*پژوهش‌های مدیریت منابع سازمانی*
***دوره ۱۵، شماره ۱، بهار ۱٤۰٤***

# طراحی شاخص ترکیبی سنجش بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد رویکرد تحلیل پوششی داده‌های فازی

**کریم بیات[۱*]، محمدرضا امینی[۲]**

۱- استادیار، مرکز مطالعات مدیریت و توسعه فناوری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲- استادیار، گروه کسب‌وکار جدید، دانشکده کارآفرینی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

دریافت: ۱٤۰۲/۱۰/۱۷ پذیرش: ۱٤۰۳/۱۰/۱۳

## چکیده

بودجه‌ریزی براساس عملکرد به‌عنوان یکی از روش‌های مدیریت بهینه منابع توجه سازمان‌ها را به‌خود جلب کرده است، اما میزان پیشرفت پیاده‌سازی رضایت‌بخش نیست. به‌منظور پایش میزان پیشرفت در استقرار نظام بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد در سازمان‌ها و شرکت‌های مختلف ایران، الگوهای مختلفی به سنجش میزان و سطح بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد پرداخته‌اند که نمره نهایی بلوغ هر سازمان در نظام بودجه‌ریزی مبتنی بر عملکرد در بیشتر این الگوها از راه میانگین وزنی زیرشاخص‌های مرتبط و همچنین انجام تحلیل‌های آماری و بدون ملاحظه عدم اطمینان موجود در داده‌ها محاسبه خواهد شد. براین‌اساس، هدف این مقاله این است تا با بهره‌گیری از الگوی تحلیل پوششی داده‌ها، الگویی برای ساخت شاخص ترکیبی بلوغ بودجه‌ریزی براساس عملکرد ارائه شود که علاوه‌بر محاسبه امتیاز بلوغ بودجه هر واحد سازمانی، با معرفی یک DMU مجازی، مرزبندی بهتری بین سازمان‌های بالغ و نابالغ انجام گردد. همچنین در مواجه با داده‌های کیفی پژوهش (که از نوع لیکرتی است) نیز با بهره‌گیری از منطق فازی، الگوی تحلیل پوششی داده‌های فازی ارائه شد تا تصمیم‌گیران علاوه‌بر افزایش قدرت جداسازی الگوی تحلیل پوششی داده‌ها، بتوانند سطح عدم اطمینان داده‌های کیفی را نیز مدیریت کنند.

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: karimbayat@modares.ac.ir

[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

**واژه‌های کلیدی:** بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد، الگوی بلوغ، تحلیل پوششی داده‌ها، شاخص‌های ترکیبی.

## ۱- مقدمه

بودجه‌ریزی عملیاتی یا بودجه‌ریزی براساس عملکرد مشهورترین تلاش اصلاحی در بخش عمومی از دهه ۱۹۹۰ و شاید در قرن حاضر بوده است [۱]. در طول دهه ۱۹۹۰ بودجه‌ریزی براساس عملکرد، هم‌معنا با بودجه‌ریزی برمبنای پیامدها و بودجه‌ریزی نتایج محور استفاده شده است [۲]. بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد سیستمی است که منابع مورد نیاز برای دستیابی به اهداف کوتاه‌مدت و بلندمدت را مشخص می‌کند. همچنین هزینه‌های برنامه‌ها و فعالیت‌های مرتبط با این اهداف را تعیین می‌کند و خدمات یا نتایجی را که باید در چارچوب هر برنامه تولید یا ارائه شود، مشخص می‌کند [۳]. به‌عبارت‌دیگر، بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد یک نظام بودجه‌ریزی است که به‌طور مطلوب برنامه‌ها را به نتایج پیوند می‌دهد [٤]. این روش از بودجه‌ریزی به اذعان پژوهشگران [۵-۷] مزیت‌های فراوانی نسبت به دیگر روش‌های بودجه‌ریزی دارد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به افزایش پاسخگویی، مدیریت بهینه عملکرد، بهبود نحوه تخصیص منابع، دربرگرفتن دو جنبه هزینه و عملکرد به‌طور هم‌زمان، امکان مقایسه هزینه تمام شده واحدهای بودجه‌ای و حمایت از تصمیم‌های آگاهانه درباره منابع سازمان اشاره کرد. پیش‌بینی می‌شود که در شرایط فعلی، در صورتی که بودجه‌ریزی به‌صورت عملیاتی تدوین شود، به‌طور متوسط سالیانه بین ۵ تا ۸ درصد صرفه‌جویی از باب استقرار این نظام در کشور داشته باشیم [۸]. از این‌رو، پیاده‌سازی این شیوه از بودجه‌ریزی در کشور از اهمیت بسیاری برخوردار است. بودجه‌ریزی عملیاتی از دیرباز در گروه پیشنهادهای اصلاحی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه بوده است [۹]. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور نیز دستورالعمل بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد را تهیه و در پیوست قانون بودجه سال ۱۳۹۳ به تمامی دستگاه‌ها ابلاغ کرد و برخی از دستگاه‌ها را مکلف به تهیه بودجه برمبنای سیستم مذکور کرده است. هرچند حرکت به سمت استفاده از نظام بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد در فرایند بودجه‌ریزی وزارتخانه‌ها، سازمان‌ها، شرکت‌ها و مؤسسه‌های دولتی، عمومی و خصوصی



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

شروع شده است، ولی سرعت آن رضایت‌بخش نبوده و متناسب با زمان‌های پیش‌بینی شده در قوانین نیست. با توجه به این موضوع، لازم است که سازمان‌ها نهایت تلاش خود را در راستای تغییر نظام بودجه‌ریزی به کار گیرند. برای تحقق این موضوع، باید وزارتخانه‌ها، سازمان‌ها، شرکت‌ها و مؤسسه‌های دولتی، عمومی و خصوصی که در به‌کارگیری نظام بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد اقدام‌هایی انجام داده‌اند، شناسایی، معرفی و تشویق شوند تا علاوه‌بر ترغیب سازمان‌های مذکور، سایر سازمان‌ها از تجربه‌های آنها برای به‌کارگیری نظام بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد استفاده کنند. برای این منظور در سال ۱۳۹۲، آذر و همکاران [۱۰] الگوی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد در ایران را ارائه کردند. در این پژوهش تلاش شده است تا با بهره‌گیری از رویکردهای بهینه‌سازی، الگویی برای سنجش بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد ارائه شود. بنابراین به‌طور مشخص، مسئله اصلی این پژوهش، چگونگی تمایز ایجاد کردن بین واحدهای مختلف تصمیم بوده است، به‌نحوی‌که بلوغ سیستم بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد در هر واحد را به‌خوبی ارزیابی کند.

## ۲- پیشینه نظری

در این بخش نخست مروری بر الگوهای بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد شده است، سپس الگوی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد [۱۰] ارائه خواهد شد.

### ۲-۱- الگوهای بودجه‌ریزی برمبانی عملکرد

برای بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد، الگوها و چارچوب‌های مفهومی مختلفی ارائه شده است. آذر و همکاران [۸] در سال ۱۳۸۸، الگوی جامع بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد را ارائه کردند. در سال ۲۰۰۲ نیز رابینسون الگوی آبشاری بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد را پیشنهاد کرد [۱۱]. دایموند (۲۰۰۵) نیز به ارائه یک چارچوب مدیریت عملکرد برای تخصیص بودجه پرداخت [۱۲]. در سال ۲۰۰٦ مک گیل الگوی منطقی بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد را معرفی کرد [۱۳] و در ادامه پژوهشگران دیگری نیز الگوهای مختلفی از بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد را در حوزه‌های گوناگون بررسی کردند، برای مثال در بانک‌های هندوستان و همچنین امارت متحده



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

عربی نیز الگوهایی خاص از بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد را منطبق با ساختار بانک‌های خود طراحی کردند [۱۰]. به‌طور مسلم یک نظام بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد از زیر سیستم‌هایی تشکیل شده است که کارکرد صحیح مجموعه این زیرسیستم‌ها می‌تواند منجر به نتایج مطلوب شود. آذر و همکاران [۱٤] به مقایسه زیرسیستم‌های هریک از الگوهای بودجه‌ریزی ارائه شده، پرداختند. این الگوها براساس معیارهایی ارزیابی می‌شوند که به‌عبارت‌دیگر زیرسیستم‌های نظام بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد را تشکیل می‌دهند. این زیرسیستم‌ها شامل برنامه‌ریزی، هزینه‌یابی، ارزیابی عملکرد، کنترل و پایش، جامعیت الگو و رویکرد سیستمی به بودجه هستند [۱٤].

