مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال دوازدهم، شماره اول (پیاپی ٤٤)، بهار ٩٤، ص ص ٧٨-٦١
شاپا ٧٢٨٦-٢٢٥١

به کارگیری تحلیل پوششی داده‌ها و بهینه‌سازی استوار در مساله‌ی انتخاب سبد سرمایه

پژمان پیکانی[1]، عماد روغنیان*[2]

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، گروه مهندسی صنایع، تهران، ایران

۲- استادیار، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، گروه مهندسی صنایع، تهران، ایران

رسید مقاله: ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۳

پذیرش مقاله: ۲۵ شهریور ۱۳۹۳

چکیده

انتخاب سبد سهام و مدیریت آن از اصلی‌ترین حوزه‌های تصمیم‌گیری مالی است. در این راستا مدل‌های مختلفی برای تعیین سبد سرمایه ارایه شده که هر کدام در جهت بهبود و رفع نواقص موجود، با مدل‌های دیگر جایگزین شده است. از جمله مهم‌ترین مشکلات مدل‌های ارایه شده، می‌توان به عدم در نظر گرفتن شاخص‌ها و معیارهای چندگانه در ارزیابی کارایی پرتفوی سهام و همچنین در نظر نگرفتن عدم قطعیت داده‌ها اشاره نمود. در این مقاله برای رفع مشکلات مطرح شده در انتخاب سبد سرمایه و هم چنین تطابق بیش‌تر مدل با واقعیت، سبد سهام با تلفیق روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها و بهینه-سازی استوارتشکیل می‌شود. در نهایت نیز روش و مدل توسعه داده شده در این مقاله با داده‌های واقعی حل گردیده و نتایج آن تجزیه و تحلیل شده است.

کلمات کلیدی: سبد سرمایه، تحلیل پوششی داده‌ها، بهینه‌سازی استوار، عدم قطعیت.

۱ مقدمه

مساله‌ی انتخاب سبد سرمایه، یکی از مهم‌ترین مسایل در زمینه مالی می‌باشد که مدل‌ها و روش‌های متعددی تاکنون در این راستا توسط محققان مختلف ارایه گردیده است. از جمله مهم‌ترین و به نوعی تاثیرگذارترین مطالعات صورت گرفته در این حوزه، می‌توان به مدل‌های مارکوئیتز [۱] و شارپ [۲] اشاره کرد. مارکوئیتز مدل اساسی پرتفوی را ارایه کرد که مبنایی برای تئوری مدرن پرتفوی گردید. وی پیشنهاد نمود علاوه بر در نظر گرفتن بازده سرمایه‌گذاری، معیار ریسک نیز در انتخاب دارایی‌ها برای سرمایه‌گذاری در نظر گرفته شود. در واقع مارکوئیتز اولین کسی بود که مفهوم پرتفوی و ایجاد تنوع را به صورت روش رسمی بیان کرد. او به صورت کمی نشان داد که چرا و چگونه متنوع‌سازی پرتفولیو، می‌تواند باعث کاهش ریسک پرتفوی یک سرمایه‌گذار شود و

* عهده دار مکاتبات

پست الکترونیکی: e_roghanian@kntu.ac.ir

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

همچنین مفهوم پرتفوی کارا را مطرح نمود. پس از مارکوئیتز، شخص دیگری به نام شارپ با پیگیری کارهای او و با هدف کاهش میزان محاسبات و برآوردهای مدل مارکوئیتز، مدل تک‌شاخص را که بازده هر اوراق بهادار را به بازده شاخص سهام عادی مرتبط می‌ساخت، ارایه داد [۳]. لازم به ذکر است که علاوه بر این دو مدل تاکنون مدل‌های متعدد دیگری نیز ارایه گردیده است. مدل‌های ارایه شده هر کدام دارای نواقصی است که در این تحقیق تلاش گردیده تا با استفاده از روش‌های مختلف و کارا، تا حد امکان این نواقص کاهش یابد و مدلی کاراتر توسعه داده شود.

یکی از مهم‌ترین مشکلات موجود در مدل‌های پیشین، عدم در نظر گرفتن شاخص‌ها و معیارهای چندگانه در ارزیابی کارایی پرتفوی سهام می‌باشد که برای رفع آن، بایستی از یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کرد. روش تحلیل پوششی داده‌ها یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که انجام این کار را ممکن می‌سازد.

این روش که با توسعه‌ی دیدگاه فارل [۴] توسط چارنز و همکاران [۵] ارایه گردیده، کارایی نسبی یک مجموعه از واحدهای تصمیم گیرنده را با استفاده از ورودی‌ها و خروجی‌های مربوط به آن‌ها محاسبه نموده، واحدهای مورد بررسی را در گروه‌های کارا و ناکارا طبقه‌بندی می‌کند [۶]. بدین ترتیب با پیاده‌سازی این روش، سهام کارا از میان تعداد کثیر سهام موجود در بورس اوراق بهادار شناسایی می‌گردد.

از جمله مطالعات صورت گرفته در زمینه‌ی کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در مساله‌ی انتخاب سبد سرمایه می‌توان به خواجوی و همکاران [۷] با هدف تعیین پرتفویی از کاراترین شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، سینایی و مهارلویی [۸] با هدف ارزیابی کارایی و عملکرد نسبی شرکت‌ها برای تشکیل سبد سهام، افشار کاظمی و همکاران [۹] با هدف انتخاب سبد سهام در بورس اوراق بهادار تهران با تلفیق روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی آرمانی، فضل زاده و همکاران [۱۰] با هدف بررسی توانایی مدل‌های تک شاخص شارپ و تحلیل پوششی داده‌ها در انتخاب پرتفوی کارا در بورس اوراق بهادار تهران، خواجوی و غیوری مقدم [۱۱] با هدف انتخاب پرتفوی بهینه با توجه به میزان نقد شوندگی سهام، آذر و همکاران [۱۲] با هدف تعیین پرتفویی از کارآمدترین و ناکارآمدترین شرکت‌های حاضر در بورس اوراق بهادار تهران، نجفی و منصوری [۱۳] با هدف انتخاب سبد سهام با رویکرد بنیادین و حذف همبستگی بین شاخص‌های ارزیابی، پور و مک مولن [۱۴] با هدف متمایز ساختن معیارهای عملکرد قوی و سایر معیارهای عملکرد در مجموعه‌ای از اوراق بهادار، ادریسینگ و ژانگ [۱۵] با هدف تعمیم مدل و به کارگیری آن در بهینه‌سازی پرتفولیو، لوپز و همکاران [۱۶] با هدف سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار برزیل، چن [۱۷] با هدف انتخاب سهام در بازار سهام تایوان، علی‌نژاد و همکاران [۱۸] با هدف انتخاب پرتفولیو با وزن‌های مشترک، گاردیجان و کودیچ [۱۹] با هدف سرمایه‌گذاری در بازار سهام کرواسی، اسماعیل و همکاران [۲۰] با هدف انتخاب پرتفو در بازار سهام مالزی و همایون و همکاران [۲۱] با هدف تشکیل سبد سرمایه‌گذاری بهینه در بورس اوراق بهادار تهران اشاره کرد.

لازم به ذکر می‌باشد که علاوه بر مطالعاتی که در زمینه‌ی کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در مساله‌ی انتخاب سبد سرمایه به آن‌ها اشاره شد، تحقیقات دیگری نیز در زمینه‌ی ارزیابی کارایی و رتبه‌بندی سهام و شناسایی

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

متغیرهای تأثیرگذار صورت پذیرفته است که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به نیکومرام و همکاران [۲۲]، قادیکلایی و همکاران [۲۳]، ماکوئی و همکاران [۲۴]، قلی زاده و ابراهیم‌پور [۲۵]، جهانشاد و همکاران [۲۶]، خواجوی و همکاران [۲۷]، دادرس [۲۸]، محمودی و متان [۲۹]، دشتی نژاد [۳۰]، باسو و فوناری [۳۱]، هاسلم و چراگا [۳۲] و مالهترا و همکاران [۳۳] اشاره کرد.

مشکل اساسی و مهم دیگر در مدل‌های پیشین، در نظر نگرفتن عدم قطعیت داده‌ها در مساله‌ی انتخاب سبد سرمایه می‌باشد؛ زیرا یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های بازارهای مالی وجود عدم قطعیت در آن‌ها است و وجود متغیرهای غیر قابل کنترل، فرایند تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران را به کلی تحت تأثیر قرار می‌دهد.

