E^{-}	۱. ص.س.
7	E^{-}	7	E^{-}	6	E^{-}	۲. ص.س.
8	E^{-}	8	E^{-}	5	E^{+}	۳. ص.س.
9	E^{-}	9	E^{-}	1	E^{++}	۴. ص.س.
2	E^{-}	1	E^{++}	9	E^{-}	۵. ص.س.
3	E^{-}	1	E^{++}	10	E^{-}	۶. ص.س.
6	E^{-}	6	E^{-}	7	E^{-}	۷. ص.س.
10	E^{-}	10	E^{-}	1	E^{++}	۸. ص.س.
1	E^{+}	4	E^{+}	3	E^{+}	۹. ص.س.
4	E^{-}	5	E^{-}	4	E^{+}	۱۰. ص.س.

جدول (۸-۳): رتبه بندی و طبقه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت بازده به مقیاس متغیر

صندوق سرمایه گذاری		مدیریت سبد سرمایه گذاری		مدیریت عملیات		صندوق سرمایه گذاری
رتبه	طبقه	رتبه	طبقه	رتبه	طبقه	ص.س.
3	E^{-}	1	E^{++}	8	E^{-}	۱. ص.س.
2	E^{+}	1	E^{++}	5	E^{+}	۲. ص.س.
8	E^{-}	8	E^{-}	7	E^{+}	۳. ص.س.
9	E^{-}	9	E^{-}	1	E^{++}	۴. ص.س.
1	E^{++}	1	E^{++}	2	E^{++}	۵. ص.س.
5	E^{-}	1	E^{++}	10	E^{-}	۶. ص.س.
7	E^{-}	7	E^{-}	9	E^{-}	۷. ص.س.
10	E^{-}	10	E^{-}	3	E^{++}	۸. ص.س.
4	E^{+}	5	E^{+}	6	E^{+}	۹. ص.س.
6	E^{+}	6	E^{+}	4	E^{+}	۱۰. ص.س.

همن طور که در **جداول (۵-۳) الی (۸-۳)** ملاحظه می گردد و انتظار نیز می رفت، نتایج کارایی صندوق های سرمایه گذاری و تعداد واحدهای کارا تحت بازده به مقیاس متغیرنسبت به بازده به مقیاس ثابت بزرگتر یا مساوی است. هم چنین در مجموع ارزیابی صورت گرفته و با توجه به تمامی نتایج کارایی حاصله از رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای بازه ای، صندوق سرمایه گذاری ۵ دارای بهترین عملکرد می باشد که بایستی به عنوان الگو برای سایر صندوق ها مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۴ جمع بندی

در این فصل به ارائه دو رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای استوار و تحلیل پوششی داده های دومرحله ای بازه ای با قابلیت ارزیابی عملکرد، رتبه بندی و طبقه بندی بنگاه های سرمایه گذاری تحت شرایط عدم قطعیت عمیق داده ها که در آن فقط کران پایین و بالای داده ها مشخص می باشد، پرداخته شد. لازم به ذکر است از مهم ترین مزایای رویکرد پیشنهادی می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- ارزیابی عملکرد صندوق ها تحت هر یک از حالات ارجحیت مراحل عملیات و سرمایه گذاری
- شناسایی صندوق های استوار در مقابل عدم قطعیت داده ها
- شناسایی صندوق های حساس نسبت به تغییرات داده ها
- رتبه بندی صندوق ها تحت شرایط عدم قطعیت
- طبقه بندی صندوق ها تحت شرایط عدم قطعیت
- امکان پیاده سازی در حضور داده های مالی با عدم قطعیت عمیق
- خطی بودن رویکرد پیشنهادی و سهولت در حل و اجرا
- تجزیه منحصر به فرد کارایی

فصل چهارم:

ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری تحت داده های فازی

۴-۱ مقدمه

در این فصل به ارائه رویکرد نوین تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی^۵ با هدف ارزیابی عملکرد و رتبه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت داده های فازی پرداخته می شود. هم چنین، در نهایت نیز رویکرد پیشنهادی با استفاده از داده های واقعی بازار مالی ایران پیاده سازی و نتایج حاصله مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند.

۴-۲ رویکرد NDEA دو مرحله ای جمعی تحت بازده به مقیاس ثابت

رویکرد رابطه ای جمعی یکی از پرکاربردترین، منعطف ترین و پرترفدار ترین رویکرد های مدل سازی تحلیل پوششی داده های شبکه ای و تجزیه کارایی می باشد. در این رویکرد فرض بر این است که کارایی کل واحد تصمیم گیرنده از میانگین حسابی کارایی مراحل آن تشکیل می گردد. با در نظر گرفتن ساختار دو مرحله ای جامع نمایش داده شده در **شکل (۴-۲)** و نماد گذاری معرفی شده در **فصل (۲)**، کارایی مراحل اول و دوم واحد تحت بررسی با فرض بازده مقیاس ثابت به ترتیب از **مدل های (۴-۱)** و **(۴-۲)** قابل محاسبه می باشند:

$$\Psi_p^{S1} = \text{Max} \frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i} \quad (1-4)$$

$$\text{S.t.} \quad \frac{\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d}{\sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d \geq 0, \quad \forall i, k, d$$

^۵Fuzzy Network Data Envelopment Analysis (FNDEA)

$$\Psi_p^{S2} = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r}{\sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h} \quad (2-4)$$

$$\text{S.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r}{\sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall d, h, r$$

چن و همکاران (۲۰۰۹) برای اولین بار روش تجزیه جمعی کارایی در تحلیل پوششی داده های شبکه ای را ارائه نمودند. آنها به منظور محاسبه کارایی کل واحد تحت بررسی پیشنهاد کردند تا از مجموع وزن دار شده (میانگین حسابی) کارایی مراحل اول و دوم طبق رابطه (۳-۴) بهره گرفته شود:

$$\Psi_p^O = \xi^{S1} (\Psi_p^{S1}) + \xi^{S2} (\Psi_p^{S2}) = \xi^{S1} \left(\frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i} \right) + \xi^{S2} \left(\frac{\sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r}{\sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h} \right) \quad (3-4)$$

لازم به توضیح است که در رابطه (۳-۴)، ξ^{S1} و ξ^{S2} وزن های پیشنهادی از طرف مدیر یا تصمیم گیرنده هستند. به عبارت دیگر وزن های ξ^{S1} و ξ^{S2} نشان دهنده میزان اهمیت و نقش هر یک از مراحل داخلی در تعیین کارایی کل سیستم شبکه ای می باشد. هم چنین اوزان مذکور بایستی به گونه ای توسط تصمیم گیرنده انتخاب شوند که مجموع آنها برابر یک ($\xi^{S1} + \xi^{S2} = 1$) گردد. با توجه به توضیحات پیشین، در صورت استفاده از رابطه (۴-۳) به منظور محاسبه مقدار کارایی کل سیستم تحت شرایط بازده به مقیاس ثابت، مدل (۴-۴) به صورت زیر حاصل می گردد:

$$\Psi_p^O = \text{Max} \quad \xi^{S1} \left(\frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i} \right) + \xi^{S2} \left(\frac{\sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r}{\sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h} \right) \quad (4-4)$$

$$\text{S.t.} \quad \frac{\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d}{\sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\frac{\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r}{\sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

همان گونه که ملاحظه می شود مدل (4-4) را نمی توان با تبدیلات معمول چارنز و کوپر (۱۹۶۲) به مدل برنامه ریزی خطی تبدیل کرد. لازم به ذکر است که ξ^{S1} و ξ^{S2} نشان دهنده اهمیت و سهم هر کدام از مراحل در اندازه کارایی کلی واحد تحت بررسی هستند. چن و همکاران (۲۰۰۹)، روشی را به منظور انتخاب اوزان ξ^{S1} و ξ^{S2} برای خطی سازی و تبدیل مدل (4-4) به یک مدل خطی در قالب روابط (4-5) و (4-6) را به صورت زیر ارائه نمودند:

$$\xi^{S1} = \frac{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d} \quad (5-4)$$

$$\xi^{S2} = \frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d} \quad (6-4)$$

با توجه به روابط (۵-۴) و (۶-۴) ملاحظه می گردد که اهمیت و ارزش هر یک از مراحل، از خارج قسمت منابع مصرفی آن مرحله به مجموع منابع مصرفی هر دو مرحله تعیین می شود. بر این اساس و با جایگذاری روابط (۵-۴) و (۶-۴) در مدل (۵-۴)، آنگاه مدل (۷-۴) حاصل می شود:

$$\Psi_p^O = \text{Max} \frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h} \quad (۷-۴)$$

$$\text{S.t.} \quad \frac{\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d}{\sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\frac{\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r}{\sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

سپس به خطی سازی مدل (۷-۴) با فرض ماهیت ورودی محور به صورت مدل (۸-۴) پرداخته می شود:

$$\Psi_p^O = \text{Max} \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r \quad (۸-۴)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h = 1$$

$$\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r - \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h \leq 0, \quad \forall j$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

لازم به ذکر است که مدل (۸-۴) می تواند جواب بهینه چندگانه داشته باشد. لذا و با توجه به این نکته، تجزیه اندازه کارایی کل، ممکن است یکتا نباشد. به عبارت دیگر به ازای مقدار کارایی کل یکسان، ممکن است ترکیب های کارایی متفاوتی برای مراحل وجود داشته باشند. از این رو، طبق روش پیشنهادی کائو و هوانگ (۲۰۰۸)، با ثابت نگه داشتن اندازه کارایی کل حاصله از مدل (۸-۴)، اگر اندازه کارایی مرحله اول برای تصمیم گیرنده ارجحیت بیشتری داشته باشد، آن گاه مدل (۹-۴) به صورت زیر فرموله می شود:

$$\Psi_p^{S1} = \text{Max} \frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i} \quad (9-4)$$

$$\text{S.t.} \quad \frac{\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d}{\sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\frac{\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r}{\sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h} = \Psi_p^{O*}$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

با توجه به کسری بودن مدل (۹-۴)، همانند مدل های کسری پیشین، اقدام به خطی سازی آن با بهره گیری از تبدیلات چارنز و کوپر (۱۹۶۲) می گردد. بدین ترتیب مدل (۱۰-۴) به منظور محاسبه کارایی مرحله اول تحت ماهیت ورودی ارائه می شود:

$$\Psi_p^{S1} = \text{Max} \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d \quad (10-4)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i = 1$$

$$\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r - \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r - \Psi_p^{O*} \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d - \Psi_p^{O*} \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h = \Psi_p^{O*}$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

و سپس اندازه کارایی مرحله دوم با استفاده از رابطه (۴-۱۱) محاسبه می شود:

$$\Psi_p^{S2*} = \frac{\Psi_p^{O*} - \xi^{S1*} * \Psi_p^{S1*}}{\xi^{S2*}} \quad (11-4)$$

هم چنین اگر اندازه کارایی مرحله دوم از ارجحیت بیشتری برای تصمیم گیرنده برخوردار باشد، می توان به همین طریق اقدام به تجزیه کارایی نمود.

۴-۳ اندازه عمومی فازی با قابلیت تنظیم درجه خوشبینی و بدبینی

در نظر بگیرید که $(Y, P(Y), Pos)$ فضای امکان باشد به طوری که Y یک مجموعه جهانی و غیر تهی در برگیرنده تمامی رخداد های ممکن، $P(Y)$ بیانگر مجموعه توانی Y و Δ یک مجموعه در $P(Y)$ باشد. آن گاه، اندازه عمومی فازی Δ در $(Y, P(Y), Pos)$ به صورت رابطه (۴-۱۲) تعریف می گردد:

$$GF\{\Delta\} = \beta * Pos\{\Delta\} + (1-\beta) * Nec\{\Delta\} = Nec\{\Delta\} + \beta * (Pos\{\Delta\} - Nec\{\Delta\}) \quad (12-4)$$

همان طور که در [رابطه \(۴-۱۲\)](#) ملاحظه می گردد، اندازه عمومی فازی برآیند ترکیب خطی اندازه امکان (دیدگاه خوشبینانه) و اندازه الزام (دیدگاه بدبینانه) می باشد. لازم به توضیح است که پارامتر β ، پارامتر تنظیم کننده میزان و درجه خوشبینی و بدبینی اندازه عمومی فازی است ([ژو و ژو، ۲۰۱۱، ۲۰۱۳](#)). با تغییر و تنظیم آن می توان به راحتی به اندازه های مختلف شامل، امکان، الزام و اعتبار مطابق [رابطه \(۴-۱۳\)](#) دست یافت:

$$GF\{\Delta\} = \begin{cases} Nec\{\Delta\}, & \text{if } \beta = 0; \\ Cr\{\Delta\}, & \text{if } \beta = 0.5; \\ Pos\{\Delta\}, & \text{if } \beta = 1. \end{cases} \quad (۴-۱۳)$$

در نظر بگیرید که $\tilde{\psi}$ و $\tilde{\eta}$ ، اعداد فازی دوزنقه ای به صورت $(\psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4)$ و $(\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4)$ در فضای امکان $(Y, P(Y), Pos)$ و ϕ یک عدد قطعی باشند. در این صورت چگونگی محاسبه رخداد های فازی $\{\tilde{\psi} \leq \phi\}$ ، $\{\tilde{\psi} \geq \phi\}$ ، $\{\tilde{\psi} \leq \tilde{\eta}\}$ و $\{\tilde{\psi} \geq \tilde{\eta}\}$ با استفاده از اندازه GF تحت سطح اطمینان α ($0 \leq \alpha \leq 1$) و پارامتر خوشبینی و بدبینی β ($0 \leq \beta \leq 1$) به ترتیب در [روابط \(۴-۱۴\) الی \(۴-۱۷\)](#) نشان داده شده اند:

$$GF\{\tilde{\psi} \leq \phi\} \geq \alpha \Leftrightarrow \begin{cases} Pos\{\tilde{\psi} \leq \phi\} \geq \frac{\alpha}{\beta}, & \text{if } \alpha \leq \beta; \\ Nec\{\tilde{\psi} \leq \phi\} \geq \frac{\alpha - \beta}{1 - \beta}, & \text{if } \alpha > \beta. \end{cases} \quad (۴-۱۴)$$

$$GF\{\tilde{\psi} \geq \phi\} \geq \alpha \Leftrightarrow \begin{cases} Pos\{\tilde{\psi} \geq \phi\} \geq \frac{\alpha}{\beta}, & \text{if } \alpha \leq \beta; \\ Nec\{\tilde{\psi} \geq \phi\} \geq \frac{\alpha - \beta}{1 - \beta}, & \text{if } \alpha > \beta. \end{cases} \quad (۴-۱۵)$$

$$GF\{\tilde{\psi} \leq \tilde{\eta}\} \geq \alpha \Leftrightarrow \begin{cases} Pos\{\tilde{\psi} \leq \tilde{\eta}\} \geq \frac{\alpha}{\beta}, & \text{if } \alpha \leq \beta; \\ Nec\{\tilde{\psi} \leq \tilde{\eta}\} \geq \frac{\alpha - \beta}{1 - \beta}, & \text{if } \alpha > \beta. \end{cases} \quad (۴-۱۶)$$

$$GF\{\tilde{\psi} \geq \tilde{\eta}\} \geq \alpha \Leftrightarrow \begin{cases} Pos\{\tilde{\psi} \geq \tilde{\eta}\} \geq \frac{\alpha}{\beta}, & \text{if } \alpha \leq \beta; \\ Nec\{\tilde{\psi} \geq \tilde{\eta}\} \geq \frac{\alpha - \beta}{1 - \beta}, & \text{if } \alpha > \beta. \end{cases} \quad (۴-۱۷)$$

در نهایت و با بهره گیری از برنامه ریزی محدودیت شانس، معادل و همتای قطعی رخداد های فازی

$\{\tilde{\psi} \leq \phi\}$ ، $\{\tilde{\psi} \geq \phi\}$ ، $\{\tilde{\psi} \leq \tilde{\eta}\}$ و $\{\tilde{\psi} \geq \tilde{\eta}\}$ ، تحت سطح اطمینان α و پارامتر خوشبینی و بدبینی β به

ترتیب در قالب روابط (۱۸-۴) الی (۲۱-۴) ارائه می گردند:

$GF \{ \tilde{\psi} \leq \phi \} \geq \alpha \Leftrightarrow \begin{cases} \left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) \psi_1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) \psi_2 \leq \phi, & \text{if } \alpha \leq \beta; \\ \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) \psi_3 + \left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) \psi_4 \leq \phi, & \text{if } \alpha > \beta. \end{cases}$	(۱۸-۴)
$GF \{ \tilde{\psi} \geq \phi \} \geq \alpha \Leftrightarrow \begin{cases} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) \psi_3 + \left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) \psi_4 \geq \phi, & \text{if } \alpha \leq \beta; \\ \left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) \psi_1 + \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) \psi_2 \geq \phi, & \text{if } \alpha > \beta. \end{cases}$	(۱۹-۴)
$GF \{ \tilde{\psi} \leq \tilde{\eta} \} \geq \alpha \Leftrightarrow \begin{cases} \left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) \psi_1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) \psi_2 \leq \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) \eta_3 + \left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) \eta_4, & \text{if } \alpha \leq \beta; \\ \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) \psi_3 + \left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) \psi_4 \leq \left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) \eta_1 + \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) \eta_2, & \text{if } \alpha > \beta. \end{cases}$	(۲۰-۴)
$GF \{ \tilde{\psi} \geq \tilde{\eta} \} \geq \alpha \Leftrightarrow \begin{cases} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) \psi_3 + \left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) \psi_4 \geq \left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) \eta_1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) \eta_2, & \text{if } \alpha \leq \beta; \\ \left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) \psi_1 + \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) \psi_2 \geq \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) \eta_3 + \left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) \eta_4, & \text{if } \alpha > \beta. \end{cases}$	(۲۱-۴)

لازم به ذکر است در صورتی که در روابط (۱۸-۴) الی (۲۱-۴)، پارامتر خوشبینی و بدبینی β ، برابر با ۰،

۰،۵ و یا ۱ قرار داده شود، تمامی روابط ارائه شده در فصل (۲) به منظور محاسبه الزام، اعتبار و امکان رخداد های

فازی تحت سطح اطمینان مورد نظر، به راحتی حاصل می گردند. به عبارت دیگر، تصمیم گیرنده می تواند تنها با

تغییر و تنظیم یک پارامتر، معادل قطعی محدودیت شانس فازی را به ازای حالات مختلف خوشبینی و بدبینی و

شرایط مورد نظر خویش ارائه نماید.

۴-۴ مدل سازی رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای فازی

اکنون پس از مدل سازی تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای بر اساس روش رابطه ای جمعی و هم چنین آشنایی با مفاهیم و روابط اندازه عمومی فازی، در این بخش اقدام به ارائه رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای غیر قطعی جامع و منعطف با قابلیت پیاده سازی در حضور داده های فازی و محاسبه کارایی تحت تمامی حالات خوشبینی و بدبینی تصمیم گیرنده می گردد. لازم به ذکر است که تمامی داده های مورد استفاده در مدل های (۸-۴) و (۱۰-۴)، $\tilde{x}_{ij}$ ، $\tilde{f}_{kj}$ ، $\tilde{z}_{dj}$ ، $\tilde{g}_{hj}$ و $\tilde{y}_{rj}$ دارای تابع توزیع ذورنقه ای به صورت $(\tilde{x}_{ij}^1, \tilde{x}_{ij}^2, \tilde{x}_{ij}^3, \tilde{x}_{ij}^4)$ ، $(\tilde{f}_{kj}^1, \tilde{f}_{kj}^2, \tilde{f}_{kj}^3, \tilde{f}_{kj}^4)$ ، $(\tilde{z}_{dj}^1, \tilde{z}_{dj}^2, \tilde{z}_{dj}^3, \tilde{z}_{dj}^4)$ ، $(\tilde{g}_{hj}^1, \tilde{g}_{hj}^2, \tilde{g}_{hj}^3, \tilde{g}_{hj}^4)$ و $(\tilde{y}_{rj}^1, \tilde{y}_{rj}^2, \tilde{y}_{rj}^3, \tilde{y}_{rj}^4)$ می باشند. هم چنین به منظور تجزیه منحصر به فرد کارایی، فرض بر این است که مرحله اول دارای ارجحیت بیشتری برای مدیریت می باشد. لذا مدل های (۸-۴) و (۱۰-۴)، مدل های پایه پژوهش در بخش پیش رو هستند. توجه به این نکته ضروری است که در گام نخست و به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت فازی در تمامی پارامترهای رویکرد پیشنهادی، مدل های (۸-۴) و (۱۰-۴) به صورت مدل های (۲۲-۴) و (۲۳-۴) مورد بازنگری قرار می گیرند:

$$\Psi_p^0 = \text{Max } \Omega \quad (22-4)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r \geq \Omega$$

$$\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h \leq 1$$

$$\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r - \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h \leq 0, \quad \forall j$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

قضیه (۱-۴): جواب بهینه مدل (۲۲-۴) با مدل (۸-۴) یکسان می باشد.

اثبات: مشابه قضیه (۱-۳) اثبات می گردد. (کافی است نشان داده شود که جواب بهینه مدل (۲۲-۴)، یک جواب

شدنی برای مدل (۸-۴) یکسان می باشد).

$$\Psi_p^{s1} = \text{Max } \Omega \quad (23-4)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d \geq \Omega$$

$$\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i \leq 1$$

$$\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r - \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r - \Psi_p^{O*} \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d - \Psi_p^{O*} \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h \geq \Psi_p^{O*}$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

قضیه (۲-۴): جواب بهینه مدل (۲۳-۴) با مدل (۱۰-۴) یکسان می باشد.

اثبات: مشابه قضیه (۲-۳) اثبات می گردد (کافی است نشان داده شود که جواب بهینه مدل (۲۳-۴)، یک جواب

شدنی برای مدل (۱۰-۴) یکسان می باشد).

در گام بعدی به منظور برخورد با عدم قطعیت موجود در محدودیت های مدل ها، از اندازه عمومی فازی به

صورت مدل های (۲۴-۴) و (۲۵-۴) بهره گرفته می شود:

$$\Psi_p^0 = \text{Max } \Omega$$

(۲۴-۴)

$$\text{S.t. } GF \left\{ \sum_{k=1}^K \tilde{f}_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D \tilde{z}_{dp} \gamma_d + \sum_{r=1}^R \tilde{y}_{rp} \mu_r \geq \Omega \right\} \geq \alpha$$

$$GF \left\{ \sum_{i=1}^I \tilde{x}_{ip} \tau_i + \sum_{d=1}^D \tilde{z}_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H \tilde{g}_{hp} \pi_h \leq 1 \right\} \geq \alpha$$

$$GF \left\{ \sum_{k=1}^K \tilde{f}_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D \tilde{z}_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I \tilde{x}_{ij} \tau_i \leq 0 \right\} \geq \alpha, \quad \forall j$$

$$GF \left\{ \sum_{r=1}^R \tilde{y}_{rj} \mu_r - \sum_{d=1}^D \tilde{z}_{dj} \gamma_d - \sum_{h=1}^H \tilde{g}_{hj} \pi_h \leq 0 \right\} \geq \alpha, \quad \forall j$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

$$\Psi_p^{S1} = \text{Max } \Omega$$

(۲۵-۴)

$$\text{S.t. } GF \left\{ \sum_{k=1}^K \tilde{f}_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D \tilde{z}_{dp} \gamma_d \geq \Omega \right\} \geq \alpha$$

$$GF \left\{ \sum_{i=1}^I \tilde{x}_{ip} \tau_i \leq 1 \right\} \geq \alpha$$

$$GF \left\{ \sum_{k=1}^K \tilde{f}_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D \tilde{z}_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I \tilde{x}_{ij} \tau_i \leq 0 \right\} \geq \alpha, \quad \forall j$$

$$GF \left\{ \sum_{r=1}^R \tilde{y}_{rj} \mu_r - \sum_{d=1}^D \tilde{z}_{dj} \gamma_d - \sum_{h=1}^H \tilde{g}_{hj} \pi_h \leq 0 \right\} \geq \alpha, \quad \forall j$$

$$GF \left\{ \sum_{k=1}^K \tilde{f}_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D \tilde{z}_{dp} \gamma_d + \sum_{r=1}^R \tilde{y}_{rp} \mu_r - \Psi_p^{0*} \left(\sum_{d=1}^D \tilde{z}_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H \tilde{g}_{hp} \pi_h \right) \geq \Psi_p^{0*} \right\} \geq \alpha$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

در نهایت با استفاده و بهره گیری از روابط (۱۸-۴) الی (۲۱-۴)، اقدام به ارائه معادل و همتای قطعی مدل

های (۲۴-۴) و (۲۵-۴)، تحت سطح اطمینان α و پارامتر خوشبینی و بدبینی β می گردد. همان طور که در

روابط (۱۸-۴) الی (۲۱-۴)، نیز ملاحظه گردید، همتای قطعی رخداد شانس فازی به ازای هر یک از حالات

$\alpha \leq \beta$ و $\alpha > \beta$ ، متفاوت می باشد. لذا با استفاده از عدد M بزرگ و متغیر باینری Υ ، تلاش می گردد تا هر دو

حالت همتای قطعی که در واقع بیانگر دو محدودیت ناسازگار هستند، به صورت همزمان و یکپارچه مدل سازی

شوند. با توجه به توضیحات مذکور، مدل نهایی پژوهش به منظور محاسبه مقدار کارایی کل واحد تحت بررسی در

حضور داده های فازی به صورت مدل (۲۶-۴) می باشد:

$$\Psi_{p(\alpha, \beta)}^0 = \text{Max } \Omega \quad (26-4)$$

$$\begin{aligned} \text{S.t.} \quad & \sum_{k=1}^K \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) f_{kp}^3 + \left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) f_{kp}^4 \right) \omega_k + \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) z_{dp}^3 + \left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) z_{dp}^4 \right) \gamma_d \\ & + \sum_{r=1}^R \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) y_{rp}^3 + \left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) y_{rp}^4 \right) \mu_r \geq \Omega - \Upsilon M \\ & \sum_{k=1}^K \left(\left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) f_{kp}^1 + \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) f_{kp}^2 \right) \omega_k + \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) z_{dp}^1 + \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) z_{dp}^2 \right) \gamma_d \\ & + \sum_{r=1}^R \left(\left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) y_{rp}^1 + \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) y_{rp}^2 \right) \mu_r \geq \Omega - (1 - \Upsilon) M \\ & \sum_{i=1}^I \left(\left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) x_{ip}^1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) x_{ip}^2 \right) \tau_i + \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) z_{dp}^1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) z_{dp}^2 \right) \gamma_d \\ & + \sum_{h=1}^H \left(\left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) g_{hp}^1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) g_{hp}^2 \right) \pi_h \leq 1 + \Upsilon M \\ & \sum_{i=1}^I \left(\left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) x_{ip}^3 + \left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) x_{ip}^4 \right) \tau_i + \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) z_{dp}^3 + \left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) z_{dp}^4 \right) \gamma_d \\ & + \sum_{h=1}^H \left(\left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) g_{hp}^3 + \left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) g_{hp}^4 \right) \pi_h \leq 1 + (1 - \Upsilon) M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_{k=1}^K \left(\left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) f_{kj}^1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) f_{kj}^2 \right) \omega_k + \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) z_{dj}^1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) z_{dj}^2 \right) \gamma_d \\
& - \sum_{i=1}^I \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) x_{ij}^3 + \left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) x_{ij}^4 \right) \tau_i \leq \Upsilon M, \quad \forall j \\
& \sum_{k=1}^K \left(\left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) f_{kj}^3 + \left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) f_{kj}^4 \right) \omega_k + \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) z_{dj}^3 + \left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) z_{dj}^4 \right) \gamma_d \\
& - \sum_{i=1}^I \left(\left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) x_{ij}^1 + \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) x_{ij}^2 \right) \tau_i \leq (1 - \Upsilon) M, \quad \forall j \\
& \sum_{r=1}^R \left(\left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) y_{rj}^1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) y_{rj}^2 \right) \mu_r - \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) z_{dj}^3 + \left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) z_{dj}^4 \right) \gamma_d \\
& - \sum_{h=1}^H \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) g_{hj}^3 + \left(\frac{\beta - \alpha}{\beta} \right) g_{hj}^4 \right) \pi_h \leq \Upsilon M, \quad \forall j \\
& \sum_{r=1}^R \left(\left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) y_{rj}^3 + \left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) y_{rj}^4 \right) \mu_r - \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) z_{dj}^1 + \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) z_{dj}^2 \right) \gamma_d \\
& - \sum_{h=1}^H \left(\left(\frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) g_{hj}^1 + \left(\frac{1 - \alpha}{1 - \beta} \right) g_{hj}^2 \right) \pi_h \leq (1 - \Upsilon) M, \quad \forall j \\
& \alpha \leq \beta + \Upsilon M \\
& \alpha > \beta - (1 - \Upsilon) M \\
& \Upsilon \in \{0, 1\} \\
& \tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r
\end{aligned}$$