بودجه‌بندی مبتنی بر عملکرد (PBB) یک اصلاحات عمومی است که به‌طور گسترده‌ای برای بهبود تخصیص منابع براساس معیارهای عملکرد واقعی استفاده می‌شود [۱۵]. بااین‌حال، پیاده‌سازی آن اغلب با چالش‌هایی روبه‌رو است که منجر به پذیرش محدود آن می‌شود [۱٦]. الگوی پایه‌ای PBB بر پیش‌نیازهای ضروری تأکید دارد و از الگوهای پیچیده در کشورهای با سیستم‌های مالی ناکارآمد هشدار می‌دهد [۱۷]. برای ارزیابی پیاده‌سازی PBB، از منظر سیستم دینامیک با ترکیب روش‌های کمی و کیفی، عوامل کلیدی مانند ارتباط شفاف، اطلاعات عملکرد قابل اعتماد و رفتارهای قانونی شناسایی می‌شوند [۱۸]. ارزیابی سطح بلوغ PBB می‌تواند از راه الگوی چند لایه که ساختار داخلی سیستم‌های PBB را در نظر می‌گیرد و از منطق فازی برای پردازش اطلاعات ذهنی استفاده می‌کند، انجام شود [۱۵]. پیاده‌سازی موفق PBB نیازمند «فضای اصلاحی» کافی است که به‌وسیله تقاطع اقتدار، پذیرش و توانمندی در درون یک دولت تعیین می‌شود [۱٦].



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

## ۲-۲- پیشینه نظری: الگوی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد

بلوغ[1] به‌عنوان ابزاری برای سنجش و ارزیابی میزان توانایی، قابلیت یا ظرفیت یک سازمان در یک زمینه یا حوزه خاص تعریف می‌شود. الگوهای بلوغ، ابزارهای مفهومی به‌شمار می‌آیند که مسیر تحول منطقی، مطلوب، طبیعی و قابل پیش‌بینی به سوی بلوغ در یک زمینه یا حوزه مشخص را نشان می‌دهند. این الگوها بیشتر به‌وسیله سازمان‌ها برای بهبود عملکرد سازمانی به‌کار گرفته می‌شوند. به‌بیان‌دیگر، الگوهای بلوغ با هدف هدایت سازمان‌ها در مسیر ارتقا و بهبود طراحی شده‌اند. همچنین، سازمان‌ها از این الگوها به‌عنوان مبنایی برای ارزیابی، مقایسه پیشرفت‌های خود و اتخاذ رویکردی آگاهانه برای افزایش قابلیت‌ها در یک حوزه خاص استفاده می‌کنند. الگوهای بلوغ[2] با تکیه بر معیارهای مشخص، میزان بلوغ (ازجمله پیچیدگی، رقابت‌پذیری و توانمندی) یک حوزه انتخاب شده را اندازه‌گیری می‌کنند.

الگوهای بلوغ ابزارهای گسترده‌ای برای ارزیابی و بهبود توانمندی‌های سازمانی در حوزه‌های مختلف هستند [۱۹؛۲۰]. این الگوها وضعیت‌های کنونی را ارزیابی می‌کنند و بینش‌هایی برای بهبود توانمندی‌ها به‌منظور رسیدن به سطوح بالاتر بلوغ ارائه می‌دهند [۲۱]. اگرچه الگوهای بلوغ متعددی وجود دارند، فرایند توسعه آنها تا حد زیادی نادیده گرفته شده است [۱۹]. الگوهای بلوغ به‌ویژه در مدیریت فرایندهای کسب‌وکار و مدیریت طرح رایج هستند و هدف آنها بهبود فرایندها و سیستم‌ها است [۱۹؛ ۲۲]. بااین‌حال، الگوهای موجود اغلب بدون تعاریف واضح و راهنمایی جامع برای شناسایی سطوح بلوغ مطلوب و پیاده‌سازی اقدام‌های بهبود هستند [۲۰؛ ۲۱]. به‌منظور برطرف کردن این کمبودها، پژوهشگران پیشنهاد کرده‌اند که تعاریف خاص زمینه‌ای توسعه پیدا کند و بر کاربرد و مفید بودن الگوهای بلوغ تمرکز شود. پژوهش‌های بیشتری برای افزایش اثربخشی الگوهای بلوغ در صنایع و کاربردهای مختلف مورد نیاز است [۲۱؛ ۲۲].

تاکنون الگوهای بلوغ بسیاری در حوزه‌ها و زمینه‌های متفاوت ارائه شده است که مهم‌ترین آنها عبارت است از الگوی بلوغ قابلیت[3]، الگوی بلوغ مدیریت طرح[4]، الگوی بلوغ قابلیت

1. Maturity
2. Maturity Model
3. Capability Maturity Model
4. Organizational Project Management Maturity Model



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

کارکنان[1]، الگوی بلوغ مدیریت دانش[2]، الگوی بلوغ فرایندی[3]، الگوی بلوغ فرایندی[4]، الگوی بلوغ معماری سرویس‌گرا[5]، الگوی بلوغ یکپارچگی سرویس‌ها[6] [١٤]. الگوهای ذکر شده تنها برگزیده‌ای از ده‌ها الگوی بلوغ در زمینه‌های مختلف است. در حوزه بلوغ بودجه‌ریزی نیز پژوهش‌های متفاوتی انجام شده است. رحمانی و همکاران (۲۰۲۳) یک الگوی بلوغ مدیریت مالی بخش عمومی برای کشورهای در حال توسعه طراحی کردند که شامل هشت بعد در پنج سطح است. این الگو هدف دارد تا حاکمیت خوب را پیاده‌سازی کرده و عملکرد سازمانی را ارزیابی کند [۲۳]. پاپسکو و همکاران (۲۰۱۷) رابطه بین عناصر سیستم بودجه‌بندی و عملکرد شرکتی را بررسی کرده و ارتباط میان عملکرد مبتنی بر سود و عوامل مختلف بودجه‌بندی را پیدا کردند [٢٤]. پژوهش دیگری که در زمینه بلوغ بودجه‌ریزی انجام پذیرفته و مبنای طراحی الگوی شاخص این پژوهش شده است، در ادامه تشریح شده است.

## ۲-۳- الگوی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد

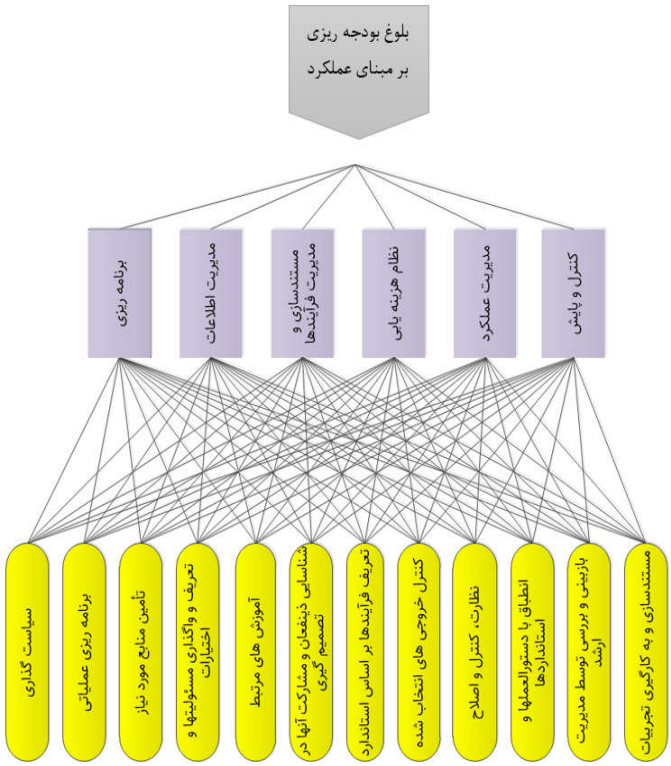
علاوه‌بر الگوهای بلوغ ارائه شده در بخش قبل، الگوی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد نیز طراحی شده است. طرح کلی الگوی بلوغ، بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد توسط آذر و همکاران [۱۰] ارائه شده است. حوزه‌های فرایندی الگو از راه بررسی ادبیات نظری بودجه‌ریزی و الگوی بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد [۸] انتخابی احصا شده است. سطوح بلوغ حوزه‌های فرایندی الگو براساس الگوی بلوغ قابلیت یکپارچه (ویژه خدمات) تعریف شده است. الگوی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد، شش معیار اصلی یا زیرسیستم دارد که هرکدام به‌وسیله ۱۲ زیرمعیار ارزیابی می‌شوند. میزان بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد در هر سازمان براساس میزان تحقق شاخص‌های کلیدی هریک از حوزه‌های فرایندی و تجمیع امتیازهای سطوح بلوغ اندازه‌گیری می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، هر حوزه فرایندی با دوازده زیرمعیار سنجیده خواهد شد که عبارت است از:

1. People Capability Maturity Model
2. Knowledge Management Maturity Model
3. Process Maturity Framework
4. Process Maturity Framework
5. Service Oriented Architecture Maturity Model
6. Service Integration Maturity Model



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، تأمین منابع مورد نیاز، تعیین مسئولیت‌ها و اختیارهای واحدهای مختلف، آموزش نحوه اجرا، نظارت بر خروجی‌های هر زیرسیستم، شناسایی و مشارکت ذی‌نفعان در تصمیم‌گیری‌ها، نظارت، کنترل و اصلاح بر زیرسیستم‌ها، میزان انطباق زیرسیستم با دستورالعمل‌ها و استانداردها، بازبینی و بررسی نتایج به‌وسیله مدیران ارشد، میزان انطباق فرایندهای هر زیرسیستم براساس استانداردهای موجود و درنهایت جمع‌آوری و مستندسازی تجربیات حاصل از هر زیرسیستم. براساس این شاخص‌ها در هر حوزه پرسش‌نامه طراحی شده است تا ابزاری برای اندازه‌گیری بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد در هر سازمان باشد. ساختار الگوی مفهومی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد در شکل ۱ ارائه شده است.