روش‌های کلاسیک برای در نظر گرفتن عدم قطعیت پارامترها شامل آنالیز حساسیت و بهینه‌سازی تصادفی می‌باشد. در آنالیز حساسیت، ابتدا عدم قطعیت به طور کلی نادیده گرفته می‌شد، سپس بعد از حل مساله‌ی با آنالیز حساسیت تأثیر عدم قطعیت داده‌ها در مساله بررسی شد. هرچند که آنالیز حساسیت ابزار خوبی برای بررسی میزان خوبی جواب است؛ اما راه مناسبی برای تولید جواب‌هایی که در مقابل تغییرات داده‌ها استوار باشد، نیست. از طرف دیگر، امکان استفاده از آنالیز حساسیت در مدل‌هایی با پارامترهای دارای عدم قطعیت زیاد وجود ندارد. بهینه‌سازی تصادفی نیز از نظر ریاضی یک مدل قوی است؛ اما دارای مشکلات اساسی می‌باشد؛ زیرا خیلی بعید است که بتوان تابع توزیع قطعی پارامترهای دارای عدم قطعیت را به دست آورد. حتی اگر تابع توزیع این پارامترها معلوم باشد، محاسبه‌ی احتمال آن‌ها کار دشواری است. همچنین تغییر پارامترها ممکن است باعث به هم خوردن خصوصیت تحدب و باعث پیچیدگی محاسباتی مساله گردد. از این رو و با توجه به مشکلات فوق، یک روش مفید برای بررسی عدم قطعیت در مدل‌های ریاضی، استفاده از متدولوژی بهینه‌سازی استوار می‌باشد. در رویکرد بهینه‌سازی استوار به دنبال جواب‌های نزدیک به بهینه‌ای هستیم که با احتمال بالا موجه باشد که به آن‌ها جواب استوار گفته می‌شود [۳۴]. رویکردهای استواری که تاکنون توسط محققان مختلف ارایه گردیده است شامل رویکرد استوار سویستر [۳۵]، رویکرد استوار بن- تال و نمیروفسکی [۳۶] و رویکرد استوار برتسیماس و سیم [۳۷] می‌گردد.

از جمله مطالعات صورت گرفته در زمینه‌ی کاربرد بهینه‌سازی استوار در مساله‌ی انتخاب سبد سرمایه نیز می‌توان به حنفی زاده و همکاران [۳۸] با رویکرد بن- تال و نمیروفسکی، مدرس یزدی وهمکاران [۳۹] با هر سه رویکرد، سجادی و همکاران [۴۰] با رویکرد برتسیماس و سیم، بن- تال و همکاران [۴۱] با رویکرد بن- تال و نمیروفسکی، گلرب و ینگار [۴۲] با رویکرد بن- تال و نمیروفسکی، گرازیا و زافارونی [۴۳] با رویکرد سویستر، چن و تان [۴۴] با رویکرد برتسیماس و سیم و محدودیت تصادفی، ژو و فوکوشیما [۴۵] با هر سه رویکرد، کاواس و تایل [۴۶] با رویکرد برتسیماس و سیم، زیملر و همکاران [۴۷] با رویکرد بن- تال و نمیروفسکی، مون و یائو [۴۸] با رویکرد برتسیماس و سیم، لینگ و ژو [۴۹] با رویکرد بن- تال و نمیروفسکی و عدم قطعیت بیضوی، قهطرانی و نجفی [۵۰] با رویکرد برتسیماس و سیم و در آخر پینار و پاک [۵۱] با رویکرد برتسیماس و سیم برای در نظر گرفتن عدم قطعیت اشاره کرد.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

اکنون پس از مرور کلی بر موضوع تحقیق، در مورد ساختار مقاله در ادامه لازم به ذکر است که در بخش ۲ مرور ادبیات مدل‌های استوار تحلیل پوششی داده‌ها، در بخش ۳ به معرفی بیش‌تر تحلیل پوششی داده‌ها و مدل انتخاب شده در پژوهش، در بخش ۴ به معرفی رویکردهای مختلف بهینه‌سازی استوار و دلیل انتخاب رویکرد مورد نظر در تحقیق، در بخش ۵ مدل استوار BCC ورودی محور دارای فرم مضربی با رویکرد برتسیماس و سیم، در بخش ۶ چگونگی تشکیل سبد سرمایه همراه با یک مثال عددی و واقعی از داده های سهام موجود در صنعت مواد دارویی و سرانجام در بخش ۷ نتیجه گیری و پیشنهادات آورده شده است.

۲ مرور ادبیات موضوع

یکی از مفروضات اساسی در الگوهای پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها این است که داده‌های اندازه‌گیری شده، قطعی است. در نتیجه در این الگوها، وجود انحرافی کوچک در داده‌ها، موجب تغییر قابل توجهی در نتایج می‌شود. به طوری‌که ممکن است منجر به جواب‌های غیر موجه گردد؛ بنابراین، نتایج رتبه‌بندی می‌تواند در بسیاری از موارد نامعتبر باشد، به ویژه زمانی که کارایی یک واحد خاص نزدیک به کارایی واحد دیگر است. این در حالی است که در دنیای واقع، مواجه با داده‌های غیر قطعی امری اجتناب ناپذیر است. پیشرفت های اخیر در بهینه سازی استوار فرصتی را برای توسعه‌ی الگوهای تحلیل پوششی داده‌های استوار فراهم آورده است. به طوری‌که این الگوها قادر به ارایه‌ی رتبه‌بندی‌هایی با اعتبار بالاتر هستند [۵۲]. با توجه به این دلایل و اهمیت موضوع، مطالعاتی در زمینه‌ی استوارسازی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها در حوزه‌های مختلف صورت پذیرفته است که در ادامه به این تحقیقات، اشاره شده است. همچنین هدف از انجام وکاربرد آن‌ها، مدل تحلیل پوششی داده‌های تحقیق و رویکرد استواری مورد استفاده در آن برای استوارسازی مدل و نوع داده‌های دارای عدم قطعیت نیز به اختصار ارایه گردیده است.

آذر و همکاران [۵۲] با هدف طراحی الگوی ارزیابی عملکرد گروه‌های کاری، استوارسازی مدل مضربی CCR در ماهیت ورودی با استفاده از رویکرد استواری برتسیماس و سیم و در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌های ورودی و خروجی، نائینی و همکاران [۵۳] با هدف تجزیه و تحلیل اثر لغو انحصار ورود بر کارایی شرکت‌های بیمه‌ی ایرانی، استوارسازی مدل مضربی CCR در ماهیت ورودی با استفاده از رویکرد استواری برتسیماس و سیم و در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌های خروجی، صلاحی و همکاران [۶] با هدف استوار-سازی مدل تحلیل پوششی داده‌های بازده به مقیاس ثابت، استوارسازی مدل‌های مضربی و پوششی CCR در ماهیت ورودی با استفاده از رویکرد استوار به صورت عدم قطعیت در شکل بازه‌ای و در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌های ورودی و خروجی، سجادی و عمرانی [۵۴] با هدف ارایه‌ی مدل تحلیل پوششی داده‌ها با داده‌های دارای عدم قطعیت برای کاربرد در شرکت‌های توزیع برق ایران، استوارسازی مدل مضربی CCR در ماهیت ورودی با استفاده از رویکردهای استواری بن- تال و نمیروفسکی و برتسیماس و سیم و در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌های خروجی، سجادی و عمرانی [۵۵] با هدف ارایه‌ی مدل خود راه‌انداز استوار تحلیل پوششی داده‌ها برای محاسبه‌ی کارایی شرکت‌های مخابراتی در ایران، استوارسازی مدل مضربی CCR در ماهیت ورودی

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

با استفاده از رویکردهای استواری بن- تال و نمیروفسکی و برتسیماس و سیم و در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌های خروجی، شکوهی و همکاران [۵۶] با هدف ارایه‌ی یک روش بهینه‌سازی استوار برای تجزیه و تحلیل پوششی داده‌های غیر دقیق، استوارسازی مدل مضربی CCR در ماهیت ورودی با استفاده از رویکرد استواری برتسیماس و سیم و در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌های ورودی و خروجی، روغنیان و فروغی [۵۷] با هدف استفاده از مدل استوار تحلیل پوششی داده‌ها برای کاربرد در انجام مطالعه‌ی تجربی از فرودگاه‌های منطقه‌ای ایران، استوارسازی مدل مضربی CCR در ماهیت ورودی با استفاده از رویکرد استواری برتسیماس و سیم و در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده های ورودی و خروجی، وانگ و وی [۵۸] با هدف ارایه‌ی تحلیل پوششی داده‌های استوار بر اساس تصمیم‌گیری چند معیاره با در نظر گرفتن داده‌های غیر قطعی، استوارسازی مدل مضربی CCR در ماهیت ورودی با استفاده از رویکرد استواری بن- تال و نمیروفسکی و در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌های ورودی و خروجی، سجادی و همکاران [۵۹] با هدف رتبه‌بندی شرکت‌های استانی گاز در ایران، استوارسازی مدل پوششی SDEA در ماهیت ورودی با استفاده از رویکرد استواری بن- تال و نمیروفسکی و در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌های ورودی و خروجی، سجادی و همکاران [۶۰] با هدف تعیین اهداف جایگزین در شرکت‌های توزیع برق ایران، استوارسازی مدل بردار هدف با استفاده از رویکرد استواری برتسیماس و سیم و در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌های ورودی و خروجی، عمرانی [۶۱] با هدف وزن مشترک تحلیل پوششی داده‌ها با داده‌های دارای عدم قطعیت، استوارسازی مدل‌های مضربی CCR در ماهیت ورودی و CWDEA با استفاده از رویکرد استواری برتسیماس و سیم و در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده های ورودی و خروجی، شکوهی و همکاران [۶۲] با هدف رتبه‌بندی سازگار و استوار داده‌های غیر دقیق تحت تلاطم مجموعه‌های تصادفی از داده، استوار سازی مدل مضربی CCR در ماهیت ورودی با استفاده از رویکرد استواری برتسیماس و سیم و در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌های ورودی و خروجی، مطالعات صورت گرفته در حوزه‌ی استوارسازی مدل‌های DEA می باشد.