اکنون پس از محاسبه کارایی مرحله کل واحد تحت بررسی به ازای α و β مشخص، کارایی مرحله اول تحت همان مقادیر α و β با استفاده از مدل (۴-۲۷) محاسبه می گردد که در آن همان طور که مطرح شد، جواب بهینه حاصل از مدل (۴-۲۶) تحت شرایط مورد نظر تصمیم گیرنده می باشد:

$$\Psi_{p(\alpha,\beta)}^{S1} = \text{Max } \Omega$$

(27-4)

$$\text{S.t.} \quad \sum_{k=1}^K \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) f_{kp}^3 + \left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) f_{kp}^4 \right) \omega_k + \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) z_{dp}^3 + \left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) z_{dp}^4 \right) \gamma_d \geq \Omega - \Upsilon \mathbf{M}$$

$$\sum_{k=1}^K \left(\left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) f_{kp}^1 + \left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) f_{kp}^2 \right) \omega_k + \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) z_{dp}^1 + \left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) z_{dp}^2 \right) \gamma_d \geq \Omega - (1-\Upsilon) \mathbf{M}$$

$$\sum_{i=1}^I \left(\left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) x_{ip}^1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) x_{ip}^2 \right) \tau_i \leq 1 + \Upsilon \mathbf{M}$$

$$\sum_{i=1}^I \left(\left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) x_{ip}^3 + \left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) x_{ip}^4 \right) \tau_i \leq 1 + (1-\Upsilon) \mathbf{M}$$

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^K \left(\left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) f_{kj}^1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) f_{kj}^2 \right) \omega_k + \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) z_{dj}^1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) z_{dj}^2 \right) \gamma_d \\ & - \sum_{i=1}^I \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) x_{ij}^3 + \left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) x_{ij}^4 \right) \tau_i \leq \Upsilon \mathbf{M}, \quad \forall j \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^K \left(\left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) f_{kj}^3 + \left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) f_{kj}^4 \right) \omega_k + \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) z_{dj}^3 + \left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) z_{dj}^4 \right) \gamma_d \\ & - \sum_{i=1}^I \left(\left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) x_{ij}^1 + \left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) x_{ij}^2 \right) \tau_i \leq (1-\Upsilon) \mathbf{M}, \quad \forall j \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sum_{r=1}^R \left(\left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) y_{rj}^1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) y_{rj}^2 \right) \mu_r - \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) z_{dj}^3 + \left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) z_{dj}^4 \right) \gamma_d \\ & - \sum_{h=1}^H \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) g_{hj}^3 + \left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) g_{hj}^4 \right) \pi_h \leq \Upsilon \mathbf{M}, \quad \forall j \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_{r=1}^R \left(\left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) y_{rj}^3 + \left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) y_{rj}^4 \right) \mu_r - \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) z_{dj}^1 + \left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) z_{dj}^2 \right) \gamma_d \\
& - \sum_{h=1}^H \left(\left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) g_{hj}^1 + \left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) g_{hj}^2 \right) \pi_h \leq (1-\Upsilon)M, \quad \forall j \\
\\
& \sum_{k=1}^K \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) f_{kp}^3 + \left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) f_{kp}^4 \right) \omega_k + \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) z_{dp}^3 + \left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) z_{dp}^4 \right) \gamma_d \\
& + \sum_{r=1}^R \left(\left(\frac{\alpha}{\beta} \right) y_{rp}^3 + \left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) y_{rp}^4 \right) \mu_r - \Psi_{p(\alpha,\beta)}^{O*} \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) z_{dp}^1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) z_{dp}^2 \right) \gamma_d \\
& - \Psi_{p(\alpha,\beta)}^{O*} \sum_{h=1}^H \left(\left(\frac{\beta-\alpha}{\beta} \right) g_{hp}^1 + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) g_{hp}^2 \right) \pi_h \geq \Psi_{p(\alpha,\beta)}^{O*} - \Upsilon M \\
\\
& \sum_{k=1}^K \left(\left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) f_{kp}^1 + \left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) f_{kp}^2 \right) \omega_k + \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) z_{dp}^1 + \left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) z_{dp}^2 \right) \gamma_d \\
& + \sum_{r=1}^R \left(\left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) y_{rp}^1 + \left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) y_{rp}^2 \right) \mu_r - \Psi_{p(\alpha,\beta)}^{O*} \sum_{d=1}^D \left(\left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) z_{dp}^3 + \left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) z_{dp}^4 \right) \gamma_d \\
& - \Psi_{p(\alpha,\beta)}^{O*} \sum_{h=1}^H \left(\left(\frac{1-\alpha}{1-\beta} \right) g_{hp}^3 + \left(\frac{\alpha-\beta}{1-\beta} \right) g_{hp}^4 \right) \pi_h \geq \Psi_{p(\alpha,\beta)}^{O*} - (1-\Upsilon)M \\
\\
& \alpha \leq \beta + \Upsilon M \\
\\
& \alpha > \beta - (1-\Upsilon)M \\
\\
& \Upsilon \in \{0,1\} \\
\\
& \tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r
\end{aligned}$$

و در نهایت مقدار کارایی مرحله دوم تحت مقادیر تعیین شده α و β در مدل های پیشین، با استفاده از

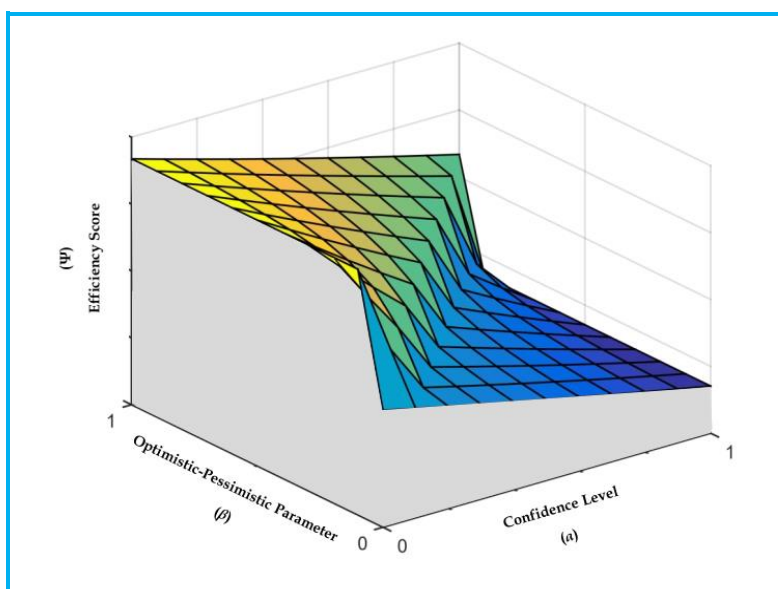
رابطه (۲۸-۴) محاسبه می شود:

$$\Psi_{p(\alpha,\beta)}^{S2/1*} = \frac{\Psi_{p(\alpha,\beta)}^{O*} - \xi_{(\alpha,\beta)}^{S1*} * \Psi_{p(\alpha,\beta)}^{S1*}}{\xi_{(\alpha,\beta)}^{S2*}} \quad (28-4)$$

لازم به ذکر است که در صورتی پارامتر خوشبینی و بدبینی β برابر با ۰، ۰،۵ و ۱ قرار داده شد، رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای پژوهش به ترتیب تبدیل به تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای مبتنی بر الزام، مبتنی بر اعتبار و مبتنی بر امکان می گردد. هم چنین همان طور که پیش تر نیز توضیح داده شد، اگر اندازه کارایی مرحله دوم از ارجحیت بیشتری برخوردار باشد، می توان به طریق مشابه اقدام به مدل سازی نمود.

۴-۵ رویکرد پیشنهادی رتبه بندی واحد های دو مرحله ای تحت محیط فازی

رتبه بندی کامل واحد های تصمیم گیرنده، همواره یکی از موضوعات و چالش های مهم در حوزه تحلیل پوششی داده ها می باشد. در این بخش به ارائه یک روش رتبه بندی نوین برای واحد های تصمیم گیرنده دو مرحله ای تحت عدم قطعیت فازی پرداخته می شود. همان طور که در بخش قبلی توضیح داده شد و ملاحظه گردید، رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای فازی پژوهش قادر به محاسبه نمره کارایی واحد های دو مرحله ای تحت تمامی حالت های ممکن سطح اطمینان و پارامتر خوش بینی و بدبینی (α, β) است. در صورت ترسیم مقادیر کارایی به ازای تمامی ترکیب های (α, β) ، یک شکل سه بعدی به صورت **شکل (۴-۱)** حاصل می گردد:



شکل (۴-۱): نمایش رویه کارایی به ازای تمامی حالات ممکن (α, β)

همان طور که در شکل (۴-۱) ملاحظه می گردد، تمامی مقادیر ممکن کارایی از کمترین تا بیشترین مقدار محاسبه و سپس در قالب یک رویه کارایی ترسیم شده اند. هم چنین حجم زیر منحنی و رویه کارایی با رنگ خاکستری نشان داده شده است. توجه به این نکته ضروری است که هر چه مقدار حجم مذکور بیشتر باشد، میانگین کارایی واحد مذکور بیشتر و در نتیجه از عملکرد بهتری برخوردار است.

با توجه به این توضیحات می توان از مقدار حجم زیر منحنی کارایی به عنوان معیار رتبه بندی کامل واحد ها استفاده نمود. از آنجایی که بازه سطح اطمینان و پارامتر خوش بینی و بدبینی بین ۰ تا ۱ است، مساحت کف منحنی هموار برابر ۱ در ۱ می باشد. لذا تنها مقدار ارتفاع در محاسبه حجم نقش دارد. از این رو کافی است طبق روابط (۴-۲۹) الی (۴-۳۱)، اقدام به محاسبه میانگین کارایی کل سیستم، مرحله اول و مرحله دوم به ازای ترکیب های مختلف (α, β) گردد:

$\Phi^O = \frac{\sum_{\alpha=0}^1 \sum_{\beta=0}^1 \Psi_{p(\alpha, \beta)}^{O*}}{\eta_{\alpha} \eta_{\beta}}$	(۴-۲۹)
$\Phi^{S1} = \frac{\sum_{\alpha=0}^1 \sum_{\beta=0}^1 \Psi_{p(\alpha, \beta)}^{S1*}}{\eta_{\alpha} \eta_{\beta}}$	(۴-۳۰)
$\Phi^{S2/1} = \frac{\sum_{\alpha=0}^1 \sum_{\beta=0}^1 \Psi_{p(\alpha, \beta)}^{S2/1*}}{\eta_{\alpha} \eta_{\beta}}$	(۴-۳۱)

لازم به توضیح است که در روابط (۴-۲۹) الی (۴-۳۱)، η_{α} و η_{β} به ترتیب بیانگر تعداد سطح اطمینان مختلف و تعداد حالات پارامتر خوش بینی و بدبینی هستند. هم چنین، بدون شک هر چه مقدار کارایی واحد تحت بررسی به ازای تعداد بیشتری از ترکیب های مختلف محاسباتی (α, β) محاسبه گردد، مقدار تخمین و برآورد حاصله از حجم زیر منحنی کارایی از دقت بالاتری برخوردار خواهد بود.

با توجه به توضیحات مذکور، گام های الگوریتم پیشنهادی به منظور رتبه بندی کامل واحد های تصمیم گیرنده به صورت زیر خلاصه می گردد:

گام ۱: محاسبه کارایی کل واحد تصمیم گیرنده به ازای تمامی حالات (α, β) با استفاده از مدل (۴-۲۶)

گام ۲: ترسیم منحنی و رویه کارایی به ازای تمامی نتایج حاصله از گام پیشین

گام ۳: تخمین و برآورد مقدار حجم زیر منحنی کارایی با استفاده از رابطه (۴-۲۹)

گام ۴: رتبه بندی کامل واحد ها از دیدگاه کارایی کل از بیشترین تا کمترین حجم کارایی

لازم به ذکر است که به منظور رتبه بندی واحد ها از دیدگاه مرحله اول نیز کافی است در گام ۱ و ۳ الگوریتم پیشنهادی از مدل (۴-۲۷) و رابطه (۴-۳۰) استفاده گردد. هم چنین، به طور مشابه برای رتبه بندی واحد ها از دیدگاه مرحله دوم، بایستی در گام های مذکور الگوریتم، از روابط (۴-۲۸) و (۴-۳۱) بهره گرفته شود.

۴-۶ پیاده سازی رویکرد FNDEA، اعتبار سنجی و تحلیل حساسیت نتایج

در این بخش با بهره گیری از داده های مربوط به ۵ صندوق سرمایه گذاری فعال در بازار مالی ایران، چگونگی ارزیابی عملکرد و رتبه بندی صندوق ها با استفاده از رویکرد پیشنهادی پژوهش مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. با توجه به توضیحات مذکور و پیاده سازی رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی پیشنهادی، کارایی کل سیستم، کارایی مرحله اول و کارایی مرحله دوم صندوق های سرمایه گذاری به ازای مقادیر مختلف سطوح طمینان و پارامتر خوشبینی و بدینی شامل ۰، ۰،۱، ۰،۲، ۰،۳، ۰،۴، ۰،۵، ۰،۶، ۰،۷، ۰،۸، ۰،۹ و ۱ به ترتیب در جداول (۴-۱) الی (۴-۳)، محاسبه شده است. هم چنین رویه کارایی، مقدار حجم محصور شده توسط رویه کارایی و در نهایت رتبه صندوق سرمایه گذاری از دیدگاه کل، مرحله اول و مرحله دوم به ترتیب در شکل های (۴-۲) الی (۴-۴) ارائه شده اند:

جدول (۴-۱): نتایج حاصل از اجرای رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی – کل سیستم

سطوح اطمینان												
	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0	
صندوق سرمایه گذاری ۱	0	0.7686	0.7813	0.7941	0.8072	0.8205	0.8340	0.8477	0.8616	0.8758	0.8902	0.9048
	0.1	0.7686	0.7827	0.7970	0.8116	0.8265	0.8416	0.8570	0.8726	0.8886	0.9816	1.1554
	0.2	0.7686	0.7845	0.8007	0.8172	0.8340	0.8512	0.8687	0.8866	0.9816	1.0649	1.1554
	0.3	0.7686	0.7868	0.8053	0.8243	0.8438	0.8636	0.8840	0.9816	1.0364	1.0943	1.1554
	0.4	0.7686	0.7898	0.8116	0.8340	0.8570	0.8806	0.9816	1.0224	1.0649	1.1092	1.1554
	0.5	0.7686	0.7941	0.8205	0.8477	0.8758	0.9816	1.0141	1.0477	1.0824	1.1183	1.1554
	0.6	0.7686	0.8007	0.8340	0.8687	0.9816	1.0086	1.0364	1.0649	1.0943	1.1244	1.1554
	0.7	0.7686	0.8116	0.8570	0.9816	1.0047	1.0284	1.0526	1.0774	1.1028	1.1288	1.1554
	0.8	0.7686	0.8340	0.9816	1.0018	1.0224	1.0434	1.0649	1.0868	1.1092	1.1321	1.1554
	0.9	0.7686	0.9816	0.9995	1.0178	1.0364	1.0553	1.0746	1.0943	1.1143	1.1347	1.1554
1	0.9816	0.9977	1.0141	1.0308	1.0477	1.0649	1.0824	1.1002	1.1183	1.1367	1.1554	
صندوق سرمایه گذاری ۲	0	0.8085	0.8216	0.8350	0.8486	0.8624	0.8764	0.8906	0.9051	0.9198	0.9347	0.9499
	0.1	0.8085	0.8231	0.8380	0.8531	0.8686	0.8842	0.9002	0.9165	0.9330	1.0291	1.2089
	0.2	0.8085	0.8249	0.8417	0.8589	0.8764	0.8942	0.9124	0.9309	1.0291	1.1154	1.2089
	0.3	0.8085	0.8273	0.8466	0.8663	0.8865	0.9072	0.9283	1.0291	1.0858	1.1457	1.2089
	0.4	0.8085	0.8305	0.8531	0.8764	0.9002	0.9247	1.0291	1.0714	1.1154	1.1612	1.2089
	0.5	0.8085	0.8350	0.8624	0.8906	0.9198	1.0291	1.0628	1.0975	1.1335	1.1706	1.2089
	0.6	0.8085	0.8417	0.8764	0.9124	1.0291	1.0571	1.0858	1.1154	1.1457	1.1769	1.2089
	0.7	0.8085	0.8531	0.9002	1.0291	1.0530	1.0775	1.1026	1.1283	1.1545	1.1814	1.2089
	0.8	0.8085	0.8764	1.0291	1.0500	1.0714	1.0931	1.1154	1.1380	1.1612	1.1848	1.2089
	0.9	0.8085	1.0291	1.0477	1.0666	1.0858	1.1054	1.1254	1.1457	1.1664	1.1875	1.2089
1	1.0291	1.0458	1.0628	1.0800	1.0975	1.1154	1.1335	1.1519	1.1706	1.1896	1.2089	
صندوق سرمایه گذاری ۳	0	0.5705	0.5802	0.5900	0.6000	0.6102	0.6205	0.6310	0.6417	0.6526	0.6636	0.6748
	0.1	0.5705	0.5813	0.5922	0.6034	0.6148	0.6263	0.6381	0.6501	0.6624	0.7337	0.8676
	0.2	0.5705	0.5826	0.5950	0.6076	0.6205	0.6337	0.6471	0.6608	0.7337	0.7978	0.8676
	0.3	0.5705	0.5844	0.5986	0.6131	0.6280	0.6432	0.6588	0.7337	0.7759	0.8204	0.8676
	0.4	0.5705	0.5867	0.6034	0.6205	0.6381	0.6562	0.7337	0.7651	0.7978	0.8320	0.8676
	0.5	0.5705	0.5900	0.6102	0.6310	0.6526	0.7337	0.7587	0.7846	0.8113	0.8390	0.8676
	0.6	0.5705	0.5950	0.6205	0.6471	0.7337	0.7545	0.7759	0.7978	0.8204	0.8437	0.8676
	0.7	0.5705	0.6034	0.6381	0.7337	0.7515	0.7697	0.7883	0.8074	0.8270	0.8470	0.8676
	0.8	0.5705	0.6205	0.7337	0.7493	0.7651	0.7813	0.7978	0.8147	0.8320	0.8496	0.8676
	0.9	0.5705	0.7337	0.7475	0.7616	0.7759	0.7904	0.8053	0.8204	0.8358	0.8516	0.8676
1	0.7337	0.7461	0.7587	0.7715	0.7846	0.7978	0.8113	0.8250	0.8390	0.8531	0.8676	
صندوق سرمایه گذاری ۴	0	0.8087	0.8229	0.8374	0.8521	0.8670	0.8823	0.8977	0.9135	0.9295	0.9456	0.9609
	0.1	0.8087	0.8245	0.8406	0.8570	0.8738	0.8908	0.9082	0.9259	0.9439	1.0409	1.2214
	0.2	0.8087	0.8265	0.8447	0.8633	0.8823	0.9016	0.9214	0.9417	1.0409	1.1274	1.2214
	0.3	0.8087	0.8291	0.8500	0.8714	0.8933	0.9157	0.9388	1.0409	1.0977	1.1579	1.2214
	0.4	0.8087	0.8325	0.8570	0.8823	0.9082	0.9349	1.0409	1.0832	1.1274	1.1735	1.2214
	0.5	0.8087	0.8374	0.8670	0.8977	0.9295	1.0409	1.0746	1.1095	1.1456	1.1829	1.2214
	0.6	0.8087	0.8447	0.8823	0.9214	1.0409	1.0689	1.0977	1.1274	1.1579	1.1892	1.2214
	0.7	0.8087	0.8570	0.9082	1.0409	1.0648	1.0894	1.1146	1.1404	1.1668	1.1938	1.2214
	0.8	0.8087	0.8823	1.0409	1.0618	1.0832	1.1051	1.1274	1.1502	1.1735	1.1972	1.2214
	0.9	0.8087	1.0409	1.0594	1.0784	1.0977	1.1174	1.1375	1.1579	1.1787	1.1999	1.2214
1	1.0409	1.0576	1.0746	1.0919	1.1095	1.1274	1.1456	1.1641	1.1829	1.2020	1.2214	
صندوق سرمایه گذاری ۵	0	0.4628	0.4688	0.4749	0.4811	0.4873	0.4936	0.5000	0.5065	0.5130	0.5196	0.5263
	0.1	0.4628	0.4695	0.4763	0.4831	0.4901	0.4972	0.5043	0.5116	0.5189	0.5619	0.6382
	0.2	0.4628	0.4703	0.4780	0.4857	0.4936	0.5016	0.5097	0.5180	0.5619	0.5989	0.6382
	0.3	0.4628	0.4714	0.4802	0.4891	0.4982	0.5074	0.5168	0.5619	0.5863	0.6117	0.6382
	0.4	0.4628	0.4729	0.4831	0.4936	0.5043	0.5152	0.5619	0.5801	0.5989	0.6182	0.6382
	0.5	0.4628	0.4749	0.4873	0.5000	0.5130	0.5619	0.5764	0.5913	0.6066	0.6222	0.6382
	0.6	0.4628	0.4780	0.4936	0.5097	0.5619	0.5740	0.5863	0.5989	0.6117	0.6248	0.6382
	0.7	0.4628	0.4831	0.5043	0.5619	0.5722	0.5828	0.5935	0.6044	0.6154	0.6267	0.6382
	0.8	0.4628	0.4936	0.5619	0.5709	0.5801	0.5894	0.5989	0.6085	0.6182	0.6281	0.6382
	0.9	0.4628	0.5619	0.5699	0.5781	0.5863	0.5947	0.6031	0.6117	0.6204	0.6293	0.6382
1	0.5619	0.5691	0.5764	0.5838	0.5913	0.5989	0.6066	0.6143	0.6222	0.6301	0.6382	

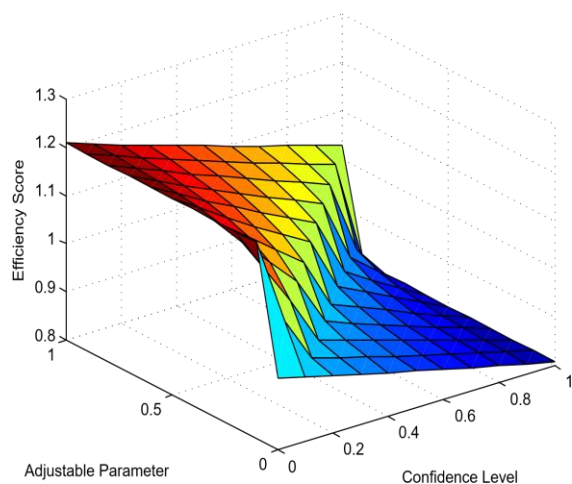
سطوح خوشبینی-بدبینی تصمیم گیرنده

جدول (۴-۲): نتایج حاصل از اجرای رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی – مرحله اول

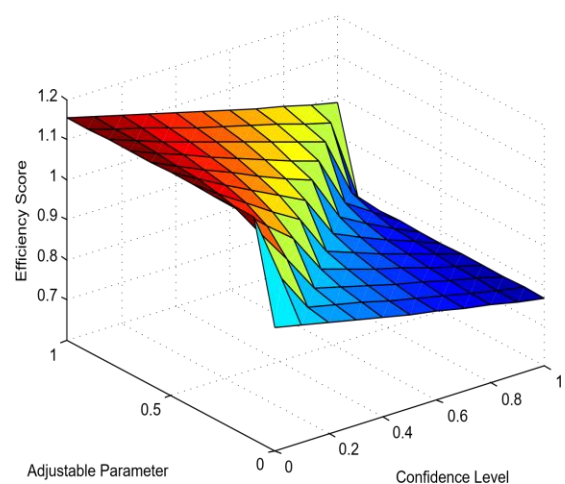
سطوح اطمینان												
		1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
سطوح خوشبینی - بدبینی تصمیم گیرنده	0	0.8184	0.8317	0.8451	0.8588	0.8727	0.8868	0.9012	0.9158	0.9306	0.9456	0.9609
	0.1	0.8184	0.8332	0.8482	0.8634	0.8790	0.8948	0.9109	0.9273	0.9439	1.0407	1.2219
	0.2	0.8184	0.8350	0.8520	0.8692	0.8868	0.9048	0.9231	0.9418	1.0407	1.1276	1.2219
	0.3	0.8184	0.8374	0.8569	0.8767	0.8971	0.9179	0.9392	1.0407	1.0978	1.1582	1.2219
	0.4	0.8184	0.8406	0.8634	0.8868	0.9109	0.9356	1.0407	1.0833	1.1276	1.1738	1.2219
	0.5	0.8184	0.8451	0.8727	0.9012	0.9306	1.0407	1.0746	1.1096	1.1458	1.1832	1.2219
	0.6	0.8184	0.8520	0.8868	0.9231	1.0407	1.0689	1.0978	1.1276	1.1582	1.1896	1.2219
	0.7	0.8184	0.8634	0.9109	1.0407	1.0648	1.0895	1.1147	1.1406	1.1671	1.1942	1.2219
	0.8	0.8184	0.8868	1.0407	1.0618	1.0833	1.1052	1.1276	1.1505	1.1738	1.1976	1.2219
	0.9	0.8184	1.0407	1.0594	1.0784	1.0978	1.1176	1.1377	1.1582	1.1790	1.2003	1.2219
1	1.0407	1.0575	1.0746	1.0920	1.1096	1.1276	1.1458	1.1644	1.1832	1.2024	1.2219	
صندوق سرمایه گذاری ۱	0	0.5126	0.5209	0.5293	0.5379	0.5466	0.5554	0.5644	0.5735	0.5828	0.5922	0.6018
	0.1	0.5126	0.5218	0.5312	0.5408	0.5505	0.5604	0.5705	0.5807	0.5912	0.6521	0.7656
	0.2	0.5126	0.5230	0.5336	0.5444	0.5554	0.5667	0.5782	0.5899	0.6521	0.7066	0.7656
	0.3	0.5126	0.5245	0.5367	0.5491	0.5618	0.5749	0.5882	0.6521	0.6879	0.7257	0.7656
	0.4	0.5126	0.5265	0.5408	0.5554	0.5705	0.5859	0.6521	0.6788	0.7066	0.7355	0.7656
	0.5	0.5126	0.5293	0.5466	0.5644	0.5828	0.6521	0.6734	0.6953	0.7180	0.7414	0.7656
	0.6	0.5126	0.5336	0.5554	0.5782	0.6521	0.6698	0.6879	0.7066	0.7257	0.7454	0.7656
	0.7	0.5126	0.5408	0.5705	0.6521	0.6672	0.6827	0.6985	0.7147	0.7313	0.7482	0.7656
	0.8	0.5126	0.5554	0.6521	0.6653	0.6788	0.6925	0.7066	0.7209	0.7355	0.7504	0.7656
	0.9	0.5126	0.6521	0.6639	0.6758	0.6879	0.7003	0.7129	0.7257	0.7388	0.7520	0.7656
1	0.6521	0.6627	0.6734	0.6843	0.6953	0.7066	0.7180	0.7296	0.7414	0.7534	0.7656	
صندوق سرمایه گذاری ۲	0	0.3629	0.3689	0.3750	0.3812	0.3875	0.3939	0.4004	0.4071	0.4138	0.4206	0.4275
	0.1	0.3629	0.3696	0.3764	0.3833	0.3904	0.3975	0.4048	0.4123	0.4198	0.4641	0.5466
	0.2	0.3629	0.3705	0.3781	0.3860	0.3939	0.4021	0.4104	0.4189	0.4641	0.5036	0.5466
	0.3	0.3629	0.3715	0.3803	0.3894	0.3986	0.4080	0.4177	0.4641	0.4901	0.5176	0.5466
	0.4	0.3629	0.3730	0.3833	0.3939	0.4048	0.4160	0.4641	0.4834	0.5036	0.5247	0.5466
	0.5	0.3629	0.3750	0.3875	0.4004	0.4138	0.4641	0.4795	0.4955	0.5119	0.5290	0.5466
	0.6	0.3629	0.3781	0.3939	0.4104	0.4641	0.4769	0.4901	0.5036	0.5176	0.5319	0.5466
	0.7	0.3629	0.3833	0.4048	0.4641	0.4750	0.4863	0.4978	0.5096	0.5216	0.5340	0.5466
	0.8	0.3629	0.3939	0.4641	0.4736	0.4834	0.4934	0.5036	0.5140	0.5247	0.5355	0.5466
	0.9	0.3629	0.4641	0.4726	0.4812	0.4901	0.4991	0.5082	0.5176	0.5271	0.5368	0.5466
1	0.4641	0.4717	0.4795	0.4874	0.4955	0.5036	0.5119	0.5204	0.5290	0.5377	0.5466	
صندوق سرمایه گذاری ۳	0	0.8239	0.8366	0.8494	0.8625	0.8757	0.8891	0.9028	0.9166	0.9307	0.9455	0.9606
	0.1	0.8239	0.8380	0.8523	0.8669	0.8817	0.8967	0.9120	0.9275	0.9438	1.0423	1.2206
	0.2	0.8239	0.8398	0.8559	0.8724	0.8891	0.9062	0.9236	0.9417	1.0423	1.1272	1.2206
	0.3	0.8239	0.8421	0.8606	0.8795	0.8989	0.9186	0.9390	1.0423	1.0977	1.1575	1.2206
	0.4	0.8239	0.8451	0.8669	0.8891	0.9120	0.9355	1.0423	1.0832	1.1272	1.1729	1.2206
	0.5	0.8239	0.8494	0.8757	0.9028	0.9307	1.0423	1.0746	1.1094	1.1452	1.1823	1.2206
	0.6	0.8239	0.8559	0.8891	0.9236	1.0423	1.0691	1.0977	1.1272	1.1575	1.1886	1.2206
	0.7	0.8239	0.8669	0.9120	1.0423	1.0652	1.0894	1.1144	1.1401	1.1663	1.1931	1.2206
	0.8	0.8239	0.8891	1.0423	1.0623	1.0832	1.1050	1.1272	1.1498	1.1729	1.1965	1.2206
	0.9	0.8239	1.0423	1.0601	1.0784	1.0977	1.1172	1.1372	1.1575	1.1781	1.1992	1.2206
1	1.0423	1.0583	1.0746	1.0919	1.1094	1.1272	1.1452	1.1636	1.1823	1.2013	1.2206	
صندوق سرمایه گذاری ۴	0	0.8184	0.8316	0.8451	0.8587	0.8726	0.8867	0.9010	0.9156	0.9303	0.9453	0.9606
	0.1	0.8184	0.8331	0.8481	0.8633	0.8788	0.8946	0.9107	0.9270	0.9437	1.0440	1.2262
	0.2	0.8184	0.8350	0.8519	0.8691	0.8867	0.9046	0.9229	0.9416	1.0440	1.1314	1.2262
	0.3	0.8184	0.8373	0.8568	0.8766	0.8969	0.9176	0.9389	1.0440	1.1015	1.1621	1.2262
	0.4	0.8184	0.8406	0.8633	0.8867	0.9107	0.9353	1.0440	1.0868	1.1314	1.1778	1.2262
	0.5	0.8184	0.8451	0.8726	0.9010	0.9303	1.0440	1.0781	1.1133	1.1497	1.1873	1.2262
	0.6	0.8184	0.8519	0.8867	0.9229	1.0440	1.0723	1.1015	1.1314	1.1621	1.1937	1.2262
	0.7	0.8184	0.8633	0.9107	1.0440	1.0682	1.0931	1.1185	1.1445	1.1711	1.1983	1.2262
	0.8	0.8184	0.8867	1.0440	1.0652	1.0868	1.1089	1.1314	1.1544	1.1778	1.2018	1.2262
	0.9	0.8184	1.0440	1.0628	1.0820	1.1015	1.1213	1.1415	1.1621	1.1831	1.2045	1.2262
1	1.0440	1.0609	1.0781	1.0956	1.1133	1.1314	1.1497	1.1684	1.1873	1.2066	1.2262	
صندوق سرمایه گذاری ۵	0	0.8184	0.8317	0.8451	0.8588	0.8727	0.8868	0.9012	0.9158	0.9306	0.9456	0.9609
	0.1	0.8184	0.8332	0.8482	0.8634	0.8790	0.8948	0.9109	0.9273	0.9439	1.0407	1.2219
	0.2	0.8184	0.8350	0.8520	0.8692	0.8868	0.9048	0.9231	0.9418	1.0407	1.1276	1.2219
	0.3	0.8184	0.8374	0.8569	0.8767	0.8971	0.9179	0.9392	1.0407	1.0978	1.1582	1.2219
	0.4	0.8184	0.8406	0.8634	0.8868	0.9109	0.9356	1.0407	1.0833	1.1276	1.1738	1.2219
	0.5	0.8184	0.8451	0.8727	0.9012	0.9306	1.0407	1.0746	1.1096	1.1458	1.1832	1.2219
	0.6	0.8184	0.8520	0.8868	0.9231	1.0407	1.0689	1.0978	1.1276	1.1582	1.1896	1.2219
	0.7	0.8184	0.8634	0.9109	1.0407	1.0648	1.0895	1.1147	1.1406	1.1671	1.1942	1.2219
	0.8	0.8184	0.8868	1.0407	1.0618	1.0833	1.1052	1.1276	1.1505	1.1738	1.1976	1.2219
	0.9	0.8184	1.0407	1.0594	1.0784	1.0978	1.1176	1.1377	1.1582	1.1790	1.2003	1.2219
1	1.0407	1.0575	1.0746	1.0920	1.1096	1.1276	1.1458	1.1644	1.1832	1.2024	1.2219	