**شکل ۱. ساختار الگوی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد [۱۰]**



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

همان‌طورکه در شکل ۱ نیز ملاحظه می‌شود، الگوی بلوغ اشاره شده در این پژوهش، ٦ کلان شاخص دارد که هرکدام از آنها از ۱۲ زیرشاخص تشکیل شده‌اند که به‌طور اختصار در جدول ۱ ملاحظه می‌شود.

**جدول ۱. شاخص‌ها و زیرشاخص‌های الگوی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد [۱۰]**

| فرایند | شاخص کلان | زیرشاخص‌ها |
|---|---|---|
| قابلیت‌های یک نظام بالغ | برنامه‌ریزی | ۱. تدوین «سیاست‌گذاری و رویکردهای سازمانی» برای حوزه‌های فرایندی<br>۲. «برنامه‌ریزی عملیاتی» برای اجرای اقدام‌های مربوط به هر حوزه فرایندی |
| | مدیریت اطلاعات | ۳. فراهم کردن «منابع مورد نیاز» برای انجام اقدام‌های مربوط به هر حوزه فرایندی<br>٤. تعیین «مسئولیت‌ها و اختیارهای مربوط» و واگذاری به افراد برای اجرای اقدام‌های مربوط به حوزه فرایندی مورد نظر |
| | مدیریت فرایند و مستندسازی | ۵. ارائه «آموزش‌های مرتبط» به افرادی که به‌طور مستقیم در جریان انجام اقدام‌های مربوط به حوزه‌های فرایندی هستند یا از انجام آنها پشتیبانی می‌کنند.<br>٦. «شناسایی ذینفعان و مشارکت آنها در تصمیم‌گیری» برای هر حوزه فرایندی<br>۷. «اجرای فرایندهای» هر حوزه فرایندی براساس استاندارد موجود در سازمان |
| | نظام هزینه‌یابی | ۸. «کنترل خروجی‌های انتخاب شده» از هر حوزه فرایندی<br>۹. «نظارت، کنترل و اصلاح» نحوهٔ اجرای اقدام‌های مربوط به هر حوزه فرایندی<br>۱۰. بررسی «انطباق با دستورالعمل‌ها، استانداردها و شرح فرایندهای بررسی شده» هر حوزه فرایندی |
| | مدیریت عملکرد | ۱۱. «بازبینی و بررسی به‌وسیله سطوح بالاتر مدیریت» از فعالیت‌ها، وضعیت و نتایج اقدام‌های مربوط به حوزه فرایندی مورد نظر |
| | کنترل و پایش | ۱۲. «جمع‌آوری و مستندسازی تجربیات» هر حوزه فرایندی |

دراین‌راستا، دو چالش عمده در محاسبه نمره بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد را می‌توان نخست در روش محاسبه نمره بلوغ و دوم در جنس داده‌های (کمی- کیفی) دانست.

پیشرفت‌های پیشین در توسعه شاخص‌های ترکیبی شامل روش‌های عینی و هم روش‌های ذهنی است [۲۵]. ویژگی مشترک بسیاری از این روش‌ها فرض وزن شاخص‌های یکنواخت برای واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMU) مورد مطالعه است که از اهمیت نسبی هر شاخص چشم‌پوشی می‌کند. ازاین‌نظر، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) چندین مزیت نسبت به سایر روش‌های ساخت شاخص ارائه می‌دهد. اول، DEA می‌تواند برای ترکیب چندین شاخص



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

بدون اطلاع قبلی از وزن آنها استفاده شود. دوم، DEA عملکرد نسبی DMUها را ارزیابی می‌کند تا اطمینان حاصل شود که هر واحد بهترین مجموعه ممکن از وزن شاخص را به‌دست می‌آورد [۲۶؛ ۲۷]. هر مجموعه وزن دیگری ممکن است نمره شاخص ترکیبی پایین‌تری ایجاد کند.

برنامه‌های کاربردی DEA برای ساخت شاخص ترکیبی اغلب بر شاخص‌های سیاست تمرکز می‌کند (برای مثال [۲۸؛ ۲۹]). ازاین‌رو، با توجه به اینکه هدف از ارزیابی بلوغ بودجه‌ریزی براساس عملکرد فراهم کردن مناسب برای تدوین سیاست‌های تشویقی جهت استقرار هرچه دقیق‌تر نظام بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد می‌باشد، ازاین‌رو، بهره‌گیری از این رویکرد در ارزیابی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد می‌تواند سودمند واقع شود.

الگوهای پایه DEA با به‌کارگیری از روش‌های برنامه‌ریزی خطی به‌دنبال سنجش کارایی نسبی واحدهای تصمیم مختلف با ورودی و خروجی چندگانه می‌باشند [۳۰].

الگوهای پایه‌ای DEA فرض می‌کنند که داده‌ها کمی و غیر سلسله مراتبی هستند. هیچ یک از این مفروضات برای پژوهش کنونی صادق نیست [۲۷].

در سال‌های پیشین، پژوهش‌های گوناگونی درخصوص بهره‌گیری از این الگوها در ساخت شاخص‌های ترکیبی ارائه شده است به‌نحوی‌که مجموعه‌ای از معیارهای منفرد را در غالب یک شاخص کلی ترکیب کند [۳۱]. طراحی الگوی شاخص ترکیبی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها[1] اولین بار در سال ۱۹۹۱ توسط ملین و موسن [۳۲] ارائه و به‌منظور ارزیابی عملکرد اقتصاد کلان استفاده شد. الگوی ایشان همانند الگوی CCR با ورودی ثابت است:

$$CI_o = \max \sum_{r=1}^{S} U_r Y_{ro}$$

$$\sum_{r=1}^{S} U_r Y_{rj} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n$$

$$U_r \geq \varepsilon, \quad r=1, \dots, s$$

1. Data Envelopment Analysis -based Composite Indicators



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

پس از ارائه این رویکرد، پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه ساخت شاخص‌های ترکیبی براساس الگوی DEA ارائه شده است که به برخی از مهم‌ترین این پژوهش‌ها در جدول شماره ۲ اشاره شده است.

**جدول ۲. مهم‌ترین پژوهش‌ها در حوزه ساخت شاخص‌های ترکیبی مبتنی بر مدل DEA**

| عنوان | حوزه | نویسنده | سال |
|---|---|---|---|
| Environmental performance: An index number approach | شاخص عملکرد محیط زیست | فار و همکاران [۳۳] | ۲۰۰٤ |
| Measuring human development via data envelopment analysis: the case of Asia and the Pacific | شاخص توسعه انسانی | دسپوتیس [۳٤] | ۲۰۰۵ |
| Evaluating the comparative performance of countries of the Middle East and North Africa: A DEA application | شاخص عملکرد اقتصاد کلان | راماناتان [۳۵] | ۲۰۰٦ |
| A mathematical programming approach to constructing composite indicators | شاخص انرژی پایدار | ژو و همکاران [۳٦] | ۲۰۰۷ |
| One market, one number? A composite indicator assessment of EU internal market dynamics | شاخص بازار داخلی | چرچی و همکاران [۳۷] | ۲۰۰۷ |
| Creating composite indicators with DEA and robustness analysis: The case of the technology achievement index | شاخص دستاورد فناوری | چرچی و همکاران [۳۸] | ۲۰۰۸ |
| A Methodology for Developing a Composite Road Safety Performance Index for Cross-country Comparison | شاخص عملکرد ایمنی جاده | هرمانن و همکاران [۳۹] | ۲۰۰۹ |
| A generalized multiple layer data envelopment analysis model for hierarchical structure assessment: A case study in road safety performance evaluation | شاخص عملکرد ایمنی جاده | شن و همکاران [٤۰] | ۲۰۱۱ |
| Fuzzy Data Envelopment Analysis in Composite Indicator Construction | شاخص ترکیبی ایمنی جاده | شن و همکاران [٤۱] | ۲۰۱٤ |
| Development of a global index measuring national policy commitments to HIV prevention and treatment among people who inject drugs | شاخص سیاست‌های مقابله با HIV | اریک سویگنی و همکاران [۲۷] | ۲۰۲۰ |
| A Multiple Layer DEA Model for Evaluating Corporate Sustainable Performance Using Lean Manufacturing Practices | شاخص عملکرد پایدار شرکتی | زالاتار و کلارک [٤٤] | ۲۰۲۰ |
| Towards better road safety management: Lessons learned from inter-national benchmarking | شاخص ایمنی راه | شن و همکاران [٤۵] | ۲۰۲۰ |



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

| سال | نویسنده | حوزه | عنوان |
|---|---|---|---|
| ۲۰۲۱ | امینی و همکاران [۴۳] | شاخص ترکیبی بودجه | A generalized fuzzy Multiple-Layer NDEA: An application to performance-based budgeting |
| ۲۰۲۱ | بابایی و همکاران [۴۶] | شاخص رفتار کاربران در جاده‌ها | A new approach for index construction: The case of the road user behavior index |
| ۲۰۲۱ | برهوم و بهنود [۴۷] | کلاه ایمنی و شاخص اجرای کمربند ایمنی | Composite performance indicators for helmet and seat-belt enforcement as imprecise data |
| ۲۰۲۲ | حاتمی و همکاران [۱۵] | شاخص بودجه | Extending a fuzzy network data envelopment analysis model to measure maturity levels of a performance based-budgeting system: A case study |