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد در ادبیات موضوعی، علی رغم مطالعاتی که در زمینه‌ی کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها و بهینه‌سازی استوار در مساله‌ی انتخاب سبد سرمایه به طور جداگانه صورت گرفته است، تاکنون کاربرد هم‌زمان این دو روش در مساله‌ی انتخاب سبد سرمایه بررسی شده است و مطالعات صورت گرفته در زمینه‌ی کاربرد مدل‌های استوار تحلیل پوششی داده‌ها، در حوزه‌های دیگر صورت پذیرفته است.

۳ تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها روشی است که با استفاده از مفهوم کارایی نسبی که در رابطه‌ی (۱) نشان داده است، اقدام به محاسبه‌ی کارایی برای واحدهای مشابه و مقایسه‌ی آن‌ها می‌نماید. این مقایسه و تقسیم‌بندی واحدها به دو دسته‌ی کارا و ناکارا بر اساس یک مرز که تمامی واحدها را در برمی‌گیرد و همچنین، این مرز بر اساس مجموعه‌ی امکان تولید DEA ساخته می‌شود، صورت می‌پذیرد. لازم به توضیح است که در رابطه‌ی (۱)، u

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

نشان‌دهنده‌ی وزن خروجی‌ها، v وزن ورودی‌ها، y خروجی‌ها، x ورودی‌ها، r اندیس خروجی‌ها، i اندیس ورودی‌ها، o واحد تحت بررسی، s تعداد خروجی‌ها و m تعداد ورودی‌ها می‌باشد [۶۳].

$$RE_{DMU_o} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}} \qquad (1)$$

تحلیل پوششی داده‌ها برای مشخص کردن ارزش و وزن هر ورودی و خروجی در رابطه‌ی (۱)، به هر DMU اجازه می‌دهد تا مجموعه‌ای از وزن‌ها را مشخص کند که آن واحد را در مطلوب‌ترین وضعیت نسبت به دیگر واحدها نشان دهد. این انعطاف‌پذیری در انتخاب وزن‌ها برای هر واحد، به نوعی هم نقطه ضعف و هم نقطه قوت DEA به حساب می‌آید. ضعف آن در این است که امکان دارد وزن‌ها ربطی به ارزش ورودی‌ها و خروجی‌ها نداشته باشد، ولی نقطه قوت این روش در این است که برای بازنگری عملکرد و هم چنین عدم انتخاب واحدی که کارایی آن کم‌تر از یک باشد، جای هیچ شک و شبه‌ای باقی نمی‌ماند؛ زیرا عملکرد این واحد تحت بهترین وزن‌های انتخاب شده برای ورودی‌ها و خروجی‌های آن، بهترین عملکرد نبوده، بدین ترتیب و با توجه به این ویژگی، می‌توان از DEA برای پالایش سهام و کنار گذاشتن سهام ناکارا از دایره‌ی انتخاب استفاده کرد و از ورود سهام ناکارا به پرتفولیو جلوگیری کرد. حال با این تفاسیر برای واحد تحت مطالعه خواهیم داشت:

$$Max \quad z = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}} \qquad \text{کارایی واحد تحت مطالعه را حداکثر کنید} \qquad (2)$$

$$s.t. \quad \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1 \qquad j = 1,...,n \qquad \text{در حالی که کارایی همه‌ی واحدها کوچک‌تر یا مساوی ۱ باشد}$$

$$u_r \ge 0 \quad , \quad v_i \ge 0$$

به مدل (۲) که اولین بار توسط چارنز و همکاران [۵] معرفی شد، مدل نسبت CCR گفته می‌شود که متغیرهای آن، وزن‌ها هستند و اندیس j مربوط به واحدها و n تعداد واحدها می‌باشد. این مدل علی رغم این‌که یک مدل برنامه‌ریزی غیر خطی است؛ ولی به راحتی قابل تبدیل به یک مدل برنامه‌ریزی خطی به صورت زیر می‌باشدکه این مدل برنامه‌ریزی خطی، مدل مضربی CCR در ماهیت ورودی (CCR_{M-I}) نام دارد [۶۴]:

$$Max \quad z = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro} \qquad (3)$$

$$s.t. \quad \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0 \qquad j = 1,...,n$$

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1$$
$$u_r \geq 0 \quad , \quad v_i \geq 0$$

از زمان ارایه‌ی مدل CCR تاکنون مدل‌های متعدد و قابل توجهی در زمینه‌ی تحلیل پوششی داده‌ها، توسط محققان مختلف ارایه گردیده است که در این پژوهش از میان این مدل‌ها، مدل مضربی BCC در ماهیت ورودی (BCC_{M-I}) با توجه به دلایلی که در ادامه مطرح می‌گردد، انتخاب شده است. این انتخاب با توجه به شرایط مساله، مرور ادبیات مدل‌های DEA مورد استفاده در زمینه‌ی انتخاب سبد سرمایه و ویژگی‌های مدل‌های مذکور صورت گرفته است. از جمله دلایل انتخاب مدل BCC به جای مدل CCR می‌توان به دارا بودن فرض بازده به مقیاس متغیر در این مدل اشاره نمود که سبب می‌شود مدل BCC در بسیاری از موارد نزدیک‌تر به مسایل واقعی باشد؛ زیرا در مدل CCR به دلیل وجود اصل بازده به مقیاس ثابت در مجموعه‌ی امکان تولیدش، این امکان وجود دارد که واحدهای تحت بررسی با واحدهایی بسیار بزرگ‌تر یا بسیار کوچک‌تر از خود مقایسه شوند و همین مساله باعث کم شدن کارایی واحدها و قرار گرفتن تعداد واحدهای کم‌تری بر روی مرز کارایی نسبت به مدل BCC می‌گردد. همچنین از جمله دلایل عدم انتخاب مدل‌هایی چون مدل جمعی و SBM، عدم ارایه‌ی یک عدد به عنوان کارایی در مدل جمعی و سادگی مدل BCC و کاربرد فراوان آن در مطالعات در تقابل با مدل SBM می‌باشد. لازم به ذکر است که با توجه به مشخص شدن ضرایب وزنی و ارزش ورودی‌ها و خروجی‌ها علاوه بر میزان کارایی در فرم مضربی نسبت به فرم پوششی و همچنین تسلط بیش‌تر بر ورودی‌ها، مدل مضربی BCC در ماهیت ورودی انتخاب گردیده است که در نهایت مدل انتخابی بدین صورت خواهد بود:

$$Max \quad z = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro} + w \qquad (۴)$$
$$s.t. \quad \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + w \leq 0 \qquad j = 1,...,n$$
$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1$$
$$u_r \geq 0 \quad , \quad v_i \geq 0$$

در مدل (۴) که توسط بنکر وهمکاران [۶۵] ارایه گردیده، متغیر w مربوط به قید بازده به مقیاس متغیر می‌باشد و اطلاعات جالبی در مورد بازده به مقیاس در بردارد [۶۴].