جدول (۴-۳): نتایج حاصل از اجرای رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی – مرحله دوم

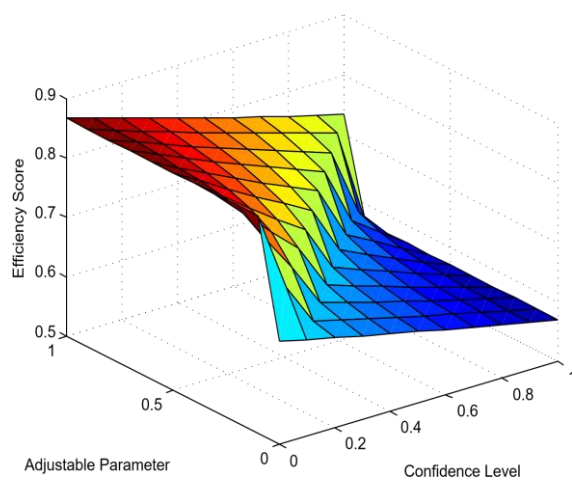
سطوح اطمینان												
	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0	
صندوق سرمایه گذاری ۱	0	0.7075	0.7199	0.7325	0.7454	0.7584	0.7717	0.7851	0.7988	0.8127	0.8269	0.8413
	0.1	0.7075	0.7213	0.7354	0.7497	0.7643	0.7791	0.7942	0.8096	0.8253	0.9172	1.0887
	0.2	0.7075	0.7230	0.7389	0.7551	0.7717	0.7885	0.8057	0.8233	0.9172	0.9994	1.0887
	0.3	0.7075	0.7253	0.7435	0.7622	0.7813	0.8008	0.8208	0.9172	0.9712	1.0283	1.0887
	0.4	0.7075	0.7283	0.7497	0.7717	0.7942	0.8174	0.9172	0.9574	0.9994	1.0431	1.0887
	0.5	0.7075	0.7325	0.7584	0.7851	0.8127	0.9172	0.9493	0.9824	1.0166	1.0521	1.0887
	0.6	0.7075	0.7389	0.7717	0.8057	0.9172	0.9439	0.9712	0.9994	1.0283	1.0581	1.0887
	0.7	0.7075	0.7497	0.7942	0.9172	0.9400	0.9633	0.9872	1.0117	1.0367	1.0624	1.0887
	0.8	0.7075	0.7717	0.9172	0.9371	0.9574	0.9782	0.9994	1.0210	1.0431	1.0656	1.0887
	0.9	0.7075	0.9172	0.9349	0.9529	0.9712	0.9899	1.0089	1.0283	1.0481	1.0682	1.0887
1	0.9172	0.9331	0.9493	0.9657	0.9824	0.9994	1.0166	1.0342	1.0521	1.0702	1.0887	
صندوق سرمایه گذاری ۲	0	0.8159	0.8291	0.8426	0.8562	0.8700	0.8841	0.8984	0.9129	0.9276	0.9426	0.9578
	0.1	0.8159	0.8306	0.8456	0.8608	0.8762	0.8920	0.9080	0.9243	0.9409	1.0373	1.2176
	0.2	0.8159	0.8325	0.8493	0.8665	0.8841	0.9020	0.9202	0.9388	1.0373	1.1238	1.2176
	0.3	0.8159	0.8349	0.8542	0.8740	0.8943	0.9150	0.9362	1.0373	1.0942	1.1542	1.2176
	0.4	0.8159	0.8381	0.8608	0.8841	0.9080	0.9326	1.0373	1.0796	1.1238	1.1697	1.2176
	0.5	0.8159	0.8426	0.8700	0.8984	0.9276	1.0373	1.0710	1.1059	1.1419	1.1792	1.2176
	0.6	0.8159	0.8493	0.8841	0.9202	1.0373	1.0653	1.0942	1.1238	1.1542	1.1855	1.2176
	0.7	0.8159	0.8608	0.9080	1.0373	1.0613	1.0858	1.1110	1.1367	1.1631	1.1900	1.2176
	0.8	0.8159	0.8841	1.0373	1.0582	1.0796	1.1015	1.1238	1.1465	1.1697	1.1934	1.2176
	0.9	0.8159	1.0373	1.0559	1.0749	1.0942	1.1138	1.1338	1.1542	1.1750	1.1961	1.2176
1	1.0373	1.0540	1.0710	1.0883	1.1059	1.1238	1.1419	1.1604	1.1792	1.1982	1.2176	
صندوق سرمایه گذاری ۳	0	0.6268	0.6370	0.6475	0.6581	0.6688	0.6798	0.6909	0.7022	0.7137	0.7253	0.7372
	0.1	0.6268	0.6382	0.6498	0.6616	0.6737	0.6859	0.6984	0.7111	0.7240	0.7993	0.9402
	0.2	0.6268	0.6396	0.6527	0.6661	0.6798	0.6937	0.7079	0.7224	0.7993	0.8668	0.9402
	0.3	0.6268	0.6415	0.6565	0.6719	0.6877	0.7038	0.7203	0.7993	0.8437	0.8906	0.9402
	0.4	0.6268	0.6440	0.6616	0.6798	0.6984	0.7175	0.7993	0.8324	0.8668	0.9028	0.9402
	0.5	0.6268	0.6475	0.6688	0.6909	0.7137	0.7993	0.8256	0.8529	0.8810	0.9101	0.9402
	0.6	0.6268	0.6527	0.6798	0.7079	0.7993	0.8212	0.8437	0.8668	0.8906	0.9151	0.9402
	0.7	0.6268	0.6616	0.6984	0.7993	0.8180	0.8372	0.8568	0.8769	0.8975	0.9186	0.9402
	0.8	0.6268	0.6798	0.7993	0.8156	0.8324	0.8494	0.8668	0.8846	0.9028	0.9213	0.9402
	0.9	0.6268	0.7993	0.8138	0.8286	0.8437	0.8590	0.8747	0.8906	0.9068	0.9234	0.9402
1	0.7993	0.8123	0.8256	0.8391	0.8529	0.8668	0.8810	0.8955	0.9101	0.9250	0.9402	
صندوق سرمایه گذاری ۴	0	0.8052	0.8198	0.8347	0.8498	0.8652	0.8808	0.8967	0.9128	0.9292	0.9457	0.9609
	0.1	0.8052	0.8215	0.8380	0.8549	0.8721	0.8896	0.9074	0.9256	0.9440	1.0406	1.2216
	0.2	0.8052	0.8235	0.8422	0.8613	0.8808	0.9007	0.9210	0.9417	1.0406	1.1275	1.2216
	0.3	0.8052	0.8262	0.8476	0.8696	0.8921	0.9152	0.9387	1.0406	1.0977	1.1580	1.2216
	0.4	0.8052	0.8297	0.8549	0.8808	0.9074	0.9348	1.0406	1.0832	1.1275	1.1736	1.2216
	0.5	0.8052	0.8347	0.8652	0.8967	0.9292	1.0406	1.0745	1.1095	1.1457	1.1830	1.2216
	0.6	0.8052	0.8422	0.8808	0.9210	1.0406	1.0688	1.0977	1.1275	1.1580	1.1893	1.2216
	0.7	0.8052	0.8549	0.9074	1.0406	1.0647	1.0894	1.1146	1.1404	1.1669	1.1939	1.2216
	0.8	0.8052	0.8808	1.0406	1.0617	1.0832	1.1051	1.1275	1.1503	1.1736	1.1973	1.2216
	0.9	0.8052	1.0406	1.0593	1.0784	1.0977	1.1175	1.1375	1.1580	1.1788	1.2000	1.2216
1	1.0406	1.0574	1.0745	1.0919	1.1095	1.1275	1.1457	1.1642	1.1830	1.2021	1.2216	
صندوق سرمایه گذاری ۵	0	0.0798	0.0811	0.0825	0.0838	0.0852	0.0866	0.0880	0.0894	0.0908	0.0923	0.0938
	0.1	0.0798	0.0813	0.0828	0.0843	0.0858	0.0873	0.0889	0.0905	0.0922	0.1017	0.1195
	0.2	0.0798	0.0815	0.0831	0.0848	0.0866	0.0883	0.0901	0.0919	0.1017	0.1102	0.1195
	0.3	0.0798	0.0817	0.0836	0.0856	0.0876	0.0896	0.0917	0.1017	0.1073	0.1132	0.1195
	0.4	0.0798	0.0820	0.0843	0.0866	0.0889	0.0913	0.1017	0.1059	0.1102	0.1147	0.1195
	0.5	0.0798	0.0825	0.0852	0.0880	0.0908	0.1017	0.1050	0.1085	0.1120	0.1157	0.1195
	0.6	0.0798	0.0831	0.0866	0.0901	0.1017	0.1044	0.1073	0.1102	0.1132	0.1163	0.1195
	0.7	0.0798	0.0843	0.0889	0.1017	0.1041	0.1065	0.1090	0.1115	0.1141	0.1167	0.1195
	0.8	0.0798	0.0866	0.1017	0.1038	0.1059	0.1080	0.1102	0.1125	0.1147	0.1171	0.1195
	0.9	0.0798	0.1017	0.1035	0.1054	0.1073	0.1092	0.1112	0.1132	0.1153	0.1173	0.1195
1	0.1017	0.1033	0.1050	0.1067	0.1085	0.1102	0.1120	0.1138	0.1157	0.1176	0.1195	



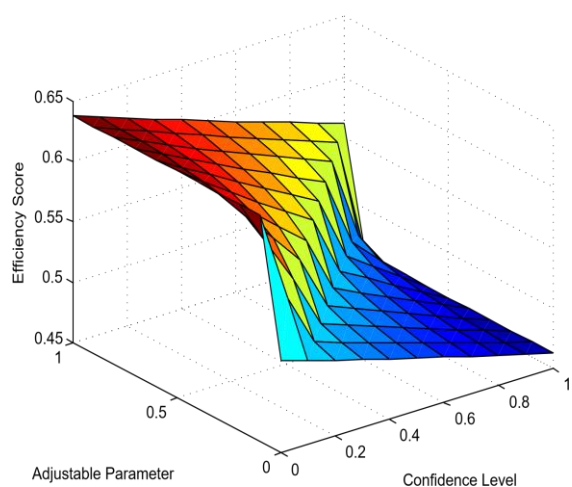
صندوق سرمایه گذاری ۲ (حجم: ۱,۰۰۰۹ - رتبه: ۲)



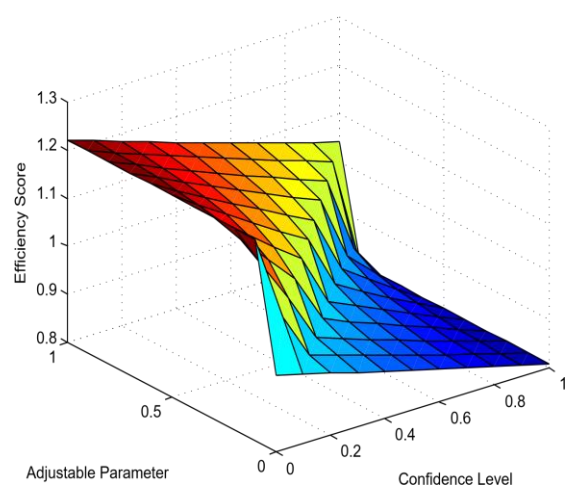
صندوق سرمایه گذاری ۱ (حجم: ۰,۹۵۴۴ - رتبه: ۳)



صندوق سرمایه گذاری ۳ (حجم: ۰,۷۱۳۰ - رتبه: ۴)

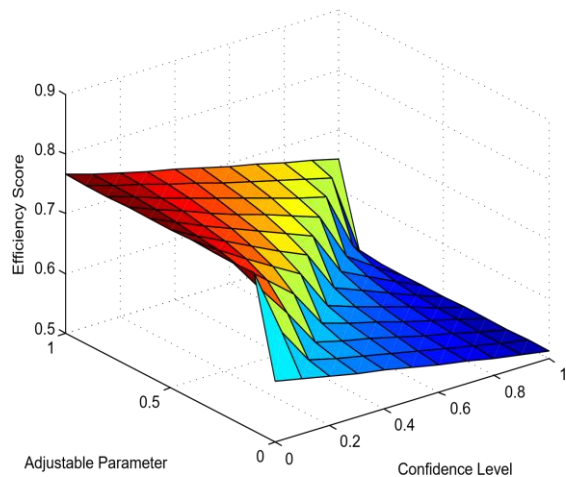


صندوق سرمایه گذاری ۵ (حجم: ۰,۵۴۸۳ - رتبه: ۵)

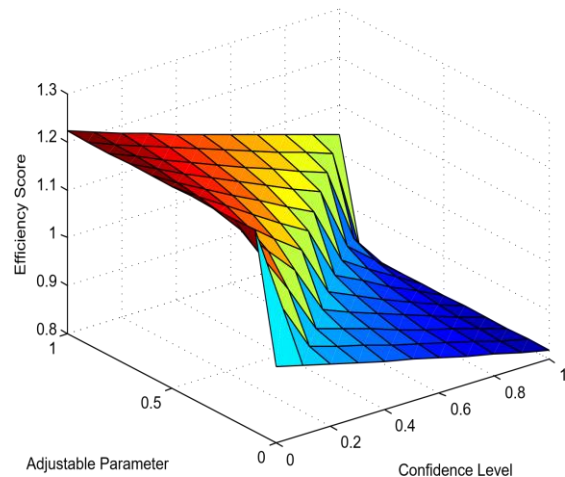


صندوق سرمایه گذاری ۴ (حجم: ۱,۰۰۹۷ - رتبه: ۱)

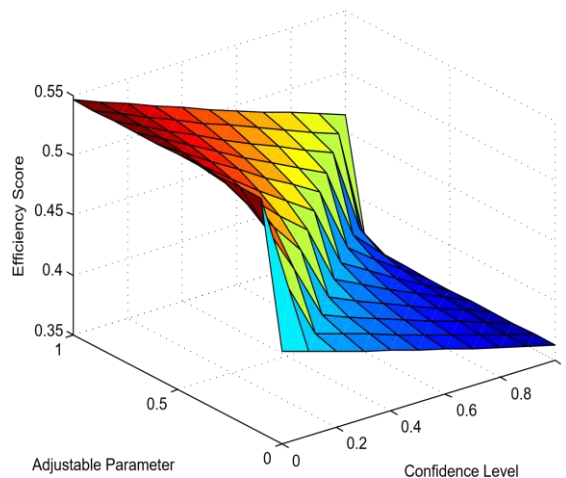
شکل (۲-۴): نمایش رویه، حجم و رتبه کارایی کل صندوق های سرمایه گذاری



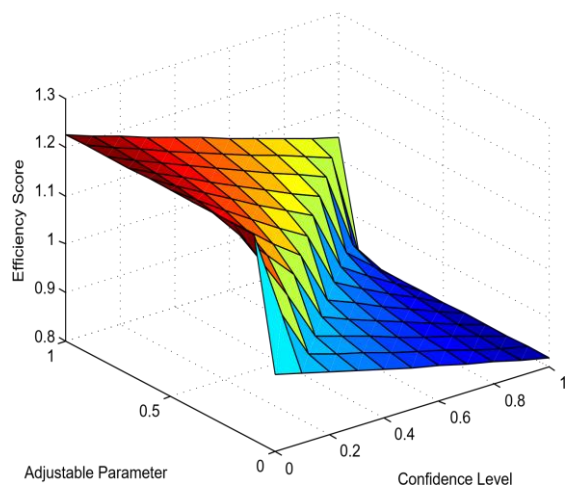
صندوق سرمایه گذاری ۱ (حجم: ۶۳۴۲ - رتبه: ۴)



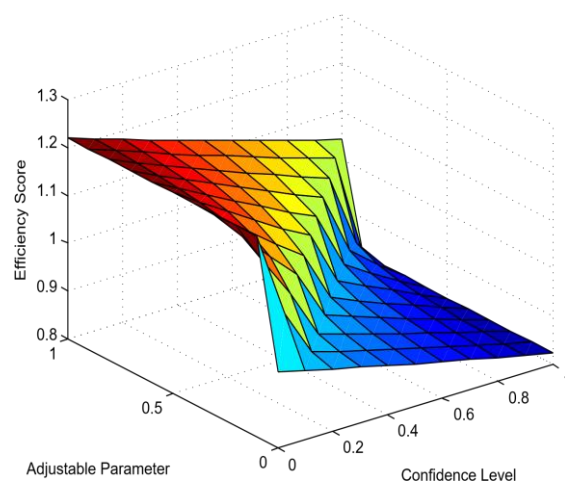
صندوق سرمایه گذاری ۱ (حجم: ۱۰۱۳۳ - رتبه: ۳)



صندوق سرمایه گذاری ۳ (حجم: ۴۵۱۱ - رتبه: ۵)

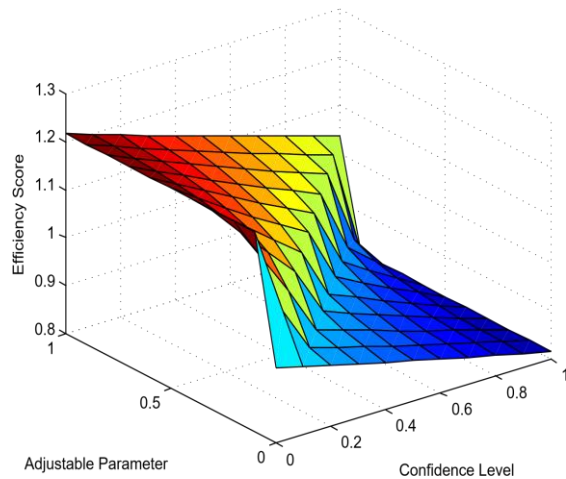


صندوق سرمایه گذاری ۵ (حجم: ۱۰۱۴۳ - رتبه: ۱)

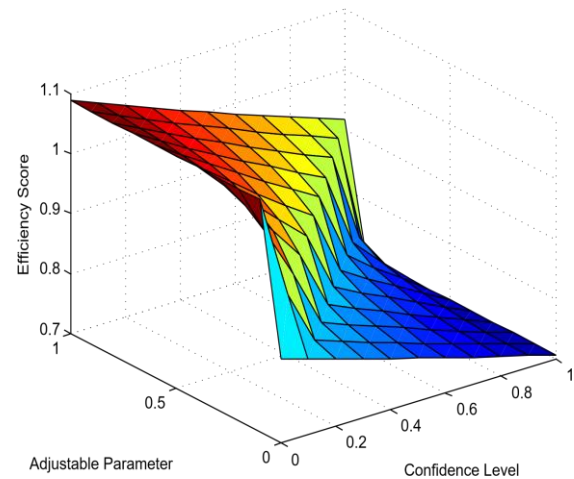


صندوق سرمایه گذاری ۴ (حجم: ۱۰۱۳۵ - رتبه: ۲)

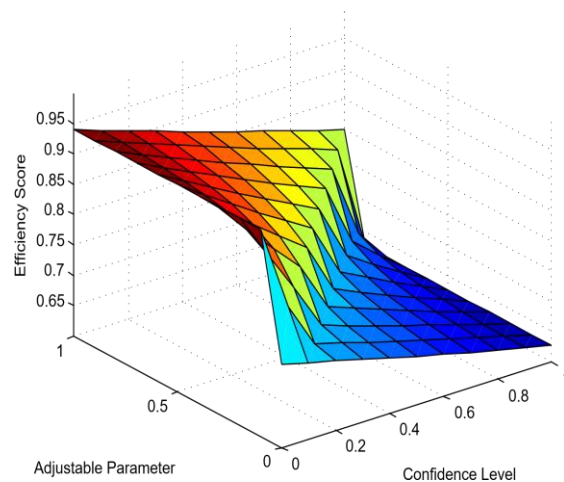
شکل (۳-۴): نمایش رویه، حجم و رتبه کارایی مرحله اول صندوق های سرمایه گذاری



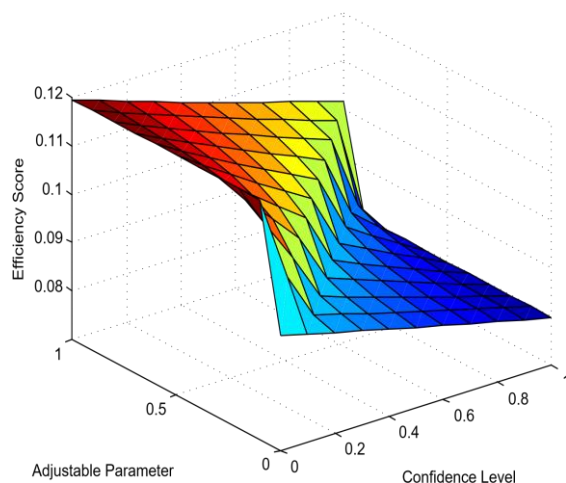
صندوق سرمایه گذاری ۲ (حجم: ۱,۰۰۹۰ - رتبه: ۱)



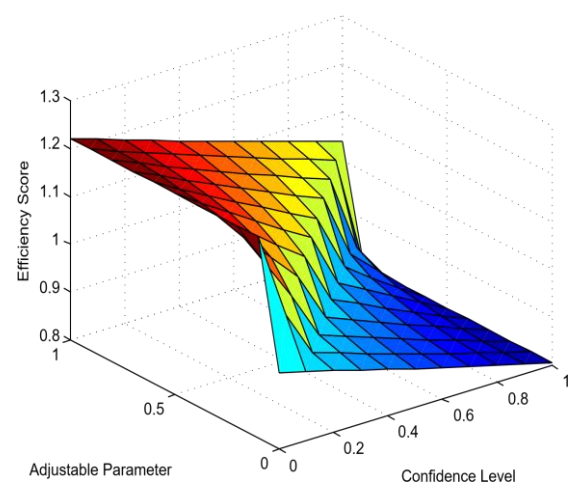
صندوق سرمایه گذاری ۱ (حجم: ۰,۸۹۰۴ - رتبه: ۳)



صندوق سرمایه گذاری ۳ (حجم: ۰,۷۷۷۳ - رتبه: ۴)



صندوق سرمایه گذاری ۵ (حجم: ۰,۰۹۸۹ - رتبه: ۵)



صندوق سرمایه گذاری ۴ (حجم: ۱,۰۰۸۹ - رتبه: ۲)

شکل (۴-۴): نمایش رویه، حجم و رتبه کارایی مرحله دوم صندوق های سرمایه گذاری

توجه به این نکته ضروری است که در محاسبه کارایی صندوق های سرمایه گذاری، فرض بر اولویت مرحله اول یعنی مدیریت عملیاتی نسبت به مرحله دوم یعنی مدیریت سبد سرمایه گذاری بوده است. همان طور که در **جدول (۱-۴) الی (۳-۴)** ملاحظه می شود، با افزایش پارامتر خوشبینی و بدبینی از ۰ به ۱، دیدگاه تصمیم گیرنده از حالت بدبینانه به سمت خوشبینانه تغییر می نماید. هم چنین به ازای یک پارامتر خوشبینی و بدبینی یکسان، مقادیر کارایی با افزایش سطح اطمینان کاهش می یابد. علاوه بر این همان طور که انتظار می رفت بدترین مقدار کارایی واحد ها تحت حالت $(\alpha, \beta) = (1, 0)$ و بهترین مقدار کارایی آنها تحت حالت $(\alpha, \beta) = (0, 1)$ حاصل شده است. هم چنین، با توجه به رتبه بندی حاصله بر اساس الگوریتم رتبه بندی پیشنهادی پژوهش و نتایج نهایی ارائه شده در **جدول (۴-۴)**، صندوق های سرمایه گذاری ۴، ۵ و ۲ به ترتیب دارای بهترین عملکرد از لحاظ کل، مرحله اول و مرحله دوم می باشند و می توانند به عنوان الگو برای سایر صندوق ها در نظر گرفته شوند.