براین‌اساس، مدل ساخت شاخص ترکیبی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها به‌عنوان مدل سنجش سطح بلوغ بودجه‌ریزی براساس عملکرد انتخاب شد. با انتخاب مدل مبتنی بر DEA، با چالش دوم در محاسبات میزان بلوغ بودجه‌ریزی براساس عملکرد مواجه خواهیم شد و آن جنس داده‌ها است. در مدل‌های پایه تحلیل پوششی داده‌ها فرض بر کمی بودن داده می‌باشد درحالی‌که اگر برخی از داده‌ها برخلاف ماهیت اصلی خودشان و به‌صورت کیفی در نظر گرفته شوند، دیگر نمی‌توان از مدل‌های پایه DEA انتظار نتایج قابل دفاع داشت. براین‌اساس با بهره‌گیری از منطق فازی به مواجهه داده‌های کیفی پرداخته شده است. به‌طور خلاصه مهم‌ترین اهداف این پژوهش شامل انتخاب مدلی مبتنی بر DEA برای محاسبه نمره بلوغ، ملاحظه ابهام در اطلاعات دریافتی از خبرگان و مواجهه با آنها براساس منطق فازی بوده است. به‌طور مشخص، جنبه‌های نوآوری این پژوهش را می‌توان در توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی در نظر گرفت که از رویکرد عدد مرکزی و شعاع، به‌منظور دیفازی کردن استفاده کرده است. علاوه‌براین، در محاسبه نمره بلوغ، سازمانی موفق به کسب بالاترین نمره یا به‌عبارتی دیگر تندیس بلورین خواهد شد که در تمامی زیرسیستم‌ها از موفقیت اجرا برخوردار بوده باشد. درحالی‌که رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها، با مقایسه واحدهای تصمیم، نمره نسبی بلوغ را گزارش خواهد کرد. اکنون این سوال مطرح می‌شود که براساس منطق مدل DEA، به‌هرحال حداقل یکی از واحدهای تصمیم، به‌عنوان واحد کارا شناسایی می‌شود درحالی‌که شاید این واحد نیز به‌واقع، کارا نباشد و تنها به‌دلیل نسبی بودن مقایسات به‌عنوان واحد کارا



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

شناخته شود. بنابراین ممکن است پس از حل مدل، یکی از واحدهای تصمیم به‌عنوان واحد تصمیم کارا معرفی شود درحالی‌که به لحاظ برخی از زیرسیستم‌ها هنوز به بلوغ کافی نرسیده باشد و تنها به‌دلیل اینکه در مقایسه با سایر واحدها از وضعیت بهتری برخوردار بوده است، به‌عنوان واحد کارا معرفی شده است. براین‌اساس، یکی از مهم‌ترین نوآوری‌های این پژوهش، افزودن واحدهای مجازی در مدل محاسباتی است که بتوانند به‌خوبی مرز بین واحدها در جایزه بلوغ را مشخص کنند.

## ۳- طراحی مدل فازی سنجش بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد

همان‌طورکه در بخش قبل از نظر گذشت، از مدل شاخص ترکیبی مبتنی بر مدل تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است. با بررسی پیشینه نظری مدل‌های DEA، در مواجهه با داده‌های کیفی دو رویکرد تحلیل پوششی داده‌های نادقیق[1] و تحلیل پوششی داده‌های فازی[2] وجود دارد. در ادامه مروری مختصر بر ادبیات فازی شده و سپس مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی متناسب با این پژوهش طراحی شده است.

ارزیابی عملکرد به‌طور معمول براساس مجموعه‌ای از داده‌های کمی فرض می‌شود. بااین‌حال، در شرایطی که برخی شاخص‌ها بهتر است به‌صورت مقیاس‌های رتبه‌ای یا با کمک قضاوت‌های ذهنی کارشناسان ارائه شوند، مدل استاندارد DEA-CI نمی‌تواند به‌صورت مستقیم استفاده شود، زیرا داده‌های رتبه‌ای (یا کیفی) نمی‌توانند به‌سادگی به‌عنوان داده‌های عددی تلقی شوند، به‌گونه‌ای که امتیاز ۲ دوبرابر بزرگ‌تر از امتیاز ۱ باشد. آنچه حداکثر می‌توان قضاوت کرد این است که در یک زمینه بهینه‌سازی، گزینه نخست بر گزینه دوم ارجح است یا از اهمیت بیشتری برخوردار است.

در سال‌های اخیر، نظریه مجموعه‌های فازی به‌عنوان روشی ارزشمند برای کمی‌سازی شرایط غیر دقیق و مبهم در چارچوب DEA پیشنهاد شده است و مدل‌های متعددی از DEA فازی توسعه یافته‌اند با تفسیر داده‌های شاخص‌های کیفی به‌عنوان مقادیر عددی فازی که

1. Imprecise DEA
2. fuzzy DEA



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

می‌توانند به‌وسیله اعداد یا بازه‌های فازی نمایش داده شوند، مدل پایه DEA-CI به‌طور طبیعی می‌تواند به مدل فازی زیر گسترش پیدا کند:

$$CI_o = \max \sum_{r=۱}^{S} U_r \tilde{Y}_{ro}$$

$$\sum_{r=۱}^{S} U_r \tilde{Y}_{rj} \lesseqgtr ۱, \quad j = ۱, \dots, n$$

$$U_r \geq \varepsilon, \quad \text{r=۱, ..., s}$$

در اینجا، $\tilde{Y}_{rj}$ نشان‌دهنده مقدار شاخص فازی r برای واحد تصمیم‌گیرنده j (DMU) است. مدل شاخص ترکیبی مبتنی بر DEA فازی (FDEA-CI) به‌شکل یک مسئله برنامه‌ریزی خطی فازی ظاهر می‌شود که ضرایب فازی در تابع هدف و همچنین در محدودیت‌ها وجود دارند. بنابراین، برای محاسبه امتیاز نهایی شاخص برای هر DMU، برخی عملیات فازی مانند «بیشینه‌سازی یک متغیر فازی» و «نامساوی فازی» مورد نیاز است [٤١].

در ادامه، به‌طور خلاصه یادآوری می‌کنیم که چگونه می‌توان عملیات پایه حساب و مقایسه بازه‌های فازی را برای اهداف رتبه‌بندی انجام داد. برای دقت بیشتر، ما با اعداد LR-fuzzy شکل کار می‌کنیم که تعریف آن به‌صورت زیر است:

تعریف ۱: عدد فازی $\tilde{M}$ یک عدد فازی ذوزنقه‌ای است، اگر تابع عضویت آن به‌شکل زیر تعریف شود:

$$\mu_{\tilde{M}}(r) = \begin{cases} L\left(\frac{m^L - r}{\alpha^L}\right), & r \leq m^L \\ 1, & m^L \leq r \leq m^R \\ R\left(\frac{r - m^R}{\alpha^R}\right), & r \geq m^R \end{cases}$$

که در آن، بازه $[m^L, m^R]$ شامل مقادیر عددی واقعی با بیشترین احتمال وقوع است، $x^L$ گستره چپ و $x^R$ گستره راست عدد فازی را نشان می‌دهند. همچنین L و R توابع مرجع هستند که به‌ترتیب شکل‌های سمت چپ و راست عدد فازی را تعریف می‌کنند. این توابع باید شرایط زیر را برآورده کنند [٤١]:

- شرط ۱: L و R باید توابع غیرمنفی باشند. $L, R: 0, \infty \to 0,1, \dots$



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

- شرط ۲: حداکثر مقدار تابع عضویت در مرکز بازه حاصل می‌شود؛ یعنی: $L(0) = 1, R(0) = 1$
- شرط ۳: باید به‌طور یکنواخت و غیرصعودی (غیر افزایشی) کاهش پیدا کنند.

این شرایط اطمینان حاصل می‌کند که عدد فازی تعریف شده توزیعی دارد که خصوصیات مبهم (فازی) مورد نیاز را به‌درستی نمایش می‌دهد.

همانطورکه می‌دانیم اگر عدد فازی M را به‌صورت $\widetilde{M} = (m^L, m^R, \alpha^L, \alpha^R)$ در نظر بگیریم، در صورتی که $m^R = \alpha^L$ باشند، عملاً یک عدد فازی مثلثی خواهیم داشت.

