



## روش ترکیبی BSC و VFB-DEA در محیط فازی جهت طراحی مدلی برای ارزیابی عملکرد بیمارستان ها

علیرضا علی نژاد<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۲/۲۷، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۵/۲۶.

جواد خلیلی<sup>۲</sup>

### چکیده

بهبود کارایی یکی از مهمترین شاخص های ارزیابی عملکرد سازمان است و اساسی ترین و نخستین گام در بهبود کارایی، اندازه گیری و ارزیابی آن می باشد. تاکنون تحقیقات بسیار اندکی در زمینه ارزیابی عملکرد بیمارستان ها با استفاده از ترکیب BSC و DEA انجام شده است و کارایی واحدها با استفاده از مدل های کلاسیک DEA که دارای دو محدودیت خود ارزیابی و عدم تشخیص بین DMU های کارا هستند محاسبه شده است و شرایط عدم قطعیت نیز در نظر گرفته نشده است، در صورتی که در برخی از شاخص های عملکرد نیاز به قضاوت و تفکر انسانی است. برای رفع این محدودیت ها، در این تحقیق از مدل جدید کارایی متقاطع VFB-DEA در محیط فازی استفاده شده است. بنابراین در این تحقیق، با استفاده از مدل VFB-DEA در روش تحلیل پوششی داده های فازی (FDEA) و کارت امتیازی متوازن (BSC) به ارزیابی عملکرد بیمارستان های دولتی شهر مشهد در بازه زمانی سال ۱۳۹۳ پرداخته می شود. در این راستا با مطالعه شاخص های استفاده شده برای ارزیابی عملکرد مراکز خدمات درمانی در مطالعات گذشته و با نظر خبرگان حوزه سلامت، سه شاخص میزان رضایت پرسنل و سرانه آموزش و هزینه دارو و لوازم مصرفی و سه شاخص میزان رضایت بیماران و میانگین مدت بستری و درصد اشغال تخت، در چهار منظر کارت امتیازی متوازن به عنوان شاخص های ورودی و شاخص های خروجی انتخاب گردید. سپس با به کارگیری مدل جدید VFB-DEA مشخص گردید بیمارستان ۱ به عنوان واحد کارا و بیمارستان ۶ به عنوان واحد ناکارا می باشند. با توجه به عدم قطعیت لحاظ شده و تعیین شاخص های ورودی و خروجی بر اساس کارت امتیازی متوازن، مدل ارائه شده نسبت مدل های گذشته دقیق تر بوده و مدیران را قادر می سازد تا بهتر و دقیق تر جهت بهبود کارایی سازمان ها تصمیم گیری نمایند. **کلمات کلیدی:** ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده های فازی، VFB-DEA، کارت امتیازی متوازن، کارایی متقاطع.

<sup>۱</sup> دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران  
(مسئول مکاتبات) [alalinezhad@gmail.com](mailto:alalinezhad@gmail.com)

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

## ۱. مقدمه

در شرایط بسیار پیچیده، متغیر و مملو از رقابت کنونی سازمان هایی قادر به رقابت و حفظ بقای خویش هستند که با آگاهی و شناخت از وضع موجود به برنامه ریزی برای نیل به وضع مطلوب خود بپردازند. در چنین شرایطی ارزیابی درست عملکرد می تواند، به منزله مهم ترین عامل شناسایی وضع موجود و نیروی محرکه ای برای بهبود فعالیت ها و عملیات و همچنین نیل به اهداف مطلوب و مورد نظر سازمان نقش حیاتی و غیر قابل انکاری ایفا کند. به بیان دیگر، شناخت وضع موجود یک سازمان، تعیین اهداف، برنامه ریزی و تلاش برای رسیدن به چنین اهدافی در گرو ارزیابی درست عملکرد بوده، ارزیابی عملکرد نیز خود در گرو به کارگیری روش یا روش های علمی دقیق است (شهریاری، ۱۳۹۱).

پیچیدگی سازمان های بهداشتی و درمانی کنونی، هزینه های فزاینده بهداشت و درمان، تخصص گرایی، تاکید بر مشتری و اهمیت کارایی و اثربخشی خدمات از جمله عواملی هستند که سازمان های بهداشتی و درمانی را به تحول در ارزیابی عملکرد ترغیب و تشویق نموده است. در حوزه خدمات بهداشتی و درمانی، بزرگترین و پرهزینه ترین واحد عملیاتی، بیمارستان ها هستند و از طرفی عملکرد بیمارستان ها ارتباط تنگاتنگی با جان انسانها و سلامت آحاد جامعه دارد بنابراین بهبود روش های ارزیابی عملکرد بیمارستانها از اهمیت دوچندانی برخوردار است. روش های متعددی برای ارزیابی عملکرد بیمارستان ها پیشنهاد شده است که از بین آنها کارت امتیازی متوازن (BSC)<sup>۱</sup> با نگاه پیاده سازی استراتژی در عمل تنها روشی است که اثرگذاری عملکرد کلیه زیر مجموعه های سازمان را در عملکرد سازمان نشان می دهد. از کارت امتیازی متوازن به دو صورت استفاده می شود؛ کارت امتیازی متوازن به عنوان ابزاری برای طراحی شاخص های عملکرد و کارت امتیازی متوازن به عنوان ابزاری برای ارزیابی میزان دستیابی به اهداف. در صورتی که از BSC فقط به عنوان ابزاری برای طراحی شاخص های ارزیابی عملکرد به کار گرفته می شود باید از تکنیک های دیگر ارزیابی عملکرد برای سنجش سازمان استفاده کرد که تکنیک تحلیل پوششی داده ها (DEA)<sup>۲</sup> یکی از این تکنیک ها است. در برخی از شاخص های عملکرد نیاز به قضاوت و تفکر انسانی است و به علت عدم اطمینان موجود در قضاوت و تفکر انسانی مدل های فازی می توانند نقش مهمتری برای ارزیابی کارایی در مسایل واقعی ایفا کند و مدل دقیق تری برای سنجش کارایی بیمارستان ها در اختیار مدیران قرار دهند. ضمن آنکه، استفاده از مدل ترکیبی BSC و DEA در ارزیابی کارایی نسبی بیمارستان ها، باعث می شود تا مدیران عالی بیمارستان ها علاوه بر شناخت وضعیت عملکردی خود در هر یک از مناظر چهارگانه BSC، بتوانند عملکرد خود را نسبت به سایر بیمارستان ها نیز بسنجند. از دیگر ویژگی های این مدل ترکیبی این است که بیمارستان هایی که عملکرد ضعیف تری نسبت به سایرین دارند می توانند با فرآیند الگوبرداری از واحدهای قوی (کارا) نقاط ضعف خود را اصلاح کنند. در این تحقیق نیز با دو هدف توسعه مدل ترکیبی

<sup>۱</sup> Balance scorecard

<sup>۲</sup> Data envelopment analysis

VFB و DEA در محیط فازی و تدوین یک مدل ترکیبی از BSC و VFB-DEA فازی به ارزیابی عملکرد بیمارستان ها پرداخته می شود.

## ۲. ادبیات و پیشینه تحقیق

### کارت امتیاز متوازن

در اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی، مقالات متعددی در نشریات مدیریتی اروپا و آمریکا در مورد ناکارآمدی روش های ارزیابی عملکرد شرکت ها منتشر شد. سیستم های ارزیابی عملکرد در آن زمان، عمدتاً متکی بر سنجه های مالی بوده و امور مالی شرکت ها مسئول انجام این ارزیابی ها بودند. مدتی بعد، تمرکز انحصاری بر روی سنجه های مالی عملکرد به دلیل اینکه پایه و اساس بسیاری از مشکلات می باشند مورد نقد و نكوهش قرار گرفت. استفاده از شاخص های صرفاً مالی جهت ارزیابی کارایی و عملکرد سازمان ها؛ حتی سازمان های مالی و اعتباری همچون بانک ها نمی تواند واقع بینانه باشد و می بایست از شاخص های دیگری که بتواند جامعیت ارزیابی را تامین نماید نیز استفاده نمود (محقر و همکاران، ۱۳۹۳).