جدول (۴-۴): نتایج و رتبه بندی صندوق ها تحت شرایط عدم قطعیت فازی (رویکرد پیشنهادی)

صندوق سرمایه گذاری		مدیریت سبد سرمایه گذاری		مدیریت عملیات		صندوق سرمایه گذاری
رتبه	معیار	رتبه	معیار	رتبه	معیار	ص.س.
3	0.9544	3	0.8904	3	1.0123	۱. ص.س.
2	1.0009	1	1.0090	4	0.6342	۲. ص.س.
4	0.7130	4	0.7773	5	0.4511	۳. ص.س.
1	1.0097	2	1.0089	2	1.0135	۴. ص.س.
5	0.5483	5	0.0989	1	1.0143	۵. ص.س.

اکنون پس از پیاده سازی و تحلیل حساسیت نتایج تحت حالات مختلف پارامتر خوشبینی-بدبینی و سطوح اطمینان، به اعتبار سنجی نتایج پرداخته می شود. بدین منظور نتایج حاصل از رویکرد پیشنهادی تحقیق با نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای کلاسیک تحت مقادیر انتظاری و اسمی داده ها مقایسه می گردد که نتایج و رتبه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت شرایط مذکور، در قالب **جدول (۴-۵)** ارائه شده است:

جدول (۴-۵): نتایج و رتبه بندی صندوق ها تحت مقادیر انتظاری و اسمی داده ها (رویکرد کلاسیک)

صندوق سرمایه گذاری		مدیریت سبد سرمایه گذاری		مدیریت عملیات		صندوق سرمایه گذاری
رتبه	کارایی	رتبه	کارایی	رتبه	کارایی	
3	0.9423	3	0.8782	1	1.0000	ص.س. ۱
2	0.9886	2	0.9967	4	0.6265	ص.س. ۲
4	0.7037	4	0.7676	5	0.4454	ص.س. ۳
1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	ص.س. ۴
5	0.5435	5	0.0977	1	1.0000	ص.س. ۵

همان طور که در **جداول (۴-۴) الی (۴-۵)** ملاحظه می شود، رتبه های کل در هر دو حالت با یکدیگر یکسان است که این نکته بیانگر صحت و اعتبار قابل قبول نتایج حاصل از رویکرد پیشنهادی پژوهش می باشد. هم چنین توجه به این نکته ضروری است که رویکرد پیشنهادی پژوهش بر خلاف رویکرد کلاسیک موجود در ادبیات، توانایی رتبه بندی کامل تمامی صندوق ها را دارا می باشد. به عبارت دیگر، رویکرد پیشنهادی تحقیق از قدرت تفکیک پذیری بالایی برخوردار است. به طور کلی بررسی نتایج محاسباتی این بخش، نشان دهنده توانمندی و کارآمدی رویکرد پیشنهادی پژوهش در ارزیابی عملکرد و رتبه بندی صندوق های سرمایه گذاری تحت شرایط ابهام و حتی متغیر های کلامی می باشد.

۴-۷ جمع بندی

در این فصل یک رویکرد نوین تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای فازی به همراه یک الگوریتم رتبه بندی کامل در راستای ارزیابی عملکرد و رتبه بندی بنگاه های سرمایه گذاری تحت شرایط عدم قطعیت فازی و کلامی داده ها ارائه گردید. لازم به ذکر است که برخی از مهم ترین مزایای رویکرد پیشنهادی ارائه شده در این فصل عبارتند از:

- در نظر گرفتن دیدگاه مورد نظر تصمیم گیرنده از بدبینانه ترین تا خوشبینانه ترین حالت
- تغییر و تنظیم دیدگاه خوشبینی و بدبینی تصمیم گیرنده تنها با تغییر یک پارامتر
- ارزیابی عملکرد صندوق ها تحت هر یک از حالات ارجحیت مراحل عملیات و سرمایه گذاری
- رتبه بندی کامل صندوق ها تحت شرایط ابهام و عدم قطعیت فازی
- امکان پیاده سازی در حضور داده های مالی با عدم قطعیت فازی و متغیرهای کلامی
- خطی بودن رویکرد پیشنهادی و سهولت در حل و اجرا
- تجزیه منحصر به فرد کارایی تحت محیط فازی

فصل پنجم:

**ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری
تحت داده های دوره ای**

۵-۱ مقدمه

در این فصل به ارائه رویکرد نوین تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای با هدف ارزیابی عملکرد و رتبه بندی صندوق های سرمایه گذاری در خلال دوره های زمانی مختلف و تحت داده های دوره ای پرداخته می شود. در نهایت نیز همانند فصول پیشین، چگونگی اجرا و پیاده سازی رویکرد پیشنهادی پژوهش، با استفاده از داده های واقعی بازار مالی ایران نشان داده می شود.

۵-۲ رویکرد NDEA دو مرحله ای جمعی تحت بازده به مقیاس متغیر

همان طور که در فصل پیش ملاحظه گردید، نحوه مدل سازی رویکرد رابطه ای جمعی تحت بازده به مقیاس ثابت مورد بررسی قرار گرفت. اکنون در این بخش، چگونگی مدل سازی و توسعه رویکرد رابطه ای جمعی تحت بازده به مقیاس متغیر، ارائه می گردد. به رسم تمامی مدل سازی های پیشین، با در نظر گرفتن ساختار دو مرحله ای جامع نمایش داده شده در **شکل (۲-۴)** و نماد گذاری معرفی شده در **فصل (۲)**، کارایی مراحل اول و دوم واحد تحت بررسی با فرض بازده به مقیاس متغیر به ترتیب از **مدل های (۵-۱)** و **(۵-۲)** قابل محاسبه می باشند:

$$\Psi_p^{S1} = \text{Max} \frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \varpi_p^{S1}}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i} \quad (5-1)$$

$$\text{S.t.} \quad \frac{\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \varpi_p^{S1}}{\sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d \geq 0, \quad \forall i, k, d$$

^۱Window Network Data Envelopment Analysis (WNDEA)

$$\Psi_p^{S2} = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r + \varpi_p^{S2}}{\sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h} \quad (2-5)$$

$$\text{S.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r + \varpi_p^{S2}}{\sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall d, h, r$$

اکنون با توجه به رویکرد پیشنهادی **چن و همکاران (۲۰۰۹)** به منظور محاسبه کارایی کل واحد تحت بررسی در قالب رابطه جمعی $\Psi_p^O = \xi^{S1} (\Psi_p^{S1}) + \xi^{S2} (\Psi_p^{S2})$ و جایگذاری کارایی هر یک از مراحل اول و دوم در این رابطه، **فرمول (۳-۵)** به صورت زیر حاصل می گردد:

$$\Psi_p^O = \xi^{S1} \left(\frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \varpi_p^{S1}}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i} \right) + \xi^{S2} \left(\frac{\sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r + \varpi_p^{S2}}{\sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h} \right) \quad (3-5)$$

به منظور امکان خطی سازی مدل نهایی و با توجه به روش پیشنهادی **چن و همکاران (۲۰۰۹)**، اوزان ξ^{S1} و ξ^{S2} در قالب **روابط (۴-۵) و (۵-۵)** به صورت زیر در نظر گرفته می شوند:

$$\xi^{S1} = \frac{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d} \quad (4-5)$$

$$\xi^{S2} = \frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d} \quad (5-5)$$

در نهایت با بهره گیری از روابط (۴-۵) و (۵-۵)، مدل کسری تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای جمعی

تحت بازده به مقیاس متغیر به صورت مدل (۶-۵) حاصل می شود:

$$\Psi_p^O = \text{Max} \frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r + \varpi_p^{S1} + \varpi_p^{S2}}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h} \quad (۶-۵)$$

$$\text{S.t.} \quad \frac{\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \varpi_p^{S1}}{\sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\frac{\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r + \varpi_p^{S2}}{\sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h} \leq 1, \quad \forall j$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

سپس در صورت خطی سازی مدل (۶-۵) با استفاده تبدیلات چارنز و کوپر (۱۹۶۲) تحت ماهیت ورودی

محور، مدل (۷-۵) به صورت زیر حاصل می گردد:

$$\Psi_p^O = \text{Max} \quad \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r + \varpi_p^{S1} + \varpi_p^{S2} \quad (۷-۵)$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h = 1$$

$$\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i + \varpi_p^{S1} \leq 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r - \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h + \varpi_p^{S2} \leq 0, \quad \forall j$$

$$\tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r$$

همانند فصل پیشین و به منظور تجزیه کارایی به صورت یکتا و منحصر به فرد، با ثابت نگه داشتن اندازه کارایی کل حاصله از مدل (۷-۵)، اگر اندازه کارایی مرحله اول برای تصمیم گیرنده ارجحیت بیشتری داشته باشد، آن گاه مدل (۸-۵) به صورت زیر فرموله می شود:

$$\begin{aligned}
 \Psi_p^{S1} = \text{Max} \quad & \frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \varpi_p^{S1}}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i} \quad (8-5) \\
 \text{S.t.} \quad & \frac{\sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \varpi_p^{S1}}{\sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i} \leq 1, \quad \forall j \\
 & \frac{\sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r + \varpi_p^{S2}}{\sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h} \leq 1, \quad \forall j \\
 & \frac{\sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r + \varpi_p^{S1} + \varpi_p^{S2}}{\sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h} = \Psi_p^{O*} \\
 & \tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r
 \end{aligned}$$

با بهره گیری از تبدیلات چارنز و کوپر (۱۹۶۲)، معادل خطی مدل (۸-۵) به صورت مدل (۹-۵) می باشد:

$$\begin{aligned}
 \Psi_p^{S1} = \text{Max} \quad & \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \varpi_p^{S1} \quad (9-5) \\
 \text{S.t.} \quad & \sum_{i=1}^I x_{ip} \tau_i = 1 \\
 & \sum_{k=1}^K f_{kj} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ij} \tau_i + \varpi_p^{S1} \leq 0, \quad \forall j \\
 & \sum_{r=1}^R y_{rj} \mu_r - \sum_{d=1}^D z_{dj} \gamma_d - \sum_{h=1}^H g_{hj} \pi_h + \varpi_p^{S2} \leq 0, \quad \forall j \\
 & \sum_{k=1}^K f_{kp} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{r=1}^R y_{rp} \mu_r - \Psi_p^{O*} \left(\sum_{d=1}^D z_{dp} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hp} \pi_h \right) + \varpi_p^{S1} + \varpi_p^{S2} = \Psi_p^{O*} \\
 & \tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r
 \end{aligned}$$

و در نهایت پس از محاسبه مقادیر کارایی کل و مرحله اول، مقدار کارایی مرحله دوم با بهره گیری از [رابطه \(۵-۱۰\)](#) محاسبه می گردد:

$$\Psi_p^{S2*} = \frac{\Psi_p^{O*} - \xi^{S1*} * \Psi_p^{S1*}}{\xi^{S2*}} \quad (۵-۱۰)$$

لازم به ذکر مجدد است که اگر اندازه کارایی مرحله دوم از ارجحیت بیشتری برای تصمیم گیرنده و مدیر برخوردار باشد، می توان به همین طریق اقدام به تجزیه کارایی نمود. بدین صورت که ابتدا با ثابت نگه داشتن اندازه کارایی کل حاصله از [مدل \(۵-۷\)](#)، اندازه کارایی مرحله دوم ماکزیمم می گردد و سپس کارایی مرحله اول محاسبه می شود.

۵-۳ مدل سازی رویکرد تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای پنجره ای

در مدل های کلاسیک تحلیل پوششی داده ها، از داده های مقطعی به منظور ارزیابی عملکرد واحد های تصمیم گیرنده استفاده می شود. در واقع اندازه گیری کارایی واحد ها فقط در یک زمان مشخص صورت می پذیرد و اثر تغییرت زمان در نظر گرفته نمی شود. با توجه به اینکه داده های مقطعی نگاهی گذرا از وضعیت کارایی واحد ها ارائه می دهند، استفاده از داده های پنل بر داده های مقطعی ارجحیت دارد و می تواند منجر به نتایج قابل اتکاتری گردد. علت این برتری آن است که علاوه بر امکان مقایسه یک واحد تصمیم گیرنده با واحدهای دیگر، می توان چگونگی تغییرات کارایی یک واحد مورد نظر را در طول زمان و یک بازه زمانی مشخص نیز ارزیابی نمود. رویکرد تحلیل پنجره ای اولین بار توسط [چارنز و همکاران \(۱۹۸۵\)](#) به منظور محاسبه کارایی در حضور داده های پنل ارائه گردید. لازم به توضیح است که روش تحلیل پوششی داده های پنجره ای بر اساس میاتگین متحرک عمل می نماید و به منظور تحلیل روند عملکرد یک واحد در طول زمان، ابزاری کارآمد می باشد. در این روش، هر واحد تصمیم گیرنده در هر یک از دوره های زمانی متفاوت، به عنوان یک واحد مستقل در نظر گرفته می شود.

اکنون به منظور ارائه رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای، فرض کنید اطلاعات مربوط به تمامی واحدهای تصمیم گیرنده به جای یک دوره زمانی در t دوره زمانی ($t=1,2,...,T$) موجود باشد. در این صورت با در نظر گرفتن پنجره qw که نشان دهنده پنجره ای است که از زمان q ($1 \leq q \leq T$) شروع می گردد و دارای عرض w ($1 \leq w \leq T-q$) می باشد، مدل تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای پنجره ای به منظور محاسبه کارایی کل واحد تحت بررسی در پنجره مورد نظر qw به صورت **مدل (۵-۱۱)** ارائه می گردد:

$$\begin{aligned} \Psi_{pqw}^O = \text{Max} \quad & \sum_{k=1}^K f_{kpqw} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dpqw} \gamma_d + \sum_{r=1}^R y_{rpqw} \mu_r + \varpi_{pqw}^{S1} + \varpi_{pqw}^{S2} \\ \text{S.t.} \quad & \sum_{i=1}^I x_{ipqw} \tau_i + \sum_{d=1}^D z_{dpqw} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hpqw} \pi_h = 1 \\ & \sum_{k=1}^K f_{kjt} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{djt} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ijt} \tau_i + \varpi_{pqw}^{S1} \leq 0, \quad \forall j, t \in \Lambda_{qw} \\ & \sum_{r=1}^R y_{rjt} \mu_r - \sum_{d=1}^D z_{djt} \gamma_d - \sum_{h=1}^H g_{hjt} \pi_h + \varpi_{pqw}^{S2} \leq 0, \quad \forall j, t \in \Lambda_{qw} \\ & \tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r \end{aligned} \quad (۵-۱۱)$$

هم چنین با فرض اهمیت بیشتر مرحله اول، مقدار کارایی مرحله اول واحد تحت بررسی در پنجره مورد نظر qw از **مدل (۵-۱۲)** به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$\begin{aligned} \Psi_{pqw}^{S1} = \text{Max} \quad & \sum_{k=1}^K f_{kpqw} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dpqw} \gamma_d + \varpi_{pqw}^{S1} \\ \text{S.t.} \quad & \sum_{i=1}^I x_{ipqw} \tau_i = 1 \\ & \sum_{k=1}^K f_{kjt} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{djt} \gamma_d - \sum_{i=1}^I x_{ijt} \tau_i + \varpi_{pqw}^{S1} \leq 0, \quad \forall j, t \in \Lambda_{qw} \\ & \sum_{r=1}^R y_{rjt} \mu_r - \sum_{d=1}^D z_{djt} \gamma_d - \sum_{h=1}^H g_{hjt} \pi_h + \varpi_{pqw}^{S2} \leq 0, \quad \forall j, t \in \Lambda_{qw} \\ & \sum_{k=1}^K f_{kpqw} \omega_k + \sum_{d=1}^D z_{dpqw} \gamma_d + \sum_{r=1}^R y_{rpqw} \mu_r - \Psi_{pqw}^{O*} \left(\sum_{d=1}^D z_{dpqw} \gamma_d + \sum_{h=1}^H g_{hpqw} \pi_h \right) \\ & \quad + \varpi_{pqw}^{S1} + \varpi_{pqw}^{S2} = \Psi_{pqw}^{O*} \\ & \tau_i, \omega_k, \gamma_d, \pi_h, \mu_r \geq 0, \quad \forall i, k, d, h, r \end{aligned} \quad (۵-۱۲)$$

در نهایت نیز پس از محاسبه مقادیر کارایی کل و مرحله اول، مقدار کارایی مرحله دوم واحد تحت بررسی در پنجره مورد نظر qw با بهره گیری از رابطه (۵-۱۳) محاسبه می شود:

$$\Psi_{pqw}^{S2*} = \frac{\Psi_{pqw}^{O*} - \xi^{S1*} * \Psi_{pqw}^{S1*}}{\xi^{S2*}} \quad (۵-۱۳)$$

لازم به توضیح است که در مدل های (۵-۱۱) و (۵-۱۲)، نشان دهنده مجموعه واحد های تصمیم گیرنده موجود در پنجره qw می باشد و رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای تحت فرض بازده به مقیاس متغیر ارائه شده است. هم چنین در صورت اهمیت بیشتر مرحله دوم نسبت به مرحله اول، می توان رویکرد مذکور را به طریق مشابه بر اساس نظر مدیر و تصمیم گیرنده ارائه نمود. توجه به این نکته ضروری است که با استفاده از رویکرد تحلیل پنجره ای، تعداد واحد های تصمیم گیرنده به میزان قابل توجهی افزایش می یابند و این موضوع منجر به افزایش قدرت تفکیک پذیری رویکرد تحلیل پوششی داده ها می گردد.

۵-۴ پیاده سازی رویکرد WNDEA و نتایج محاسباتی

اکنون در این بخش به پیاده سازی رویکرد پیشنهادی تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای با استفاده از داده های واقعی بازار مالی ایران به منظور محاسبه کارایی شرکت های سرمایه گذاری در خلال زمان و بررسی تغییرات و روند عملکردی آنها پرداخته می شود. بدین منظور داده های ۵ دوره زمانی مختلف در قالب سال های ۱۳۹۲ الی ۱۳۹۶ برای ۵ شرکت سرمایه گذاری فعال در بازار مالی ایران استخراج شده است. هم چنین لازم به توضیح است که عرض پنجره و تعداد پنجره ها به ترتیب برابر با ۲ و ۴ در نظر گرفته شده اند. با توجه به توضیحات مذکور، نتایج حاصل از ارزیابی کل سیستم (شرکت سرمایه گذاری)، مرحله اول (مدیریت عملیات) و مرحله دوم (مدیریت سبد سرمایه گذاری) تحت بازده به مقیاس متغیر و فرض اهمیت بیشتر مرحله اول، به ترتیب در **جداول (۵-۱) الی (۵-۳)** آورده شده است:

جدول (۵-۱): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای – کل سیستم

میانگین	2017	2016	2015	2014	2013	پنجره ها	صندوق سرمایه گذاری
1				1	1	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۱
1			1	1		پنجره ۲	
1		1	1			پنجره ۳	
1	1	1				پنجره ۴	
1	1	1	1	1	1	میانگین	
1				1	1	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۲
1			1	1		پنجره ۲	
1		1	1			پنجره ۳	
0.99645	0.99290	1				پنجره ۴	
0.99858	0.99290	1	1	1	1	میانگین	
0.91807				0.83923	0.99690	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۳
0.91402			1	0.82803		پنجره ۲	
0.79798		0.59596	1			پنجره ۳	
0.71923	0.75637	0.68208				پنجره ۴	
0.84518	0.75637	0.63902	1	0.83363	0.99690	میانگین	
1				1	1	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۴
0.85647			0.71294	1		پنجره ۲	
0.57725		0.50507	0.64944			پنجره ۳	
0.59205	0.59205	0.59205				پنجره ۴	
0.76436	0.59205	0.54856	0.68119	1	1	میانگین	
1				1	1	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۵
0.92314			0.84627	1		پنجره ۲	
0.87558		0.87877	0.87239			پنجره ۳	
0.91871	1	0.83742				پنجره ۴	
0.94348	1	0.85809	0.85933	1	1	میانگین	

جدول (۵-۲): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای – مرحله اول

میانگین	2017	2016	2015	2014	2013	پنجره ها	صندوق سرمایه گذاری
1				1	1	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۱
1			1	1		پنجره ۲	
1		1	1			پنجره ۳	
1	1	1				پنجره ۴	
1	1	1	1	1	1	میانگین	
1				1	1	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۲
1			1	1		پنجره ۲	
1		1	1			پنجره ۳	
0.99645	0.99290	1				پنجره ۴	
0.99858	0.99290	1	1	1	1	میانگین	
0.99014				0.98337	0.99690	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۳
1			1	1		پنجره ۲	
0.79798		0.59596	1			پنجره ۳	
0.84917	0.75637	0.94198				پنجره ۴	
0.90278	0.75637	0.76897	1.00000	0.99168	0.99690	میانگین	
1				1	1	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۴
0.85647			0.71294	1		پنجره ۲	
0.62702		0.50507	0.74897			پنجره ۳	
0.86928	0.86928	0.86928				پنجره ۴	
0.85748	0.86928	0.68717	0.73096	1	1	میانگین	
1				1	1	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۵
1			1	1		پنجره ۲	
0.87558		0.87877	0.87239			پنجره ۳	
1.00000	1	1.00000				پنجره ۴	
0.97512	1	0.93938	0.93619	1	1	میانگین	

جدول (۵-۳): نتایج رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای – مرحله دوم

میانگین	2017	2016	2015	2014	2013	پنجره ها	صندوق سرمایه گذاری
1				1	1	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۱
1			1	1		پنجره ۲	
1		1	1			پنجره ۳	
1	1	1				پنجره ۴	
1	1	1	1	1	1	میانگین	
1				1	1	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۲
1			1	1		پنجره ۲	
0.82395		0.64790	1			پنجره ۳	
0.47512	0.50000	0.45024				پنجره ۴	
0.80981	0.50000	0.54907	1	1	1	میانگین	
0.87692				0.75693	0.99690	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۳
0.89306			1	0.78612		پنجره ۲	
0.79798		0.59596	1			پنجره ۳	
0.44843	0.75637	0.14049				پنجره ۴	
0.77861	0.75637	0.36822	1	0.77153	0.99690	میانگین	
1				1	1	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۴
0.85647			0.71294	1		پنجره ۲	
0.48937		0.50507	0.47368			پنجره ۳	
0.08573	0.08573	0.08573				پنجره ۴	
0.59489	0.08573	0.29540	0.59331	1	1	میانگین	
1				1	1	پنجره ۱	صندوق سرمایه گذاری ۵
0.87521			0.75042	1		پنجره ۲	
0.87558		0.87877	0.87239			پنجره ۳	
0.91702	1	0.83405				پنجره ۴	
0.93356	1	0.85641	0.81140	1	1	میانگین	

همانطور که در **جداول (۱-۵) الی (۳-۵)** مشاهده می شود ، علاوه بر محاسبه کارایی هر شرکت سرمایه گذاری در هر پنجره ، سه نوع کارایی متوسط شامل میانگین امتیازات کارایی شرکت ها برای همه سال ها، میانگین امتیازات کارایی شرکت ها برای همه پنجره ها و میانگین کلیه امتیازات کارایی برای هر شرکت سرمایه گذاری اندازه گیری شده است. بر این اساس، به منظور ارزیابی و رتبه بندی جامع تمامی شرکت سرمایه گذاری، میانگین تمام نمرات کارایی برای هر شرکت از **جداول (۱-۵) الی (۳-۵)** استخراج شده و در **جدول (۴-۵)** به شرح زیر خلاصه می شود:

جدول (۴-۵): نتایج نهایی و رتبه بندی حاصل از اجرای رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای

صندوق سرمایه گذاری		مدیریت سبد سرمایه گذاری		مدیریت عملیات		صندوق سرمایه گذاری
رتبه	کارایی	رتبه	کارایی	رتبه	کارایی	ص.س.
1	1.00000	1	1.00000	1	1.00000	۱. ص.س.
2	0.99858	3	0.80981	2	0.99858	۲. ص.س.
4	0.84518	4	0.77861	4	0.90278	۳. ص.س.
5	0.76436	5	0.59489	5	0.85748	۴. ص.س.
3	0.94348	2	0.93356	3	0.97512	۵. ص.س.

ارزیابی رویکرد پیشنهادی تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای در طی دوره ۱۳۹۲ الی ۱۳۹۶ نشان می دهد که رویکرد ارائه شده می تواند روند تغییرات کارایی و عملکرد شرکت های سرمایه گذاری را شناسایی نماید. هم چنین، می تواند منشاء عملکرد نامطلوب سیستم را با توجه به عملکرد فرآیند مدیریت عملیاتی و فرآیند سبد سرمایه گذاری ارائه نماید. با توجه به نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای پنجره ای، شرکت سرمایه گذاری ۱ دارای بهترین عملکرد در مقایسه با سایر شرکت های سرمایه گذاری در طی دوره زمانی ۱۳۹۲ الی ۱۳۹۶ است. لازم به ذکر است که اطلاعات ارائه شده در **جدول (۴-۵)** می تواند به سرمایه گذاران در تصمیم گیری آگاهانه کمک کند و مدیران شرکت های سرمایه گذاری نیز را قادر می سازد تا با بررسی عملکرد خویش نسبت به رقبا در طی سال های پیش، برای آینده و بهبود وضعیت خویش، برنامه ریزی درست نمایند.

۵-۵ جمع بندی

در این فصل یک رویکرد نوین تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای پنجره ای با هدف ارزیابی عملکرد و رتبه بندی بنگاه های سرمایه گذاری تحت داده های دوره ای و مبتنی بر زمان ارائه گردید. لازم به ذکر است که برخی از مهم ترین مزایای رویکرد پیشنهادی ارائه شده در این فصل عبارتند از:

- استفاده از داده های پانل به جای داده های مقطعی
- افزایش قدرت تفکیک پذیری رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای
- توانایی توسعه و ارائه رویکرد مذکور تحت حالات مختلف بازده به مقیاس
- ارزیابی عملکرد صندوق ها تحت هر یک از حالات ارجحیت مراحل عملیات و سرمایه گذاری
- رتبه بندی کامل صندوق ها تحت دوره های زمانی مختلف
- امکان پیاده سازی در حضور داده های مالی مبتنی بر زمان
- خطی بودن رویکرد پیشنهادی و سهولت در حل و اجرا
- تجزیه منحصر به فرد کارایی تحت دوره های زمانی مختلف

فصل ششم:

نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

۶-۱ مقدمه

در ارزیابی عملکرد صندوق های سرمایه گذاری، بایستی به دو نکته بسیار مهم توجه گردد. نکته اول در نظر گرفتن ساختار شبکه ای و روابط داخلی صندوق ها و نکته دوم ماهیت داده های مالی هم چون عدم قطعیت و زمان می باشد. زیرا عدم لحاظ شدن این نکات در فرآیند ارزیابی، می تواند منجر به نتایج نامعتبری گردد. لذا هدف از رساله پیش رو، ارائه رویکرد های نوین تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای با توانمندی لحاظ نمودن هر دو نکته ماهیت و ساختار داده های مالی در فرآیند ارزیابی عملکرد، رتبه بندی و طبقه بندی صندوق ها بوده است.

۶-۲ پیشنهادات برای مطالعات آتی

در این بخش به منظور پیشنهادات برای مطالعات و تحقیقات آتی، به تعدادی از مهم ترین شکاف ها و حوزه های دارای پتانسیل پژوهشی که از جنبه نظری و مدل سازی می توانند در ادامه موضوع تحقیق این رساله، مورد بررسی قرار گیرند، اشاره می شود:

● تحلیل پوششی داده های شبکه ای مبتنی بر مجموعه اوزان مشترک

در مدل های مرسوم تحلیل پوششی داده های شبکه ای، به هر واحد تصمیم گیری اجازه داده می شود تا مجموعه ای از وزن ها را انتخاب کند که آن واحد را در مطلوب ترین وضعیت نسبت به دیگر واحد ها نشان دهد. لذا مقایسه واحد ها با یکدیگر بر اساس مجموعه وزن های متفاوت صورت می پذیرد. از این رو به منظور فراهم نمودن امکان مقایسه و سنجش واقع بینانه واحدها با یکدیگر، بایستی از یک مجموعه وزن مشترک به جای مجموعه اوزان متفاوت استفاده نمود. از این رو، ارائه و بهره گیری از رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای مبتنی بر مجموعه اوزان مشترک می تواند منجر به نتایج و رتبه بندی واقع بینانه و صحیح تری در مورد صندوق های سرمایه گذاری گردد.

● تحلیل پوششی داده های شبکه ای در حضور داده های منفی

فرض مثبت بودن کلیه داده های مورد استفاده شامل ورودی ها، اندازه های میانی و خروجی ها، یکی از فروض اصلی در مدل های کلاسیک تحلیل پوششی داده های شبکه ای می باشد. حال آن که در دنیای واقعی و در ارزیابی عملکرد صندوق های سرمایه گذاری، فرض مثبت بودن داده ها با توجه به حضور پارامتر ها و شاخص هایی هم چون بازدهی می تواند نقض گردد. لذا به منظور برطرف نمودن مشکل مذکور، بایستی رویکرد های نوین تحلیل پوششی داده های شبکه ای با قابلیت پیاده سازی در حضور داده های منفی ارائه گردد.