٤ بهینه‌سازی استوار

اکنون پس از مشخص نمودن مدل DEA مورد استفاده در این پژوهش در بخش قبل، به انتخاب رویکرد استواری مورد نظر از میان رویکردهای مختلف استواری، با توجه به نقاط ضعف و قوت آن‌ها پرداخته می‌شود.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

رویکرد استوار سویستر [۳۵] دارای محافظت بالا، در عمل خیلی محافظه‌کارانه و در آنالیز حساسیت، جواب استوار تابع هدف خیلی بدتر از جواب بهینه‌ی مساله‌ی اسمی می‌باشد. جهت برطرف کردن این مشکل، بن- تال و نمیروفسکی [۳۶] مدل بهینه‌سازی استواری را ارایه کردند که قابلیت کنترل محافظه کاری را دارد؛ اما با توجه به اینکه مدل استوار حاصل از این رویکرد، یک مساله‌ی غیر خطی از نوع مخروطی مرتبه‌ی دوم است، قابلیت استفاده برای مساله‌ی بهینه‌سازی گسسته را ندارد و پیچیدگی مساله را بالا می‌برد. بدین صورت که یک مدل خطی با رویکرد بن ـ تال و نمیروفسکی تبدیل به یک مدل غیر خطی می‌گردد. بدین ترتیب برتسیماس و سیم [۳۷] برای مدل‌سازی عدم قطعیت داده‌ها، روش جدیدی ارایه کردند که مشکلات رویکردهای استوار پیشین را مرتفع ساخت. برای آشنایی با این رویکرد، مساله‌ی بهینه‌سازی خطی زیر را در نظر بگیرید [۳۴]:

$$\begin{aligned} Max \quad & C'x \\ s.t. \quad & Ax \le b \\ & l \le x \le u \end{aligned} \qquad (۵)$$

محدودیت iام مساله‌ی اسمی را به صورت $a_i'x \le b_i$ در نظر بگیرید. J_i مجموعه ضرایب $a_{ij}, j \in J_i$ است که دارای عدم قطعیت می‌باشد. $\tilde{a}_{ij}, j \in J_i$ بر اساس یک توزیع همگن با میانگین برابر با a_{ij} مقدار می‌گیرد. $\tilde{a}_{ij}$ برای هر I در بازه‌ی $[a_{ij} - \hat{a}_{ij}, a_{ij} + \hat{a}]$ مقدار می‌گیرد. در اینجا پارامتر Γ_i معرفی می‌شود. این پارامتر لازم نیست مقدار عدد صحیح بگیرد، این پارامتر در بازه‌ی $[۰, |J_i|]$ مقدار می‌گیرد. نقش پارامتر Γ_i تعدیل استواری مدل ارایه شده در مقابل سطح محافظه‌کاری جواب می‌باشد. به طور ساده‌تر، خیلی بعید است که تمام $a_{ij}, j \in J_i$ تغییر کند. هدف این است که مدل در مقابل تمام حالاتی که بیش‌تر از $\lfloor \Gamma_i \rfloor$ تغییر می‌کند، محافظت شود و یک ضریب a_{it} به صورت $(\Gamma_i - \lfloor \Gamma_i \rfloor)\hat{a}_{it}$ تغییر کند. به عبارت دیگر زیرمجموعه‌ای از ضرایب تغییر می‌کند و بر جواب تأثیر می‌گذارد. در رویکرد مذکور، اگر تغییرات در حد $\lfloor \Gamma_i \rfloor$ باشد، جواب حتماً شدنی خواهد بود و اگر بیش‌تر از $\lfloor \Gamma_i \rfloor$ تغییر کند، با احتمال قوی جواب هم‌چنان شدنی خواهد بود. در روابط زیر Z_i و P_{ij} متغیرهای کمکی دوگان است که برای خطی شدن مساله به صورت زیر استفاده شده است. همچنین متغیر f برای تبدیل فرم قدر مطلق $|x_j|$ به فرم خطی است [۶۶]. لازم به ذکر است که می توان $\hat{a}_{ij}$ را به صورت $\hat{a}_{it} = d \times a_{ij}$ نیز نشان داد که در آن d درصد انحراف در داده‌هاست که در نهایت مدل استوار به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} Max \quad & C'x \\ s.t. \quad & \sum_j a_{ij}x_j + Z_i\Gamma_i + \sum_{j \in J_i} P_{ij} \le b_i && \forall i \\ & Z_i + P_{ij} \ge \hat{a}_{ij} f_j && \forall i, j \in J_i \\ & -f_j \le x_j \le f_j && \forall j \\ & -l_j \le x_j \le u_j && \forall j \end{aligned} \qquad (۶)$$

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

$$P_{ij} \geq ۰ \qquad \forall i, j \in J_i$$
$$f_j \geq ۰ \qquad \forall j$$
$$Z_i \geq ۰ \qquad \forall i$$

با توجه به خصوصیاتی که رویکرد برتسیماس و سیم دارد، امروزه اکثر مدل‌های بهینه‌سازی خطی، که متدولوژی استوار در آن‌ها به کار می‌رود، از این رویه استفاده می‌کنند. مهم‌ترین ویژگی این روش این است که همتای استوار مساله‌ی خطی به صورت خطی باقی می‌ماند و همچنین تضمین‌های احتمالی برای شدنی بودن جواب‌های مساله‌ی استوار ارایه می‌گردد. همچنین در ارتباط با محافظه‌کاری جواب‌های استوار می‌توان به این نکته اشاره کرد که در این متدولوژی قابلیت کنترل درجه استواری جواب وجود دارد. بدین صورت که اگر $\Gamma_i = ۰$ باشد، هیچ حفاظتی در برابر عدم اطمینان وجود ندارد و به عبارتی محدودیت‌ها همانند مساله‌ی قطعی است. اگر $\Gamma_i = |J_i|$ محدودیت iام بیش‌ترین سطح حفاظت را در برابر عدم قطعیت دارد و مدل تبدیل به مدل سویستر خواهد شد [۳۴]. با توجه به همین دلایل از رویکرد برتسیماس و سیم برای استواری مدل در این تحقیق استفاده شده است.

۵ ارایه‌ی مدل استوار تحلیل پوششی داده‌های تحقیق

حال پس از مشخص شدن نوآوری و وجه تمایز تحقیق پیش‌رو با تحقیقات پیشین و همچنین توجیه علت استفاده هم‌زمان از مدل تحلیل پوششی داده‌ها و رویکرد بهینه‌سازی استوار در مساله‌ی انتخاب پرتفولیو، با توجه به مدل DEA و رویکرد استوار انتخابی برای این تحقیق که در بخش‌های ۲ و۳ معرفی گردید، مدل استوار BCC مضربی ورودی محور(BCC_{M-I}) با رویکرد برتسیماس و سیم در قالب مدل (۷) ارایه می‌گردد. لازم به ذکر است که n تعداد واحدها، s تعداد خروجی‌ها و m تعداد ورودی‌ها می‌باشد.

$$Max \quad Z \tag{۷}$$

$$S.t: \quad -(\sum_{r=۱}^{s} u_r y_{ro} + w) + Z_۰ \Gamma_۰ + \sum_{r=۱}^{s} P_{۰r} \leq -Z$$

$$\sum_{i=۱}^{m} v_i x_{io} + Z_۱ \Gamma_۱ + \sum_{i=۱}^{m} P_{۱i} = ۱$$

$$\sum_{r=۱}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=۱}^{m} v_i x_{ij} + w + Z_j \Gamma_j + \sum_{h=۱}^{s+m} P_{jh} \leq ۰ \qquad j = ۲,\ldots,n+۱$$

$$Z_۰ + P_{۰r} \geq d\ y_{ro} f_h \qquad r = ۱,\ldots,s \ , \ h = ۱,\ldots,s$$

$$Z_۱ + P_{۱i} \geq d\ x_{io} f_h \qquad i = ۱,\ldots,m \ , \ h = s+۱,\ldots,s+m$$

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

$$Z_j + P_{jh} \geq d\ y_{jh} f_h \qquad j = ۲,...,n+۱\ ,\ h = ۱,...,s$$

$$Z_j + P_{jh} \geq d\ x_{jh} f_h \qquad j = ۲,...,n+۱\ ,\ h = s+۱,...,s+m$$

$$-f_h \leq u_r \leq f_h \qquad r = ۱,...,s\ \ ,\ h = ۱,...,s$$

$$-f_h \leq v_i \leq f_h \qquad i = ۱,...,m\ \ ,\ h = s+۱,...,s+m$$

$$P_{ij} \geq ۰ \qquad j = ۰,...,n+۱\ ,\ h = ۱,...,s+m$$

$$f_h \geq ۰ \qquad h = ۱,...,s+m$$

$$Z_j \geq ۰ \qquad j = ۰,...,n+۱$$

$$u_r \geq ۰ \qquad r = ۱,...,s$$

$$v_i \geq ۰ \qquad i = ۱,...,m$$

در مدل مورد بررسی در این تحقیق محدودیتی به فرم تساوی وجود دارد که دارای پارامترهای غیرقطعی می‌باشد. طبق تحقیقات صورت گرفته توسط برتسیماس و سیم می‌توان محدودیت به فرم تساوی را حالت خاص محدودیت کوچک‌تر مساوی در نظر گرفت از همین رو می توان برای این حالت خاص مانند فرم عمومی همتای استوار را در نظر گرفت. سایر محققان نیز از همین فرض برای در نظر گرفتن همتای استوار در فرم تساوی استفاده کردند برای این نمونه می‌توان به کوچکتا [۶۷]، چن و کن [۶۸] و قهطرانی و نجفی [۵۰] اشاره کرد که در مقالات خود از محدودیت‌های به فرم تساوی استفاده کردند و همچنین در مدل خود از رویکرد برتسیماس و سیم برای نمایش همتای استوار بهره گرفته‌اند.