با توجه به آنچه بیان گردید، در اوایل دهه ۱۹۹۰ کاپلان<sup>۲</sup> و نورتون<sup>۳</sup> رویکرد امتیازی متوازن را معرفی کردند. حاصل تحقیقات آن ها در مقاله ای در سال ۱۹۹۲ منتشر شد (Kaplan and Norton, 1996). در این مقاله آن ها اشاره کردند که شرکت های موفق برای ارزیابی عملکرد خود، فقط به سنجه های مالی متکی نیستند و پیشنهاد کردند که شاخص های دیگری باید به سنجه های مالی اضافه شوند تا بتوانند رضایت مشتری، فرآیندهای داخلی کسب و کار و توانایی رشد و یادگیری را نیز انعکاس دهند. نتیجه تحقیقات کاپلان و نورتون، منجر به عرضه روش کارت امتیازی متوازن گردید که عملکرد سازمان را از چهار منظر مالی، منظر مشتری، منظر فرآیندهای داخلی و منظر رشد و یادگیری ارزیابی می نمود (محقر و همکاران، ۱۳۹۳).

### تحلیل پوششی داده های فازی

فارل<sup>۴</sup> در سال ۱۹۵۷، با استفاده از روشی همانند اندازه گیری کارایی در مباحث مهندسی، به اندازه گیری کارایی برای واحد تولیدی اقدام کرد. موردی که فارل برای اندازه گیری کارایی مدنظر قرار داد شامل یک ورودی و یک خروجی بود. چارنزه<sup>۵</sup>، کوپر<sup>۶</sup> و رودز<sup>۷</sup> دیدگاه فارل را توسعه دادند و الگویی را ارائه کردند که توانایی اندازه گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت. این الگو، تحت عنوان تحلیل پوششی داده ها، نام گرفت و اولین بار، در رساله دکترای رودز و به راهنمایی کوپر تحت عنوان ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش آموزان مدارس ملی آمریکا در سال ۱۹۷۶، مورد استفاده قرار گرفت (مهرگان، ۱۳۹۱). از آنجا که این

1. Virtual frontier benevolent

2. Kaplan

3. Norton

4. Farrell

5. Charnes

6. Cooper

7. Rhodes

الگو توسط چارنز، کوپر و رودز ارائه گردید، به الگوی CCR<sup>۱</sup> که از حروف اول نام سه فرد یادشده تشکیل شده است، معروف گردیده و در سال ۱۹۷۸ در مقاله ای با عنوان اندازه گیری کارایی واحدهای تصمیم گیرنده ارائه شد.

در واقع تحلیل پوششی داده ها مبتنی بر یکسری بهینه سازی با استفاده از برنامه ریزی خطی می باشد که به آن روش ناپارامتریک نیز گفته می شود. در این روش منحنی مرزی کارا از یکسری نقاط که به وسیله برنامه ریزی خطی تعیین می شود ایجاد می گردد. روش برنامه ریزی خطی پس از یکسری بهینه سازی مشخص می کند که واحد تصمیم گیرنده مورد نظر روی مرز کارایی قرار گرفته است و یا خارج آن قرار دارد. بدین وسیله واحدهای کارا و ناکارا از یکدیگر تفکیک می شوند. تکنیک DEA تمام داده ها را تحت پوشش قرار داده و به همین دلیل تحلیل پوششی داده ها نامیده شده است.

اندازه گیری کارایی واحدهای تصمیم گیری با مقایسه ورودی ها و خروجی هایشان میسر است. اگر واحد تصمیم گیری دارای چند ورودی و چند خروجی باشد با مشخص بودن ارزش هر خروجی و هزینه هر ورودی نسبت ارزش کل خروجی ها به هزینه کل ورودی ها را به عنوان کارایی آن واحد در نظر گرفته که این نسبت را کارایی اقتصادی نیز می گویند ولی اگر قیمت ها و هزینه ها معین نباشند تعیین کارایی به صورت فوق امکان پذیر نیست.

اندازه گیری کارایی با روش DEA می تواند به صورتی باشد که واحدهای تصمیم گیرنده شامل سازمان های مختلف در یک صنعت و یا بخش های مشابه در یک سازمان و یا دوره های زمانی مختلف یک سازمان باشد، در هر صورت برای هر واحد تصمیم گیرنده باید ورودی ها و خروجی های آن مشخص و سپس روابط ریاضی مربوط به مدل برنامه ریزی خطی تعیین گردد.

تحلیل پوششی داده های فازی ابزاری است برای ارزیابی عملکرد سازمان هایی که در شرایط عدم اطمینان محیطی فعالیت و تصمیم گیری می کنند. FDEA<sup>۲</sup> مفهوم تئوری مجموعه های فازی را برای نشان دادن داده های نامعین به کار می برد و این داده ها را با نگرش و رویکرد DEA تحلیل می نماید. تحقیقات متعددی پیرامون مدل های ترکیبی BSC و VFB-DEA صورت پذیرفته است. ایلایت و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۸) در تحقیقی با شرح یک رویکرد و چند معیار برای پروژه های تحقیق و توسعه در مراحل مختلف چرخه زندگی شان، روش کارت امتیازی متوازن با تحلیل پوششی داده ها ترکیب و مدلی تحت عنوان تحلیل پوششی داده های توسعه داده شده، مطرح کردند. اسوشه و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از ترکیب تحلیل پوششی داده ها (DEA) و کارت امتیازی متوازن (BSC) برای ارزیابی پروژه های فناوری اطلاعات در کشور ایران پرداخته شد. در این مطالعه سه گزینه برای توسعه پروژه های فناوری اطلاعات در وزارت علوم تحقیقات و فن آوری ایران در نظر گرفته شد و به وسیله مدل ترکیبی BSC-DEA مورد ارزیابی قرار گرفت.

1. Charnes, Cooper, Rhodes

2. Fuzzy data envelopment analysis

3. Elait et al.

آمادو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۲)، به ارائه مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده ها و کارت امتیازی متوازن برای ارزیابی عملکرد شرکت های چند ملیتی در دو منطقه تجاری پرداختند و یک مجموعه پیشنهاد در ارتباط با کاربرد موفق DEA و ترکیبش با BSC به منظور ترفیع یک روند یادگیری مداوم و بهبود در عملکرد ارائه دادند. مسلم زاده و همکاران (۲۰۱۴)، در تحقیقی یک روش ساختار یافته برای ارزیابی تامین کنندگان خدمات شرکت همکاران سیستم ارائه کردند که ابتدا معیارهای ارزیابی تامین کنندگان با توجه به ابعاد مختلف کارت امتیازی متوازن، با استفاده از مدل مفهومی DEA-BSC پیشنهادی تعیین می گردند و سپس تامین کنندگان با استفاده از مدل DEA فازی مورد ارزیابی قرار گرفته و واحدهای کارا و ناکارا تعیین می گردند. همچنین کاداروا و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۵)، با دو روش BSC و DEA، یک سیستم مدیریت عملکرد جامع برای شرکت های صنعتی تشکیل دادند و مشخص گردید که BSC یک رویکرد کیفی و DEA یک رویکرد کمی است، بنابراین ترکیب BSC و DEA هر دو رویکرد کیفی و کمی را شامل می شود و یک چارچوب مفهومی برای پایش عملکرد یک شرکت صنعتی و کارایی روندهای آن و استفاده مدیران برای اخذ تصمیمات درست در تمام سطوح مدیریت به دست می دهد. مؤمنی و همکاران (۱۳۸۸)، با استفاده از کارت امتیازی متوازن و تحلیل پوششی داده های فازی (FDEA) به ارزیابی عملکرد شعب تامین اجتماعی شهرستان های استان تهران پرداختند و با مدل CCR فازی، در سطوح  $\alpha$ -CUT های متفاوت مشخص گردید که کلیه واحدها در سطح  $\alpha = 0$  کارا شدند. همچنین محقر و همکاران در سال ۱۳۹۳، کارایی واحدهای ارزی بانک کشاورزی را با استفاده از روش های DEA و BSC و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ارزیابی کردند.

با توجه به اینکه تا کنون تحقیقات بسیار اندکی در زمینه ارزیابی عملکرد بیمارستان ها با استفاده از ترکیب BSC و DEA انجام شده است و کارایی واحدها با استفاده از مدل های کلاسیک DEA که دارای دو محدودیت خود ارزیابی و عدم تشخیص بین DMU های کارا هستند محاسبه شده است و شرایط عدم قطعیت نیز در نظر گرفته نشده است، در صورتی که در برخی از شاخص های عملکرد نیاز به قضاوت و تفکر انسانی است.