● تحلیل پوششی داده های شبکه ای در حضور عوامل غیر قابل کنترل

در مدل های کلاسیک تحلیل پوششی داده های شبکه ای، فرض بر آن است که تمامی داده های تاثیر گذار بر روی نتایج مدل، تحت اختیار و کنترل مدیریت هستند و در صورت نیاز قابلیت کاهش و یا افزایش آنها توسط مدیریت وجود دارد. حال آن که در بازار های مالی، برخی از پارامتر ها و هم چنین عوامل محیطی بر روی نتایج کارایی صندوق های سرکایه گذاری اثرگذار می باشند، ولی تحت کنترل مدیریت نیستند. از این رو، در نظر گرفتن این عوامل غیر قابل کنترل در مدل سازی می تواند مورد توجه محققین قرار گیرد.

● تحلیل پوششی داده های شبکه ای در حضور عوامل نامطلوب

اساس و مبنای مدل های کلاسیک تحلیل پوششی داده های شبکه ای بر این نگرش استوار است که کاهش میزان ورودی ها و افزایش خروجی ها، منجر به افزایش کارایی و بهبود عملکرد واحد تحت بررسی می گردد. اما بایستی به این نکته توجه کرد که لزوما نگرش کاهش ورودی ها و افزایش خروجی ها در تمامی مسائل صحیح نمی باشد، زیرا این امکان وجود دارد که برخی از ورودی ها و خروجی های مسئله مورد نظر هم چون ریسک در صندوق های سرمایه گذاری، نامطلوب باشند و افزایش آن به عنوان خروجی نهایی، باعث کاهش کارایی سیستم می گردد. لذا توجه به این نکته نیز در مدل سازی توصیه می گردد.

● تحلیل پوششی داده های شبکه ای در حضور داده های مبتنی بر زمان

تلفیق رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای و شاخص بهره وری مالم کوئیست، امکان محاسبه تغییرات بهره وری صندوق های سرمایه گذاری را در خلال زمان به تصمیم گیرنده می دهد. بدین صورت که صندوق سرمایه گذاری مذکور در دوره جدید نسبت به دوره پیشین در مقایسه با دیگر صندوق ها، دارای پیشرفت، پسرفت و یا رکود بوده است. هم چنین به منظور در نظر گرفتن تغییرات و تاثیرات دوره های زمانی در فرآیند ارزیابی صندوق ها، می توان از رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پویا نیز بهره گرفت.

● تحلیل پوششی داده های شبکه ای غیر قطعی تحت رویکرد های عدم قطعیت ترکیبی

تلفیق رویکرد های مختلف عدم قطعیت با یکدیگر از جمله حوزه هایی است که می تواند منجر به نوآوری های قابل توجهی در حوزه تحلیل پوششی داده های شبکه ای غیر قطعی گردند. هم چنین استفاده از رویکرد هایی هم چون تئوری اعداد Z ، برنامه ریزی امکانی استوار، برنامه ریزی عدم قطعیت، تئوری مجموعه راف و مجموعه های خاکستری نیز می توانند به منظور مقابله با داده های نادقیق و ابهام موجود در داده های مالی مورد توجه و استفاده قرار گیرند. هم چنین استفاده از رویکرد های سناریو محور به منظور ارزیابی عملکرد صندوق های سرمایه گذاری تحت داده های مبتنی بر سناریو، از دیگر پیشنهادات مهم آتی می باشد.

۳-۶ جمع بندی

در این رساله تلاش گردید تا با در نظر گرفتن ساختار داخلی و شبکه ای حاکم بر صندوق های سرمایه گذاری و هم چنین ماهیت داده های مالی، فرآیند ارزیابی عملکرد صندوق ها هر چه بیشتر با شرایط دنیای واقعی منطبق تر گردد. از این رو مطابق **جدول (۶-۱)**، چهار رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای استوار، بازه ای، فازی و پنجره ای ارائه گردیدند و با استفاده از داده های واقعی مورد پیاده سازی و تجزیه و تحلیل نیز واقع شدند.

جدول (۶-۱): مقایسه رویکرد های پیشنهادی پژوهش

مشخصات	جزئیات	رویکرد RNDEA	رویکرد INDEA	رویکرد FNDEA	رویکرد WNDEA
	رویکرد پیشرو-پسرو	✓			
رویکرد مدل سازی شبکه	رویکرد مجموعه امکان تولید		✓		
	رویکرد جمعی			✓	✓
نوع عدم قطعیت داده	بازه ای (عمیق) فازی (شهودی)	✓	✓		
	برنامه ریزی استوار	✓			
رویکرد برنامه ریزی عدم قطعیت	برنامه ریزی بازه ای برنامه ریزی امکانی	✓	✓		
	کمی	✓	✓		✓
ماهیت داده	کیفی			✓	
نوع داده	مقطعی پانل	✓	✓	✓	✓
	ارزیابی عملکرد	✓	✓	✓	✓
هدف و کاربرد	رتبه بندی طبقه بندی	✓	✓	✓	✓

همان طور که در **جدول (۶-۱)** ملاحظه می گردد، چهار رویکرد ارائه شده در رساله شامل تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای استوار، تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای بازه ای، تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای فازی و تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای پنجره ای، بر اساس ویژگی ها و مشخصات مختلف از جمله رویکرد مدل سازی شبکه، نوع عدم قطعیت داده، رویکرد برنامه ریزی عدم قطعیت، ماهیت داده، نوع داده و در نهایت هدف و کاربرد، بررسی، طبقه بندی و مقایسه شده اند که این نکته، شرایط و جایگاه استفاده از هر یک رویکرد های پیشنهادی را به طور کامل تبیین می نماید.

در مورد سوالات اصلی تحقیق نیز لازم به توضیح است که به وضوح ضرورت ارزیابی عملکرد بنگاه های سرمایه گذاری با در نظر گرفتن ساختار شبکه ای حاکم بر آنها در پژوهش پیش رو نشان داده شد. زیرا همان طور که بار ها مطرح گردید، در صورت عدم لحاظ نمودن ساختار داخلی و روابط فی ما بین مراحل در فرآیند ارزیابی عملکرد، امکان شناسایی علل کارایی و ناکارایی مراحل مختلف مدیریتی صندوق ها وجود ندارد. هم چنین تاثیر عدم قطعیت موجود در داده های مالی بر نتایج نهایی کارایی و رتبه بندی صندوق ها و مراحل داخلی آنها به همراه دلایل بهره گیری از روش های بهینه سازی استوار، برنامه ریزی بازه ای و برنامه ریزی امکانی در برخورد با هر یک از انواع عدم قطعیت موجود در داده ها، بررسی و ارائه گردید. در نهایت نیز، برتری های استفاده از داده های پانل به جای داده های مقطعی به منظور در نظر گرفتن اثر تغییرات زمانی و افزایش قدرت تفکیک پذیری نتایج، مورد بحث و تحلیل واقع شد.

در پایان در مورد جنبه کاربردی و مدیریتی رساله لازم به توضیح است که نتایج حاصل از پژوهش در اختیار تعدادی از خبرگان و فعالان بازار سرمایه ایران قرار گرفت که بر اساس نظرات ارزشمند خبرگان و فعالان گرانقدر، توانمندی و کارآمدی قابل قبول رویکرد های پیشنهادی رساله در حوزه صندوق های سرمایه گذاری، مورد تایید واقع گردید. بدین صورت که با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد صندوق ها تحت رویکرد های پیشنهادی و در نظر گرفتن ماهیت و ساختار داده ها، می توان صندوق های دارای عملکرد مطلوب را شناسایی و با الگو قرار دادن نحوه عملکرد آنها، اقدام به برطرف نمودن نقاط ضعف صندوق های ناکارآمد و بهبود وضعیت آنها نمود.

به عنوان نمونه بر اساس نتایج محاسباتی حاصل از پیاده سازی رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی در فصل چهارم، به وضوح ملاحظه می گردد که بر خلاف تصور عموم و رایج در مورد کاهش هزینه ها به منظور بهبود عملکرد، می توان با تخصیص هزینه حتی بیشتر و حساب شده در زمینه به کار گیری مدیران مجرب، به میزان قابل توجهی کارایی سیستم را افزایش داد که صندوق سرمایه گذاری ۴، نمونه بسیار خوبی برای این نکته می باشد. از این رو بهره گیری از رویکرد های پیشنهادی پژوهش علاوه بر جنبه کاربردی، از لحاظ بینش مدیریتی نیز می تواند راه گشا و کمک کننده در فرآیند تصمیم گیری مدیران حوزه سرمایه باشد.

پیوست ها

پ-۱ تحلیل پوششی داده های کلاسیک

تحلیل پوششی داده ها^۷ رویکردی ناپارامتریک و مبتنی بر برنامه ریزی ریاضی است که اولین بار توسط چارلز و همکاران (۱۹۷۸) بر اساس تعمیم ایده فارل (۱۹۵۷) از یک ورودی و خروجی به چندین ورودی و خروجی، به منظور ارزیابی عملکرد، رتبه بندی و الگویابی مجموعه ای از واحد های تصمیم گیرنده^۸ متجانس ارائه شده است. روش تحلیل پوششی داده ها یکی از توانمند ترین، کارآمد ترین و پرکاربردترین روش های حوزه ارزیابی عملکرد می باشد و تا کنون در ارزیابی عملکرد حوزه های مختلف و متعددی هم چون بانک، بیمه، بیمارستان، هتل، زنجیره تامین، گاز، برق، آب، ورزش، مدرسه، دانشگاه، کشاورزی، ارتباطات، فناوری اطلاعات، سیستم های تولیدی، بورس اوراق بهادار، فرودگاه، خطوط هوایی و غیره مورد استفاده قرار گرفته است (لیو و همکاران، ۲۰۱۳).

پ-۱-۱ تعاریف و مفاهیم اولیه تحلیل پوششی داده ها

پیش از پرداختن به چگونگی ارائه مدل های مختلف تحلیل پوششی داده ها و چگونگی مدل سازی آنها، یک سری تعاریف و مفاهیم بنیادین مورد استفاده در حوزه تحلیل پوششی داده ها، توضیح داده می شوند.

پ-۱-۱-۱-۱ شعاعی و غیر شعاعی بودن مدل ها

مدل شعاعی: به مدلی اطلاق می شود که تمامی ورودی ها یا خروجی های یک واحد تصمیم گیرنده را در یک نسبت معین بهینه می کند.

مدل غیر شعاعی: به مدلی اطلاق می شود که به طور غیر متناسب میزان وردی های مثبت را کاهش و یا خروجی های مثبت را افزایش می دهد.

^۷Data Envelopment Analysis (DEA)

^۸Decision Making Units (DMUs)

پ-۱-۱-۲ ماهیت الگوی مورد استفاده

ماهیت ورودی: در صورتی که در فرآیند ارزیابی، با ثابت نگه داشتن سطح خروجی ها، سعی در حداقل سازی ورودی ها وجود داشته باشد، ماهیت الگوی مورد استفاده ورودی محور است. در دیدگاه ورودی، تصمیم گیرنده به دنبال به دست آوردن ناکارایی فنی به عنوان نسبتی است که بایستی در ورودی ها کاهش داده شود تا خروجی، بدون تغییر بماند و واحد تصمیم گیرنده بر روی مرز کارایی قرار گیرد. مدل تحلیل پوششی داده ها در ماهیت ورودی در واقع بررسی می کند که به چه اندازه می توان ورودی ها را برای بدست آوردن همین مقدار خروجی کاهش داد. از این نوع ماهیت الگو زمانی استفاده می شود که واحد تصمیم گیرنده بر روی ورودی ها کنترل کافی دارد.

ماهیت خروجی: در صورتی که در فرآیند ارزیابی با ثابت نگه داشتن سطح ورودی ها، سعی در افزایش سطح خروجی وجود داشته باشد، ماهیت الگو مورد استفاده خروجی محور است. در دیدگاه خروجی محور، تصمیم گیرنده به دنبال نسبتی است که باید خروجی ها افزایش یابند، تا بدون آن که تغییر در ورودی ها به وجود آید، واحد تصمیم گیرنده مورد نظر به مرز کارایی برسد. مدل تحلیل پوششی داده ها در ماهیت خروجی در واقع بررسی می کند که به چه اندازه می توان خروجی ها را افزایش داد بدون اینکه تغییری در سطح ورودی ها رخ دهد. از این نوع ماهیت الگو زمانی استفاده می شود که واحد تصمیم گیرنده بر روی خروجی ها کنترل کافی دارد.

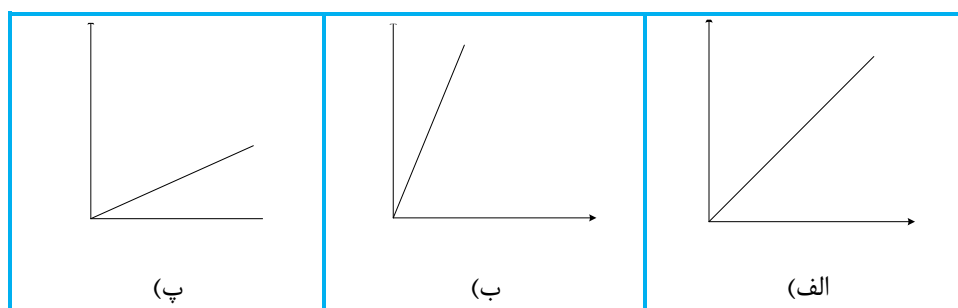
پ-۱-۱-۳ بازده به مقیاس الگوی مورد استفاده

بازده به مقیاس بیانگر پیوند بین تغییرات ورودی ها و خروجی های یک سیستم می باشد. در واقع بازده به مقیاس مفهومی است که بیانگر نسبت افزایش در خروجی ها به ازای افزایش در ورودی ها است. این نسبت می تواند ثابت، افزایشی و یا کاهش باشد.

لازم به ذکر است که یکی از توانایی های روش تحلیل پوششی داده ها، کاربرد الگوهای مختلف، متناظر با بازده به مقیاس های متفاوت و هم چنین اندازه گیری بازده به مقیاس واحدهاست.

بازده به مقیاس ثابت: هر مضربی از ورودی ها همان مضرب از خروجی ها را تولید می کند.

بازده به مقیاس متغیر: بازده هر مضربی از ورودی ها، می تواند همان مضرب از خروجی ها یا کمتر از آن و یا بیشتر از آن را، در خروجی ها تولید کند.



شکل (پ-۱): انواع بازده به مقیاس (مهرگان، ۱۳۹۱)

الف) ثابت، ب) افزایشی، ج) کاهشی

همان طور که در **شکل (پ-۱)** ملاحظه می شود، چگونگی انواع بازده به مقیاس شامل ثابت، افزایشی و کاهشی نمایش داده شده است.

پ-۱-۲ رویکرد های مدل سازی تحلیل پوششی داده ها

در این زیر بخش، چگونگی مدل سازی در تحلیل پوششی داده ها با استفاده از دو رویکرد و مفهوم مختلف شامل کارایی^۹ و مجموعه امکان تولید^{۱۰} ارائه می شود. بدین منظور فرض کنید n واحد تصمیم گیرنده متجانس وجود داشته باشد به طوری که هر یک از $DMU_j (j=1, \dots, n)$ دارای m ورودی $(x_{1j}, \dots, x_{mj})$ و s خروجی $(y_{1j}, \dots, y_{sj})$ می باشند.

^۹Efficiency

^{۱۰}Production Possibility Set (PPS)

پ-۱-۲-۱ رویکرد کارایی

ارزیابی عملکرد یک سری از واحدهای متجانس در حوزه های مختلف، همواره یکی از دغدغه های مدیران و محققان بوده است. یکی از مهم ترین معیار های قابل استفاده به منظور ارزیابی عملکرد، معیار کارایی است. کارایی در مسائل تصمیم گیری به معنی خوب کار کردن است و کارایی هر واحد تصمیم گیرنده حاصل مقایسه شاخص های آن واحد با استانداردها می باشد. با توجه به اینکه استاندارد شاخص ها، بیرون سازمانی یا درون سازمانی باشد، به ترتیب کارایی مطلق و کارایی نسبی تعریف می شود (مهرگان، ۱۳۹۱).

کارایی مطلق جایگاه واقعی واحدها را نشان می دهد، اما با توجه به در دسترس نبودن استاندارد یک جامعه، فاصله زیاد جامعه مورد ارزیابی با استانداردهای موجود، معقول نبودن در نظر گرفتن استانداردهای جهانی برای بسیاری از سازمان ها، شاخص مناسبی برای مقایسه نیست. در صورتی که در محاسبه کارایی نسبی بر خلاف کارایی مطلق، استاندارد شاخص ها از درون خود مجموعه انتخاب و مقایسه با درون جامعه انجام می شود. در صورت مشخص بودن ارزش و وزن تمامی ورودی ها و خروجی ها برای هر یک از واحدهای تصمیم گیرنده، به منظور محاسبه کارایی واحدها، می توان از **رابطه (پ-۱)** استفاده نمود.

$$E_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}, \quad \forall j \quad (\text{پ-۱})$$

همان طور که توضیح داده شد، برای محاسبه کارایی از طریق **رابطه (پ-۱)** باید مجموعه مشترکی از وزن ها برای همه واحدهای تصمیم گیرنده وجود داشته باشد اما در عمل تعیین این اوزان و ارزش گذاری ورودی ها و خروجی ها امری دشوار است. تحلیل پوششی داده ها راه حلی برای رفع این مشکل ارائه می نماید که در ادامه به توضیح آن پرداخته می شود.

بدین صورت که برای مشخص کردن ارزش و وزن هر ورودی و خروجی در **رابطه (پ-۱)** به هر واحد اجازه می دهد تا مجموعه ای از اوزان را مشخص نماید که آن واحد را در مطلوب ترین وضعیت نسبت به دیگر واحدها نشان دهد. بر این اساس، کارایی نسبی واحد تحت بررسی با استفاده از **مدل (پ-۲)** محاسبه می شود:

$$RE_0 = \underset{(u_r, v_i \geq 0)}{\text{Max}} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad \underset{(j=1, \dots, n)}{\text{Max}} \left\{ \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \right\} \quad (\text{پ-۲})$$

لازم به ذکر است که **مدل (پ-۲)** به مدل TDT شهرت دارد که اگر در آن **رابطه (پ-۳)** اعمال گردد:

$$\underset{(j=1, \dots, n)}{\text{Max}} \left\{ \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \right\} = \frac{1}{t} \quad (\text{پ-۳})$$

مدل (پ-۲) به صورت **مدل (پ-۴)** تبدیل می شود:

$$RE_0 = \underset{t}{\text{Max}} \quad t \cdot \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (\text{پ-۴})$$

$$\text{S.t.} \quad t \cdot \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}, \quad \forall j$$

$$v_i, u_r \geq 0, \quad \forall i, r$$

با در نظر گرفتن $tu = u'$ و $v = v'$ و جایگذاری در **مدل (پ-۴)**، آنگاه **مدل (پ-۵)** به دست می آید:

$$RE_0 = \text{Max } t. \frac{\sum_{r=1}^s u'_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v'_i x_{i0}} \quad (\text{پ-۵})$$

$$\text{S.t. } t. \frac{\sum_{r=1}^s u'_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v'_i x_{ij}}, \quad \forall j$$

$$v'_i, u'_r \geq 0, \quad \forall i, r$$

اکنون اگر دوباره تغییر متغیر $u' = u$ و $v' = v$ در مدل (پ-۵) اعمال شود، مدل (پ-۶) حاصل می شود:

$$RE_0 = \text{Max } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (\text{پ-۶})$$

$$\text{S.t. } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}, \quad \forall j$$

$$v_i, u_r \geq 0, \quad \forall i, r$$

به مدل (پ-۶)، مدل نسبت CCR گفته می شود که در آن وزن ها، متغیرهای مسئله هستند و مقدار تابع

هدف آن، نشان دهنده میزان کارایی نسبی واحد تحت بررسی می باشد.

پ-۱-۲-۱-۱ فرم مضربی مدل CCR

مدل CCR اولین مدل در تحلیل پوششی داده ها می باشد که اولین بار توسط چارلز و همکاران (۱۹۷۸) معرفی

شد و نام آن برگرفته از حروف اول اسامی ارائه کنندگان آن است. لازم به ذکر است که مدل مذکور، پایه و اساس

بسیاری از مدل های امروزی و پیشرفته تحلیل پوششی داده ها به حساب می آید. همان طور که در مدل (پ-۶)

ملاحظه می شود، این مدل، یک مدل کسری و غیر خطی است.

لذا در ادامه با استفاده از تبدیلات چارنز و کوپر (۱۹۶۲) به خطی سازی آن پرداخته می شود. بدین ترتیب

با استفاده از تبدیلات مذکور، فرم مضربی مدل CCR ورودی محور به صورت **مدل (پ-۷)** می باشد:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} & \text{(پ-۷)} \\
 & \text{S.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\
 & \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j \\
 & \quad v_i, u_r \geq 0, \quad \forall i, r
 \end{aligned}$$

هم چنین فرم مضربی مدل CCR در ماهیت خروجی به صورت **مدل (پ-۸)** حاصل می گردد:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} & \text{(پ-۸)} \\
 & \text{S.t.} \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1 \\
 & \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j \\
 & \quad v_i, u_r \geq 0, \quad \forall i, r
 \end{aligned}$$

لازم به ذکر است که مدل CCR دارای فرض بازده به مقیاس ثابت است. در مدل هایی که دارای فرض

بازده به مقیاس ثابت می باشند، در مقایسه با مدل های دارای فرض بازده به مقیاس متغیر، تعداد واحد های کارا

و هم چنین مقدار کارایی واحد ها کمتر یا مساوی می باشد.

پ-۱-۲-۱-۲ فرم مضربی مدل BCC

بنکر و همکاران (۱۹۸۴) با تغییر در مدل CCR مدل جدیدی ارائه کردند که مدل BCC نامیده شد. مدل BCC

مدلی از تحلیل پوششی داده هاست که کارایی نسبی واحدها را با بازده به مقیاس متغیر برآورد می کند. تفاوت این

مدل نسبت به مدل CCR همین اصل بازده به مقیاس متغیر است.

همان طور که پیش تر نیز مطرح شد، در مدل CCR به دلیل وجود اصل بازده به مقیاس ثابت، تعداد واحدهای کمتری بر روی مرز کارایی قرار می گیرند و واحدها ممکن است با واحدهایی بسیار بزرگتر یا بسیار کوچکتر از خود مقایسه شوند که همین مسئله باعث کم شدن کارایی واحدها می شود. از این رو مدل BCC در بسیاری از موارد نزدیک تر به مسائل دنیای واقعی می باشد. فرم مضربی مدل BCC در ماهیت ورودی به صورت

مدل (پ-۹) می باشد:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + w_0 & \text{(پ-۹)} \\
 & \text{S.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\
 & \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + w_0 \leq 0, \quad \forall j \\
 & \quad v_i, u_r \geq 0, \quad \forall i, r
 \end{aligned}$$

هم چنین فرم مضربی مدل BCC در ماهیت خروجی نیز به صورت **مدل (پ-۱۰) می باشد:**

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - w_0 & \text{(پ-۱۰)} \\
 & \text{S.t.} \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1 \\
 & \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + w_0 \leq 0, \quad \forall j \\
 & \quad v_i, u_r \geq 0, \quad \forall i, r
 \end{aligned}$$

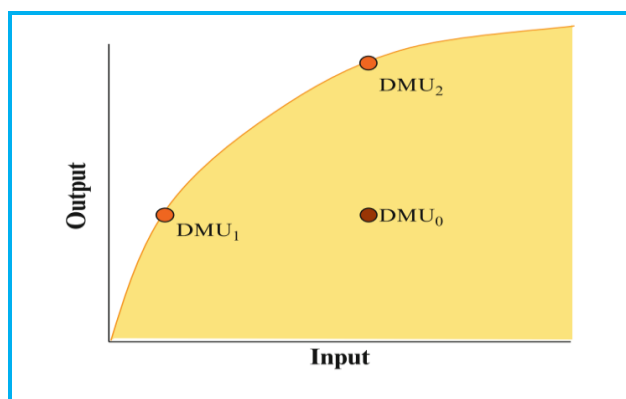
اکنون پس از آشنایی با چگونگی مدل سازی تحلیل پوششی داده ها با استفاده از مفهوم کارایی و پیدایش مدل های مضربی، در ادامه به توضیح رویکرد مجموعه امکان تولید و نحوه مدل سازی مدل های پوششی پرداخته می شود.

پ-۱-۲-۲ رویکرد مجموعه امکان تولید

تابع تولید نشان دهنده رابطه موجود بین ورودی‌ها و خروجی‌ها در یک واحد زمانی است. در واقع تابع تولید، تابعی است که تحت شرایط قطعی برای هر ترکیب از ورودی‌ها، ماکزیمم خروجی ممکن را تولید می‌کند. اگر تابع تولید مشخص باشد می‌توان پیش‌بینی‌های دقیقی در مورد نحوه ترکیب ورودی‌ها و خروجی‌ها انجام داد. اما در اغلب موارد تابع تولید به دلایلی نظیر پیچیدگی فرآیند تولید، تغییر در تکنولوژی تولید و یا چند متغیره بودن تابع تولید و غیره در دسترس نیست.

با توجه به اینکه معمولاً ترکیبی از ورودی‌ها که بردار خروجی‌ها را تولید می‌کنند در دسترس است، می‌توان با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها تقریبی قابل قبول از تابع تولید را ارائه نمود. لازم به ذکر است که تمامی ترکیبات ممکن از ورودی‌ها و خروجی‌ها را مجموعه امکان تولید می‌نامند. مرز این مجموعه تقریبی از تابع تولید است و کارایی واحدها نسبت به این مرز سنجیده می‌شود.

شکل (پ-۲) یک مجموعه امکان تولید را برای فرآیندی با یک ورودی و یک خروجی به نمایش می‌گذارد. نقاط توپُر نشانگر واحدهای تصمیم گیرنده‌ای هستند که با به کارگیری مقدار مشخصی از ورودی به مقدار مشخصی از خروجی دست پیدا کرده‌اند. مرز این مجموعه تقریبی از تابع تولید است که با استفاده از روشی (پارامتری یا ناپارامتری) بدست می‌آید.



شکل (پ-۲): مجموعه امکان تولید برای یک ورودی و یک خروجی (جهانشاهلو و همکاران، ۱۳۸۹)

مجموعه امکان تولید CCR که با نماد T_C نشان داده می‌شود و دارای n واحد تصمیم گیرنده $(j=1,2,...,n)$ با m ورودی مختلف $x_j = \{x_{1j}, x_{2j}, ..., x_{mj}\}$ و s خروجی مختلف $y_j = \{y_{1j}, y_{2j}, ..., y_{sj}\}$ دارای چند فرض اولیه می‌باشد که آنها را به صورت پنج اصل بیان می‌شود:

➤ **اصل شمول مشاهدات:** این اصل بیان می‌کند که مجموعه امکان تولید T_C شامل همه مشاهدات می‌شود، یعنی $(x_j, y_j) \in T_C$ باشد.

➤ **اصل بازده به مقیاس ثابت (بی کرانی شعاع):** این اصل بیان می‌کند که مجموعه امکان تولید T_C دارای بازده به مقیاس ثابت است یعنی اگر $(X, Y) \in T_C$ و $\lambda > 0$ آنگاه $(\lambda X, \lambda Y) \in T_C$ می‌باشد. این اصل به این مفهوم است که کارایی (X, Y) و $(\lambda X, \lambda Y)$ با هم برابرند.

➤ **اصل امکان پذیری:** این اصل بیان می‌کند که هر نقطه داخل مجموعه شدنی و دست‌یافتنی خواهد بود. یعنی اگر $(\bar{X}, \bar{Y}) \in T_C$ و همچنین $X \geq \bar{X}$ و $Y \leq \bar{Y}$ باشد، آنگاه $(X, Y) \in T_C$ است. لازم به ذکر است که $\bar{X}$ و $\bar{Y}$ نشان‌دهنده نقطه‌ای درون مجموعه امکان تولید هستند و علامت $-$ به معنی میانگین X ها یا Y ها نیست.

➤ **اصل تحدب:** این اصل بیان می‌کند که اگر دو یا چند نقطه داخل مجموعه باشد، آنگاه هر ترکیب محدب آنها نیز درون مجموعه خواهد بود. یعنی اگر $(x_j, y_j) \in T_C$ ، $(j=1,2,...,n)$ و $\lambda_j \geq 0$ به ترتیبی که $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ باشد آنگاه $\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j x_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \right) \in T_C$ می‌باشد. به صورت ساده‌تر برای دو نقطه $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2) \in T_C$ و $0 \leq \lambda \leq 1$ ، رابطه $\lambda(X_1, Y_1) + (1-\lambda)(X_2, Y_2) \in T_C$ برقرار خواهد بود.