٦ مثال عددی و نتایج محاسباتی

در این بخش چگونگی تشکیل پرتفولیو با استفاده از مدل استوار تحلیل پوششی داده‌ها و داده‌های واقعی نشان داده می‌شود. همچنین درستی فرضیه‌ی پژوهش مبنی بر این که بازدهی حاصل از تشکیل پرتفولیو با استفاده از مدل استوار تحلیل پوششی داده‌ها از سهام موجود در صنعت خاص، از متوسط بازدهی صنعت مورد نظر بیش‌تر است، بررسی می‌شود. بدین منظور ابتدا متغیرهای مدل انتخاب می‌گردد. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، تاکنون متغیرهای گوناگونی با توجه به هدف محققین و سرمایه‌گذاران برای تشکیل پرتفولیو و ارزیابی کارایی سهام استفاده گردیده است.

برای کاربردی‌تر نمودن هر چه بیش‌ترمدل، پس از استخراج متغیرهای مربوط از مرور ادبیات، با استفاده از روش دلفی، متغیرهای تحقیق انتخاب و در نهایت متغیرهای دارای عدم قطعیت نیز تعیین گردیده است که در جدول (۲) مشاهده می‌شود.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

جدول ۱. متغیرهای مورد استفاده برای مدل در مرور ادبیات

متغیرهای ورودی	متغیرهای خروجی
نسبت قیمت به سود (درآمد) هر سهم، نسبت قیمت به فروش هر سهم، نسبت قیمت به ارزش دفتری هر سهم، شاخص بتا، شاخص سیگما، هزینه‌های جاری، هزینه‌های مالی، هزینه‌های عملیاتی، نسبت هزینه، سرمایه‌ی اولیه، سرمایه‌ی ثبت شده، رتبه‌ی نقدشوندگی، دارایی‌های ثابت، دارایی‌های جاری، بهای تمام شده‌ی کالای فروش رفته، مجموع دارایی‌ها، تعداد نیروی انسانی، نسبت بدهی به ارزش ویژه (نسبت کل بدهی‌ها به حقوق صاحبان سهام)، گردش موجودی‌ها، بهای تمام شده‌ی فروش،گردش دارایی‌ها، گردش دارایی ثابت، متوسط حقوق صاحبان سهام، متوسط دارایی، هزینه‌ی فروش، نیروی کار، معکوس نسبت جاری، معکوس نسبت آنی، نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام، نسبت دارایی به حقوق صاحبان سهام، نسبت بدهی به دارایی، نسبت جاری، نسبت آنی، دوره‌ی وصول مطالبات	سود (درآمد) هر سهم، نرخ بازده با بازه‌های زمانی متفاوت (از ۴ ماهه تا۱۰ ساله)، فروش، رشد فروش، حاشیه‌ی فروش خالص، درصد بازده فروش، ارزش افزوده‌ی بازار، عرضه و تقاضای سهام، سود عملیاتی، جریان نقدی عملیاتی، سهم بازار شرکت در صنعت، بازده سرمایه، بازده دارایی‌ها، نسبت حاشیه‌ی سود، درصد سود عملیاتی به درآمد، درصد سود ناویژه به درآمد، درصد توزیع سود، سود خالص، سود عملیاتی، حاشیه‌ی سود عملیاتی، حاشیه‌ی سود خالص، سود هر سهم به قیمت سهم، ارزش دفتری هر سهم به قیمت هر سهم، نسبت توبین، درصد سود به درآمد، نسبت پرداخت سود سهام، نرخ رشد درآمد خالص، نرخ رشد فروش، نرخ رشد سود هر سهم، ضریب نقدشوندگی

جدول ۲. متغیرهای انتخابی برای مدل با استفاده از روش دلفی

متغیرهای ورودی	نماد	عدم قطعیت	متغیر های‌خروجی	نماد	عدم قطعیت
نسبت قیمت به سود (درآمد) هر سهم *(P/E)*	*I(1)*	–	درآمد هر سهم *(EPS)*	*O(1)*	–
نسبت آنی	*I(2)*	–	بازده یک ساله	*O(2)*	دارد
نسبت بدهی به ارزش ویژه	*I(3)*	–	ضریب نقد شوندگی	*O(3)*	دارد
شاخص بتا (β) با توجه به بازده صنعت مورد نظر	*I(4)*	دارد	نرخ رشد سود هر سهم	*O(4)*	–
شاخص سیگما (σ)	*I(5)*	–			

اکنون نحوه‌ی گزینش سهم‌های انتخاب شده و صنعت مورد نظر در این تحقیق با توجه به رابطه‌ی تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها با تعداد DMU ها توضیح داده می‌شود. عدم به کارگیری رابطه‌ی (۸) موجب می‌شود که با حل مدل، تعداد زیادی از واحدها بر روی مرز کارایی قرار بگیرد و کارایی آن‌ها برابر یک شود. این امر منجر به کاهش قدرت تفکیک‌پذیری عملکرد واحدها در مدل می‌شود؛ یعنی مدل توانایی مشخص کردن واحدهای ناکارا را از دست می‌دهد.

$$\text{تعداد واحدهای مورد ارزیابی} \geq ۳ \times (\text{تعداد ورودی‌ها} + \text{تعداد خروجی‌ها}) \rightarrow n \geq ۳(s+m) \qquad (۸)$$

با توجه به اینکه مدل تحقیق دارای ۵ متغیر ورودی و ۴ متغیر خروجی است، لذا برای ارضای رابطه‌ی (۸)، حداقل تعداد سهام مورد نیاز ۲۷ سهم می‌باشد. حال پس از مشخص شدن تعداد سهام مورد نیاز برای حل مدل، از بین صنایع مختلف در بورس اوراق بهادار تهران، صنعت مواد دارویی انتخاب گردید. ضمناً باید به این نکته که متغیرهای ورودی مدل BCC نامنفی باشد، توجه گردد [۶۹]. به همین دلیل آن دسته از سهم‌هایی که دارای

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

ورودی منفی بوده است به همراه سهم‌هایی که اطلاعات کامل آن‌ها در سال ۱۳۹۲ در دسترس نبوده یا از بورس اوراق بهادار حذف گردیده است، از دامنه‌ی سهم‌های انتخابی کنار گذاشته شده‌اند که در نهایت ۲۷ سهم باقی مانده‌اند و اطلاعات آن‌ها در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳. اطلاعات مربوط به سهام موجود در صنعت مواد دارویی