### ۳. روش تحقیق

این تحقیق به لحاظ تقسیم بندی بر مبنای هدف، تحقیق کاربردی است و با هدف توانمندسازی مدیران جهت شناسایی شاخص های مهم عملکردی، ارزیابی عملکرد و توسعه راهبردهای مناسب طراحی شده است. بر اساس طریقه جمع آوری داده های مورد نیاز، جزء تحقیقات توصیفی تحلیلی است. در این تحقیق از ۱۲ بیمارستان دولتی مشهد، به عنوان جامعه آماری استفاده می شود و از آنجا که کل جامعه مورد بررسی قرار می گیرد بنابراین نمونه گیری مورد نیاز نمی باشد.

با توجه به تعداد زیاد شاخص های عملکردی در ارزیابی بیمارستان ها، سعی شده است با استفاده از ادبیات تحقیق و نظر خبرگان و مدیران حوزه سلامت، مهمترین شاخص های عملکرد در هر یک از چهار منظر کارت امتیازی متوازن به عنوان شاخص های ورودی و خروجی مدل تحلیل پوششی داده ها تعریف و

1. Amado et al.

2. Kadarova et al.

استفاده شود. ابتدا در هر منظر، شاخص های کلیدی عملکرد با هدف ارزیابی مراکز درمانی، با توجه به مطالعات کتابخانه ای و جستجو در مقالات داخلی و خارجی مشخص گردید که در جدول (۱) آمده است. سپس براساس روش دلفی، نظرات خبرگان حوزه سلامت از جمله مدیران بیمارستان ها اخذ گردید که با تکرار آن، در نهایت شاخص های کلیدی عملکرد در هر منظر به صورت زیر انتخاب شد. شاخص های ورودی عبارتند از:

رضایت پرسنل (منظر رشد و یادگیری)

سرانه آموزش (منظر رشد و یادگیری)

هزینه دارو و لوازم مصرفی (منظر مالی)

و شاخص های خروجی عبارتند از:

میزان رضایت بیماران (منظر مشتری)

میانگین مدت بستری (منظر مشتری)

درصد اشغال تخت (منظر فرآیندهای داخلی کسب و کار)

از شاخص های مذکور، دو شاخص میزان رضایت پرسنل و میزان رضایت بیماران، فازی و شاخص های سرانه آموزش، هزینه دارو و لوازم مصرفی، میانگین مدت بستری و درصد اشغال تخت قطعی می باشند. به منظور اندازه گیری میزان رضایت بیماران، از پرسشنامه استاندارد سروکوال<sup>۱</sup> استفاده شد (دادمند، ۱۳۹۴). پرسشنامه سروکوال شامل ۲۲ سؤال درمقیاس پنج درجه ای لیکرت تحول ابعاد پنج گانه زیر، انتظارات مشتریان از خدمات و ادراکات آنها را مورد سنجش قرار داده و با استفاده از تحلیل شکاف به بررسی کیفیت خدمات می پردازد.

ملموسات: ظاهر تجهیزات و وسائل و ابزار فیزیکی موجود در محل کار کارکنان

اعتماد: توانایی سازمان خدمت دهنده در عمل به وعده های خود به طور مستمر و دقیق

پاسخگویی: تمایل و اشتیاق سازمان برای کمک به مشتریان و ارائه خدمات به موقع

تضمین: دانش و مهارت و شایستگی کارکنان و سازمان در ارتقای حسن اعتماد به مشتری

دلسوزی: نزدیکی و همدلی با مشتری و توجه ویژه و فردی به وی و تلاش در جهت درک نیازهای وی

جدول ۱. شاخص های کلیدی عملکرد در هر یک از مناظر BSC

منبع	منظر مالی
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲، ۱	نسبت هزینه های جاری به درآمد عملیاتی
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	حاشیه سود خالص
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	گردش موجودی
ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰	هزینه دارو و لوازم مصرفی
ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰	نسبت پرداختی کل پرسنل به درآمد
ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰	گسترش مشارکت های غیر دولتی
منبع	منظر مشتری
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲؛ نصیری پور و همکاران، ۱۳۸۸	رضایت بیمار
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲؛ نصیری پور و همکاران، ۱۳۸۸	میانگین مدت زمان انتظار
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲؛ ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰	درصد مراجعات مجدد
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	میانگین مدت زمان بستری
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲؛ ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰	تعداد شکایات بیمار
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	تخت های بیمارستان به ازای هر هزار نفر
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	درصد موارد انتقال به بیمارستان های دیگر
منبع	منظر فرآیندهای داخلی کسب و کار
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	موجودی مازاد (درصد فعلی دارایی)
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	درصد اشغال تخت
ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰	میزان مرگ و میر ناشی از درمان
ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰	خطاهای درمانی

<sup>1</sup>. Grigoroudis et al.

ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰	جنبه های ایمنی
نصیری پور و همکاران، ۱۳۸۸	میزان نقص فنی تجهیزات نسبت به سال قبل
نصیری پور و همکاران، ۱۳۸۸	هزینه های مربوط به نگهداشت تجهیزات
نصیری پور و همکاران، ۱۳۸۸	نسبت ظرفیت بلااستفاده دارایی های ثابت به ظرفیت واقعی
نصیری پور و همکاران، ۱۳۸۸	میزان توسعه فعالیت های کلینیکی و پاراکلینیکی
نصیری پور و همکاران، ۱۳۸۸	تعداد نیروی انسانی متخصص مورد نیاز براساس استانداردها
ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰	تعداد پژوهش های انجام شده
منبع	منظر رشد و یادگیری
نصیری پور و همکاران، ۱۳۸۸	نسبت تعداد مقالات منتشر شده به تعداد پزشک
نصیری پور و همکاران، ۱۳۸۸؛ گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	رضایت پرسنل
ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰	تعداد گواهینامه های دریافتی جدید در بعد کیفیت
ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰	سرانه آموزش
ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰؛ گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	مشاغل کلیدی دارای جانشین
ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰؛ گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	میزان استفاده از تکنولوژی های جدید درمان
ایروانی تبریزی پور و الوندی، ۱۳۹۰؛ گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	تخصیص منابع به تکنولوژی اطلاعات
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	تعداد پروژه ها با سازمان های دیگر
گردیوس و همکاران، ۲۰۱۲	درصد کارکنان آموزش دیده
نصیری پور و همکاران، ۱۳۸۸	نسبت ساعات آموزش به کل ساعات کار آنها



### مدل تحقیق

در این بخش، به معرفی مدل VFB-DEA و تبیین مولفه های آن خواهیم پرداخت. همانگونه که در ادبیات تحقیق نیز گفته شد، مدل کلاسیک DEA تحت عنوان مدل CCR به صورت رابطه (۱) می باشد.

$$\begin{aligned} \gamma_k &= \max \sum_{r=1}^s u'_r y_{rk} & (1) \\ \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i x_{ik} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v'_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned}$$

مدل فوق دارای دو محدودیت است (Cui and Li, 2015):

این مدل برپایه خودارزیابی بنا شده است و عملکردش براساس ماکزیم سازی کارایی DMU هدف و کمینه سازی کارایی سایر DMU ها بدست می آید. بنابراین وقتی بخشی از کارایی DMU متاثر از همکاری با سایر DMU ها است، نتایج ارزیابی مدل CCR خیلی واقعی نیستند. در این مدل ها، به همه DMU های کارا، امتیاز کارایی ۱ تعلق می گیرد و لذا امکان مقایسه واحدهای کارا فراهم نیست. نیاز به رتبه بندی واحدهای کارا و حفظ میزان عدم کارایی واحدهای ناکارا موضوعی اجتناب ناپذیر است.

به منظور رفع محدودیت نخست، تعدادی راه حل مطرح شده است که در این بین، مدل کارایی متقاطع B-DEA<sup>۱</sup> یک رویکرد مناسب (Cui et al, 2015) و مد نظر این تحقیق می باشد. در این مدل، هر DMU به عنوان یک همکار در نظر گرفته می شود و در ضمن بیشینه سازی کارایی خودش، کارایی سایر DMU ها را نیز حداکثر می سازد. فرض کنید جواب بهینه DMUK شامل ضرایب و مقدار تابع هدف،  $(\gamma_k^* \quad u_k^* \quad v_k^*)$  باشد و جواب بهینه سایر DMU ها  $(\gamma_j^* \quad u_j^* \quad v_j^*)$  باشد. مطابق این مدل، کارایی متقاطع DMUK، B-DEA نسبت به DMUp به صورت رابطه (۲) محاسبه می شود.