➤ **اصل کمینه درون‌یابی:** این اصل بیان می‌کند که اگر بتوان مجموعه T_C را مطابق چهار اصل اول ساخت، این مجموعه کوچکترین مجموعه‌ای خواهد بود که هر چهار اصل اول را داراست.

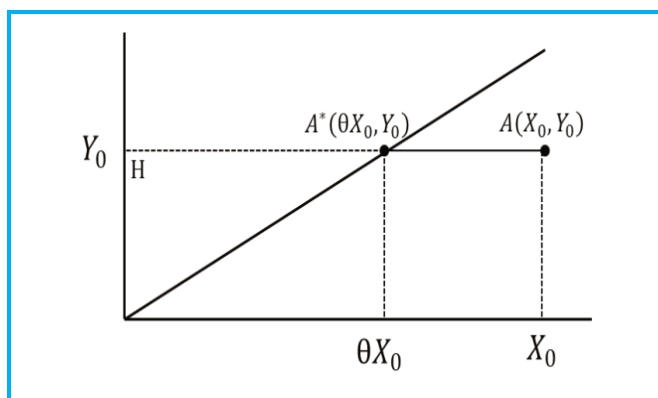
بر این اساس، شکل ریاضی مجموعه امکان تولید مدل CCR به صورت **رابطه (پ-۱۱)** تعریف می‌شود:

$$T_C = \left\{ (x, y) \mid x \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j, y \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j, \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n \right\} \quad (\text{پ-۱۱})$$

در فضای دو بعدی مرز این مجموعه خط مستقیمی است که از مبدا می‌گذرد. بنابراین T_C یک مخروط محدب و دربرگیرنده تمامی واحدهاست.

پ-۱-۲-۲-۱ فرم پوششی مدل CCR

همان طور که در **شکل (پ-۳)** مشاهده می‌شود، به منظور قرار گرفتن یک واحد ناکارا بر روی مرز مجموعه امکان تولید و بهبود کارایی آن، می‌توان با حفظ سطح خروجی، با حرکت روی مرز T_C ، امکان تولیدی یافت که با ورودی کمتر اقدام به تولید همان مقدار خروجی کند.



شکل (پ-۳): مدل پوششی CCR در ماهیت ورودی (جهانشاهلو و همکاران، ۱۳۸۹)

مطابق **شکل (پ-۳)**، واحد ناکارای A به مختصات (X_0, Y_0) به امکان تولید A^* می‌تواند بهبود یابد اگر

ورودی‌های آن به نسبت θ کاهش یابد. در اینجا $\theta = \frac{A^* H}{A H}$ امکان تولید روی مرز کارایی خواهد بود. θ کمترین

مقداری است که $(\theta X_0, Y_0)$ را بر روی مرز کارا قرار می‌دهد و هدف حداقل کردن آن است. لذا با توجه به این

نکته که $(\theta X_0, Y_0)$ باید عضوی از مجموعه امکان تولید T_C باشد و شرط عضویت در این مجموعه را براساس

رابطه (پ-۱۱) دارا باشد، فرم پوششی مدل CCR در ماهیت ورودی به صورت **مدل (پ-۱۲)** حاصل می‌شود:

$$\text{Min } \theta$$

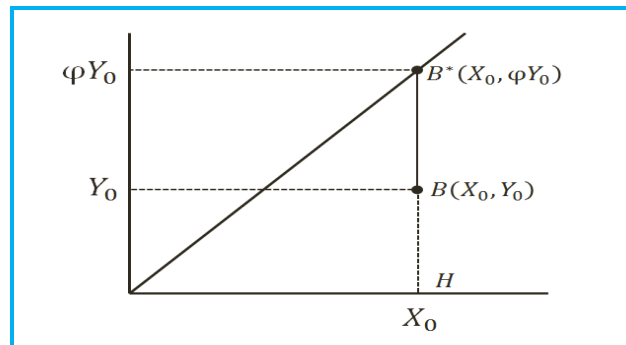
(پ-۱۲)

$$\text{S.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}, \quad \forall i$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad \forall r$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$$

لازم به ذکر است به منظور تشخیص کارای قوی و ضعیف بودن واحد تحت بررسی، کافی است پس از استاندارد سازی مدل (پ-۱۲) و اضافه نمودن متغیرهای کمکی s_i^- و s_r^+ به محدودیت های مدل به منظور برقراری تساوی، به حل مدل استاندارد پرداخته شود. در این صورت اگر مقدار $\theta^* = 1$ و در تمامی جوابهای بهینه مقدار متغیرهای کمکی s_i^- و s_r^+ برابر صفر باشد، آنگاه واحد تحت بررسی را کارای قوی یا کارای پارتو می نامند. هم چنین اگر مقدار $\theta^* = 1$ ولی در بعضی جوابهای بهینه (حالت خاص جواب بهینه چندگانه) حداقل یکی از مقادیر متغیرهای کمکی s_i^- و s_r^+ مخالف صفر باشد، آنگاه واحد تحت بررسی را کارای ضعیف می نامند و در نهایت نیز اگر مقدار $\theta^* < 1$ باشد، آنگاه واحد تحت بررسی قطعاً ناکارا می باشد. رویکرد دیگری که می تواند به منظور قرار گرفتن یک واحد ناکارا بر روی مرز مجموعه امکان تولید و بهبود کارایی آن مورد استفاده قرار بگیرد، بدین صورت می باشد که با حفظ سطح ورودی و حرکت روی مرز T_C ، امکان تولیدی یافت که با همان مقدار ورودی، تولید خروجی بیشتری انجام دهد. رویکرد مذکور در شکل (پ-۴) مشاهده می شود.



شکل (پ-۴): مدل پوششی CCR در ماهیت خروجی (جهانشاهلو و همکاران، ۱۳۸۹)

مطابق شکل (پ-۴)، واحد ناکارای B به مختصات (X_0, Y_0) به امکان تولید B^* می‌تواند بهبود یابد اگر

خروجی‌های آن به نسبت φ افزایش یابد. در اینجا $\varphi = \frac{B^*H}{BH}$ امکان تولید روی مرز کارایی خواهد بود. φ

بیشترین مقداری است که $(X_0, \varphi Y_0)$ را بر روی مرز کارا قرار می‌دهد و هدف حداکثر نمودن آن است. لذا با

توجه به اینکه $(X_0, \varphi Y_0)$ باید عضوی از مجموعه امکان تولید T_C باشد و شرط عضویت در این مجموعه را مطابق

رابطه (پ-۱۱) داشته باشد، فرم پوششی مدل CCR در ماهیت خروجی به صورت مدل (پ-۱۳) حاصل می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{Max } & \varphi \\ \text{S.t. } & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad \forall i \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \varphi y_{r0}, \quad \forall r \\ & \lambda_j \geq 0, \quad \forall j \end{aligned} \quad (\text{پ-۱۳})$$

لازم به ذکر است که در مدل خروجی محور، مقدار کارایی واحد تحت بررسی از رابطه $1/\varphi^*$ محاسبه می

شود و هم چنین در مدل‌های CCR ورودی محور و خروجی محور، رابطه $\theta^* = 1/\varphi^*$ برقرار می‌باشد.

پ-۱-۲-۲-۲ فرم پوششی مدل BCC

مجموعه امکان تولید BCC که با T_V نمایش داده می‌شود بسیار شبیه به مجموعه امکان تولید CCR، T_C است

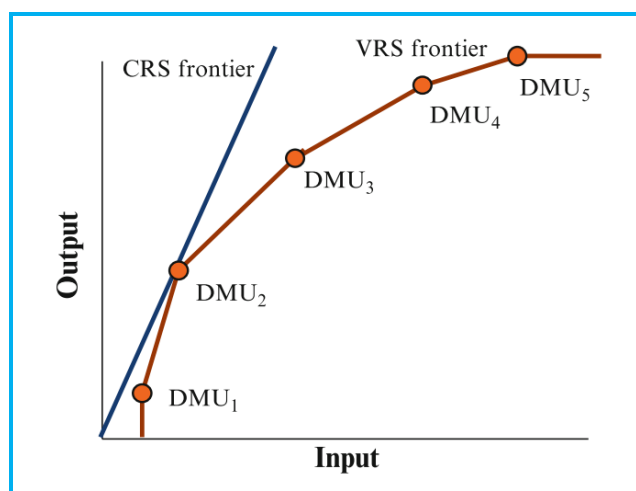
و فقط اصل بازده به مقیاس ثابت (بی‌کرانی اشعه) را در خود ندارد. یعنی مجموعه امکان تولید T_V در اصول شمول

مشاهدات، تحذب، امکان‌پذیری و کمینه درونیابی صدق می‌کند. با توجه به این توضیحات، مجموعه مذکور به

صورت رابطه (پ-۱۴) تعریف می‌شود:

$$T_V = \left\{ (x, y) \mid x \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j, y \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, 0 \leq \lambda_j, (j = 1, 2, \dots, n) \right\} \quad (\text{پ-۱۴})$$

در شکل (پ-۵)، تفاوت مرز کارایی در دو مدل CCR و BCC در حالت یک ورودی و یک خروجی نشان داده شده است. مشخص است که در مجموعه امکان تولید BCC تعداد واحدهای کارا بیشتر شده است. به طور کلی مقدار کارایی در مدل CCR بیشتر از مقدار کارایی در مدل BCC نمی‌باشد.



شکل (پ-۵): مقایسه مجموعه امکان تولید دو مدل BCC و CCR (جوړو و کورهون، ۲۰۱۵)

فرم پوششی مدل BCC در ماهیت ورودی، مشابه مدل پوششی CCR ورودی محور می‌باشد که قید بازده به مقیاس متغیر به آن اضافه شده است. مدل (پ-۱۵)، فرم پوششی مدل BCC در ماهیت ورودی می‌باشد:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta & & \text{(پ-۱۵)} \\
 \text{S.t. } & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}, \quad \forall i \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad \forall r \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad \forall j
 \end{aligned}$$

به همین ترتیب فرم پوششی مدل BCC در ماهیت خروجی به صورت مدل (پ-۱۶) می‌باشد:

Max φ

$$\text{S.t.} \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad \forall i$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \varphi y_{r0}, \quad \forall r$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$$

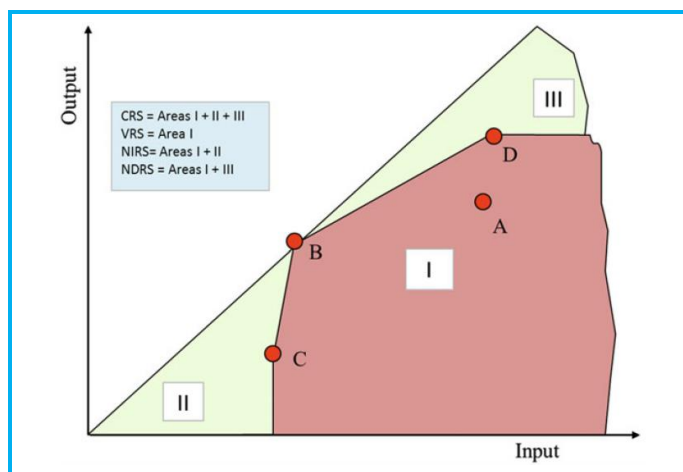
در پایان این زیر بخش لازم به توضیح است که در برخی موارد، مسئله تحت بررسی به گونه ای است که به جای فرض بازده به مقیاس ثابت و کاملاً متغیر، فرض بازده به مقیاس غیرکاهشی و یا غیرافزایشی برای مجموعه

امکان تولید، مورد نظر می باشد. در صورتی که شرط $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ که دلالت بر بازده به مقیاس متغیر دارد به شرط

$\sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1$ تغییر داده شود، آنگاه بازده به مقیاس غیرصعودی یا غیرافزایشی وجود خواهد داشت. هم چنین به

همین ترتیب زمانی که شرط $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ به شرط $\sum_{j=1}^n \lambda_j \geq 1$ تغییر داده شود، بازده به مقیاس غیرکاهشی یا

غیرنزولی حاصل می شود.



شکل (پ-۶): مجموعه امکان تولید تحت حالات مختلف بازده به مقیاس (جوړو و کورهون، ۲۰۱۵)

شکل (پ-۶) مجموعه امکان تولید تحت حالات مختلف بازده به مقیاس ثابت، متغیر، غیرافزایشی و غیرکاهشی و هم چنین تفاوت مرز کارایی در آنها را نشان می دهد. لازم به ذکر است که مدل های دارای بازده به مقیاس غیرافزایشی و غیرکاهشی، به ترتیب CCR-BCC و BCC-CCR نیز نامیده می شوند.

پ-۲ داده های مورد استفاده در رساله

با توجه به وجه کاربردی رساله پیش رو و لزوم پیاده سازی و اعتبار سنجی رویکرد های پیشنهادی پژوهش با استفاده از داده های واقعی، صندوق های سرمایه گذاری فعال در بازار سرمایه ایران به عنوان مطالعه موردی پژوهش انتخاب شده اند. بر این اساس، در گام اول داده های مربوط به ۱۵ صندوق سرمایه گذاری طی سال های ۱۳۹۲ الی ۱۳۹۶ گردآوری شده است. سپس در گام دوم ساختار و فرم غیر قطعی داده ها تحت حالات بازه ای و فازی با توجه به نظرات خبرگان و تجمیع آنها، استخراج و حاصل شده است. توجه به این نکته ضروری است که مبنای در نظر گرفتن عدم قطعیت داده ها بر اساس وجود خطاهای احتمالی در داده ها و هم چنین نگاه پیشبینانه دوره های آتی بر اساس داده های گذشته می باشد. هم چنین می توان از مفاهیم کیفی به منظور بیان داده ها بهره گرفت و سپس با استفاده از مفاهیم فازی به کمی سازی آنها اقدام نمود. در نهایت در گام سوم نیز، داده ها به منظور اعتبار سنجی رویکرد های پیشنهادی تحقیق مورد استفاده و پیاده سازی واقع شده اند. در ادامه به منظور آشنایی بیشتر با ساختار داده های مورد استفاده در رساله، داده های مربوط به ۵ صندوق سرمایه گذاری فعال در بازار سرمایه ایران تحت شرایط قطعیت داده ها، عدم قطعیت بازه ای داده ها و عدم قطعیت فازی داده ها، به ترتیب در **جداول (پ-۱) الی (پ-۳)** آورده شده است.

جدول (پ-۱): نمونه ای از داده های مورد استفاده در رساله تحت قطعیت

نسبت گردش معاملات (g ₁)	ارزش خالص دارایی (z)	هزینه های بازاریابی (x ₂)	هزینه های مدیریت (x ₁)	صندوق سرمایه گذاری
0.6245	2.6362	174.9668	0.1865	ص.س. ۱
0.3449	10.3859	5.3561	1.5562	ص.س. ۲
0.2876	4.3379	82.9641	0.8428	ص.س. ۳
0.4341	16.1692	0.0139	4.4909	ص.س. ۴
0.1912	2.5147	0.0123	0.2373	ص.س. ۵
متوسط بازدهی (y)	انحراف معیار (g ₄)	اندازه صندوق (g ₃)	نسبت هزینه خالص (g ₂)	صندوق سرمایه گذاری
58.4400	1.2200	0.0122	3.4000	ص.س. ۱
39.9800	0.9800	0.1404	4.9000	ص.س. ۲
24.7600	2.5500	0.0904	4.4300	ص.س. ۳
52.0000	2.1200	0.1842	4.5000	ص.س. ۴
5.5200	2.5000	0.0127	9.2000	ص.س. ۵

جدول (پ-۲): نمونه ای از داده های مورد استفاده در رساله تحت عدم قطعیت بازه ای

نسبت گردش معاملات (g ₁)	ارزش خالص دارایی (z)	هزینه های بازاریابی (x ₂)	هزینه های مدیریت (x ₁)	صندوق سرمایه گذاری
[0.5933, 0.6557]	[2.5044, 2.7680]	[166.2184, 183.7151]	[0.1771, 0.1958]	ص.س. ۱
[0.3277, 0.3621]	[9.8666, 10.9052]	[5.0883, 5.6239]	[1.4784, 1.6340]	ص.س. ۲
[0.2732, 0.3020]	[4.1210, 4.5548]	[78.8159, 87.1123]	[0.8007, 0.8849]	ص.س. ۳
[0.4124, 0.4558]	[15.3608, 16.9777]	[0.0133, 0.0146]	[4.2664, 4.7155]	ص.س. ۴
[0.1816, 0.2008]	[2.3890, 2.6404]	[0.0117, 0.0130]	[0.2254, 0.2492]	ص.س. ۵
متوسط بازدهی (y)	انحراف معیار (g ₄)	اندازه صندوق (g ₃)	نسبت هزینه خالص (g ₂)	صندوق سرمایه گذاری
[55.5180, 61.3620]	[1.1590, 1.2810]	[0.0116, 0.0128]	[3.2300, 3.5700]	ص.س. ۱
[37.9810, 41.9790]	[0.9310, 1.0290]	[0.1334, 0.1474]	[4.6550, 5.1450]	ص.س. ۲
[23.5220, 25.9980]	[2.4225, 2.6775]	[0.0858, 0.0949]	[4.2085, 4.6515]	ص.س. ۳
[49.4000, 54.6000]	[2.0140, 2.2260]	[0.1750, 0.1934]	[4.2750, 4.7250]	ص.س. ۴
[5.2440, 5.7960]	[2.3750, 2.6250]	[0.0121, 0.0134]	[8.7400, 9.6600]	ص.س. ۵

جدول (پ-۳): نمونه ای از داده های مورد استفاده در رساله تحت عدم قطعیت فازی

نسبت گردش معاملات (g ₁)	ارزش خالص دارایی (z)	هزینه های بازاریابی (x ₂)	هزینه های مدیریت (x ₁)	صندوق سرمایه گذاری
(0.5933, 0.6183, 0.6307, 0.6557)	(2.5044, 2.6098, 2.6625, 2.7680)	(166.2184, 173.2171, 176.7164, 183.7151)	(0.1771, 0.1846, 0.1883, 0.1958)	ص. س. ۱
(0.3277, 0.3415, 0.3483, 0.3621)	(9.8666, 10.2821, 10.4898, 10.9052)	(5.0883, 5.3025, 5.4097, 5.6239)	(1.4784, 1.5406, 1.5718, 1.6340)	ص. س. ۲
(0.2732, 0.2847, 0.2905, 0.3020)	(4.1210, 4.2945, 4.3813, 4.5548)	(78.8159, 82.1345, 83.7938, 87.1123)	(0.8007, 0.8344, 0.8512, 0.8849)	ص. س. ۳
(0.4124, 0.4298, 0.4384, 0.4558)	(15.3608, 16.0075, 16.3309, 16.9777)	(0.0133, 0.0138, 0.0141, 0.0146)	(4.2664, 4.4460, 4.5358, 4.7155)	ص. س. ۴
(0.1816, 0.1893, 0.1931, 0.2008)	(2.3890, 2.4896, 2.5398, 2.6404)	(0.0117, 0.0122, 0.0125, 0.0130)	(0.2254, 0.2349, 0.2397, 0.2492)	ص. س. ۵
متوسط بازدهی (y)	انحراف معیار (g ₄)	اندازه صندوق (g ₃)	نسبت هزینه خالص (g ₂)	صندوق سرمایه گذاری
(55.5180, 57.8556, 59.0244, 61.3620)	(1.1590, 1.2078, 1.2322, 1.2810)	(0.0116, 0.0121, 0.0123, 0.0128)	(3.2300, 3.3660, 3.4340, 3.5700)	ص. س. ۱
(37.9810, 39.5802, 40.3798, 41.9790)	(0.9310, 0.9702, 0.9898, 1.0290)	(0.1334, 0.1390, 0.1418, 0.1474)	(4.6550, 4.8510, 4.9490, 5.1450)	ص. س. ۲
(23.5220, 24.5124, 25.0076, 25.9980)	(2.4225, 2.5245, 2.5755, 2.6775)	(0.0858, 0.0895, 0.0913, 0.0949)	(4.2085, 4.3857, 4.4743, 4.6515)	ص. س. ۳
(49.4000, 51.4800, 52.5200, 54.6000)	(2.0140, 2.0988, 2.1412, 2.2260)	(0.1750, 0.1824, 0.1861, 0.1934)	(4.2750, 4.4550, 4.5450, 4.7250)	ص. س. ۴
(5.2440, 5.4648, 5.5752, 5.7960)	(2.3750, 2.4750, 2.5250, 2.6250)	(0.0121, 0.0126, 0.0128, 0.0134)	(8.7400, 9.1080, 9.2920, 9.6600)	ص. س. ۵

منابع

- ارباب، حمیدرضا. (۱۳۹۵)، الفبای بازار سرمایه، انتشارات بورس.
- تاج بر، علیرضا. (۱۳۹۵)، صندوق های سرمایه گذاری، انتشارات بورس.
- ترابی، سید علی. توفیقی، سعیده. (۱۳۹۷)، برنامه ریزی ریاضی فازی، انتشارات دانشگاه تهران.
- جهانشاهلو، غلامرضا. حسین زاده لطفی، فرهاد. نیکومرام، هاشم. (۱۳۸۹)، تحلیل پوششی داده ها و کاربردهای آن، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- رود دهقان، علی اکبر. (۱۳۹۷)، رتبه بندی صندوق های سرمایه گذاری در بورس اوراق بهادار، انتشارات ویهان.
- زنجیرچی، سید محمود. حسن زاده، اکرم. (۱۳۹۹)، تحلیل پوششی داده ها در فضای ابهام، انتشارات دانشگاه یزد.
- مهرگان، محمدرضا. (۱۳۹۱)، تحلیل پوششی داده ها: مدل های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان ها. نشر کتاب دانشگاهی، تهران.
- Adabi, F., & Omrani, H. (2015). Designing a Robust Supply Chain Management Based on Distributers' Efficiency Measurement. *Decision Science Letters*, 4(1), 15-26.
- Agarwal, S. (2014). Fuzzy Slack Based Measure of Data Envelopment Analysis: A Possibility Approach. *The 3th International Conference on Soft Computing for Problem Solving*, 733-740. Springer, New Delhi.
- Agarwal, S. (2017). Scale Efficiency with Fuzzy Data. *International Journal of Business and Systems Research*, 11(1-2), 152-162.
- Aghayi, N., & Maleki, B. (2016). Efficiency Measurement of DMUs with Undesirable Outputs under Uncertainty Based on the Directional Distance Function: Application on Bank Industry. *Energy*, 112, 376-387.
- Aghayi, N., & Raayatpanah, M. (2012). Theory of Robust Optimization in Overall Profit Efficiency with Data Uncertainty. *The Proceedings of the 10th International Conference on DEA*, Brazil.

- Aghayi, N., & Raayatpanah, M. A. (2019). A Robust Optimization Approach to Overall Profit Efficiency with Data Uncertainty: Application on Bank Industry. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 42(2), 160-168.
- Aghayi, N., Tavana, M., & Maleki, B. (2018). A Malmquist Productivity Index with the Directional Distance Function and Uncertain Data. *Scientia Iranica*, 26(6), 3819-3834.
- Aghayi, N., Tavana, M., & Raayatpanah, M. A. (2016). Robust Efficiency Measurement with Common Set of Weights under Varying Degrees of Conservatism and Data Uncertainty. *European Journal of Industrial Engineering*, 10(3), 385-405.
- Ahmadvand, S., & Pishvaei, M. S. (2018). An Efficient Method for Kidney Allocation Problem: A Credibility-Based Fuzzy Common Weights Data Envelopment Analysis Approach. *Health Care Management Science*, 21(4), 587-603.
- Alizadeh, A., & Omrani, H. (2019). An Integrated Multi Response Taguchi-Neural Network-Robust Data Envelopment Analysis Model for CO2 Laser Cutting. *Measurement*, 131, 69-78.
- Amini, M., Dabbagh, R., & Omrani, H. (2019). A Fuzzy Data Envelopment Analysis Based on Credibility Theory for Estimating Road Safety. *Decision Science Letters*, 8(3), 275-284.
- Amirkhan, M., Didekhani, H., Khalili-Damghani, K., & Hafezalkotob, A. (2018). Mixed Uncertainties in Data Envelopment Analysis: A Fuzzy-Robust Approach. *Expert Systems with Applications*, 103, 218-237.
- Arabmaldar, A., & Saljooghi, F. H. (2017). Data Envelopment Analysis under Correlated Uncertain Data. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 15(1), 509-518.
- Arabmaldar, A., Jablonsky, J., & Saljooghi, F. H. (2017). A New Robust DEA Model and Super-Efficiency Measure. *Optimization*, 66(5), 723-736.
- Ardekani, M. A., Hoseininasab, H., Khademizadeh, H., & Fakhrzad, M. (2016). A Robust Two-Stage Data Envelopment Analysis Model for Measuring Efficiency: Considering Iranian Electricity Power Production and Distribution Processes. *International Journal of Engineering-Transactions B: Applications*, 29(5), 646-653.
- Atıcı, K. B., & Gülpınar, N. (2016). Robust DEA Approaches to Performance Evaluation of Olive Oil Production Under Uncertainty. *Robustness Analysis in Decision Aiding, Optimization, and Analytics*, 299-318. Springer, Cham.

- Azadeh, A., & Kokabi, R. (2016). Z-Number DEA: A New Possibilistic DEA in the Context of Z-Numbers. *Advanced Engineering Informatics*, 30(3), 604-617.
- Azadi, M., Jafarian, M., Farzipoor Saen, R., & Mirhedayatian, S. M. (2015). A New Fuzzy DEA Model for Evaluation of Efficiency and Effectiveness of Suppliers in Sustainable Supply Chain Management Context. *Computers & Operations Research*, 54, 274-285.
- Bai-Qing, S., Yue, Q., & Shan, X. (2013). Improvement of Relational Two-Stage DEA Model under Fuzzy Chance Constraints. *The 20th International Conference on Management Science and Engineering*, 306-313. IEEE.
- Bairamzadeh, S., Saidi-Mehrabad, M., & Pishvae, M. S. (2018). Modelling Different Types of Uncertainty in Biofuel Supply Network Design and Planning: A Robust Optimization Approach. *Renewable Energy*, 116, 500-517.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Bayati, M. F., & Sadjadi, S. J. (2017). Robust Network Data Envelopment Analysis Approach to Evaluate the Efficiency of Regional Electricity Power Networks under Uncertainty. *PloS One*, 12(9), e0184103.
- Ben-Tal, A., & Nemirovski, A. (2000). Robust Solutions of Linear Programming Problems Contaminated with Uncertain Data. *Mathematical Programming*, 88(3), 411-424.
- Bertsimas, D., & Sim, M. (2004). The Price of Robustness. *Operations Research*, 52(1), 35-53.
- Charnes, A., & Cooper, W. W. (1959). Chance-Constrained Programming. *Management Science*, 6(1), 73-79.
- Charnes, A., & Cooper, W. W. (1962). Programming with Linear Fractional Functionals. *Naval Research Logistics Quarterly*, 9(3-4), 181-186.
- Charnes, A., Clark, C. T., Cooper, W. W., & Golany, B. (1985). A Development Study of Data Envelopment Analysis in Measuring the Effect of Maintenance Units in the US Air Force. *Annals of Operations Research*, 2, 95-112.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Golany, B., Seiford, L., & Stutz, J. (1985). Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions. *Journal of Econometrics*, 30(1-2), 91-107.

- Chen, Y., & Zhu, J. (2004). Measuring Information Technology's Indirect Impact on Firm Performance. *Information Technology and Management*, 5(1-2), 9-22.
- Chen, Y., Cook, W. D., Li, N., & Zhu, J. (2009). Additive Efficiency Decomposition in Two-Stage DEA. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 1170-1176.
- Dadashi, A., & Mirbaha, B. (2018). Prioritising Highway Safety Improvement Projects: A Robust Data Envelopment Analysis Approach. *The Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport*, 1-13. Thomas Telford Ltd.
- Dai, X., Liu, Y., & Qin, R. (2010). Modeling Fuzzy Data Envelopment Analysis with Expectation Criterion. *International Conference in Swarm Intelligence*, 9-16. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Despotis, D. K., & Smirlis, Y. G. (2002). Data Envelopment Analysis with Imprecise Data. *European Journal of Operational Research*, 140(1), 24-36.
- Dubois, D., & Prade, H. (1988). *Possibility Theory: An Approach to Computerized Processing of Uncertainty*, New York, Plenum.
- Ebrahimnejad, A., Nasseri, S. H., & Gholami, O. (2019). Fuzzy Stochastic Data Envelopment Analysis with Application to NATO Enlargement Problem. *RAIRO-Operations Research*, 53(2), 705-721.
- Ebrahimnejad, A., Tavana, M., Nasseri, S. H., & Gholami, O. (2019). A New Method for Solving Dual DEA Problems with Fuzzy Stochastic Data. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 18(01), 147-170.
- Ehrgott, M., Holder, A., & Nohadani, O. (2018). Uncertain Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 268(1), 231-242.
- Emrouznejad, A., & Yang, G. L. (2018). A Survey and Analysis of the First 40 Years of Scholarly Literature in DEA: 1978-2016, *Socio-Economic Planning Sciences*, 61(1): 4-8.
- Emrouznejad, A., Tavana, M., & Hatami-Marbini, A. (2014). The state of the art in fuzzy data envelopment analysis. *Performance Measurement with Fuzzy Data Envelopment Analysis*, 1-45. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Esfandiari, M., Hafezalkotob, A., Khalili-Damghani, K., & Amirkhan, M. (2017). Robust Two-Stage DEA Models under Discrete Uncertain Data. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 12(3), 216-224.

- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.
- Fasanghari, M., Amalnick, M. S., Anvari, R. T., & Razmi, J. (2015). A Novel Credibility-Based Group Decision Making Method for Enterprise Architecture Scenario Analysis Using Data Envelopment Analysis. *Applied Soft Computing*, 32, 347-368.
- Fasanghari, M., Amalnick, M. S., Razmi, J., & Anvari, R. T. (2014). A P-Robust Stochastic DEA Model for Enterprise Architecture Scenario Selection. *International Journal of Information & Communication Technology Research*, 6(4), 27-39.
- Fasanghari, M., Amalnick, M. S., Taghipour Anvari, R., & Razmi, J. (2013). A Robust Data Envelopment Analysis Method for Business and IT Alignment of Enterprise Architecture Scenarios. *Journal of Information Systems and Telecommunication*, 2(1), 97-111.
- Feng, X. Q., Meng, M. Q., & Liu, Y. K. (2015). Modeling Credibilistic Data Envelopment Analysis under Fuzzy Input and Output Data. *Journal of Uncertain Systems*, 9, 230-240.
- Foroughi, A., & Esfahani, M. (2012). A Robust AHP-DEA Method for Measuring the Relative Efficiency: An Application of Airport Industry. *Management Science Letters*, 2(1), 93-100.
- Gabrel, V., Murat, C., & Thiele, A. (2014). Recent Advances in Robust Optimization: An Overview. *European Journal of Operational Research*, 235(3), 471-483.
- Galagedera, D. U. (2019). Modelling Social Responsibility in Mutual Fund Performance Appraisal: A Two-Stage Data Envelopment Analysis Model with Non-Discretionary First Stage Output. *European Journal of Operational Research*, 273(1), 376-389.
- Galagedera, D. U., Fukuyama, H., Watson, J., & Tan, E. K. (2020). Do Mutual Fund Managers Earn Their Fees? New Measures for Performance Appraisal. *European Journal of Operational Research*, 287(2), 653-667.
- Galagedera, D. U., Roshdi, I., Fukuyama, H., & Zhu, J. (2018). A New Network DEA Model for Mutual Fund Performance Appraisal: An Application to US Equity Mutual Funds. *Omega*, 77, 168-179.
- Galagedera, D. U., Watson, J., Premachandra, I. M., & Chen, Y. (2016). Modeling Leakage in Two-Stage DEA Models: An Application to US Mutual Fund Families. *Omega*, 61, 62-77.
- Garcia, P. A. A., Schirru, R., & Frutuoso E Melo, P. F. (2005). A Fuzzy Data Envelopment Analysis Approach for FMEA. *Progress in Nuclear Energy*, 46(3-4), 359-373.

- Gharakhani, M., Kazemi, I., & Alizadeh Haji, H. (2011). A Robust DEA Model for Measuring the Relative Efficiency of Iranian High Schools. *Management Science Letters*, 1(3), 389-404.
- Gholizadeh, H., & Fazlollahtabar, H. (2019). Production Control Process Using Integrated Robust Data Envelopment Analysis and Fuzzy Neural Network. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 4(3), 580–590.
- Guo, P., Tanaka, H., & Inuiguchi, M. (2000). Self-Organizing Fuzzy Aggregation Models to Rank the Objects with Multiple Attributes. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 30(5), 573-580.
- Hafezalkotob, A., Banihashemi, M. H. S., Rezaee, E. A., & Tavakoli, H. (2014). Robust Approach to DEA Technique for Supplier Selection Problem: A Case Study at Supplying Automotive Parts Company (SAPCO). *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 7(1), 56-79.
- Hafezalkotob, A., Haji Sami, E., & Omrani, H. (2015). Robust DEA under Discrete Uncertain Data: A Case Study of Iranian Electricity Distribution Companies. *Journal of Industrial Engineering International*, 11(2), 199-208.
- Haji Sami, E., Ebrahimi Khameneh, M., Rezaeisaray, M., & Esmaeili, S. (2015). Robust DEA under Discrete Uncertain Data: An Application for Iranian Hospital Emergency Departments. *The 8th International Conference of Iranian Operations Research Society*, Iran.
- Hatami-Marbini, A., Arabmaldar, A. (2019). Performance Evaluation in Education under Uncertainty: A Robust Optimization Approach. *The 30th Anniversary of the European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis*, United Kingdom.
- Hatami-Marbini, A., Emrouznejad, A., & Tavana, M. (2011). A Taxonomy and Review of the Fuzzy Data Envelopment Analysis Literature: Two Decades in the Making. *European Journal of Operational Research*, 214(3), 457-472.
- Hossainzadeh Lotfi, F., Jahanshahloo, G. R., Khodabakhshi, M., & Moradi, F. (2011). A Fuzzy Chance Constraint Multi Objective Programming Method in Data Envelopment Analysis. *African Journal of Business Management*, 5(33), 12873.
- Hosseinzadeh Lotfi, F., Ebrahimnejad, A., Vaez-Ghasemi, M., & Moghaddas, Z. (2020). Fuzzy Data Envelopment Analysis Models with R Codes. *Data Envelopment Analysis with R*, 163-236. Springer, Cham.

- Hsieh, H. P., Tebourbi, I., Lu, W. M., & Liu, N. Y. (2020). Mutual Fund Performance: The Decision Quality and Capital Magnet Efficiencies. *Managerial and Decision Economics*, 41(5), 861-872.
- Izadikhah, M., & Khoshroo, A. (2018). Energy Management in Crop Production Using a Novel Fuzzy Data Envelopment Analysis Model. *RAIRO-Operations Research*, 52(2), 595-617.
- Jalali Naini, S. G., & Nouralizadeh, H. R. (2012). A Two-Stage DEA to Analyze the Effect of Entrance Deregulation on Iranian Insurers: A Robust Approach. *Mathematical Problems in Engineering*, 423524.
- Ji, A. B., Chen, H., Qiao, Y., & Pang, J. (2019). Data Envelopment Analysis with Interactive Fuzzy Variables. *Journal of the Operational Research Society*, 70(9), 1502-1510.
- Ji, A. B., Qiao, Y., & Liu, C. (2019). Fuzzy DEA-Based Classifier and Its Applications in Healthcare Management. *Health Care Management Science*, 22(3), 560-568.
- Jiang, N., & Yang, Y. (2007). A Fuzzy Chance-Constrained DEA Model Based on Cr Measure. *International Journal of Business and Management*, 2(2), 17-21.
- Joro, T., & Korhonen, P. (2015). *Extension of Data Envelopment Analysis with Preference Information*. Springer, Boston, MA.
- Kalantary, Z., & Azar, A. (2014). A Robust Data Envelopment Analysis Model for Ranking: A Case of Hospitals of Tehran. Data Envelopment Analysis and Performance Measurement: *The Proceedings of the 11th International Conference of DEA*. Turkey.
- Kanani, K. (2014). How Energy Efficiency of Iranian Oil Refining Firms Change in Time: An Empirical Test Based on RSDEA and FSDEA Models Together with Sensitivity Analysis. *Journal of Contemporary Management Sciences*, 3(1), 46-60.
- Kao, C. (2014). Network Data Envelopment Analysis: A Review. *European Journal of Operational Research*, 239(1), 1-16.
- Kao, C. (2017). Network Data Envelopment Analysis. *International Series in Operations Research & Management Science*. Springer, Cham.
- Kao, C., & Hwang, S. N. (2008). Efficiency Decomposition in Two-Stage Data Envelopment Analysis: An Application to Non-Life Insurance Companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, 185(1), 418-429.

- Kaviani, M. A., & Abbasi, M. (2015). A Robust Data Envelopment Analysis Method with Bounded Data for Ranking Operations Strategies. *International Journal of Strategic Decision Sciences*, 6(3), 49-64.
- Ketsarapong, S., & Punyangarm, V. (2010). An Application of Fuzzy Data Envelopment Analytical Hierarchy Process for Reducing Defects in the Production of Liquid Medicine. *Industrial Engineering and Management Systems*, 9(3), 251-261.
- Khaki, A. R., Sadjadi, S. J., Gharakhani, M., & Rashidi, S. (2012). Data Envelopment Analysis under Uncertainty: A Case Study from Public Healthcare. *African Journal of Business Management*, 6(24), 7096-7105.
- Khamseh, A., & Zahmatkesh, D. (2015). Supply Chain Performance Evaluation using Robust Data Envelopment Analysis. *Uncertain Supply Chain Management*, 3(3), 311-320.
- Kheirollahi, H. (2014). Fuzzy Stochastic Congestion Model for Data Envelopment Analysis. *The 6th National Conference on Data Envelopment Analysis*, Iran.
- Kheirollahi, H., Hessari, P., Charles, V., & Chawshini, R. (2017). An Input Relaxation Model for Evaluating Congestion in Fuzzy DEA. *Croatian Operational Research Review*, 8(2), 391-408.
- Khodabakhshi, M., Gholami, Y., & Kheirollahi, H. (2010). An Additive Model Approach for Estimating Returns to Scale in Imprecise Data Envelopment Analysis. *Applied Mathematical Modelling*, 34(5), 1247-1257.
- Khodabakhshi, M., & Kheirollahi, H. (2010). An Input Relaxation Measure of Congestion in Fuzzy Data Envelopment Analysis: A Possibility Approach. *The 4th International Conference of Fuzzy Information & Engineering*, Iran.
- Kumar, V., Singh, V. B., Garg, A., & Kumar, G. (2018). Selection of Optimal Software Reliability Growth Models: A Fuzzy DEA Ranking Approach. *Quality, IT and Business Operations*, 347-357. Springer, Singapore.
- Lee, Y., & Prabhu, V. (2019). Evaluation and Monitoring of Community Youth Prevention Programs Using a Robust Productivity Index. *Socio-Economic Planning Sciences*, 68, 100626.
- Lertworasirikul, S. (2002). *Fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA)*. Ph.D. Dissertation, Department of Industrial Engineering, North Carolina State University.

- Lertworasirikul, S., Fang, S. C., Joines, J. A., & Nuttle, H. L.W. (2002). A Possibility Approach to Fuzzy Data Envelopment Analysis. *Joint Conference on Information Sciences*, 6, 176-179.
- Lertworasirikul, S., Fang, S. C., Joines, J. A., & Nuttle, H. L.W. (2003). Fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA): A Possibility Approach. *Fuzzy sets and Systems*, 139(2), 379-394.
- Lertworasirikul, S., Fang, S. C., Nuttle, H. L. W., & Joines, J. A. (2002). Fuzzy Data Envelopment Analysis. *The 9th Bellman Continuum*, 342, Beijing
- Lertworasirikul, S., Fang, S. C., Nuttle, H. L. W., & Joines, J. A. (2003). Fuzzy BCC Model for Data Envelopment Analysis. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 2(4), 337-358.
- Liang, L., Cook, W. D., & Zhu, J. (2008). DEA Models for Two-Stage Processes: Game Approach and Efficiency Decomposition. *Naval Research Logistics*, 55(7), 643-653.
- Lin, H. T. (2010). Personnel Selection Using Analytic Network Process and Fuzzy Data Envelopment Analysis Approaches. *Computers & Industrial Engineering*, 59(4), 937-944.
- Liu, J. S., Lu, L. Y., & Lu, W. M. (2016). Research Fronts in Data Envelopment Analysis. *Omega*, 58, 33-45.
- Liu, J. S., Lu, L. Y., Lu, W. M., & Lin, B. J. (2013). A Survey of DEA Applications. *Omega*, 41(5), 893-902.
- Lu, C. C. (2015). Robust Data Envelopment Analysis Approaches for Evaluating Algorithmic Performance. *Computers & Industrial Engineering*, 81, 78-89.
- Lu, C., Tao, J., An, Q., & Lai, X. (2019). A Second-Order Cone Programming Based Robust Data Envelopment Analysis Model for the New-Energy Vehicle Industry. *Annals of Operations Research*, 292, 321–339.
- Mahla, D., & Agarwal, S. (2020). A Credibility Approach on Fuzzy Slacks Based Measure (SBM) DEA Model. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 18(3), 39-49.
- Manavizadeh, N., Hamed Farrokhi-Asl, H., & Rabbani, M. (2017). Robust Data Envelopment Analysis with Uncertain Date: An Analysis to Measure Hotel Efficiency in Crete. *International Journal of Data Envelopment Analysis*, 5(1), 1139-1146.
- Mardani Najafabadi, M., & Taki, M. (2020). Robust Data Envelopment Analysis with Monte Carlo Simulation Model for Optimization the Energy Consumption in Agriculture. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1-15.

- Mardani, M., & Salarpour, M. (2015). Measuring Technical Efficiency of Potato Production in Iran Using Robust Data Envelopment Analysis. *Information Processing in Agriculture*, 2(1), 6-14.
- Mehrara, B., & Behzadi, M. H. (2019). Chance-Constrained Random Fuzzy CCR Model in Presence of Skew-Normal Distribution. *Soft Computing*, 23(4), 1297-1308.
- Meng, M. (2014). A Hybrid Particle Swarm Optimization Algorithm for Satisficing Data Envelopment Analysis under Fuzzy Chance Constraints. *Expert Systems with Applications*, 41(4), 2074-2082.
- Meng, M., & Liu, Y. (2007). Fuzzy Data Envelopment Analysis with Credibility Constraints. *The 4th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 149-153. IEEE.
- Meng, M., Yuan, G., & Huang, J. (2011). Satisficing Data Envelopment Analysis Model with Credibility Constraints. *The 8th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 703-707. IEEE.
- Mensah, E. K. (2019). *Robust Optimization in Data Envelopment Analysis: Extended Theory and Applications*. Doctoral Dissertation, Università Degli Studi Dell'Insubria.
- Mensah, E. K. (2020). Robust Data Envelopment Analysis via Ellipsoidal Uncertainty Sets with Application to the Italian Banking Industry. *Decisions in Economics and Finance*, 43(2), 491-518.
- Mohammadi, S., Tarokh, M. J., & Mohammdi, E. (2017). Robust Optimization and Confidence Interval DEA for Efficiency Evaluation with Intervals Case Study: Evaluating CRM Units in a Call Center in Tehran. *International Journal of Data Envelopment Analysis*, 5(1), 1155-1166.
- Mulvey, J. M., Vanderbei, R. J., & Zenios, S. A. (1995). Robust Optimization of Large-Scale Systems. *Operations Research*, 43(2), 264-281.
- Nasseri, S. H., & Khatir, M. A. (2019). Fuzzy Stochastic Undesirable Two-Stage Data Envelopment Analysis Models with Application to Banking Industry. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37(5), 7047-7057.
- Nasseri, S. H., Ebrahimnejad, A., & Gholami, O. (2016). Fuzzy Stochastic Input-Oriented Primal Data Envelopment Analysis Models with Application to Insurance Industry. *International Journal of Applied Decision Sciences*, 9(3), 259-282.

- Nasseri, S. H., Ebrahimnejad, A., & Gholami, O. (2018). Fuzzy Stochastic Data Envelopment Analysis with Undesirable Outputs and Its Application to Banking Industry. *International Journal of Fuzzy Systems*, 20(2), 534-548.
- Nedeljković, R. R., & Drenovac, D. (2008). Fuzzy Data Envelopment Analysis Application in Postal Traffic. *PosTel*, 47-56, Belgrade.
- Nedeljković, R. R., & Drenovac, D. (2012). Efficiency Measurement of Delivery Post Offices Using Fuzzy Data Envelopment Analysis (Possibility Approach). *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 2(1), 22-29.
- Nikfarjam, H., Rostamy-Malkhalifeh, M., & Noura, A. (2018). A New Robust Dynamic Data Envelopment Analysis Approach for Sustainable Supplier Evaluation. *Advances in Operations Research*, 7625025.
- Nosrat, A., Sanei, M., Payan, A., Hosseinzadeh Lotfi, F., & Razavyan, S. (2019). Using Credibility Theory to Evaluate the Fuzzy Two-Stage DEA; Sensitivity and Stability Analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37(4), 5777-5796.
- Olesen, O. B., & Petersen, N. C. (2016). Stochastic Data Envelopment Analysis - A Review. *European Journal of Operational Research*, 251(1), 2-21.
- Omrani, H. (2013). Common Weights Data Envelopment Analysis with Uncertain Data: A Robust Optimization Approach. *Computers & Industrial Engineering*, 66(4), 1163-1170.
- Omrani, H. (2013). Robust Data Envelopment Analysis Model with Fuzzy Perturbation in Inputs and Outputs. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 15(4), 426-442.
- Omrani, H., & Bozorgi-Amiri, A. (2017). Estimation of Efficiency Scores with Perturbation in Data: An Application for Provincial Gas Companies in Iran. *International Journal of Operational Research*, 28(2), 229-244.
- Omrani, H., Adabi, F., & Adabi, N. (2017). Designing an Efficient Supply Chain Network with Uncertain Data: A Robust Optimization—Data Envelopment Analysis Approach. *Journal of the Operational Research Society*, 68(7), 816-828.
- Paryab, K., Shiraz, R. K., Jalalzadeh, L., & Fukuyama, H. (2014). Imprecise Data Envelopment Analysis Model with Bifuzzy Variables. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 27(1), 37-48.

- Paryab, K., Tavana, M., & Shiraz, R. K. (2015). Convex and Non-Convex Approaches for Cost Efficiency Models with Fuzzy Data. *International Journal of Data Mining, Modelling and Management*, 7(3), 213-238.
- Payan, A. (2015). Common Set of Weights Approach in Fuzzy DEA with an Application. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 29(1), 187-194.
- Payan, A., & Shariff, M. (2013). Scrutiny Malmquist Productivity Index on Fuzzy Data by Credibility Theory with an Application to Social Security Organizations. *Journal of Uncertain Systems*, 7(1), 36-49.
- Peykani, P., & Mohammadi, E. (2018). Fuzzy Network Data Envelopment Analysis: A Possibility Approach. *The 3th International Conference on Intelligent Decision Science*, Iran.
- Peykani, P., & Mohammadi, E. (2018). Robust Data Envelopment Analysis with Hybrid Uncertainty Approaches and its Applications in Stock Performance Measurement. *The 14th International Conference on Industrial Engineering*, Iran.
- Peykani, P., Mohammadi, E., & Seyed Esmaeili, F. S. (2019). Stock Evaluation under Mixed Uncertainties Using Robust DEA Model. *Journal of Quality Engineering and Production Optimization*, 4(1), 73-84.
- Peykani, P., Mohammadi, E., Emrouznejad, A., Pishvaei, M. S., & Rostamy-Malkhalifeh, M. (2019). Fuzzy Data Envelopment Analysis: An Adjustable Approach. *Expert Systems with Applications*, 136, 439-452.
- Peykani, P., Mohammadi, E., Farzipoor Saen, R., Sadjadi, S. J., & Rostamy-Malkhalifeh, M. (2020). Data Envelopment Analysis and Robust Optimization: A Review. *Expert Systems*, 37(4), e12534.
- Peykani, P., Mohammadi, E., Jabbarzadeh, A., & Jandaghian, A. (2016). Utilizing Robust Data Envelopment Analysis Model for Measuring Efficiency of Stock, A Case Study: Tehran Stock Exchange. *Journal of New Researches in Mathematics*, 1(4), 15-24.
- Peykani, P., Mohammadi, E., Jabbarzadeh, A., Rostamy-Malkhalifeh, M., & Pishvaei, M. S. (2020). A Novel Two-Phase Robust Portfolio Selection and Optimization Approach under Uncertainty: A Case Study of Tehran Stock Exchange. *Plos One*, 15(10), e0239810.
- Peykani, P., Mohammadi, E., Pishvaei, M. S., Rostamy-Malkhalifeh, M., & Jabbarzadeh, A. (2018). A Novel Fuzzy Data Envelopment Analysis Based on Robust Possibilistic

- Programming: Possibility, Necessity and Credibility-Based Approaches. *RAIRO-Operations Research*, 52(4-5), 1445-1463.
- Peykani, P., Mohammadi, E., Rostamy-Malkhalifeh, M., & Hosseinzadeh Lotfi, F. (2019). Fuzzy Data Envelopment Analysis Approach for Ranking of Stocks with an Application to Tehran Stock Exchange. *Advances in Mathematical Finance and Applications*, 4(1), 31-43.
- Peykani, P., Mohammadi, E., Sadjadi, S. J., & Rostamy-Malkhalifeh, M. (2018). A Robust Variant of Radial Measure for Performance Assessment of Stock. *The 3rd International Conference on Intelligent Decision Science*, Iran.
- Peykani, P., Seyed Esmaeili, F. S., Hossainzadeh Lotfi, F., & Rostamy-Malkhalifeh, M. (2019). Estimating Most Productive Scale Size in DEA under Uncertainty. *The 11th National Conference on Data Envelopment Analysis*, Iran.
- Peykani, P., Seyed Esmaeili, F. S., Rostamy-Malkhalifeh, M., & Hosseinzadeh Lotfi, F. (2018). Measuring Productivity Changes of Hospitals in Tehran: The Fuzzy Malmquist Productivity Index. *International Journal of Hospital Research*, 7(3), 1-17.
- Peykani, P., Seyed Esmaeili, F.S, Rostamy-Malkhalifeh, M, Hosseinzadeh Lotfi, F, & Tehrani, R. (2019). Fuzzy Range Directional Measure: The Pessimistic Approach, *The 11th National Conference on Data Envelopment Analysis*, Iran.
- Pishvae, M. S., & Khalaf, M. F. (2016). Novel Robust Fuzzy Mathematical Programming Methods. *Applied Mathematical Modelling*, 40(1), 407-418.
- Pishvae, M. S., Razmi, J., & Torabi, S. A. (2012). Robust Possibilistic Programming for Socially Responsible Supply Chain Network Design: A New Approach. *Fuzzy Sets and Systems*, 206, 1-20.
- Premachandra, I. M., Zhu, J., Watson, J., & Galagedera, D. U. (2012). Best-Performing US Mutual Fund Families from 1993 to 2008: Evidence from a Novel Two-Stage DEA Model for Efficiency Decomposition. *Journal of Banking & Finance*, 36(12), 3302-3317.
- Premachandra, I. M., Zhu, J., Watson, J., & Galagedera, D. U. (2016). Mutual Fund Industry Performance: A Network Data Envelopment Analysis Approach. *Data Envelopment Analysis*, 165-228. Springer, Boston, MA.
- Punyangarm, V. (2010). Possibility Approach for Solve the Data Envelopment Analytical Hierarchy Process (DEAHP) with Fuzzy Judgment Scales. *The Conference Proceedings*.

- Punyangarm, V., Yanpirat, P., Charnsethikul, P., & Lertworasirikul, S. (2008). A Case of Constant Returns to Scale in Fuzzy Stochastic Data Envelopment Analysis: Chance-Constrained Programming and Possibility Approach. *Thailand Statistician*, 6(1), 75-90.
- Punyangarm, V., Yanpirat, P., Charnsethikul, P., & Lertworasirikul, S. (2006). A Credibility Approach for Fuzzy Stochastic Data Envelopment Analysis (FSDEA). *The 7th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference*, Thailand.
- Qin, R., & Liu, Y. K. (2008). A Credibility Method to Fuzzy Generalized Data Envelopment Analysis. *International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 1052-1058, IEEE.
- Qin, R., Liu, Y., & Liu, Z. Q. (2011). Modeling Fuzzy Data Envelopment Analysis by Parametric Programming Method. *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8648-8663.
- Qin, R., Liu, Y., Liu, Z., & Wang, G. (2009). Modeling Fuzzy DEA with Type-2 Fuzzy Variable Coefficients. *International Symposium on Neural Networks*, 25-34. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Rabbani, M., Farrokhi-Asl, H., & Manavizadeh, N. (2017). Using Robust-DEA Optimization Approach to Analyze Performance and Efficiency of a Mine in North of Iran. *Management Science Letters*, 7(2), 97-110.
- Rabbani, M., Heidari, N., & Farrokhi-Asl, H. (2016). A Bootstrap Interval Robust Data Envelopment Analysis for Estimate Efficiency and Ranking Hospitals. *Journal of Industrial Engineering and Management Studies*, 3(2), 107-122.
- Ramezanzadeh, S., Memariani, M., & Saati, S. (2005). Data Envelopment Analysis with Fuzzy Random Inputs and Outputs: A Chance-Constrained Programming Approach. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 2(2), 21-29.
- Roghaee, N., Mohammadi, E., & Varzgani, N. (2020). Performance Evaluation and Ranking of Electricity Companies Using Fuzzy Network Data Envelopment Analysis: A Case Study of Iranian Regional Electricity Organisations. *International Journal of Management and Decision Making*, 19(4), 450-472.
- Roghanian, E., & Foroughi, A. (2010). An Empirical Study of Iranian Regional Airports Using Robust Data Envelopment Analysis. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 1(1), 65-72.

- Rostamy-Malkhalifeh, M., Sahmani, M. A., Ziaee, K., & Rahgoza, N. (2019). Robust Data Envelopment Analysis Approach for Performance Appraisal of Bank Customers in Private Banking; A Case Study of Refah K. Bank. *The 17th International Conference on Data Envelopment Analysis*, Canada.
- Ruiz, J. L., & Sirvent, I. (2017). Fuzzy Cross-Efficiency Evaluation: A Possibility Approach. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 16(1), 111-126.
- Sabouhi, F., Pishvaei, M. S., & Jabalameli, M. S. (2018). Resilient Supply Chain Design under Operational and Disruption Risks Considering Quantity Discount: A Case Study of Pharmaceutical Supply Chain. *Computers & Industrial Engineering*, 126, 657-672.
- Sabouhi, M., & Mardani, M. (2017). Linear Robust Data Envelopment Analysis: CCR Model with Uncertain Data. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 22(2), 262-280.
- Sadjadi, S. J., & Omrani, H. (2008). Data Envelopment Analysis with Uncertain Data: An Application for Iranian Electricity Distribution Companies. *Energy Policy*, 36(11), 4247-4254.
- Sadjadi, S. J., & Omrani, H. (2010). A Bootstrapped Robust Data Envelopment Analysis Model for Efficiency Estimating of Telecommunication Companies in Iran. *Telecommunications Policy*, 34(4), 221-232.
- Sadjadi, S. J., Omrani, H., Abdollahzadeh, S., Alinaghian, M., & Mohammadi, H. (2011). A Robust Super-Efficiency Data Envelopment Analysis Model for Ranking of Provincial Gas Companies in Iran. *Expert Systems with Applications*, 38(9), 10875-10881.
- Sadjadi, S. J., Omrani, H., Makui, A., & Shahanaghi, K. (2011). An Interactive Robust Data Envelopment Analysis Model for Determining Alternative Targets in Iranian Electricity Distribution Companies. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9830-9839.
- Salahi, M., Toloo, M., & Hesabirad, Z. (2019). Robust Russell and Enhanced Russell Measures in DEA. *Journal of the Operational Research Society*, 70(8), 1275–1283.
- Salahi, M., Toloo, M., & Torabi, N. (2020). A New Robust Optimization Approach to Common Weights Formulation in DEA. *Journal of the Operational Research Society*, 1-13.
- Salahi, M., Torabi, N., & Amiri, A. (2016). An Optimistic Robust Optimization Approach to Common Set of Weights in DEA. *Measurement*, 93, 67-73.