نماد	DMU	I (1)	I (2)	I (3)	I (4)	I (5)	O (1)	O (2)	O (3)	O (4)
دپارس	DMU 01	۷/۴۳	۱/۱۸	۱/۲۲	۱/۰۳	۲/۴۴	۳۳۴۴	۱۹۳/۳۲	۱۵۷/۶۷	۵۹/۳۳
دلقما	DMU 02	۱۳/۳۸	۰/۴۹	۳/۸۷	۰/۷	۳/۰۵	۲۱۳	۲۰۵/۷۴	۱۸۳/۴۸	۱۳۳/۳۳
شتهران	DMU 03	۱۱/۵۸	۰/۵۹	۲/۸۵	۰/۰۱	۲/۴۶	۷۹۹	۶۸/۵۹	۱۱۰/۲۸	۳۰/۱۶
دشیمی	DMU 04	۷/۷۰	۰/۸۶	۲/۲۷	۰/۵۴	۴/۵۴	۶۹۳	۲۷۲/۶۴	۱۲۲/۷۶	۵۶/۸۵
دتماد	DMU 05	۶/۵۸	۱/۱۶	۱	۰/۶۴	۲/۰۹	۲۹۶۵	۱۰۳/۷۸	۱۶۶/۹۹	۱۰/۶۶
ددام	DMU 06	۸/۷	۰/۸۷	۳/۹۱	۰/۵۷	۲/۵۳	۱۳۸۶	۱۹۷/۷۱	۱۵۶/۰۸	۲/۷۴
دفارا	DMU 07	۷/۷۶	۱/۰۷	۱/۸۴	۱/۴	۲/۶۴	۱۲۷۷	۲۰۳/۷۳	۱۶۴/۰۷	۳۱/۱۷
دکوثر	DMU 08	۸/۹۶	۰/۹۷	۱/۳۶	۱/۴۸	۲/۸۸	۱۲۱	۲۶۴/۱۳	۲۲۸/۸۸	۳۶۹/۴۲
وپخش	DMU 09	۷/۹۳	۷/۰۷	۰/۱	۱/۲۷	۳/۴۵	۱۵۵۳	۱۸۴/۵۶	۱۸۷/۶۳	۵۴/۶۷
دابور	DMU 10	۹/۰۳	۰/۸۶	۳/۴۴	۰/۷۱	۲/۷۸	۱۳۵۷	۲۲۹/۹۹	۱۴۳/۶۸	۹۳/۱۵
درازک	DMU 11	۷/۹۱	۰/۹۶	۱/۷۲	۰/۶۸	۲/۵۲	۱۴۹۳	۲۸۷/۵۲	۱۶۷/۴۳	۹۶/۶۵
داسوه	DMU 12	۱۸/۴۳	۱/۰۶	۱/۲۳	۱/۵۶	۳/۵۹	۹۹۷	۱۹۲/۴۶	۱۶۹/۷	۶۷
پخش	DMU 13	۶/۴۱	۰/۹	۵/۹۵	۱/۶۷	۳/۴۱	۵۲۸	۷۳/۴۹	۲۲۷/۸۶	۵۳/۲۲
دیران	DMU 14	۷/۴۷	۰/۷۲	۳	۱/۰۹	۳/۴۹	۳۰۶	۱۵۸/۶۶	۱۸۷/۹۹	۲۳۰/۳۹
دالبر	DMU 15	۷/۴۶	۱/۲۸	۱/۲۱	۱/۴۹	۳/۱۹	۹۵۶	۲۴۸/۸۹	۲۰۵/۲۲	۱۱۱/۳
سبحان	DMU 16	۸/۳۹	۱/۳۵	۰/۸۶	۱/۶	۳/۶۴	۲۳۴۰	۲۹۰/۶۳	۱۵۵/۸۲	۹۵/۵۶
دارو	DMU 17	۶/۸۲	۰/۷۹	۴/۴۳	۱/۳	۵/۰۱	۶۶۶	۲۵۲/۱۶	۱۷۷/۰۸	۱۱۹/۸۲
دجابر	DMU 18	۶/۹۴	۱/۲۱	۰/۹۴	۰/۹۴	۲/۹۹	۶۵۹	۳۱۳/۵۵	۲۱۹/۳۶	۱۲۲/۷۶
دکیمی	DMU 19	۶/۸۱	۰/۷۳	۲/۲۸	۶/۲۴	۲۱/۳۲	۲۲۷	۵۷۴/۳۸	۱۴۷/۲۷	۴۳۸/۳۳
دلر	DMU 20	۸/۲	۰/۸۲	۵/۱۶	۱/۱۴	۳/۲۷	۱۲۸۳	۳۱۴/۲۷	۱۹۸/۳۶	۱۱۸/۲۴
دسینا	DMU 21	۷/۵۲	۱/۲۱	۰/۸۴	۰/۹۷	۳/۱۲	۱۲۲۲	۱۸۰/۰۱	۱۷۴/۳۹	۹۴/۶۸
دروز	DMU 22	۸/۸۴	۱/۰۱	۰/۹۵	۰/۲۸	۷/۲۵	۱۳۱	۱۴۶/۰۶	۲۶/۳۷	۲۸۶/۲۶
دامین	DMU 23	۵/۷۳	۰/۹۷	۱/۴۵	۰/۷۴	۴/۰۵	۶۹۶	۴۱۵/۱۹	۱۶۳/۷۱	۲۳۰/۰۳
دزهراوی	DMU 24	۵/۴	۰/۹۵	۲/۸۳	۱/۲	۷/۱۴	۲۶۹۹	۲۳۴/۵۴	۴۴/۵۱	۱۲۹/۲۷
دعبید	DMU 25	۱۰/۲۲	۰/۶	۴/۸۱	۰/۵۹	۳/۰۲	۴۰۴	۲۲۱/۱۵	۱۸۱/۴۱	۸۳/۴۲
والبر	DMU 26	۶/۹	۱	۱/۹۳	۱/۴۱	۲/۵۵	۴۱۸	۱۴۹/۱۸	۲۲۸/۴۲	۱۰۴/۰۷
دسبحا	DMU 27	۶/۷۵	۱/۰۶	۱/۵۷	۱/۴۶	۳/۴۳	۶۵۵	۲۶۵/۱۳	۲۲۱/۷۳	۱۰۴/۵۸
میانگین		۸/۳۴	۱/۲	۲/۲۶	۱/۲۲	۴/۰۹	۱۰۶۸/۰۴	۲۲۳/۵۲	۱۶۲/۸۶	۱۲۱/۱
انحراف معیار		۲/۵۴	۱/۱۶	۱/۵۲	۱/۰۶	۳/۵۳	۸۴۲/۸۶	۱۰۶/۵۷	۵۲/۵۸	۱۰۰/۷۴

حال مدل تحت درصد نوسان‌های مختلف و گاماهای متفاوت حل می‌گردد تا میزان کارایی سهم‌ها مشخص شود که در جدول (۴) خلاصه‌ی اطلاعات مربوط به کارایی سهم‌های موجود در صنعت مواد دارویی تحت حالات

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

مختلف Γ و d آورده شده است. سپس در گام بعد، از میان تمامی سهم‌ها، فقط سهم‌های کارا برای تشکیل پرتفولیو انتخاب می‌گردد.

جدول ٤. نتایج حل مدل BCC_{M-I} (کارایی بر حسب درصد)

نماد سهم	Γ_i=0% i=0,…,28	Γ_i=25% i=0,…,28		Γ_i=50% i=0,…,28		Γ_i=100% i=0,…,28		
	Γ_i=0 i=0,…,28	Γ_0=0.5 Γ_1=0.25 Γ_i=1 i=2,…,28		Γ_0=1 Γ_1=0.5 Γ_i=1.5 i=2,…,28		Γ_0=2 Γ_1=1 Γ_i=3 i=2,…,28		
	d=0.01 d=0.05 d=0.10	d=0.01	d=0.05	d=0.10	d=0.01	d=0.05	d=0.10	d=0.01	d=0.05	d=0.10
دپارس	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دلقما	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
شتهران	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دشیمی	٩٨/٣١	٩٨/٢٤	٩٧/٩٣	٩٧/٥٤	٩٨/٢٠	٩٧/٧٤	٩٧/١٤	٩٨/١٦	٩٧/٥٦	٩٦/٧٦
دتماد	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
ددام	٩٩/٧٩	٩٩/٧٦	٩٩/٦٧	٩٩/٥٦	٩٩/٧٤	٩٩/٥٩	٩٩/٤٢	٩٩/٧٤	٩٩/٥٩	٩٩/٤٢
دفارا	٩٣/٩٣	٩٣/٨٨	٩٣/٧٨	٩٣/٧٠	٩٣/٨٦	٩٣/٧٢	٩٣/٦٢	٩٣/٨٦	٩٣/٧٢	٩٣/٦٢
دکوثر	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
وپخش	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دابور	٩٨/١٥	٩٨/٠٨	٩٧/٨٣	٩٧/٥٦	٩٨/٠٤	٩٧/٦٥	٩٧/٢٧	٩٨/٠٤	٩٧/٦٥	٩٧/٢٧
درازک	١٠٠	٩٩/٩٩٦	٩٩/٩٨	٩٩/٩٦	٩٩/٩٩	٩٩/٩٧	٩٩/٩٤	٩٩/٩٩	٩٩/٩٧	٩٩/٩٤
داسوه	٩٧/١٥	٩٧/١٣	٩٧/١١	٩٧/١١	٩٧/١١	٩٧/١١	٩٧/١١	٩٧/١١	٩٧/١١	٩٧/١١
پخش	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دیران	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دالبر	٩٠/٥٣	٩٠/٣٣	٨٩/٥٣	٨٩/٢٢	٩٠/٢٠	٨٩/٢٢	٨٩/٢٢	٩٠/٢٠	٨٩/٢٢	٨٩/٢٢
سبحان	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دارو	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دجابر	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دکیمی	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دلر	١٠٠	٩٩/٩٩	٩٩/٩٣	٩٩/٨٦	٩٩/٩٧	٩٩/٨٦	٩٩/٧٢	٩٩/٩٧	٩٩/٨٤	٩٩/٧٠
دسینا	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دروز	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دامین	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دزهراوی	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دعبید	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
والبر	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
دسبحا	١٠٠	٩٩/٥٩	٩٨/٠٢	٩٦/١٧	٩٩/٣٥	٩٦/٨٧	٩٤/٩٧	٩٩/٣٥	٩٦/٨٧	٩٤/٩٧

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

اکنون پس از حل مدل و مشخص شدن این که کدام سهم ها، کارا می باشد، سبد سرمایه‌گذاری با فرض سرمایه‌گذاری $1/N$ تنها در سهم‌های مذکور تشکیل داده می‌شود که لازم به ذکر است N تعداد سهام کارا تحت حالات مختلف Γ و d می‌باشد. در نهایت در جدول (۵) اطلاعات مربوط به تشکیل پرتفوی با روش پیشنهادی تحقیق و بازده صنعت مواد دارویی در سال ۱۳۹۲ آورده شده است.