<sup>۱</sup>. Benevolent-data envelopment analysis

$$\begin{aligned} \gamma_{kp} &= \max \sum_{r=1}^s u'_r y_{rk} & (۲) \\ \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i x_{ik} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v'_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ & \sum_{r=1}^s u'_r y_{rp} - \gamma_p^* \sum_{i=1}^m v'_i x_{ip} = 0 \\ & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned}$$

مقدار میانگین کارایی متقاطع B-DEA برای DMU<sub>k</sub> از طریق رابطه (۳) محاسبه می شود.

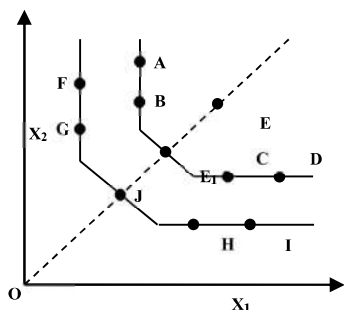
$$E_k = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n \gamma_{kp} \quad (۳)$$

به منظور رفع ایراد دوم، بصورت متعارف روش سوپر کارا ۱ کار گرفته می شود. در این مدل، DMU تابع هدف از محدودیت ها حذف می شود. مدل آن به صورت (۴) است. در این روش، چون واحدهای ناکارا در شکل گیری مرز کارایی تاثیر گذار نیستند، حذف آنها از ارزیابی، تاثیری بر مرز کارایی نخواهد گذاشت. ولی حذف واحدهای کارا که تشکیل دهنده مرز کارایی می باشند، سبب تغییر شکل مرز کارایی خواهد شد. میزان تغییر بوجود آمده از حذف یک واحد کارا، در واقع ملاکی برای رتبه بندی واحدهای کارا بین آن ها خواهد بود.

$$\begin{aligned} \gamma_k &= \max \sum_{r=1}^s u'_r y_{rk} & (۴) \\ \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i x_{ik} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v'_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad j \neq k \\ & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned}$$

همانگونه که در مدل فوق مشاهده می شود، مقدار DMU تابع هدف (DMU<sub>k</sub>) از محدودیت ها حذف شده است. برای غلبه بر مشکلات مدل سوپر کارا، مدل ۲ VF-DEA پیشنهاد شده است (Cui and Li, 2015). در مدل VF-DEA، یک مرز کارایی مجازی با توجه به مرز کارایی واقعی تشکیل می شود و کارایی کلیه DMU ها نسبت به این مرز کارا سنجیده می شود و برای توضیح بیشتر به شکل (۱) می توان توجه نمود:

1. Super efficiency
2. Virtual frontier-data envelopment analysis



شکل ۱. اساس مدل VF-DEA (Cui and Li, 2015)

چنانچه در شکل نیز مشاهده می شود، مرز مجازی FGHI بنحوی تعریف شده است که DMU های مورد ارزیابی A, B, C, D و E نسبت به آن در وضعیت ناکارا قرار می گیرند. اگر مجموعه DMU های واقعی و مجموعه DMU های مجازی (مجموعه مرجع) باشد، آنگاه مدل VF-DEA به صورت رابطه (۵) می باشد.

$$\begin{aligned} \gamma_k &= \max \sum_{r=1}^s u'_r y_{rk} & (5) \\ \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i x_{ik} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v'_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad j \in \omega \\ & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned}$$

در مدل فوق، مجموعه مرجع (DMU های مجازی) و مجموعه DMU های واقعی (مورد ارزیابی) دو مجموعه متفاوت هستند. این مدل امکان تشخیص بین DMU های کارا را فراهم می کند و در روند ارزیابی، مجموعه مرجع بدون تغییر باقی می ماند. به همین دلیل نسبت به مدل سوپر کارا از دقت بیشتری برخوردار است.

بر اساس مدل VF-DEA، تعداد DMU های مجازی مجموعه مرجع باید برابر با تعداد DMU های مورد ارزیابی باشد. برای محاسبه شاخص های ورودی و خروجی DMU های مجازی مجموعه مرجع، ابتدا مقادیر  $x_{i0}$  و  $y_{r0}$  به صورت روابط (۶) و (۷) محاسبه می شود:

$$x_{i0} = \min_j \{x_{ij}\}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
 & y_{r0} \\
 & = \max\{y_{rj}\}, \quad j \\
 & = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned} \tag{۷}$$

سپس برای DMUJ مجازی در مجموعه مرجع مقادیر  $x_{ij}$  و  $y_{rj}$  به صورت روابط (۸) و (۹) محاسبه می شود:

$$x_{ij} \in [0.95x_{i0} \quad x_{i0}] \tag{۸}$$

$$y_{rj} \in [y_{r0} \quad 1.05y_{r0}] \tag{۹}$$

بنابراین ورودی های DMUJ از مجموعه مرجع کمتر از DMUJ واقعی است و خروجی هایش بیشتر از DMUJ واقعی می باشد. در نتیجه مقدار کارایی در مدل VF-DEA کمتر از مقدار کارایی در مدل کلاسیک DEA است که این امر می تواند این اطمینان را ایجاد کند که مقدار کارایی در مدل VF-DEA کمتر از یک و برابر یا بزرگتر از صفر است.

با توجه به مطالب گفته شده، مدل کارایی متقاطع VFB-DEA برای حل دو محدودیت مدل کلاسیک DEA پیشنهاد شد (Cui and Li, 2015). کارایی متقاطع VFB-DEA، DMUK نسبت به DMUP به صورت رابطه (۱۰) محاسبه می شود.

$$\begin{aligned}
 \gamma_{kp} & = \max \sum_{r=1}^s u'_r y_{rk} \\
 \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i x_{ik} = 1 \\
 & \sum_{r=1}^s u'_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v'_i x_{ij} \leq 0 \quad J = 1, 2, \dots, n \quad J \in \omega \\
 & \sum_{r=1}^s u'_r y_{rp} - \gamma_p^* \sum_{i=1}^m v'_i x_{ip} = 0 \\
 & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i
 \end{aligned} \tag{۱۰}$$

که در آن  $\gamma_p^*$  مقدار کارایی در مدل CCR است. مقدار میانگین کارایی مدل VFB-DEA برای DMUK از طریق رابطه (۱۱) محاسبه می شود.

$$E_k = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n \gamma_{kp} \tag{۱۱}$$

در ادامه، با استفاده از روش  $\alpha$ -برش، مدل CCR فازی را به دو مساله برنامه ریزی خطی تبدیل می کنیم. در نتیجه این عمل، مساله ابتدا به یک مسئله برنامه ریزی بازه ای تبدیل می گردد. بر پایه روش وانگ

و همکاران ۱ مساله به دو مساله برنامه ریزی خطی قطعی تبدیل می گردد (Wang et al, 2005). توسط یکی از مدل ها یک کران بالا و توسط مدل دیگر یک کران پایین برای کارایی DMU داده شده به دست می آید.