اکنون تعریف بیشینه دو عدد فازی را مرور می‌کنیم:

تعریف ۲: فرض کنید $\widetilde{\boldsymbol{M}}$ و $\widetilde{\boldsymbol{N}}$ دو عدد فازی و $\boldsymbol{h}$ یک عدد حقیقی باشد که h∈[0,1] آنگاه $\widetilde{\boldsymbol{M}}$ ترجیح داده می‌شود به $\widetilde{\boldsymbol{N}}$ اگر و تنها اگر، برای هر k∈[h,1]، دو شرط زیر برقرار باشند:

$$inf\{s: \mu_{\widetilde{M}}(s) \geq k\} \geq inf\{t: \mu_{\widetilde{N}}(t) \geq k\}$$
$$sup\{s: \mu_{\widetilde{M}}(s) \geq k\} \geq sup\{t: \mu_{\widetilde{N}}(t) \geq k\}$$

که در اینجا $inf$ نشان‌دهنده کران پایین یا حداقل است (پایین‌ترین مقدار ممکن) و $sup$ نشان‌دهنده کران بالا یا حداکثر است (بالاترین مقدار ممکن). برای اعداد فازی $L-R$ شکل با پشتیبانی محدود و با استفاده از این روش رتبه‌بندی، در یک سطح احتمال مشخص $h$، عبارت بالا به فرم زیر تبدیل می‌شود: [٤١]

$$m^L - L*(k)\alpha^L \geq n^L - L'^*(k)\beta^L \quad \forall\ k \in [h,1]$$

$$m^R + R*(k)\alpha^R \geq n^R + R'^*(k)\beta^R \quad \forall\ k \in [h,1]$$

بنابراین، اعداد فازی LR در مدل FDEA-CI، یعنی $\tilde{y}_{rj} = (y_{lrj}, y_{urj}, a_{rj}, b_{rj})$، به‌صورت زیر است. محدودیت $\sum_{r=1}^{S} U_r \tilde{Y}_{rj} \lesssim 1$ را می‌توان به‌صورت نابرابری بین یک عدد فازی LR و یک عدد حقیقی تفسیر کرد. استفاده از رابطه ترتیب در معادله بالا این امکان را فراهم می‌کند که این محدودیت فازی به یک نابرابری قطعی تبدیل شود که عبارت است از:

$$\sum_{r=1}^{S} U_r(Y_{urj} + b_{rj}R*(h)) \leq 1.$$

برای موضوع «بیشینه‌سازی یک متغیر فازی» به‌صورت $max \sum_{r=1}^{S} U_r \tilde{Y}_{ro}$، با استفاده از رابطه ترتیب تعریف شده در معادله (٦)، تابع هدف می‌تواند به دو رابطه قطعی (crisp) زیر



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

تجزیه شود: $\sum_{r=1}^{S} U_r(Y_{ro}^{l} + b_{ro}L_{ro}^{*}(h))$ و $\sum_{r=1}^{S} U_r(Y_{ro}^{u} + b_{ro}L_{ro}^{*}(h))$ و $h \in [0,1]$، که این دو هدف باید به‌طور هم‌زمان بیشینه شوند.

برای دستیابی به یک راه‌حل توافقی، از یک تابع وزنی به شرح زیر استفاده می‌شود:

$$\lambda_1 \sum_{r=1}^{S} U_r(Y_{r0}^{u} + b_{r0}L_{r0}^{*}(h)) + \lambda_2 \sum_{r=1}^{S} U_r(Y_{r0}^{l} + b_{r0}L_{r0}^{*}(h))$$

به‌نحوی‌که $\lambda_1$ و $\lambda_2$ هر دو بزرگ‌تر مساوی صفر و مجموع آنها برابر با یک ($\lambda_2 + \lambda_1 = 1$) خواهد بود. در این شرایط به‌طور معمول سه موقعیت خوشبینانه، بدبینانه و متعادل در نظر گرفته می‌شود که به‌ترتیب معادل $\lambda_2 = 1$ ، $\lambda_1 = 1$ و $\lambda_1\ \lambda_2 = 0/5,$ است.

حالا می‌توان همتای خطی مدل FDEA-CI را به‌صورت زیر بیان کرد:

$$CI_0 = Max\, \lambda_1 \sum_{r=1}^{S} U_r(Y_{r0}^{u} + b_{r0}L_{r0}^{*}(h)) + \lambda_2 \sum_{r=1}^{S} U_r(Y_{r0}^{l} + b_{r0}L_{r0}^{*}(h))$$

$$s.t. \quad \sum_{r=1}^{S} u_r(y_{rj}^{u} + b_{rj}R_{rj}^{*}(h)) \le 1, j = 1, \dots, n$$

$$u_r \ge \varepsilon, r = 1, \dots, n$$

تعریف ۳: یک واحد تصمیم‌گیر $DMU_o$ به‌عنوان «بهترین عملکرد فازی» (fuzzy best performing) شناخته می‌شود؛ اگر و تنها اگر در حداقل یک سطح احتمال $h$، شاخص فازی آن برابر با یک باشد. در غیراین‌صورت، به‌عنوان «عملکرد پایین فازی» (fuzzy underperforming) شناخته می‌شود [٤١].

تعریف ٤: یک واحد تصمیم‌گیر $DMU_o$ به‌عنوان «بهترین عملکرد غیرمغلوب فازی» (fuzzy non-dominated best performing) شناخته می‌شود اگر و تنها اگر در تمام سطوح احتمال $h$، شاخص فازی آن برابر با یک باشد.

اگر شاخص‌های $\tilde{y}_{rj}$ به‌صورت اعداد فازی مثلثی متقارن فرض شوند (که به‌طور معمول برای ساده‌سازی و نمایش عدم قطعیت اطلاعات استفاده می‌شوند) این شاخص‌ها را می‌توان به‌صورت جفت‌هایی از مقادیر مرکزی $Y_{rj}$ و شعاع $\alpha_{rj}$ نمایش داد. به‌این‌ترتیب، می‌توان مدل شاخص ترکیبی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌های نهایی را به شرح زیر تعریف کرد:



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

$$CI_o = \max \lambda_1 \sum_{r=1}^{S} U_r(Y_{ro} - \left(1 - h\right)\alpha_{ro}) + \lambda_2 \sum_{r=1}^{S} U_r(Y_{ro} + \left(1 - h\right)\alpha_{ro})$$

$$\sum_{r=1}^{S} U_r(Y_{urj} + \left(1 - h\right)\alpha_{rc}) \le 1, \qquad j = 1, \dots, n$$

$$U_r \ge \varepsilon, \quad r=1, \dots, s$$

که امتیاز کارایی نسبی هر واحد تصمیم به‌صورت عدد فازی مثلثی و در سه حالت خوشبینانه، میانه و بدبینانه به شرح زیر قابل تعریف خواهد بود:

عدد فازی شاخص ترکیبی

$$= \left[\sum_{r=1}^{S} U_r(Y_{ro} - \left(1 - h\right)\alpha_{ro}), U_r Y_{ro}, \sum_{r=1}^{S} U_r(Y_{ro} + \left(1 - h\right)\alpha_{ro})\right]$$

در مدل بالا، $h$ بیانگر درجه احتمال قطعیت در مدل فازی است که از سوی تصمیم‌گیرندگان تعیین می‌شود. به‌طور طبیعی انتظار می‌رود $h \in [0,1]$. اگر مقدار h به‌وسیله تصمیم‌گیرندگان برابر با یک در نظر گرفته شود، معنای آن این است که داده‌های کیفی به‌طور دقیق معادل مقدار کمی خود در نظر گرفته خواهند شد و به‌عبارتی دیگر نتایج مدل در شرایطی که $h = 1$ باشد، همانند مدل پایه تحلیل پوششی داده‌ها خواهد بود. هرچه مقدار h کاهش پیدا کند، به‌این‌معناست که تصمیم‌گیرندگان دقت و احتیاط بیشتری را در ماهیت داده‌ها در نظر گرفته‌اند [٤١]. براین‌اساس، امتیاز بلوغ هر واحد تصمیم در یک پیوستار قرار خواهد گرفت که در این پژوهش مدل طراحی شده به ازای سه درجه احتمال بررسی شده است $\{1$، ۰/۵، ۰$\}$ $h \in$. همچنین به ازای هریک از این درجه‌ها احتمال h، سه امتیاز بلوغ به‌عنوان حالت خوشبینانه، میانه و بدبینانه قابل گزارش است.

به‌منظور نمایش قابلیت‌های مدل مذکور در مقایسه با مدل‌های پایه، ۱۷ سازمان ایرانی که مدعی استقرار نظام بودجه‌ریزی براساس عملکرد در دستگاه خود بوده‌اند، بررسی شد. با این توضیح، شش زیرسیستم موجود در نظام جامع بودجه‌ریزی براساس عملکرد در هریک از این سازمان‌ها از راه پرسش‌نامه طراحی شده توسط آذر و همکاران [۱۰] ارزیابی شد. پرسش‌نامه‌ها از نوع کیفی و طیف لیکرتی ۵ گزینه‌ای می‌باشند. نحوه تکمیل پرسش‌نامه‌ها به اینگونه بوده است که گروه‌های تخصصی ۳ نفره (شامل دبیر جایزه بلوغ به همراه یک نفر خبره امر



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

بودجه‌ریزی و یک نفر خبره دانشگاهی) تشکیل و پس از برقراری یک جلسه پرسش و پاسخ و مشاهده مستندات دستگاه‌های مربوطه به تکمیل پرسش‌نامه‌ها پرداختند. برای آماده‌سازی داده‌ها به‌منظور حل مدل شاخص ترکیبی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌های فازی، نخست لازم است عدد فازی مثلثی متقارن هریک از داده‌های مدل تعیین شوند. مقدار مرکز $\tilde{Y}_{rj}$ و برش $\alpha_{rj}$ برای هر داده کیفی براساس رویکرد شن و همکاران (۲۰۱٤) معادل $\tilde{Y}_{rj} = (\tilde{Y}_{rj}, \alpha_{rj})$ در نظر گرفته شده است [٤١]. به‌این‌ترتیب، برای داده‌های لیکرتی ۱ تا ۵ اعداد فازی مثلثی متقارن به شرح مقابل تعریف شد:

$$\{(\tfrac{1}{5},\tfrac{1}{5}):1,\ (\tfrac{2}{5},\tfrac{1}{5}):2,\ (\tfrac{3}{5},\tfrac{1}{5}):3,\ (\tfrac{4}{5},\tfrac{1}{5}):4,\ (\tfrac{5}{5},\tfrac{1}{5}):5\}$$