- Sánchez-González, C., Sarto, J. L., & Vicente, L. (2017). The Efficiency of Mutual Fund Companies: Evidence from an Innovative Network SBM Approach. *Omega*, 71, 114-128.
- Seiford, L. M., & Zhu, J. (1999). Profitability and Marketability of the Top 55 US Commercial Banks. *Management Science*, 45(9), 1270-1288.
- Seyed Esmaeili, F. S., Rostamy-Malkhalifeh, M., & Hosseinzadeh Lotfi, F. (2019). The Possibilistic Malmquist Productivity Index with Fuzzy Data. *The 11th National Conference on Data Envelopment Analysis*, Iran.
- Shabanpour, H., Yousefi, S., & Farzipoor Saen, R. (2017). Future Planning for Benchmarking and Ranking Sustainable Suppliers Using Goal Programming and Robust Double Frontiers DEA. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 50, 129-143.
- Shakouri, R., Salahi, M., & Kordrostami, S. (2019). Stochastic P-Robust Approach to Two-Stage Network DEA Model. *Quantitative Finance and Economics*, 3(2), 315.
- Shakouri, R., Salahi, M., & Kordrostami, S. (2020). Stochastic P-Robust DEA Efficiency Scores Approach to Banking Sector. *Journal of Modelling in Management*, 15(3), 893-917.
- Shiraz, R. K., Charles, V., & Jalalzadeh, L. (2014). Fuzzy Rough DEA Model: A Possibility and Expected Value Approaches. *Expert Systems with Applications*, 41(2), 434-444.
- Shiraz, R. K., Tavana, M., & Fukuyama, H. (2020). A Random-Fuzzy Portfolio Selection DEA Model Using Value-at-Risk and Conditional Value-at-Risk. *Soft Computing*, 24, 17167–17186.
- Shiraz, R. K., Tavana, M., & Paryab, K. (2014). Fuzzy Free Disposal Hull Models under Possibility and Credibility Measures. *International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies*, 6(3), 286-306.
- Shokouhi, A. H., & Shahriari, H. (2014). An Integrated Model with Conservative Levels to Evaluate the DMUs Efficiencies for Uncertain Data. *Iranian Journal of Operations Research*, 5(1), 29-46.
- Shokouhi, A. H., Hatami-Marbini, A., Tavana, M., & Saati, S. (2010). A Robust Optimization Approach for Imprecise Data Envelopment Analysis. *Computers & Industrial Engineering*, 59(3), 387-397.
- Shokouhi, A. H., Shahriari, H., Agrell, P. J., & Hatami-Marbini, A. (2014). Consistent and Robust Ranking in Imprecise Data Envelopment Analysis under Perturbations of Random Subsets of Data. *OR Spectrum*, 36(1), 133-160.

- Snyder, L. V., & Daskin, M. S. (2006). Stochastic P-Robust Location Problems. *IIE Transactions*, 38(11), 971-985.
- Soltani, A., Alam Tabriz, A., Sanei, M., & Najafi Trojeni, I. (2017). Evaluation of the Suggestions System Performance Using Robust DEA Model: The Case of National Iranian Gas Company. *International Journal of Engineering Business Management*, 9, 1–12.
- Soyster, A. L. (1973). Convex Programming with Set-Inclusive Constraints and Applications to Inexact Linear Programming. *Operations Research*, 21(5), 1154-1157.
- Tavana, M., Shiraz, R. K., Hatami-Marbini, A., Agrell, P. J., & Paryab, K. (2012). Fuzzy Stochastic Data Envelopment Analysis with Application to Base Realignment and Closure (BRAC). *Expert Systems with Applications*, 39(15), 12247-12259.
- Tavana, M., Shiraz, R. K., Hatami-Marbini, A., Agrell, P. J., & Paryab, K. (2013). Chance-Constrained DEA Models with Random Fuzzy Inputs and Outputs. *Knowledge-Based Systems*, 52, 32-52.
- Tavana, M., Toloo, M., Aghayi, N., & Arabmaldar, A. (2020). A Robust Cross-Efficiency Data Envelopment Analysis Model with Undesirable Outputs. *Expert Systems with Applications*, 167, 114117.
- Tlig, H., & Ben Hamed, A. (2017). Assessing the Efficiency of Commercial Tunisian Banks Using Fuzzy Data Envelopment Analysis. *Journal of Data Envelopment Analysis and Decision Science*, 2017(2), 14-27.
- Toloo, M., & Mensah, E. K. (2019). Robust Optimization with Nonnegative Decision Variables: A DEA Approach. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 313-325.
- Tsolas, I. E. (2020). Precious Metal Mutual Fund Performance Evaluation: A Series Two-Stage DEA Modeling Approach. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(5), 87.
- Wang, H., Dong, M., & Wang, L. (2020). A New Fuzzy DEA Model for Green Supplier Evaluation Considering Undesirable Outputs. *International Conference on System Science and Engineering*, IEEE.
- Wang, K., & Wei, F. (2010). Robust Data Envelopment Analysis Based MCDM with the Consideration of Uncertain Data. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 21(6), 981-989.

- Wardana, R. W., Masudin, I., & Restuputri, D. P. (2020). A Novel Group Decision-Making Method by P-Robust Fuzzy DEA Credibility Constraint for Welding Process Selection. *Cogent Engineering*, 7(1), 1728057.
- Wardana, R. W., Warinsiriruk, E., & Joy-A-Ka, S. (2018). Welding Process Selection for Storage Tank by Integrated Data Envelopment Analysis and Fuzzy Credibility Constrained Programming Approach. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 12(10), 986-990.
- Wardana, R. W., Warinsiriruk, E., & Joy-A-Ka, S. (2019). Selection of Welding Process for Repairing Shredder Hammer by Integrated Data Envelopment Analysis (DEA) and P-robust Technique. *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences.
- Wen, M. (2015). Fuzzy DEA. *Uncertain Data Envelopment Analysis*, 83-116. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Wen, M., & Li, H. (2009). Fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA): Model and Ranking Method. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 223(2), 872-878.
- Wen, M., & You, C., (2007). A Fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA) Model with Credibility Measure. *Technical Report*.
- Wen, M., Guo, L., & Kang, R. (2013). A New Ranking Method to Fuzzy Data Envelopment Analysis Using Hurwicz Criterion. *Information*, 16(2), 847-853.
- Wen, M., Qin, Z., & Kang, R. (2011). Sensitivity and Stability Analysis in Fuzzy Data Envelopment Analysis. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 10(1), 1-10.
- Wen, M., You, C., & Kang, R. (2010). A New Ranking Method to Fuzzy Data Envelopment Analysis. *Computers & Mathematics with Applications*, 59(11), 3398-3404.
- Wen, M., Zhou, D., & Lv, C. (2011). A Fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA) Model with Credibility Measure. *Information-An International Interdisciplinary Journal*, 14(6), 1947-1958.
- Wu, D. D., Yang, Z., & Liang, L. (2006). Efficiency Analysis of Cross-Region Bank Branches Using Fuzzy Data Envelopment Analysis. *Applied Mathematics and Computation*, 181(1), 271-281.
- Wu, D., & Wu, D. D. (2018). Risk-Based Robust Evaluation of Hospital Efficiency. *IEEE Systems Journal*, (99), 1-9.

- Wu, D., Ding, W., Koubaa, A., Chaala, A., & Luo, C. (2017). Robust DEA to Assess the Reliability of Methyl Methacrylate-Hardened Hybrid Poplar Wood. *Annals of Operations Research*, 248(1-2), 515-529.
- Xu, J., & Zhou, X. (2011). *Fuzzy-Like Multiple Objective Decision Making*. Berlin: Springer.
- Xu, J., & Zhou, X. (2013). Approximation based Fuzzy Multi-Objective Models with Expected Objectives and Chance Constraints: Application to Earth-Rock Work Allocation. *Information Sciences*, 238, 75-95.
- Yadav, R., Malhotra, A. V., & Mishra, A. (2020). Emerging Application of Robust Data Envelopment Analysis for Optimization of Graft Copolymerization of Poly (2-Hydroxyethyl Methacrylate) to Tamarindus Indica Seed Polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 3858-3863.
- Yaghoubi, A., Amiri, M., & Safi Samghabadi, A. (2016). A New Dynamic Random Fuzzy DEA Model to Predict Performance of Decision Making Units. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 9(20), 75-90.
- Yousefi, S., Alizadeh, A., Hayati, J., & Bagheri, M. (2018). HSE Risk Prioritization Using Robust DEA-FMEA Approach with Undesirable Outputs: A Study of Automotive Parts Industry in Iran. *Safety Science*, 102, 144-158.
- Yousefi, S., Shabanpour, H., Fisher, R., & Farzipoor Saen, R. (2016). Evaluating and Ranking Sustainable Suppliers by Robust Dynamic Data Envelopment Analysis. *Measurement*, 83, 72-85.
- Yousefi, S., Soltani, R., Bonyadi Naeini, A., & Farzipoor Saen, R. (2019). A Robust Hybrid Artificial Neural Network Double Frontier Data Envelopment Analysis Approach for Assessing Sustainability of Power Plants under Uncertainty. *Expert Systems*, 36(5), 1-14.
- Yousefi, S., Soltani, R., Farzipoor Saen, R., & Pishvaei, M. S. (2017). A Robust Fuzzy Possibilistic Programming for a New Network GP-DEA Model to Evaluate Sustainable Supply Chains. *Journal of Cleaner Production*, 166, 537-549.
- Yu, C. S., & Li, H. L. (2000). A Robust Optimization Model for Stochastic Logistic Problems. *International Journal of Production Economics*, 64(1-3), 385-397.
- Zadeh, L. A. (1978). Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, 1(1), 3-28.

- Zahedi-Seresht, M., Jahanshahloo, G. R., & Jablonsky, J. (2017). A Robust Data Envelopment Analysis Model with Different Scenarios. *Applied Mathematical Modelling*, 52, 306-319.
- Zerafat Angiz, M., Mustafa, A., Ghadiri, M., & Tajaddini, A. (2015). Relationship Between Efficiency in the Traditional Data Envelopment Analysis and Possibility Sets. *Computers & Industrial Engineering*, 81, 140-146.
- Zhao, X., & Yue, W. (2012). A Multi-Subsystem Fuzzy DEA Model with Its Application in Mutual Funds Management Companies' Competence Evaluation. *Procedia Computer Science*, 1(1), 2469-2478.
- Zhou, X., Luo, R., Lev, B., & Tu, Y. (2017). Two-Stage Fuzzy DEA Models with Undesirable Outputs for Banking System. *International Conference on Management Science and Engineering Management*, 1604-1615. Springer, Cham.
- Zhou, X., Pedrycz, W., Kuang, Y., & Zhang, Z. (2016). Type-2 Fuzzy Multi-Objective DEA Model: An Application to Sustainable Supplier Evaluation. *Applied Soft Computing*, 46, 424-440.
- Zhou, X., Xu, Z., Yao, L., Tu, Y., Lev, B., & Pedrycz, W. (2018). A Novel Data Envelopment Analysis Model for Evaluating Industrial Production and Environmental Management System. *Journal of Cleaner Production*, 170, 773-788.
- Zuojun, P., Yuhong, C., & Lei, S. (2011). Applied Research on Improved Fuzzy Chance-Constrained Model in Engineering Project Comparison and Selection. *Procedia Engineering*, 12, 184-190.

فهرست واژگان و اصطلاحات موجود در تحقیق

Intermediate Measure	اندازه میانی
Returns to Scale	بازده به مقیاس
Constant Returns to Scale	بازده به مقیاس ثابت
Variable Returns to Scale	بازده به مقیاس متغیر
Interval Programming	برنامه ریزی بازه ای
Fuzzy Mathematical Programming	برنامه ریزی ریاضی فازی
Robust Optimization	بهینه سازی استوار
Stochastic Optimization	بهینه سازی تصادفی
Window Analysis	تحلیل پنجره ای
Data Envelopment Analysis	تحلیل پوششی داده ها
Network Data Envelopment Analysis	تحلیل پوششی داده های شبکه ای
Network Structure	ساختار شبکه ای
Output	خروجی
Panel Data	داده های پانل
Financial Data	داده های مالی
Ranking	رتبه بندی
Classification	طبقه بندی
Uncertainty	عدم قطعیت
Efficiency	کارایی
Possibility Production Set	مجموعه امکان تولید
Efficiency Frontier	مرز کارا
Decision Making Units	واحدهای تصمیم گیرنده
Input	ورودی

فهرست علائم و اختصار های موجود در تحقیق

ADD	Additive
AEDA	Additive Efficiency Decomposition Approach
AHP	Analytical Hierarchy Process
BC	Book Chapter
BCC	Banker & Charnes & Cooper
BDEA	Bootstrap Data Envelopment Analysis
BNROA	Ben-Tal & Nemirovski Robust Optimization Approach
BSROA	Bertsimas & Sim Robust Optimization Approach
CCR	Charnes & Cooper & Rhodes
CDEA	Congestion Data Envelopment Analysis
COEDEA	Cost Efficiency Data Envelopment Analysis
CP	Conference Paper
CR	Credibility
CREDEA	Cross Efficiency Data Envelopment Analysis
CRS	Constant Returns to Scale
CSWDEA	Common Set of Weights Data Envelopment Analysis
DDEA	Dynamic Data Envelopment Analysis
DDF	Directional Distance Function
DEA	Data Envelopment Analysis
DMU	Decision Making Unit
EDEA	Extended Data Envelopment Analysis
E-F	Envelopment Form
EPC	Engineering & Procurement & Construction
ERM	Enhanced Russell Measure
EROA	Extended Robust Optimization Approach
ETS	Extended Two-Stage
FDEA	Fuzzy Data Envelopment Analysis
FDH	Free Disposal Hull
FMEA	Failure Modes & Effect Analysis
FMS	Flexible Manufacturing System
FNDEA	Fuzzy Network Data Envelopment Analysis
FP	Fractional Programming
FSEDEA	Fuzzy Super Efficiency Data Envelopment Analysis
FURA	Fuzzy Random
FURO	Fuzzy Rough
FT-I	Fuzzy Type-I

FT-II	Fuzzy Type-II
GA	Genetic Algorithm
GEE	Generalized Estimating Equations
GF	General Fuzzy
GP	Goal Programming
HSE	Health & Safety & Environment
I1	Input Variable for Stage 1 (First Input)
I2	Input Variable for Stage 2 (Additional Input)
IADEA	Interactive Data Envelopment Analysis
IDA	Independent Approach
IDEA	Interval Data Envelopment Analysis
IM	Intermediate Variable that Links the Two Stages (Linking Variable)
INDEA	Interval Network Data Envelopment Analysis
I-O	Input Oriented
IT	Information Technology
JP	Journal Paper
LFEDA	Leader-Follower Efficiency Decomposition Approach
LIDEA	Lower Bound of Interval Data Envelopment Analysis
LP	Linear Programming
MCS	Monte Carlo Simulation
M-F	Multiplier Form
MODEA	Multi-Objective Data Envelopment Analysis
MOLP	Multi Objective Linear Programming.
MORO	Multi Objective Model for Ratio Optimization
MPI	Malmquist Productivity Index
MPSS	Most Productive Scale Size
MVZROA	Mulvey & Vanderbei & Zenios Robust Optimization Approach
NDEA	Network Data Envelopment Analysis
NDRS	Non-Decreasing Returns to Scale
NEC	Necessity
NIRS	Non-Increasing Returns to Scale
NLP	Non-Linear Programming
NN	Neural Network
N-O	Non-Oriented
O1	Output Variable for Stage 1 (Leakage Variable)
O2	Output Variable for Stage 2 (Final Output)
O-O	Output Oriented
OPE	Overall Profit Efficiency
PCA	Principal Component Analysis

PGCC	Persian Gulf Cooperation Council
POS	Possibility
PR	Probability
PPSA	Production Possibility Set Approach
PSM	Parametric Solution Method
PT	Ph.D. Thesis
RAFU	Random Fuzzy
RCSWDEA	Robust Common Set of Weights Data Envelopment Analysis
RDEA	Robust Data Envelopment Analysis
RDM	Range Directional Measure
RM	Russell Measure
RNDEA	Robust Network Data Envelopment Analysis
RO	Robust Optimisation
RPN	Risk Priority Number
RTS	Returns to Scale
SA	Simulated Annealing
SAPCO	Supplying Automotive Parts Company
SBM	Slack Based Model
SCM	Supply Chain Management
SCN	Supply Chain Network
SDEA	Simultaneous Data Envelopment Analysis
SEDEA	Supper Efficiency Data Envelopment Analysis
SFA	Stochastic Frontier Analysis
SMEs	Small & Medium-sized Enterprises
SROA	Soyster Robust Optimization Approach
STEM	Step Method
SDROA	Snyder & Daskin Robust Optimization Approach
TDT	Thompson & Dharmapala & Thrall
THS	Three-Stage
TM	Taguchi Method
TR	Technical Report
TS	Target Setting
UIDEA	Upper Bound of Interval Data Envelopment Analysis
UN	Uncertainty
VRM	Variant of Radial Measure
VRS	Variable Returns to Scale
WNDEA	Window Network Data Envelopment Analysis

دستاوردهای رساله

در این بخش به تعدادی از مهم ترین و برجسته ترین دستاوردهای رساله در جشنواره ها و مجلات معتبر و مختلف اشاره می گردد. هم چنین لیست مقالات دوره دکتری شامل ۱۰ مقاله ISI، ۱۰ مقاله ISC و ۱۰ مقاله کنفرانسی به همراه اطلاعات مربوط به هر یک گردآوری شده است. لازم به توضیح است که لیست مقالات مستخرج از رساله در هر بخش به ترتیب اولویت پژوهشی و نحوه ارتباط مستقیم و غیر مستقیم با موضوع رساله دکتری از لحاظ مدل ها و رویکردهای پیشنهادی به همراه حوزه های کاربردی ارائه شده اند.



کسب عنوان رساله برتر با نگاه کاربردی در سومین جشنواره برگزیدگان انجمن مهندسی صنایع ایران (Iranian Institute of Industrial Engineering) در سال ۱۴۰۰



کسب عنوان رساله برتر در جشنواره برگزیدگان انجمن ایرانی تحلیل پوششی داده ها (Iranian Data Envelopment Analysis Society) در سال ۱۴۰۰



کسب عنوان مقاله پراستناد از سوی مجله معتبر Expert Systems از انتشارات Wiley برای مقاله مرور ادبیاتی در حوزه تحلیل پوششی داده های استواردر سال ۲۰۲۲

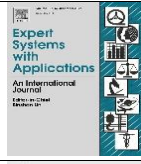
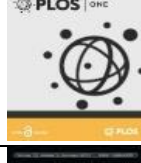


نگارش مقاله مرور ادبیاتی در حوزه تحلیل پوششی داده های فازی و انتشار آن در مجله معتبر Fuzzy Optimization and Decision Making از انتشارات Springer در سال ۲۰۲۲



نگارش مقاله مرور ادبیاتی در حوزه تحلیل پوششی داده های استوار و انتشار آن در مجله معتبر Expert Systems از انتشارات Wiley در سال ۲۰۲۰

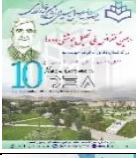
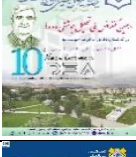
ISI Papers

	Peykani. P , Mohammadi. E, Emrouznejad. A, (2021), "An Adjustable Fuzzy Chance-Constrained Network DEA Approach with Application to Ranking Investment Firms", <i>Expert Systems with Applications</i> . (Q1, IF=6.954, H-Index=207)
	Peykani. P , Mohammadi. E, Farzipoor Saen. R, Sadjadi. S.J, Rostamy-Malkhalifeh. M, (2020), "Data Envelopment Analysis and Robust Optimization: A Review", <i>Expert Systems</i> (Q2, IF=2.587, H-Index=38) (Invited Review Paper)
	Peykani. P , Mohammadi. E, Emrouznejad. A, Pishvaei. M.S, Rostamy-Malkhalifeh. M, (2019), "Fuzzy Data Envelopment Analysis: An Adjustable Approach", <i>Expert Systems with Applications</i> . (Q1, IF=6.954, H-Index=207)
	Peykani. P , Mohammadi. E, Jabbarzadeh. A, Rostamy-Malkhalifeh. M, Pishvaei. M.S, (2020), "A Novel Two-Phase Robust Portfolio Selection and Optimization Approach under Uncertainty: A Case Study of Tehran Stock Exchange" <i>Plos One</i> . (Q1, IF=3.240, H-Index=332)
	Peykani. P , Mohammadi. E, Pishvaei. M.S, Rostamy-Malkhalifeh. M, Jabbarzadeh. A, (2018), "A Novel Fuzzy Data Envelopment Analysis Based on Robust Possibilistic Programming: Possibility, Necessity and Credibility-Based Approaches", <i>Rairo-Operations Research</i> . (Q3, IF=1.393, H-Index=24)
	Peykani. P , Emrouznejad. A, Mohammadi. E, Gheidar-Kheljani. J, (2022), "A Novel Robust Network Data Envelopment Analysis Approach for Performance Assessment of Mutual Funds under Uncertainty", <i>Annals of Operations Research</i> . (Q1, IF=4.854, H-Index=105)
	Peykani. P , Emrouznejad. A, Mohammadi. E, Rostamy-Malkhalifeh. M, Hosseinzadeh Lotfi. F, (2022), "Matrix Based Network Data Envelopment Analysis: A Common Set of Weights Approach", <i>Journal of Productivity Analysis</i> . (Q1, IF=2.610, H-Index=78)
	Peykani. P , Namazi. M, Mohammadi. E, (2022), "Bridging the Knowledge Gap between Technology and Business: An Innovation Strategy Perspective", <i>Plos One</i> . (Q1, IF=9.269, H-Index=20)
	Peykani. P , Hosseinzadeh Lotfi. F, Sadjadi. S.J, Ebrahimnejad. A, Mohammadi. E, (2022), "Fuzzy Chance-Constrained Data Envelopment Analysis: A Structured Literature Review, Current Trends, and Future Directions", <i>Fuzzy Optimization and Decision Making</i> . (Q1, IF=4.128, H-Index=51) (Review Paper)
	Peykani. P , Gheidar-Kheljani. J, Farzipoor Saen. R, Mohammadi. E, (2022), "Generalized Robust Window Data Envelopment Analysis Approach for Dynamic Performance Measurement under Uncertain Panel Data", <i>Operational Research</i> . (Q2, IF=2.410, H-Index=22)

ISC Papers

	Peykani. P, Mohammadi. E, (2020), “Window Network Data Envelopment Analysis: An Application to Investment Companies” , <i>International Journal of Industrial Mathematics</i> .
	Peykani. P, Mohammadi. E, (2019), “Performance Measurement of Decision Making Units with Network Structure in the Presence of Undesirable Output” , <i>Journal of New Researches in Mathematics</i> . (In Persian)
	Peykani. P, Mohammadi. E, (2018), “Interval Network Data Envelopment Analysis Model for Classification of Investment Companies in the Presence of Uncertain Data” , <i>Journal of Industrial and Systems Engineering</i> .
	Peykani. P, Mohammadi. E, Hosseinzadeh Lotfi. F, Tehrani. R, (2021), “Performance Assessment of Investment Firms under Uncertainty” , <i>Financial Knowledge of Securities Analysis</i> . (In Persian)
	Peykani. P, Mohammadi. E, Rostamy-Malkhalifeh. M, Hosseinzadeh Lotfi. F, (2019), “Fuzzy Data Envelopment Analysis Approach for Ranking of Stocks with an Application to Tehran Stock Exchange” , <i>Advances in Mathematical Finance and Applications</i> .
	Peykani. P, Mohammadi. E, Seyed Esmaeili. F.S, (2019), “Stock Evaluation under Mixed Uncertainties Using Robust DEA Model” <i>Journal of Quality Engineering and Production Optimization</i> .
	Peykani. P, Mohammadi. E, Jabbarzadeh. A, Jandaghian. A, (2016), “Utilizing Robust Data Envelopment Analysis Model for Measuring Efficiency of Stock, A Case Study: Tehran Stock Exchange” , <i>Journal of New Researches in Mathematics</i> .
	Peykani. P, Mohammadi. E, Hosseinzadeh Lotfi. F, Tehrani. R, Rostamy-Malkhalifeh. M, (2019), “Performance Evaluation of Stocks in Different Time Periods under Uncertainty: Fuzzy Window Data Envelopment Analysis Approach” , <i>Financial Engineering and Portfolio Management</i> . (In Persian)
	Peykani. P, Mohammadi. E, Barzinpour. F, Jandaghian. A, (2020), “Investment Portfolio Management under Trading Constraints and Data Uncertainty Using Robust Optimization Approach and NSGA-II Algorithm” , <i>Tomorrow Management</i> . (In Persian)
	Peykani. P, Mohammadi. E, Seyed Esmaeili. F.S, (2018), “Measuring Performance, Estimating Most Productive Scale Size, and Benchmarking of Hospitals Using DEA Approach: A Case Study in Iran” <i>International Journal of Hospital Research</i> .

Conference Papers

	Peykani. P, Mohammadi. E, (2018), "The Classification of Investment Companies Using the Interval Network Data Envelopment Analysis Model", <i>The 14th International Conference on Industrial Engineering, Iran.</i>
	Peykani. P, Mohammadi. E, (2018), "Fuzzy Network Data Envelopment Analysis: A Possibility Approach", <i>The 3th International Conference on Intelligent Decision Science, Iran.</i>
	Peykani. P, Mohammadi. E, (2018), "Interval Network Data Envelopment Analysis According to Leader-Follower Approach", <i>The 10th National Conference on Data Envelopment Analysis, Iran. (In Persian)</i>
	Peykani. P, Mohammadi. E, Seyed Esmaeili. F.S, Pishvae. M.S, (2019), "Ranking of Decision Making Units with Network Structure under Data Uncertainty Situation", <i>The 12th International Conference of Iranian Operations Research Society, Iran. (In Persian)</i>
	Peykani. P, Mohammadi. E, Seyed Esmaeili. F.S, (2018), "Robust Data Envelopment Analysis with Hybrid Uncertainty Approaches and its Applications in Stock Performance Measurement", <i>The 14th International Conference on Industrial Engineering, Iran.</i>
	Peykani. P, Mohammadi. E, Sadjadi. S.J, Rostamy-Malkhalifeh. M, (2018), "A Robust Variant of Radial Measure for Performance Assessment of Stock", <i>The 3th International Conference on Intelligent Decision Science, Iran.</i>
	Peykani. P, Mohammadi. E, Raei. R, Tehrani. R, (2018), "Proposing Window Data Envelopment Analysis Model Based on Possibilistic Programming", <i>The 10th National Conference on Data Envelopment Analysis, Iran. (In Persian)</i>
	Peykani. P, Mohammadi. E, Hosseinzadeh Lotfi. F, (2018), "Developing Uncertain Data Envelopment Analysis by Applying the Credibility Approach", <i>The 15th International Conference on Management, Iran. (In Persian)</i>
	Peykani. P, Mohammadi. E, Tehrani. R, Raei. R, Tondnevis. F, (2018), "Malmquist Productivity Index under Uncertainty", <i>The 10th National Conference on Data Envelopment Analysis, Iran. (In Persian)</i>
	Peykani. P, Mohammadi. E, (2018), "Portfolio Selection Problem under Uncertainty: A Robust Optimization Approach", <i>The 3th International Conference on Intelligent Decision Science, Iran.</i>

Abstract

Mutual funds (MFs) are one of the most important institutions and useful mechanisms for investing in capital markets. MFs pool money from many investors and invest the money in securities like stocks, bonds, money market instruments, and other assets. Accordingly, the structure of their activities can be considered as a two-stage process that the manager seeks to attract funds from investors in the first stage, and constructs the portfolio in the second stage. Given the importance and key role of MFs in the financial markets, it is necessary to evaluate their performance in order to identify efficient MFs and improve inefficient MFs. In this regard, two very important points should be considered including internal structure of MFs and also the uncertainty in financial data. Because otherwise the results can be invalid, inaccurate and misleading. Accordingly, the purpose of this dissertation is to provide a powerful and efficient approach to evaluate the performance of investment firms with respect to internal structure as well as the types of uncertainty in financial data. For this purpose, four new approaches including robust network data envelopment analysis (RNDEA), interval network data envelopment analysis (INDEA), fuzzy network data envelopment analysis (FNDEA), and window network data envelopment analysis (WNDEA) are modeled and then using the actual data of the Iran capital market, the proposed approaches have been analyzed. Experimental results show that the proposed approaches of research are powerful and effective for performance assessment, ranking and classification of investment funds by considering their internal structure under the uncertainty of data and different time periods.

Keywords: Investment Firms Performance Assessment, Network Data Envelopment Analysis, Two-Stage Structure, Financial Data Uncertainty, Robust Optimization, Possibilistic Programming, Window Analysis.



Iran University of Science and Technology
Industrial Engineering Department

Developing Two-Stage Data Envelopment Analysis Model for Investment Firms Considering the Nature and Structure of Financial Data

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Industrial Engineering**

By:
Pejman Peykani

Supervisor:
Dr. Emran Mohammadi

Supervisor:
Dr. Ali Emrouznejad
Dr. Seyed Jafar Sadjadi

January 2021



IU I ST

**Iran University of Science and Technology
Industrial Engineering Department**

Developing Two-Stage Data Envelopment Analysis Model for Investment Firms Considering the Nature and Structure of Financial Data

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Industrial Engineering**

**By:
Pejman Peykani**

**Supervisor:
Dr. Emran Mohammadi**

January 2021