مدل CCR فازی را در رابطه (۱۲) فرض می گردد.

$$\begin{aligned} & \gamma_k = \max \sum_{r=1}^s u'_r \tilde{y}_{rk} \quad (12) \\ & \text{st.} \quad \sum_{i=1}^m v'_i \tilde{x}_{ik} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r \tilde{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v'_i \tilde{x}_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned}$$

فرض کنیم داده های ورودی و خروجی، اعداد مثلثی فازی به ترتیب  $(x_{ij}^l \quad x_{ij}^m \quad x_{ij}^u)$  و  $\tilde{y}_{rj} = (y_{rj}^l \quad y_{rj}^m \quad y_{rj}^u)$  باشند. در این روش فواصل در هر دو طرف محدودیت ها با هم مقایسه می شوند و جواب بصورت یک بازه بدست می آید. مطابق رویکرد بازه ای ابتدا اعداد فازی باید به شکل بازه ای تبدیل شود. برای اینکار با بکارگیری  $-\alpha$  برش، اعداد فازی مثلثی فوق بصورت روابط (۱۳) و (۱۴) تبدیل می شوند (مقدار  $\alpha \in [0, 1]$  می باشد).

$$\tilde{x}_{ij} \in [\alpha x_{ij}^m + (1 - \alpha)x_{ij}^l \quad \alpha x_{ij}^m + (1 - \alpha)x_{ij}^u] \quad (13)$$

$$\tilde{y}_{rj} \in [\alpha y_{rj}^m + (1 - \alpha)y_{rj}^l \quad \alpha y_{rj}^m + (1 - \alpha)y_{rj}^u] \quad (14)$$

با جایگزینی اعداد فوق در مدل CCR فازی، مدل (۱۴) بدست می آید.

$$\gamma_{k\alpha} = \max \sum_{r=1}^s u'_r [\alpha y_{rk}^m + (1 - \alpha)y_{rk}^l \quad \alpha y_{rk}^m + (1 - \alpha)y_{rk}^u] \quad (15)$$

$$\text{st.} \quad \sum_{i=1}^m v'_i [\alpha x_{ik}^m + (1 - \alpha)x_{ik}^l \quad \alpha x_{ik}^m + (1 - \alpha)x_{ik}^u] = (1 \quad 1 \quad 1)$$

$$\sum_{r=1}^s u'_r [\alpha y_{rj}^m + (1 - \alpha)y_{rj}^l \quad \alpha y_{rj}^m + (1 - \alpha)y_{rj}^u] - \sum_{i=1}^m v'_i [\alpha x_{ij}^m + (1 - \alpha)x_{ij}^l \quad \alpha x_{ij}^m + (1 - \alpha)x_{ij}^u] \leq 0$$

<sup>1</sup>. Wang et al.

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

جواب مسئله فوق برای هر DMU و  $\alpha$ ، یک بازه بصورت  $[\gamma_{k\ell\alpha}, \gamma_{ku\alpha}]$  می باشد. برای حل مدل فوق مطابق رویکرد بازه ای، از دو مدل پیشنهادی وانگ و همکاران استفاده می شود. در این مدل ها، کارایی DMUK بصورت بازه  $[\gamma_{k\ell\alpha}, \gamma_{ku\alpha}]$ ، در قالب دو مدل مجزا (بهترین و بدترین شرایط DMUK) تحت بهترین شرایط سایر DMU ها (بیشترین خروجی و کمترین ورودی) محاسبه می شود. مدل اول، محاسبه کارایی (DMUK) کران بالای بازه جواب مسئله) در حالتی که بهترین شرایط DMUK (بیشترین خروجی و کمترین ورودی) در مقابل بهترین شرایط سایر DMU ها (بیشترین خروجی و کمترین ورودی) ارزیابی شود و مطابق رابطه (۱۶) می باشد.

$$\begin{aligned} \gamma_{ku\alpha} &= \max \sum_{r=1}^s u'_r (\alpha y_{rk}^m + (1-\alpha)y_{rk}^u) & (16) \\ \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i (\alpha x_{ik}^m + (1-\alpha)x_{ik}^l) = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r (\alpha y_{rj}^m + (1-\alpha)y_{rj}^u) - \sum_{i=1}^m v'_i (\alpha x_{ij}^m + (1-\alpha)x_{ij}^l) \leq 0 \\ & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned}$$

مدل دوم، محاسبه کارایی (DMUK) کران پایین بازه جواب مسئله) در حالتی که بدترین شرایط DMUK (کمترین خروجی و بیشترین ورودی) در مقابل بهترین شرایط سایر DMU ها (بیشترین خروجی و کمترین ورودی) ارزیابی شود و مطابق رابطه (۱۷) می باشد.

$$\begin{aligned} \gamma_{k\ell\alpha} &= \max \sum_{r=1}^s u'_r (\alpha y_{rk}^m + (1-\alpha)y_{rk}^l) & (17) \\ \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i (\alpha x_{ik}^m + (1-\alpha)x_{ik}^u) = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r (\alpha y_{rj}^m + (1-\alpha)y_{rj}^u) - \sum_{i=1}^m v'_i (\alpha x_{ij}^m + (1-\alpha)x_{ij}^l) \leq 0 \\ & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned}$$

براساس توضیحات ارائه شده، مدل VFB-DEA مورد بررسی در این تحقیق به صورت رابطه (۱۸) می باشد.

$$\begin{aligned} \gamma_k &= \max \sum_{r=1}^s u'_r y_{rk} & (18) \\ \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i x_{ik} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v'_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned}$$

سپس، داده های مسئله به انضمام  $\gamma_p^*$  (مقدار بهینه مرحله اول) در قالب مدل رابطه (۱۹) بکارگیری و حل می شود.

$$\begin{aligned} \gamma_{kp} &= \max \sum_{r=1}^s u'_r y_{rk} & (19) \\ \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i x_{ik} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v'_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad J \in \omega \\ & \sum_{r=1}^s u'_r y_{rp} - \gamma_p^* \sum_{i=1}^m v'_i x_{ip} = 0 \\ & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned}$$

لذا برای فازی سازی مسئله فوق، ابتدا مرحله اول (مدل CCR) فازی می شود که مطابق آن مقدار بهینه آن نیز بصورت عدد فازی  $\tilde{\gamma}_p^*$  بدست می آید و سپس مرحله دوم مطابق رابطه (۲۰) فازی و سپس حل می شود.

$$\begin{aligned} \gamma_{kp} &= \max \sum_{r=1}^s u'_r & (20) \\ \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i \tilde{x}_{ik} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r \tilde{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v'_i \tilde{x}_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad J \in \omega \\ & \sum_{r=1}^s u'_r \tilde{y}_{rp} - \tilde{\gamma}_p^* \sum_{i=1}^m v'_i \tilde{x}_{ip} = 0 \\ & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned}$$

در مدل فوق، مقدار  $\tilde{\gamma}_p^*$  بصورت عدد فازی مثلثی در نظر گرفته می شود که مطابق قوانین فازی مولفه های آن در مولفه های  $\tilde{x}_{ip}$  ضرب برداری می گردد. به بیان دیگر چنانچه  $\tilde{\gamma}_p^* = (\gamma_p^l \quad \gamma_p^m \quad \gamma_p^u)$  آنگاه:

$$\begin{aligned} \gamma_{kp} &= \max \sum_{r=1}^s u'_r \tilde{y}_{rk} & (21) \\ \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i \tilde{x}_{ik} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r \tilde{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v'_i \tilde{x}_{ij} \leq 0 \quad J = 1, 2, \dots, n \quad J \in \omega \\ & \sum_{r=1}^s u'_r \tilde{y}_{rp} - \sum_{i=1}^m v'_i (\gamma_p^l x_{ip}^l \quad \gamma_p^m x_{ip}^m \quad \gamma_p^u x_{ip}^u) = 0 \\ & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned}$$

برای حل مسئله دو مرحله ای فوق، دو مدل تعریف می گردد. مدل اول، محاسبه کارایی در حالتی که بهترین شرایط DMUK در مقابل بهترین شرایط سایر DMU ها (بیشترین خروجی و کمترین ورودی) ارزیابی شود و مطابق رابطه (۲۲) می باشد.

$$\begin{aligned} \gamma_{kpua} &= \max \sum_{r=1}^s u'_r (\alpha y_{rk}^m + (1-\alpha) y_{rk}^u) & (22) \\ \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i (\alpha x_{ik}^m + (1-\alpha) x_{ik}^l) = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r (\alpha y_{rj}^m + (1-\alpha) y_{rj}^u) - \sum_{i=1}^m v'_i (\alpha x_{ij}^m + (1-\alpha) x_{ij}^l) \leq 0 \\ & \sum_{r=1}^s u'_r (\alpha y_{rp}^m + (1-\alpha) y_{rp}^u) - \sum_{i=1}^m v'_i (\alpha \gamma_p^m x_{ip}^m + (1-\alpha) \gamma_p^l x_{ip}^l) = 0 \\ & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned}$$

مدل دوم، محاسبه کارایی (DMUK) کران پایین بازه جواب مسئله) در حالتی که بدترین شرایط DMUK (کمترین خروجی و بیشترین ورودی) در مقابل بهترین شرایط سایر DMU ها (بیشترین خروجی و کمترین ورودی) ارزیابی شود و مطابق رابطه (۲۳) می باشد.