جدول ۵. نتایج تشکیل پرتفوی کارا و مقایسه‌ی بازده پرتفوی و بازده صنعت مواد دارویی

			حالات مختلف d		
			$d=۰/۰۱$	$d=۰/۰۵$	$d=۰/۱۰$
بازده سبد سرمایه‌گذاری تشکیل شده با استفاده از سهام کارا و درصد سرمایه‌گذاری $1/N$ در هر یک از سهام (N تعداد سهام کارا)	$N=۲۱$	$\Gamma_i=۰\%$ $i=۰,...,۲۸$		۲۳۳/۱۴	
	$N=۱۸$	$\Gamma_i=۲۵\%$ $i=۰,...,۲۸$		۲۲۳/۸۴	
		$\Gamma_i=۵۰\%$ $i=۰,...,۲۸$			
		$\Gamma_i=۱۰۰\%$ $i=۰,...,۲۸$			
بازده صنعت مواد دارویی	کران بالا در صورت نوسان		۱۴۱/۷۰	۱۴۷/۳۱	۱۵۴/۳۳
	بدون نوسان			۱۴۰/۳۰	
	کران پایین در صورت نوسان		۱۳۸/۹۰	۱۳۳/۲۸	۱۲۶/۲۷

همان‌طورکه ملاحظه می‌گردد درستی فرضیه‌ی پژوهش اثبات می‌گردد؛ زیرا بازدهی حاصل از روش تحقیق که در آن به صورت هم‌زمان از روش تحلیل پوششی داده‌ها و رویکرد استوار برای در نظر گرفتن عدم قطعیت استفاده شده است از متوسط بازدهی صنعت مواد دارویی تحت تمامی حالات بیش‌تر است.

۷ نتیجه و جمع‌بندی

در این مقاله به بررسی چگونگی کاربرد هم‌زمان دو روش تحلیل پوششی داده‌ها و بهینه‌سازی استوار در مساله‌ی انتخاب سبد سرمایه با هدف برداشتن گامی رو به جلو در جهت بهبود مدل‌های پیشین در این حوزه پرداخته شد. بدین منظور ابتدا مرور ادبیاتی جامع در زمینه‌های کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در مساله‌ی انتخاب پرتفولیو،کاربرد بهینه‌سازی استوار در این مساله و مدل‌های استوار DEA که تاکنون ارایه گردیده است، انجام داده شد تا نشان داده شود که علی‌رغم مزایایی که استفاده از مدل استوار تحلیل پوششی داده‌ها در تشکیل پرتفولیو دارد تاکنون این روش مورد توجه قرار نگرفته است. سپس با توجه به دلایل و شرایط مورد نظر، مدل DEA و رویکرد استوار تحقیق را انتخاب و سپس مدل استوار تحلیل پوششی داده‌های تحقیق که مدل استوار BCC مضربی ورودی محور می‌باشد، ارایه گردید. پس از آن به انتخاب متغیرهای ورودی و خروجی مدل DEA با توجه به مرور ادبیات و روش دلفی پرداخته شد و پس از مشخص شدن متغیرهای دارای عدم قطعیت و درصد

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

نوسانات، مدل با استفاده از داده‌های سهام موجود در صنعت مواد دارویی حل گردید. در نهایت نیز پس از آن‌که سهم‌های کارا تعیین گردیدند، سبد سهام با استفاده از سهم‌های کارا تشکیل داده شد و همان‌گونه‌که مشاهده گردید کارایی روش به اثبات رسید. در پایان نیز برای پیشنهادات برای مطالعات آتی لازم به ذکر است که می توان در تشکیل سبد سرمایه گذاری به جای فرض سرمایه گذاری $1/N$ ، از درصد سرمایه‌گذاری های مختلف با توجه به شرایط و بهره گیری از روش های کاراتر و همچنین استفاده از مدل‌های دیگر تحلیل پوششی داده‌ها اشاره کرد.

منابع

[۳] جونز، چ.، (۱۳۸۷). مدیریت سرمایه گذاری، تهرانی، ر.، نوربخش، ع.، تهران، انتشارات نگاه دانش.

[۶] صلاحی، م.، ترابی، ن.، جمالیان، ع.، (۱۳۹۳). استوارسازی مدل تحلیل پوششی داده‌های بازده به مقیاس ثابت. مجله‌ی تحقیق در عملیات در کاربرد های آن، ۱۱(۳)، ۱۱-۱.

[۷] خواجوی، ش.، سلیمی فرد، ع. ر.، ربیعه، م.، (۱۳۸۴). کاربرد تحلیل پوششی داده ها (DEA) در تعیین پرتفویی از کارآترین شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. مجله‌ی علوم اجتماعی و انسانی دانشگاه شیراز، ۲۲(۲)، ۸۹-۷۵.

[۸] سینایی، ح.، گشتاسبی مهارلویی، ر.، (۱۳۹۱). ارزیابی کارایی و عملکرد نسبی شرکت ها با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها برای تشکیل سبد سهام. مجله دانش حسابداری، ۳(۱۱)، ۱۳۲-۱۰۵.

[۹] افشارکاظمی، م.ع.، خلیلی عراقی، م.، سادات کیایی، ا.، (۱۳۹۱). انتخاب سبد سهام در بورس اوراق بهادار تهران با تلفیق روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و برنامه‌ریزی آرمانی(GP). فصلنامه‌ی علمی پژوهشی دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، (۱۳).

[۱۰] فضل زاده، ع.ر. ، رنجپور، ر. ،توحیدی، ر.، (۱۳۹۱). بررسی توانایی مدل های تک شاخص شارپ و تحلیل پوششی داده ها در انتخاب پرتفوی کارا در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه‌ی بورس اوراق بهادار، ۵ (۱۸)، ۵۹-۳۹.

[۱۱] خواجوی، ش.، غیوری مقدم، ع.، (۱۳۹۱). تحلیل پوششی داده‌ها، روشی برای انتخاب پرتفوی بهینه با توجه به میزان نقد شوندگی سهام ، مورد مطالعه: شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. مجله‌ی پیشرفت های حسابداری دانشگاه شیراز، ۴(۲)، ۵۲-۲۷.

[۱۲] آذر، ع.، خسروانی، ف.، جلالی ، ر.، (۱۳۹۲). کاربرد تحلیل پوششی داده ها (DEA) در تعیین پرتفویی از کارآمدترین و ناکارآمدترین شرکت های حاضر در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه‌ی مدرس علوم انسانی(پژوهش های مدیریت در ایران)، ۱۷(۱).

[۱۳] نجفی، ا.ع.، منصوری س.م.، (۱۳۹۲). مساله‌ی انتخاب سبد سهام با رویکرد بنیادین و حذف همبستگی بین شاخص‌های ارزیابی. نشریه تخصصی مهندسی صنایع، ۴۷(۲)، ۲۴۰-۲۲۹.

[۲۲] نیکومرام، ه.، قائی، ن.، علیرضایی، م. ر.، (۱۳۸۴). ارزیابی کارایی شرکت های سرمایه گذاری پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران به کمک مدل های محک زنی ریاضی تحلیل پوششی داده ها. مجله پژوهشنامه اقتصادی، ۵(۱۶)، ۱۰۰-۷۷.

[۲۳] صفایی قادیکلایی،ع.، یحیی زاده فر، م.،شکوهی، ب.، (۱۳۸۶).اندازه گیری کارایی شرکت های سرمایه گذاری با استفاده از تحلیل پوششی داده ها در سازمان بورس اوراق بهادار تهران. پژوهشنامه ی علوم انسانی و اجتماعی، مدیریت، ۷(۲۵).

[۲۴] ماکوئی، ا.، سجادی، س.ج.، پشین، پ.، (۱۳۸۷). ارزیابی نسبی شرکتهای مشابه با توجه به معیارهای مالی به روش DEA (مطالعه موردی شرکتهای قطعه ساز خودرو). پژوهشنامه اقتصادی، ۸(۲)، ۲۵۱-۲۲۷.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[۲۵] قلی‌زاده، م. ح.، ابراهیم پور ازبری، م.، (۱۳۸۸). طرح مدل رتبه بندی شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تحلیل پوششی داده ها (مورد: صنعت مواد غذایی و آشامیدنی). پژوهشنامه اقتصادی(ویژه نامه بورس)، (۵)، ۱۹۳-۱۷۳.

[۲۶] جهانشاد، آ.، پورزمانی، ز.، اژدری، ف.، (۱۳۸۸). بررسی کارایی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده ار روش تحلیل پوششی داده ها و ارتباط آن با بازده سهام. پژوهشنامه حسابداری مالی و حسابرسی، ۱(۴)، ۱۲۸-۱۰۹.

[۲۷] خواجوی، ش.، غیوری مقدم، ع.، غفاری م. ج.، (۱۳۸۹). تکنیک تحلیل پوششی داده ها مکملی برای تحلیل سنتی نسبت های مالی. بررسی های حسابداری و حسابرسی، ۱۷(۶۰)، ۵۶-۴۱.