## ٤- نتایج حل مدل

لازم به ذکر است که در محاسبه نمره بلوغ، سازمانی موفق به کسب بالاترین نمره یا به‌عبارتی دیگر تندیس بلورین خواهد شد که در تمامی زیرسیستم‌ها از موفقیت اجرا برخوردار بوده باشد درحالی‌که رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها، با مقایسه واحدهای تصمیم، نمره نسبی بلوغ را گزارش خواهد کرد. حالا این مسئله پیش می‌آید که براساس منطق مدل DEA، به‌هرحال حداقل یکی از واحدهای تصمیم، به‌عنوان واحد کارا شناسایی می‌شوند درحالی‌که شاید این واحد نیز به‌واقع کارا نباشد و تنها به‌دلیل نسبی بودن مقایسات به‌عنوان واحد کارا شناخته شود. بنابراین ممکن است پس از حل مدل، یکی از واحدهای تصمیم به‌عنوان واحد تصمیم کارا معرفی شود درحالی‌که به لحاظ برخی از زیر سیستم‌ها هنوز به بلوغ کافی نرسیده باشد و تنها به‌دلیل اینکه در مقایسه با سایر واحدها از وضعیت بهتری برخوردار بوده به‌عنوان واحد کارا معرفی شده است. برای رفع این مشکل با بهره‌گیری از نظرات خبرگان، یک واحد تصمیم مجازی با عنوان واحد ایدئال ایجاد شد. پرسش‌نامه ارزیابی سطح بلوغ این DMU براساس نظرات خبرگان احصا شد. در واقع از خبرگان امر خواسته شد تا حداقل امتیاز مورد نیاز هر معیار را برای یک نظام به‌طور کامل بالغ اعلام کنند. براین‌اساس، واحد کارای مدل سنجش بلوغ بودجه‌ریزی براساس عملکرد همان DMU مجازی است که به‌وسیله خبرگان به مدل



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

اضافه شده است. حالا اگر واحد تصمیمی باشد که امتیازاتی در حد واحد تصمیم ایده‌آل کسب کرده باشد، نیز به‌عنوان واحد کارا معرفی خواهد شد. به‌این‌ترتیب، مدل سنجش شاخص ترکیبی بلوغ بودجه‌ریزی مبتنی بر عملکرد با بهره‌گیری از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها فازی آماده کدنویسی در نرم‌افزار لینگو و حل می‌باشد. همان‌طورکه در بخش سوم از نظر گذشت، مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی به ازای سه سطح $h = \{۰، ۰/۵، ۱\}$ حل شده است. همچنین به ازای هر سطح h، سه مجموعه جواب خوشبینانه، بدبینانه و مورد انتظار حاصل خواهد شد. جدول زیر بیانگر نمره‌های شاخص بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد به ازای سطوح مختلف h است.

همان‌طورکه اشاره شد، در مدل بالا، $h$ بیانگر درجه احتمال قطعیت در مدل فازی است که از سوی تصمیم‌گیرندگان تعیین می‌شود. با توجه به گستردگی نتایج، نتایج مدل به ازای $h$ =۰/۵ تحلیل خواهد شد. اگرچه بسته به میزان دقت و احتیاط تصمیم‌گیرندگان در ماهیت داده‌ها، دو سناریوی دیگر نیز می‌تواند تحلیل شود (جدول ۳).

**جدول ۳. نتایج امتیاز شاخص ترکیبی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد**

| نام واحد تصمیم | شاخص بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد | | |
|---|---|---|---|
| | h=۱ [بالا، حد وسط، پایین] | h=۰.۵ [بالا، حد وسط، پایین] | h=۰ [بالا، حد وسط، پایین] |
| واحد مجازی: تندیس بلورین | [ ۱ , ۱ , ۱] | [ ۰/۸۱۸ , ۰/۹۰۹ , ۱] | [ ۰/٦٦٦ , ۰/۸۳۳ , ۱] |
| سازمان ۱ | [ ۰/۷۷۳ , ۰/۷۷۳ , ۰/۷۹۳] | [ ۰/٦۱۱ , ۰/۷۰۲ , ۰/۷۹۳] | [ ۰/٤۷٦ , ۰/٦٤۳ , ۰/۸۱۰] |
| سازمان ۲ | [ ۰/٦۷٥ , ۰/٦۷٥ , ۰/٦۷٥] | [ ۰/٥۲۲ , ۰/٦۱۳ , ۰/۷۰٤] | [ ۰/۳۹٥ , ۰/٥٦۱ , ۰/۷۲۸] |
| سازمان ۳ | [ ۰/٦۷٦ , ۰/٦۷٦ , ۰/٦۷٦] | [ ۰/٥۲۳ , ۰/٦۱٤ , ۰/۷۰٥] | [ ۰/۳۹٦ , ۰/٥٦۲ , ۰/۷۲۹] |
| سازمان ٤ | [ ۰/۷٥٦ , ۰/۷٥٦ , ۰/۷٥٦] | [ ۰/٥۹٦ , ۰/٦۸۷ , ۰/۷۷۸] | [ ۰/٤٦۳ , ۰/٦۲۹ , ۰/۷۹٦] |
| سازمان ٥ | [ ۰/۷۳۱ , ۰/۷۳۱ , ۰/۷۳۱] | [ ۰/٥۷٤ , ۰/٦٦٥ , ۰/۷٥٥] | [ ۰/٤٤۲ , ۰/٦۰۹ , ۰/۷۷٦] |
| سازمان ٦ | [ ۰/۸۳۲ , ۰/۸۳۲ , ۰/۸۳۲] | [ ۰/٦٦٥ , ۰/۷٥٦ , ۰/۸٤۷] | [ ۰/٥۲٦ , ۰/٦۹۲ , ۰/۸٥۹] |
| سازمان ۷ | [ ۰/۷۹٤ , ۰/۷۹٤ , ۰/۷۹٤] | [ ۰/٦۳۱ , ۰/۷۲۲ , ۰/۸۱۲] | [ ۰/٤۹٤ , ۰/٦٦۱ , ۰/۸۲۸] |
| سازمان ۸ | [ ۰/۸۳٥ , ۰/۸۳٥ , ۰/۸۳٥] | [ ۰/٦٦۷ , ۰/۷٥۸ , ۰/۸٤۹] | [ ۰/٥۲۸ , ۰/٦۹٥ , ۰/۸٦۱] |



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

| نام واحد تصمیم | شاخص بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد | | |
|---|---|---|---|
| | h=۱ [بالا، حد وسط، پایین] | h=۰.۵ [بالا، حد وسط، پایین] | h=۰ [بالا، حد وسط، پایین] |
| سازمان ۹ | [۰/۷۷۲ , ۰/۷۷۲ , ۰/۷۷۲ ] | [۰/۷۹۲ , ۰/۷۰۱ , ۰/۶۱۰ ] | [۰/۸۰۹ , ۰/۶۴۲ , ۰/۴۷۶ ] |
| سازمان ۱۰ | [۰/۸۵۵ , ۰/۸۵۵ , ۰/۸۵۵ ] | [۰/۸۶۸ , ۰/۷۷۷ , ۰/۶۸۶ ] | [۰/۸۷۹ , ۰/۷۱۲ , ۰/۵۴۵ ] |
| سازمان ۱۱ | [۰/۷۵۲ , ۰/۷۵۲ , ۰/۷۵۲ ] | [۰/۷۷۳ , ۰/۶۸۲ , ۰/۵۹۲ ] | [۰/۷۹۲ , ۰/۶۲۵ , ۰/۴۵۸ ] |
| سازمان ۱۲ | [۰/۷۹۸ , ۰/۷۹۸ , ۰/۷۹۸ ] | [۰/۸۱۴ , ۰/۷۲۳ , ۰/۶۳۲ ] | [۰/۸۲۸ , ۰/۶۶۱ , ۰/۴۹۴ ] |
| سازمان ۱۳ | [۰/۵۹۵ , ۰/۵۹۵ , ۰/۵۹۵ ] | [۰/۶۳۱ , ۰/۵۴۰ , ۰/۴۴۹ ] | [۰/۶۶۲ , ۰/۴۹۵ , ۰/۳۲۸ ] |
| سازمان ۱۴ | [۰/۷۵۶ , ۰/۷۵۶ , ۰/۷۵۶ ] | [۰/۷۷۸ , ۰/۶۸۷ , ۰/۵۹۶ ] | [۰/۷۹۶ , ۰/۶۳۰ , ۰/۴۶۳ ] |
| سازمان ۱۵ | [۰/۷۱۶ , ۰/۷۱۶ , ۰/۷۱۶ ] | [۰/۷۴۲ , ۰/۶۵۱ , ۰/۵۶۰ ] | [۰/۷۶۳ , ۰/۵۹۶ , ۰/۴۲۹ ] |
| سازمان ۱۶ | [۰/۵۹۴ , ۰/۵۹۴ , ۰/۵۹۴ ] | [۰/۶۳۰ , ۰/۵۳۹ , ۰/۴۴۸ ] | [۰/۶۶۰ , ۰/۴۹۴ , ۰/۳۲۷ ] |
| سازمان ۱۷ | [۰/۷۹۴ , ۰/۷۹۴ , ۰/۷۹۴ ] | [۰/۸۱۲ , ۰/۷۲۱ , ۰/۶۳۰ ] | [۰/۸۲۷ , ۰/۶۶۰ , ۰/۴۹۴ ] |