$$\begin{aligned}
 \gamma_{kpl\alpha} &= \max \sum_{r=1}^s u'_r (\alpha y_{rk}^m + (1-\alpha)y_{rk}^l) & (23) \\
 \text{st.} \quad & \sum_{i=1}^m v'_i (\alpha x_{ik}^m + (1-\alpha)x_{ik}^l) = 1 \\
 & \sum_{r=1}^s u'_r (\alpha y_{rj}^m + (1-\alpha)y_{rj}^l) - \sum_{i=1}^m v'_i (\alpha x_{ij}^m + (1-\alpha)x_{ij}^l) \leq 0 \\
 & \sum_{r=1}^s u'_r (\alpha y_{rp}^m + (1-\alpha)y_{rp}^l) - \sum_{i=1}^m v'_i (\alpha \gamma_p^m x_{ip}^m + (1-\alpha)\gamma_p^l x_{ip}^l) = 0 \\
 & u'_r, v'_i \geq 0 \quad \forall r, i
 \end{aligned}$$

جدول ۲. داده های جمع آوری شده از بیمارستان های دولتی مشهد در سال ۱۳۹۳

شاخص های خروجی			شاخص های ورودی				بیمارستان			
اشغال تخت (%)	مدت بستری (روز)	رضایت بیماران (%)			دارو و لوازم مصرفی (میلیون ریال)	آموزش (ساعت)		رضایت پرسنل (%)		
		L	M	U				L	M	U
-۰/۲۵	۲/۷	۶۲	۶۷	۷۰	۴۲۵	۷۵	۶۱	۶۴	۶۶	بیمارستان ۱
-۰/۷۴	۴/۱	۷۶	۸۱	۸۷	۵۱۲	۱۰۲	۹۰	۹۴	۹۷	بیمارستان ۲
-۰/۲۱	۳/۳	۷۵	۷۷	۸۰	۳۵۸	۴۰	۷۹	۸۴	۸۸	بیمارستان ۳
-۰/۴۱	۵/۱	۷۹	۸۲	۸۴	۴۵۱	۶۳	۷۵	۷۸	۸۲	بیمارستان ۴
-۰/۳۶	۲/۷	۸۵	۹۰	۹۶	۷۴۲	۸۸	۶۷	۷۱	۷۵	بیمارستان ۵
-۰/۵	۲/۳	۷۵	۷۸	۸۲	۵۷۱	۵۴	۷۹	۸۲	۸۴	بیمارستان ۶
-۰/۶۴	۲/۶	۶۷	۷۱	۷۵	۶۲۰	۷۸	۸۵	۹۰	۹۶	بیمارستان ۷
-۰/۴۵	۳/۴	۷۷	۷۹	۸۳	۴۰۸	۶۸	۹۰	۹۴	۹۷	بیمارستان ۸
-۰/۲۲	۴/۲	۸۰	۸۴	۸۷	۶۲۷	۱۱۲	۷۹	۸۴	۸۸	بیمارستان ۹
-۰/۷۸	۱/۲	۶۱	۶۴	۶۶	۵۴۳	۹۱	۷۳	۷۶	۷۹	بیمارستان ۱۰
-۰/۷	۲/۶	۹۰	۹۴	۹۷	۴۸۷	۴۷	۷۶	۸۱	۸۷	بیمارستان ۱۱
-۰/۲۹	۳/۵	۷۹	۸۴	۸۸	۵۲۵	۷۲	۷۵	۷۷	۸۰	بیمارستان ۱۲

## ۴. نتایج

با توجه به تعیین شاخص های ورودی و خروجی بر اساس جدول (۱) و نظرات کارشناسان، جدول (۲) مربوط به داده های بیمارستان های دولتی مشهد، در سال ۱۳۹۳ می باشد. با توجه به اینکه در مدل های تحلیل پوششی داده ها، افزایش کارایی مستلزم کاهش بودن شاخص های ورودی و افزایشی بودن شاخص های خروجی می باشد، لذا اصلاحاتی در برخی شاخص های تحقیق جهت دست یابی به این پیش نیاز ایجاد خواهد شد. بطور مشخص، شاخص های ورودی میزان رضایت پرسنل و آموزش را معکوس کرده تا هم جهت با کارایی مدل تحلیل پوششی داده ها باشد. همچنین شاخص خروجی مدت بستری نیز معکوس می شود تا هم جهت با کارایی مدل DEA گردد. به منظور اجرای روش تحقیق بر روی داده ها، از نرم افزار MATLAB استفاده شد که در آن کلیه مراحل محاسبه کارایی بیمارستان های مورد مطالعه آورده شد. نتایج محاسبات کارایی ۱۲ بیمارستان مذکور براساس مدل CCR فازی در جدول (۳) آمده است. نتایج جدول (۳) نشان می دهد، در سطح  $\alpha=1$  که حد بالایی کارایی با حد پایین کارایی برابر است، نیمی از بیمارستان ها کارا بوده و عدد کارایی آن ها یک است. در برش های دیگر  $\alpha$ ، فقط دو بیمارستان کارا هستند و ۴ بیمارستان دیگر که در برش  $\alpha=1$  کارا ارزیابی شدند، در برش های دیگر تا حدی از کارایی اولیه فاصله گرفته و کاملاً کارا نیستند. رتبه بندی کامل بیمارستان ها بر اساس VFB-DEA فازی در سطح  $\alpha=1$  در جدول (۴) آمده است.

جدول ۳. کارایی محاسبه شده بیمارستان ها با اجرای مدل CCR فازی در  $\alpha$  برش های مختلف

$\alpha = 1$		$\alpha = 0.8$		$\alpha = 0.6$		$\alpha = 0.4$		$\alpha = 0.2$		$\alpha = 0$		بیمارستان ان
L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	
۸۶۹	۹۸۲	۹۵۷	۹۸۱	۹۲۳	۹۸۱	۹۱۱	۹۸۲	۸۸۹	۹۸۲	۹۱۸	۹۱۸	بیمارستان ان ۱
۰/۳	۰/۶	۰/۱	۰/۲	۰/۸	۰/۶	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۳	۰/۱	۰/۱	
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	بیمارستان ان ۲
۹۵۸	۱	۹۹۴	۱	۹۸۳	۱	۹۷۴	۱	۹۶۶	۱	۱	۱	بیمارستان ان ۳
۰/۶		۰/۱		۰/۱		۰/۸		۰/۶				
۹۰۵	۹۸۱	۹۸۳	۹۹۹	۹۶۳	۹۹۴	۹۴۴	۹۹۰	۹۲۴	۹۸۵	۹۴۷	۹۴۷	بیمارستان ان ۴
۰/۸	۰/۱	۰/۸	۰/۳	۰/۹	۰/۷	۰/۳	۰/۱	۰/۹	۰/۶	۰/۷	۰/۷	
۸۸۹	۱	۹۷۵	۱	۹۵۲	۱	۹۳۰	۱	۹۰۹	۱	۹۳۶	۹۳۶	بیمارستان ان ۵
۰/۷		۰/۶		۰/۵		۰/۵		۰/۶		۰/۷	۰/۷	

بیمارستان ۶	۹۱۸ ۰/۹	۹۱۸ ۰/۹	۸۵۵ ۰/۸	۷۹۴ ۰/۸	۸۵۴ ۰/۹	۸۰۸ ۰/۶	۸۵۶ ۰/۱	۸۲۲ ۰/۶	۸۵۷ ۰/۲	۸۳۷ ۰/۱	۸۵۶ ۰/۷	۷۸۱ ۰/۲
بیمارستان ۷	۹۳۵ ۰/۱	۹۳۵ ۰/۱	۸۴۶ ۰/۱	۷۴۶ ۰/۸	۸۴۴ ۰/۳	۷۶۸ ۰/۹	۸۴۲ ۰/۶	۷۹۱ ۰/۶	۸۴۱ ۰/۱	۸۱۵ ۰/۱	۸۴۷ ۰/۸	۷۲۵ ۰/۶
بیمارستان ۸	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱	۹۵۸ ۰/۳	۱ ۱	۹۶۸ ۰/۳	۱ ۱	۹۷۸ ۰/۴	۱ ۱	۹۸۹ ۰/۱	۱ ۱	۹۴۸ ۰/۶
بیمارستان ۹	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱	۹۴۶ ۰/۳	۱ ۱	۹۵۹ ۰/۵	۱ ۱	۹۷۲ ۰/۸	۱ ۱	۹۸۶ ۰/۳	۱ ۱	۹۳۳ ۰/۴
بیمارستان ۱۰	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱
بیمارستان ۱۱	۱ ۱	۱ ۱	۱ ۱	۹۹۹ ۰/۱	۱ ۱	۹۹۹ ۰/۳	۱ ۱	۹۹۹ ۰/۵	۱ ۱	۹۹۹ ۰/۸	۱ ۱	۹۹۸ ۰/۸
بیمارستان ۱۲	۹۱۲ ۰/۵	۹۱۲ ۰/۵	۹۹۵ ۰/۳	۸۹۹ ۰/۱	۹۹۸ ۰/۵	۹۲۳ ۰/۹	۱ ۱	۹۵۰ ۰/۶	۱ ۱	۹۷۵ ۰/۹	۹۹۲ ۰/۱	۸۷۵ ۰/۷