[۲۸] دادرس، م.، (۱۳۸۹). کاربرد تحلیل پوشش داده ها در شناسایی پارامترهای تأثیرگذار در بورس اوراق بهادار تهران. دانشگاه آزاد اسلامی رشت، دومین کنفرانس ملی تحلیل پوششی داده ها.

[۲۹] محمودی، م.، متان، م.، (۱۳۹۰). تحلیل پوششی داده ها و متغیرهای مالی ارزیابی عملکرد شرکت های بورس اوراق بهادار تهران. دانشگاه ازاد اسلامی واحد فیروزکوه، سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده ها.

[۳۰] دشتی نژاد، م.، (۱۳۹۱). تحلیل کارایی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار با استفاده از DEA. فصلنامه مقاله های پژوهشی مدیریت، (۵).

[۳۴] قهطرانی، ع. ر.، (۱۳۹۱). به کارگیری بهینه سازی استوار در مساله انتخاب سبد سرمایه. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مالی، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی، تهران.

[۳۸] حنفی زاده، پ.، نوابی، ح. ر.، سیفی،ع.، (۱۳۸۴). مدل یکپارچه استوار مساله انتخاب سهام،کنفرانس مهندسی صنایع،دانشگاه صنعتی امیر کبیر،دانشکده مهندسی صنایع.

[۳۹] مدرس یزدی، م.، شمسی، ا.، تاج بخش، ع.ر.، (۱۳۸۷). بهینه سازی استوار سبد مالی چند دوره ای با استفاده از ارزش در معرض خطر مشروط ، ششمین کنفرانس مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی صنایع.

[۴۰] سجادی، س. ج.، قره خانی، م.، صفری، ا.، (۱۳۸۹). بهینه سازی استوار سبد مالی با رویکرد CAPM، هفتمین کنفرانس مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت، دانشکده مهندسی صنایع.

[۵۲] آذر، ع.، دانشور، م.، خدادادحسینی، س.، عزیزی، ش.، (۱۳۹۱). طراحی الگوی ارزیابی عملکرد گروه های کاری: تبیین و بسط الگوی تحلیل پوششی داده های استوار. بهبود مدیریت، ۶(۴)، ۵۶-۳۴.

[۵۳] جلالی نائینی، س. غ. ر.، مهدوی مزده، م.، نورعلیزاده، ح. ر.، (۱۳۹۲). تجزیه وتحلیل اثر لغو انحصار ورود بر کارایی شرکت های بیمه ایرانی. پژوهشنامه بیمه، ۲۸(۲)، ۵۱-۲۵.

[۶۳] جهانشاهلو، غ. ر.، حسین زاده لطفی، ف.، نیکومرام، ه.، (۱۳۸۹). تحلیل پوششی داده‌ها و کاربردهای آن، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

[۶۴] مهرگان، م. ر.، (۱۳۹۱). تحلیل پوششی داده‌ها: مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، نشر کتاب دانشگاهی.

[۶۹] کوپر، و.، سیفورد، ل.، تن، ک.، (۱۳۹۱). تحلیل پوششی داده‌ها: مدل‌ها و کاربردها، میر حسنی، س. ع.، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

[1] Markowitz, H., (1952). Portfolio Selection. The Journal of Finance, 7, 77-91.

[2] Sharpe, F. William., (1963). A Simplified Model for Portfolio Analysis. Management Science, 9, 277-293.

[4] Farrell, M. J., (1957).The Measurment of Productive Efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General), 120(3), 253-290.

[5] Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E., (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 2(4), 429-444.

[14] Powers, J & McMullen, P, R., (2000). Using Data Envelopment Analysis to Select Efficient Large Market Cap Securities. Journal of Business and Management, 7, 31-42.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[15] Edirisinghe, N. C. P., Zhang, X., (2007). Generalized DEA model of fundamental analysis and its application to portfolio optimization. Journal of Banking & Finance, 31(11), 3311-3335.
[16] Lopes, Ana, Lanzer, E,. Lima, M., Dacosta, N., (2008). DEA Investment Strategy In The Brazilian Stock Market. Economics Bulleting, 13, 1-10.
[17] Chen, H. H., (2008). Stock selection using data envelopment analysis. Industrial Management & Data Systems, 108(9), 1255-1268.
[18] Alinezhad, A. Zohrebandian, M. Dehdar, F., (2010). Portfolio Selection using Data Envelopment Analysis with common weights. Iranian Journal of Optimization, 2, 323-333.
[19] Gardijan, M., Kojic, V., (2012). DEA-based Investment Strategy and Its Application in the Croatian Stock Market. Croatian Operational Research Review, 3(1), 203-212.
[20] Ismail, M. K. A., Salamudin, N., Rahman, N. M. N. A., Kamaruddin, B. H., (2012). DEA portfolio selection in Malaysian stock market. Innovation Management and Technology Research, 739-743.
[21] Homayoun, A. Hosseini-Yekani, S.A. Mohammadi, H., (2012). Optimal Portfolios in a Data Envelopment Analysis Framework (A Case Study of Tehran Stock Exchange). Journal of Basic and Applied Scientific Research, 2(3), 2110-2116.
[31] Basso, A., Funari, S., (2001). A Data Envelopment Analysis Approach to Measure the Mutual Fund Performance. European Journal of Operational Research, 135, 477-492.
[32] Haslem, J., & Scheraga, C., (2003). Data envelopment analysis of Morningstar's large-cap mutual funds. Journal of Investing, 12(4), 41-48.
[33] Malhotra, R., Malhotra, D.K. and Russel, P., (2007). Using data envelopment analysis to rate bonds. Proceedings of the Northeast Business & Economics Association, (4), 420–423.
[35] Soyster, A. L., (1973). Convex programming with set-inclusive constraints and applications to inexact linear programming. Operations research, 21(5), 1154-1157.
[36] Ben-Tal, A., & Nemirovski, A., (2000). Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data. Mathematical programming, 88(3), 411-424.
[37] Bertsimas, D., Sim, M., (2003). Robust discrete optimization and network flows. Mathematical Programming Series, 98, 49–71.
[41] Ben-Tal, A., Margalit, T., Nemirovski, A., (2000). Robust modeling of multi-stage portfolio problems. High performance optimization ,Springer US, 303-328.
[42] Goldfarb, D., Iyengar, G., (2003). Robust portfolio selection problems. Mathematics of Operations Research, 28(1), 1-38.
[43] Quaranta, A. G., Zaffaroni, A., (2008). Robust optimization of conditional value at risk and portfolio selection. Journal of Banking & Finance, 32(10), 2046-2056.
[44] Chen, W., Tan, S., (2009). Robust portfolio selection based on asymmetric measures of variability of stock returns. Journal of computational and applied mathematics, 232(2), 295-304.
[45] Zhu, S., Fukushima, M., (2009). Worst-case conditional value-at-risk with application to robust portfolio management. Operations research, 57(5), 1155-1168.
[46] Kawas, B., Thiele, A., (2011). A log-robust optimization approach to portfolio management. OR Spectrum, 33(1), 207-233.
[47] Zymler, S., Rustem, B., Kuhn, D., (2011). Robust portfolio optimization with derivative insurance guarantees. European Journal of Operational Research, 210(2), 410-424.
[48] Moon, Y., Yao, T., (2011). A robust mean absolute deviation model for portfolio optimization. Computers & Operations Research, 38(9), 1251-1258.
[49] Ling, A. F., Xu, C. X., (2012). Robust portfolio selection involving options under a “marginal+ joint” ellipsoidal uncertainty set. Journal of Computational and Applied Mathematics, 236(14), 3373-3393.
[50] Ghahtarani, A., Najafi, A. A., (2013). Robust goal programming for multi-objective portfolio selection problem. Economic Modelling, 33, 588-592.
[51] Pinar, M. Ç., Burak Paç, A., (2014). Mean semi-deviation from a target and robust portfolio choice under distribution and mean return ambiguity. Journal of Computational and Applied Mathematics, 259, 394-405.
[54] 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.
[55] 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.
[56] 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.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[57] 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.
[58] Wang, K., Wei, F., (2010). Robust data envelopment analysis based MCDM with the consideration of uncertain data. Systems Engineering and Electronics, Journal of, 21(6), 981-989.
[59] 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.
[60] 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.
[61] Omrani, H., (2013). Common Weights Data Envelopment Analysis with Uncertain Data: a Robust Optimization Approach, Computers & Industrial Engineering.
[62] 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.
[65] Banker, R. D. Charnes ,A. Cooper, W. W., (1984). Some Models for Estimation Technical and Scale in Efficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, 30, 1078-1092.
[66] Bertsimas, D., Sim, M., (2004). The price of robustness. Operations research, 52(1), 35-53.
[67] Kouchta, D., (2004). Robust goal programming. Control and Cybernetics 33(3), 501-510.
[68] Chen, C., Kwon, R. H., (2012). Robust portfolio selection for index tracking. Computers & Operations Research, 39(4), 829-837.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]