به‌دلیل حساسیت برخی دستگاه‌ها در ارائه اطلاعات، به‌جای نام هر دستگاه، نام مستعار سازمان n درج شده است و به استثنای ۳ دستگاه برتر نامی از سایر دستگاه‌ها برده نشده است. براین‌اساس به ازای $h$ =۰/۵، سه امتیاز بلوغ به‌عنوان حالت خوشبینانه، میانه و بدبینانه قابل گزارش است. همان‌طورکه در جدول ٤ نیز ملاحظه می‌شود، امتیاز شاخص بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد برای واحد تصمیم مجازی (یا حد نصاب دریافت تندیس بلورین) بیشترین مقدار خود را کسب کرده است. دومین واحد تصمیم که پس از واحد تصمیم مجازی بیشترین نمره شاخص بلوغ بودجه‌ریزی براساس عملکرد را کسب کرده است، پژوهشگاه میراث فرهنگی با نام مستعار «سازمان ۱» است. این واحد تصمیم در سه حالت خوشبینانه، میانه و بدبینانه با کسب نمره‌های [۰/٦٨٦، ۰/۷۷۷ ،۰/۸٦٨] بیشترین نمره را در بین سایر واحدهای تصمیم کسب کرده است. اگرچه پژوهشگاه میراث فرهنگی بیشترین امتیاز بلوغ را در بین سایر واحدها کسب کرده است، اما هنوز هم فاصله زیادی تا بلوغ کامل نظام بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد دارد. این درحالی است که اگر واحد تصمیم مجازی به مدل اضافه نشده بود، پژوهشگاه میراث فرهنگی به‌عنوان DMU بالغ در نظام بودجه معرفی می‌شد درحالی‌که حد نصاب بلوغ که از سوی خبرگان تعیین شده را به‌طور کامل به‌دست نیاورده است. نمودار زیر



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

نیز رتبه‌بندی واحدهای تصمیم براساس شاخص بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد در حالت خوشبینانه و به ازای $h =$ ۰/۵ را نشان می‌دهد. همان‌طورکه در نمودار بالا نیز ملاحظه می‌شود، علاوه‌بر واحد مجازی (تندیس بلورین) که بیشترین امتیاز را کسب کرده است، پژوهشگاه میراث فرهنگی، سازمان آموزش، پژوهش و برنامه‌ریزی و سازمان برنامه و بودجه استان مازندران به‌ترتیب سه سازمان برتر در حوزه پیاده‌سازی و استقرار نظام بودجه‌ریزی براساس عملکرد می‌باشند. هرچند که به‌رغم کسب بیشترین امتیاز در بین واحدهای مختلف، همچنان حد نصاب کافی برای دریافت تندیس بلورین را اخذ نکرده‌اند و نیازمند تلاش بیشتر در این زمینه هستند.

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

تخصیص منابع در سازمان‌های دولتی و شرکت‌های خصوصی، یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های تصمیم‌گیران است. اگرچه بهره‌گیری از بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد به‌عنوان یکی از روش‌های مدیریت بهینه منابع آغاز شده است، اما میزان پیشرفت آن در ایران رضایت‌بخش نیست. به‌منظور پایش میزان پیشرفت در استقرار نظام بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد در سازمان‌ها و شرکت‌های مختلف، مدل‌های مختلفی به سنجش بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد پرداخته‌اند که نمره نهایی بلوغ هر سازمان در بیشتر این مدل‌ها از راه میانگین وزنی زیرشاخص‌های مرتبط و انجام تحلیل‌های آماری محاسبه خواهد شد. آنچه در این پژوهش از نظر گذشت، ارائه یک رویکرد بهینه‌سازی در ساخت شاخص ترکیبی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد بوده است. اگرچه پژوهش‌های مختلفی در زمینه ساخت شاخص ترکیبی براساس مدل تحلیل پوششی داده‌ها در حوزه‌های مختلف ارائه شده است، اما همچنان در حوزه بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد هیچ پژوهشی مبتنی بر رویکرد بهینه‌سازی یافت نشده است.

با بررسی گسترده ادبیات بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد، چندین مدل بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد ارائه شده است. در مدل بلوغ بودجه‌ریزی ارائه شده به‌وسیله مؤسسه نئوبرین [٤۲]، اگرچه ابعاد مختلفی را برای بلوغ در نظر گرفته و چگونگی ارزیابی ابعاد مختلف را بیان



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

کرده، اما سازوکار مشخصی برای سنجش سطح بلوغ بودجه‌ریزی مبتنی بر عملکرد ارائه نکرده است. در مدل بلوغ بودجه‌ریزی آذر و همکاران [۱۰] نیز که سنجش سطح بلوغ بودجه‌ریزی مبتنی بر عملکرد براساس پرسش‌نامه ارزیابی شده است، در تجمیع امتیاز معیارهای مختلف از روش‌های غیر بهینه‌سازی همچون میانگین و تحلیل‌های آماری استفاده شده است درحالی‌که در این پژوهش با بهره‌گیری از مدل تحلیل پوششی داده‌ها، مدلی برای ساخت شاخص ترکیبی بلوغ بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد ارائه شده است تا نحوه تجمیع نمره معیارها به‌وسیله خود مدل محاسبه شود.

همچنین در مطالعه آذر و همکاران [۱۰]، داده‌های پرسش‌نامه لیکرتی بوده و نحوه برخورد با آن نیازمند تدقیق بیشتر است درحالی‌که در مدل ریاضی ارائه شده در این پژوهش با بهره‌گیری از منطق فازی، برخورد مناسبی با نوع داده‌های پرسش‌نامه‌ای (داده‌های کیفی) انجام گرفته است و این اختیار را به تصمیم‌گیران می‌دهد تا متناسب با سطح عدم قطعیت مورد انتظار خود یا همان $h$، سناریوی مورد نظر خود را اجرا و نتایج را تحلیل کنند. در این پژوهش مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی به ازای سه سطح از عدم قطعیت شامل $h = \{۱، ۰/۵، ۰\}$ حل و نتایج ارائه شد. بهره‌گیری از این مدل سبب می‌شود تا علاوه‌بر محاسبه نمره بلوغ و رتبه‌بندی واحدهای تصمیم براساس یک روش بهینه‌سازی، این امکان میسر باشد تا واحدهای ناکارا از راه مقایسه عملکرد خود با واحدهای کارا بتوانند در جهت بهبود عملکرد خود اقدام کنند. علاوه‌بر پژوهش‌های بالا، سه پژوهش [۴۸، ۴۹ و ۴۲] نیز در پژوهش خود به مدل بلوغ بودجه پرداختند. امینی و همکاران [۴۸] در مطالعه خود تنها به ساختار مدل مفهومی بلوغ بودجه اشاره کرده و مدل محاسباتی مربوط به آن را ارائه نکرده است. امینی و همکاران [۴۹] اگرچه علاوه‌بر ساختار مدل مفهومی بلوغ بودجه، به معرفی مدل DEA نیز پرداختند، اما به دو مسئله مهم، یعنی مواجهه با عدم اطمینان ناشی از وجود داده‌های کیفی و اعلام نظر خبرگان و همچنین تعریف حدنصاب واقعی (نه نسبی) برای تندیس‌های بلوغ نپرداختند. در مدل امینی و همکاران [۴۲] نیز اگرچه به مواجهه با عدم اطمینان پرداخته بود، اما از مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کرده بود و همچنین تعریف حدنصاب واقعی (نه نسبی) برای تندیس‌های بلوغ نپرداختند.



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

اگرچه در این پژوهش ٦ معیار اصلی بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد براساس مطالعه آذر و همکاران [۱۰] تحلیل شد، اما پیشنهاد می‌شود مدل تحلیل پوششی داده‌ها به‌نحوی تغییر کند که بتواند زمان ایجاد شاخص ترکیبی، ساختار چندلایه معیارها و زیرمعیارها را نیز در نظر بگیرد و بتواند سهم هر معیار و زیرمعیار در امتیاز بلوغ را نیز ارائه کند.

## ٦- منابع


[1] Melkers, J. and K. Willoughby, The state of the state: Performance-based budgeting requirement in 47b out of 50. Public Administration Review, 1988, 61(1): p. 54-64.

[2] Herzog,R.J., Performance budgeting: Descriptive, allegorical, mythical, and idealistic. International Journal of Organization Theory and Behavior, 2006, 9(1): p. 72-91.

[3] Andersson, E.A., et al., EMG activities of the quadratus lumborum and erector spinae muscles during flexion-relaxation and other motor tasks. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1996, 91 p. 392-400.