جدول ۴. میانگین کارایی محاسبه شده با اجرای مدل VFB-DEA فازی در سطح  $\alpha=1$

رتبه	میانگین کارایی	بیمارستان
۱۲	۰/۴۹۳۶	بیمارستان ۱
۳	۰/۷۴۴۴	بیمارستان ۲
۴	۰/۶۹۰۶	بیمارستان ۳
۶	۰/۶۵۹۰	بیمارستان ۴
۱۱	۰/۵۷۶۵	بیمارستان ۵
۹	۰/۶۰۳۰	بیمارستان ۶
۱۰	۰/۵۸۸۶	بیمارستان ۷
۲	۰/۷۴۵۸	بیمارستان ۸
۷	۰/۶۳۶۷	بیمارستان ۹
۵	۰/۶۷۷۷	بیمارستان ۱۰

۱	۰/۷۵۸۱	بیمارستان ۱۱
۸	۰/۶۳۳۵	بیمارستان ۱۲

مطابق جدول (۴) مشاهده می شود، مدل VFB-DEA توانسته کارایی تمام DMU ها را رتبه بندی کرده و بیمارستان های کارا را متمایز کند. چون DMU های مرجع، خروجی های بیشتر و ورودی های کمتری از DMU های مورد ارزیابی دارند امتیاز کارایی DMU ها در این مدل از امتیاز کارایی DMU ها در مدل کلاسیک DEA کمتر است. از طرفی هر واحد تصمیم گیری در ضمن حداکثر کردن کارایی خودش، کارایی سایر DMU ها را حداکثر می کند. بنابراین دو نقیصه مدل کلاسیک DEA مرتفع شده و می توان به نتایج دقیق تر و منطقی تر رسید. در هر برش در سطوح مختلف  $\alpha$  لازم است یک بار مدل اجرا گردد. میانگین کارایی متقاطع VFB-DEA فازی در سایر  $\alpha$ - برش ها در جدول (۵) آمده است. پس از آنکه کارایی تمام DMU ها در سطوح مختلف  $\alpha$  محاسبه شد، برای رتبه بندی اعداد فازی به دست آمده از روش چن و کلین (۱۹۹۷) استفاده می شود و نتایج مطابق جدول (۶) می باشد.

جدول ۵. کارایی محاسبه شده بیمارستان ها با اجرای مدل VFB-DEA فازی در  $\alpha$  برش های مختلف

$\alpha =$		$0.2\alpha =$		$0.4\alpha =$		$0.6\alpha =$		$0.8\alpha =$		بیمارستان
L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	
۰/۴۸۶۹	۰/۵۳۳۰	۰/۴۹۰۵	۰/۵۲۶۹	۰/۵۰۱۳	۰/۵۲۸۸	۰/۴۹۷۳	۰/۵۲۸۶	۰/۵۲۲۱	۰/۵۳۱۴	بیمارستان ۱
۰/۶۸۸۲	۰/۶۸۲۹	۰/۶۷۲۴	۰/۶۷۲۱	۰/۶۷۵۰	۰/۶۷۵۶	۰/۶۷۶۳	۰/۶۷۶۴	۰/۶۸۳۰	۰/۶۸۳۰	بیمارستان ۲
۰/۳۷۵۰	۰/۴۰۰۰	۰/۳۷۷۴	۰/۳۹۷۵	۰/۳۸۳۷	۰/۳۹۸۹	۰/۳۸۹۰	۰/۳۹۹۲	۰/۳۹۶۰	۰/۴۰۱۲	بیمارستان ۳
۰/۵۱۴۷	۰/۵۳۱۰	۰/۵۱۴۳	۰/۵۲۶۸	۰/۵۲۱۷	۰/۵۳۰۸	۰/۵۱۹۸	۰/۵۳۳۱	۰/۵۳۵۴	۰/۵۳۸۱	بیمارستان ۴
۰/۷۰۵۴	۰/۷۵۶۸	۰/۷۰۵۰	۰/۷۴۵۲	۰/۷۱۶۵	۰/۷۴۷۰	۰/۶۹۹۱	۰/۷۵۰۰	۰/۷۳۸۰	۰/۷۴۸۳	بیمارستان ۵
۰/۴۳۴۶	۰/۴۶۵۱	۰/۴۳۵۸	۰/۴۵۹۳	۰/۴۴۲۳	۰/۴۶۰۱	۰/۴۳۷۶	۰/۴۵۷۹	۰/۴۵۴۶	۰/۴۶۰۷	بیمارستان ۶
۰/۵۶۴۴	۰/۵۲۱۹	۰/۵۵۱۷	۰/۵۱۷۹	۰/۵۴۹۲	۰/۵۲۳۸	۰/۵۱۶۳	۰/۵۳۳۱	۰/۵۴۲۷	۰/۵۳۴۳	بیمارستان ۷
۰/۵۳۰۴	۰/۵۷۱۸	۰/۵۳۱۶	۰/۵۶۴۶	۰/۵۴۱۰	۰/۵۶۶۱	۰/۵۴۸۳	۰/۵۶۵۲	۰/۵۵۹۰	۰/۵۶۷۶	بیمارستان ۸
۰/۶۹۱۹	۰/۷۲۸۸	۰/۶۸۶۸	۰/۶۹۹۶	۰/۶۹۵۹	۰/۷۰۵۶	۰/۶۷۲۱	۰/۷۱۲۲	۰/۷۱۲۲	۰/۷۱۵۴	بیمارستان ۹
۰/۸۱۰۶	۰/۷۶۴۳	۰/۷۹۳۸	۰/۷۵۶۱	۰/۷۸۹۸	۰/۷۶۲۳	۰/۷۴۶۷	۰/۷۶۴۷	۰/۷۸۱۶	۰/۷۷۲۴	بیمارستان ۱۰
۰/۵۴۱۰	۰/۵۱۶۸	۰/۵۳۳۰	۰/۵۱۴۳	۰/۵۳۳۱	۰/۵۱۹۲	۰/۵۰۸۵	۰/۵۲۸۹	۰/۵۳۳۱	۰/۵۲۹۰	بیمارستان ۱۱
۰/۵۵۷۱	۰/۶۰۳۶	۰/۵۵۹۵	۰/۵۹۶۲	۰/۵۷۰۸	۰/۵۹۸۶	۰/۵۶۵۲	۰/۵۹۶۹	۰/۵۹۲۵	۰/۶۰۱۹	بیمارستان ۱۲

جدول ۶. رتبه بندی نهایی با روش چن و کلین

رتبه	بیمارستان
۱۰	بیمارستان ۱
۴	بیمارستان ۲
۱۲	بیمارستان ۳

۷	بیمارستان ۴
۲	بیمارستان ۵
۱۱	بیمارستان ۶
۸	بیمارستان ۷
۶	بیمارستان ۸
۳	بیمارستان ۹
۱	بیمارستان ۱۰
۹	بیمارستان ۱۱
۵	بیمارستان ۱۲

با توجه به جدول (۵) مشاهده می شود که مقادیر کارایی بدست آمده از روش VFB-DEA فازی نسبت به استفاده از روش CCR فازی دقیق تر گردیده و امکان رتبه بندی کامل بیمارستان ها نیز وجود دارد. بنابراین با توجه به جدول (۶) رتبه بندی کامل بیمارستان ها از روش چن و کلین بدست آمده است، مشخص گردید که بیمارستان ۱۰ دارای مقدار کارایی بیشتری بوده و بیمارستان ۳ دارای کمترین کارایی می باشد.

#### ۵. نتیجه گیری

استفاده از ترکیب این دو مدل ارزیابی عملکرد را واقع بینانه می سازد. روش کارت امتیازی متوازن جوانب متعدد عملکردی یک سازمان را در نظر می گیرد و سپس روش تحلیل پوششی داده ها از مجموع واحد های تحت بررسی، تعدادی را به صورت واحد کارا معرفی می نماید و به کمک آن ها مرز کارایی تشکیل می شود و این مرز ملاک کارایی است. یکی از نکات قابل توجه در تکنیک تحلیل پوششی داده ها آن است که به منظور ارزیابی عملکرد، واحدهای تحت بررسی، با ملاک ها و استانداردهای از پیش تعیین شده، ارزیابی نمی شوند بلکه ملاک این سنجش وضعیت عملکردی دیگر واحدها می باشد. این پژوهش، در پی ارائه الگویی برای ارزیابی عملکرد با رویکرد ترکیبی BSC و VFB-DEA فازی بود که مطالعه موردی این پژوهش، بیمارستان های دولتی مشهد در سال ۱۳۹۳ بوده است. در این راستا با بررسی و مطالعه شاخص های استفاده شده برای ارزیابی عملکرد بیمارستان ها و با کمک خبرگان حوزه سلامت، سه شاخص میزان رضایت پرسنل و سرانه آموزش و هزینه دارو و لوازم مصرفی، و سه شاخص میزان رضایت بیماران و میانگین مدت بستری و

<sup>۱</sup>. Chen and Kelien

درصد اشغال تخت، انتخاب گردید. سپس مدل VFB-DEA با استفاده از رویکرد بازه ای، فازی سازی شده و برای ارزیابی کارایی بیمارستان های مذکور مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به ویژگی های مدل VFB-DEA رتبه بندی کامل بیمارستان ها انجام گرفت و بیمارستان شماره دو در رتبه اول قرار گرفت. با بررسی شاخص های ورودی و خروجی در رابطه با بیمارستان شماره دو دریافت می شود، این بیمارستان دارای سطح بالایی از رضایت پرسنل، آموزش و درصد اشغال تخت برخوردار می باشد. از طرفی بیمارستان شماره یک که جزء ناکارترین بیمارستان ها است، درصد اشغال تخت بسیار پایینی دارد و میزان رضایت پرسنل آن نیز در مقایسه با سایر بیمارستان ها وضعیت مطلوبی ندارد.

با توجه به نتایج حاصل از مدل ترکیبی BSC-DEA می توان برای واحدهای تصمیم گیری (بیمارستان ها) اقدام به هدف گذاری نمود. به این صورت که میزان بهبود لازم در هر یک از شاخص ها را به عنوان یک هدف برای واحدهای ناکارا در نظر گرفت. به طور مثال همان گونه که اشاره شد بیمارستان ۲ که همواره در مرز کارایی قرار دارد در شاخص های رضایت پرسنل، آموزش و درصد اشغال تخت از عملکرد خوبی برخوردار بوده است بنابراین بیمارستان های ناکارا برای افزایش کارایی خود می توانند بیمارستان مذکور را الگو قرار داده و عوامل ناکارایی خود را شناخته و در جهت بهبود و کارا شدن خود اقدامات لازم را انجام دهند. با توجه به میزان کارایی های به دست آمده برای هر یک از واحدهای تصمیم گیری، می توان در سیاست گذاری های مختلف تصمیم بهتری اخذ نمود. با توجه به نقشی که فناوری اطلاعات که امروزه در کارایی بیمارستان ها دارد، به عنوان پیشنهاد برای تحقیقات آتی، می توان شاخص عملکردی بلوغ فناوری اطلاعات را نیز در نظر گرفت و از طرفی دیگر از سایر روش های عدم قطعیت می توان استفاده نمود و نتایج بدست آمده را با نتایج این تحقیق مقایسه نمود. ضمن آنکه می توان مدل ارائه شد را در سایر سازمان ها نظیر بانک ها مورد بررسی و استفاده قرار داد.

## منابع

۱. ایروانی تبریزی پور، ا. پ. الوندی، م.، ۱۳۸۹، "به کار گیری رویکرد ترکیبی FAHP-BSC جهت ارزیابی عملکرد بیمارستان هاشمی نژاد تهران"، مدیریت اطلاعات سلامت، شماره ۳، دوره ۹، ۳۲۷-۳۳۸.
۲. شهریاری، س. رضوی، س. م. اصغرزاده، ع.، ۱۳۹۱، "تحلیل پوششی داده های فازی و رویکرد نوین FIEP-AHP جهت رتبه بندی کامل واحدهای تصمیم گیرنده (مطالعه موردی: دانشکده های علوم انسانی دانشگاه تهران)"، مجله مدیریت صنعتی، شماره ۱، دوره ۵، ۴۲-۲۱.
۳. دادمند، ف.، ۱۳۹۴، "اثرات ابعاد چندگانه کیفیت خدمات بیمارستان بر رضایت بیماران: آزمون مدل سروکوال"، افق دانش، شماره ۲۱، دوره ۴، ۵۰-۵۷.
۴. مومنی، م. خدایی، س. بشیری، م.، ۱۳۸۸، "ارزیابی عملکرد سازمان تامین اجتماعی با استفاده از مدل ترکیبی BSC و FDEA"، مجله مدیریت صنعتی، شماره ۳، دوره ۱، ۱۵۲-۱۳۷.
۵. مهرگان، م. ر.، ۱۳۹۱، "تحلیل پوششی داده ها مدل های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان ها"، نشر کتاب دانشگاهی، تهران، ایران.
۶. محقر، ع. حکاک، م. یعقوبی، ح.، ۱۳۹۳، "ارزیابی کارایی واحدهای ارزی بانک کشاورزی با استفاده از روش های ترکیبی DEA و BSC و AHP"، مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۲، دوره ۲۵، ۳۴۷-۳۳۷.
۷. نصیری پور، ا. ا. طیبی، س. ج. قاسم بگلو، ا.، ۱۳۸۸، "طراحی الگوی ارزیابی عملکرد بیمارستان های دولتی ایران با استفاده از روش ارزیابی متوازن"، دانشگاه علوم پزشکی اراک، شماره ۱، دوره ۱۲، ۹۵-۱۰۶.

1. Asosheh, A. Nalchigar, S. & Jamporzam, M., 2010, "Information technology project evaluation: An integrated data envelopment analysis and balanced scorecard approach", Expert Systems with Applications, 37(8), 5931-5938.
2. Amado, C. Santos, S. & Marques, P., 2012, "Integrating the Data Envelopment Analysis and the Balanced Scorecard approaches for enhanced performance assessment", Omega, 40(3), 390-403.
3. Cui, Q. & Li, Y. (2015). Evaluating energy efficiency for airlines: An application of VFB-DEA. Air Transport Management, 44, 34-41.
4. Chen, C. B., & Klein, C. M., 1997, "A simple approach to ranking a group of aggregated fuzzy utilities. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics", Part B (Cybernetics), 27(1), 26-35.
5. Eilat, H. Golang, B. & Shtub, A., 2008, "R & D Project evaluation : an integrated DEA and Balanced Scorecard approach", Omega, 36(5), 895-912.
6. Grigoroudis, E. Orfanoudaki, E. & Zopounidis, C., 2012, "Strategic performance measurement in a healthcare organisation: A multiple criteria approach based on balanced scorecard", Omega, 40(1), 104-119.



7. Kadarova, J. Durkacova, M. Teplicka, K. & Kadar, G., 2015, "The Proposal of an Innovative Integrated BSC-DEA Model" *Procedia Economics and Finance*, 23, 1503-1508.
8. Kaplan, R.S. & Norton, D.P, 1996, "Translating Strategy into Action: The Balanced Scorecard", Harvard Business School Press Boston.
9. Moslemzadeh, M. alinezhad, A. vahdani, B. & Moslemzadeh, M., 2014, "Integrated Fuzzy DEA-BSC approach For Evaluating and Ranking Of Outsourcing Companies (Case Study: System Group Corporation)", *Applied Science and Engineering Management*, 1, 23.
10. Wang, Y. M., Greatbanks, R., & Yang, J. B., 2005, "Interval efficiency assessment using data envelopment analysis. *Fuzzy sets and Systems*", 153(3), 347-370.