[4] Shah, A. and C. Shen, A primer on performance budgeting. Budgeting and budgetary institutions, ed. I.A.A. (Ed). The World Bank, 2007.

[5] Lu H. Performance budgeting resuscitated: Why is it still inviable?. Journal of public budgeting, accounting & financial management. 1996 Mar 1;10(2):151-72.

[6] Curristine, T., Performance Information in the Budget Process: Results of the OECD 2005 Questionnaire. OECD Journal on Budgeting, 2005, 5(2): p. 87–132.

[7] Kong D. Performance-based budgeting: The US experience. Public Organization Review. 2005 Jun;5:91-107.

[8] Azar, Adel, "Performance Based Budgeting and Performance Audit. In Proceedings and Speeches at the Audit Conference on Performance, Accountability and Productivity Improvement" (First Edition), Tehran: Publication of the Center for Human Resources Development and Training of the National Audit Office, 2009.

[9] Panahi, A., About the budget bill of 1385 of the whole country, Tehran, Office of Planning and Budget Studies, 2005, p. 1 to p. 27.

[10] Azar, Adel, Bayat, Karim, Khadivar, Amenah, Amirkhani, Tayyebeh, "Performance-Based Budgeting Performance Model Report", Third Edition, Performance-Based Budgeting Conference Secretariat, 2013.




[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

[11] Robinson, M. Best Practice in Performance Budgeting. School of Economics and Finance, Queensland University of Technology, 2002.

[12] Diamond, J., Establishing a Performance Management Framework for Government. management & accounting review, 2005, 12: p 111–132.

[13]MCGILL, R., performance budgeting in least developed countries:concepts, instruments and governance in achieving results performance budgeting in the least developed countries. United Nations Capital Development Fund, 2006, p 258–311.

[14] Azar, Adel, Dolatkhahi Kasra, Goudarzi, G., "provide a conceptual model of performance-based budgeting", the prospect of public administration, Issue 24, Winter, 2015, p.p: 15-33.

[15] Hatami-Marbini A, Toloo M, Amini MR, Azar A. Extending a fuzzy network data envelopment analysis model to measure maturity levels of a performance based-budgeting system: A case study. Expert systems with applications. 2022 Aug 15;200:116884.

[16] Andrews, M., "Authority, acceptance, ability and performance-based budgeting reforms", International Journal of Public Sector Management, 2004, Vol. 17 No. 4, pp. 332-344. https://doi.org/10.1108/09513550410539811

[17] Robinson. Marc., Duncan. Last,. A Basic Model of Performance-Based Budgeting, technical note and manual, IMF, 2009, https://doi.org/10.5089/9781462320271.005.

[18] Gloria A. Grizzle, Carole D. Pettijohn, Implementing Performance-Based Program Budgeting: A System-Dynamics Perspective, Public Administration Review, 2002, Vol 62, Issue 1 p. 51-62.

[19] Kohlegger, M., Maier, R.K., & Thalmann, S., Understanding Maturity Models Results of a Structured Content Analysis, 2009.

[20] Röglinger, M., Pöppelbuß, J., & Becker, J., Maturity models in business process management. Bus. Process. Manag. J., 2012, 18, 328-346.

[21] Jayanetti JK, Perera BA, Waidyasekara KG. Defining a ‘maturity model’in the construction context: A systematic review. InProceedings of the 10th world construction symposium 2022 (pp. 298-312).

[22] Reis, T.L., Mathias, M.A., & Oliveira, O.J., Maturity models: identifying the state-of-the-art and the scientific gaps from a bibliometric study. Scientometrics, 2016, 110, 643 - 672.

[23] Rahmani A, Behbahaninia PS, Parsaei M, Mahmoudkhani M. A public sector financial management maturity model for developing countries: the case of Iran. International Review of Administrative Sciences. 2024 Sep;90(3):581-98.



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

[24] Popesko B, Novák P, Dvorský J, Papadaki Š. The maturity of a budgeting system and its influence on corporate performance. Acta Polytechnica Hungarica. 2017 Jan 1;14(7):91-104.
[25] Greco S, Ishizaka A, Tasiou M, Torrisi G. On the methodological framework of composite indices: A review of the issues of weighting, aggregation, and robustness. Social indicators research. 2019 Jan 15;141:61-94.
[26] Cherchye L, Moesen W, Rogge N, Puyenbroeck TV. An introduction to 'benefit of the doubt'composite indicators. Social indicators research. 2007 May;82:111-45.
[27] Sevigny, E. L., Meylakhs, P., Feizollahi, M. J., and Amini, M. R. (2020). Development of a global index measuring national policy commitments to HIV prevention and treatment among people who inject drugs. International Journal of Drug Policy, 84, 102877.
[28] Agovino M, Cerciello M, Gatto A. Policy efficiency in the field of food sustainability. The adjusted food agriculture and nutrition index. Journal of environmental management. 2018 Jul 15;218:220-33.
[29] Rashidi K, Cullinane K. Evaluating the sustainability of national logistics performance using Data Envelopment Analysis. Transport Policy. 2019 Feb 1;74:35-46.
[30] Shen, Y., "Inter-national Benchmarking of Road Safety Performance and Development using Indicators and Indexes Data Envelopment Analysis based Approaches", PHD. Thesis, Hasselt University, Belgium, 2012.
[31] Shen Y, Ruan D, Hermans E, Brijs T, Wets G, Vanhoof K. Modeling qualitative data in data envelopment analysis for composite indicators. International Journal of System Assurance Engineering and Management. 2011 Mar; 2:21-30.
[32] Melyn W, Moesen W. Towards a synthetic indicator of macroeconomic performance: Unequal weighting when limited information is available, Public Economics Research Paper 17. Center for Economic Studies, KU Leuven. 1991.
[33]Färe R, Grosskopf S, Hernandez-Sancho F. Environmental performance: an index number approach. Resource and Energy economics. 2004 Dec 1;26(4):343-52.
[34] Despotis DK. Measuring human development via data envelopment analysis: the case of Asia and the Pacific. Omega. 2005 Oct 1;33(5):385-90.
[35] Ramanathan R. Evaluating the comparative performance of countries of the Middle East and North Africa: A DEA application. Socio-Economic Planning Sciences. 2006 Jun 1;40(2):156-67.



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

[36] Zhou P, Ang BW, Poh KL. A mathematical programming approach to constructing composite indicators. Ecological economics. 2007 Apr 20;62(2):291-7.
[37] Cherchye L, Lovell CK, Moesen W, Van Puyenbroeck T. One market, one number? A composite indicator assessment of EU internal market dynamics. European Economic Review. 2007 Apr 1;51(3):749-79.
[38] Cherchye L, Moesen W, Rogge N, Van Puyenbroeck T, Saisana M, Saltelli A, Liska R, Tarantola S. Creating composite indicators with DEA and robustness analysis: the case of the Technology Achievement Index. Journal of the Operational Research Society. 2008 Feb 1;59(2):239-51.
[39] Hermans, E., A Methodology for Developing a Composite Road Safety Performance Index for Cross-country Comparison, PhD Dissertation, Hasselt University, Hasselt, 2009.
[40] Shen Y, Hermans E, Ruan D, Wets G, Brijs T, Vanhoof K. A generalized multiple layer data envelopment analysis model for hierarchical structure assessment: A case study in road safety performance evaluation. Expert systems with applications. 2011 Nov 1;38(12):15262-72.
[41] Shen Y, Hermans E, Brijs T, Wets G. Fuzzy data envelopment analysis in composite indicator construction. Performance measurement with fuzzy data envelopment analysis. 2014:89-100.
[42] Jeremy Carter, "performance-based budgeting methodology and tools", Neubrain.com, 2012.
[43] Amini MR, Azar A, Eskandari H, Wanke PF. A generalized fuzzy Multiple-Layer NDEA: An application to performance-based budgeting. Applied Soft Computing. 2021 Mar 1;100:106984.
[44] Zalatar WF, Clark EE. A multiple layer DEA model for evaluating corporate sustainable performance using lean manufacturing practices. In2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) 2020 Dec 14 (pp. 180-184). IEEE.
[45] Shen Y, Hermans E, Bao Q, Brijs T, Wets G. Towards better road safety management: Lessons learned from inter-national benchmarking. Accident Analysis & Prevention. 2020 Apr 1;138:105484.
[46] Babaee S, Toloo M, Hermans E, Shen Y. A new approach for index construction: The case of the road user behavior index. Computers & Industrial Engineering. 2021 Feb 1;152:106993.
[47] Barhoum A, Behnood HR. Composite performance indicators for helmet and seat-belt enforcement as imprecise data. Traffic injury prevention. 2021 Mar 26;22(3):230-5.



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]

[48] Amini M, Azar A, Nayeri MD, Bayat K. Developing a performance-based budgeting maturity model and constructing a DEA-based composite indicator to measure it’s score. Industrial Engineering & Management Systems. 2019 Mar;18(1):143-53.

[49] Amini, Mohamadreza, Adel Azar, Karim Bayat, And Ameneh Khadivar, "Presenting a developed Performance Based Budgeting Maturity Model: With focusing on capabilities and results in a mature system.", Management Research in Iran, 2019, pp. 225-247.



[ Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2025-06-27 ]