

تحلیل حساسیت برای تعیین حاشیه امنیت کارایی واحدهای تصمیم‌گیری در مدل تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی: گروه‌های آموزشی دانشگاه علم و فرهنگ)

سعید اهدایی^۱، محمدرضا مهرگان^۲

چکیده: یکی از کاربردی‌ترین روش‌های سنجش کارایی، استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌هاست. تحلیل پوششی داده‌ها برای چند واحد تصمیم‌گیری همگن (واحدهایی با ورودی‌های یکسان و خروجی‌های یکسان) کارایی نسبی را اندازه می‌گیرد و واحدهای کارا و ناکارا را شناسایی می‌کند. از آنجا که کارایی محاسبه‌شده برای واحدهای تصمیم‌گیری، در روش تحلیل پوششی داده‌ها به صورت نسبی است، طبیعی است که هر واحد با تلاش و بهبود عملکرد خود سعی می‌کند تا در رقابت با دیگران جایگاه کارایی خود را از دست ندهد و حتی آن را ارتقا بخشد. فاصله‌ای که هر واحد تصمیم‌گیری از نظر کارایی با سایر واحدها دارد، حاشیه امنیتی را برای کارایی آن واحد ایجاد می‌کند. این مفهوم را نخستین بار نویسنده مقاله با عنوان «حاشیه امنیت کارایی» معرفی کرده است. در این نوشتار ضمن تبیین مفهوم حاشیه امنیت کارایی و اهمیت آن، الگوریتمی برای سنجش این پارامتر در گروه‌های آموزشی دانشگاه علم و فرهنگ ارائه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل حساسیت، حاشیه امنیت کارایی، کارایی، گروه‌های آموزشی دانشگاه.

۱. استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه علم فرهنگ، تهران، ایران

۲. استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۰۶

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۰۶/۱۱

نویسنده مسئول مقاله: سعید اهدایی

E-mail: saeid@ehdaie.com

مقدمه

تحلیل پوششی داده‌ها^۱ که یکی از کاربردی‌ترین روش‌های سنجش کارایی است با وجود عمر سی و چندساله خود، همچنان در کانون توجه پژوهشگران قرار دارد. تحلیل حساسیت نیز از موضوعات مهم ادبیات تحلیل پوششی داده‌ها محسوب می‌شود. تحلیل حساسیت، تعیین‌کننده میزان حساسیت جواب بهینه در مقابل تغییرات معین در مدل اصلی است (مهرگان، ۱۳۸۷: ۱۷۹).

بر اساس جمع‌بندی از مراجع گوناگون تحلیل پوششی داده‌ها، کارهایی را که تا کنون در حوزه تحلیل حساسیت انجام گرفته می‌توان به چند دسته تقسیم کرد:

(الف) حذف یکی از واحدها از مجموعه واحدهای تصمیم‌گیری؛

(ب) حذف یکی از ورودی‌ها یا خروجی‌های مدل؛

(ج) تغییر در نوع مدل استفاده‌شده؛

(د) خطا در اندازه‌گیری داده‌ها.

اما یکی دیگر از مواردی که باید در حیطه تحلیل حساسیت به آن پرداخت این است که هر واحد تصمیم‌گیری، با وجود ثابت نگه‌داشتن یا حتی ارتقای عملکرد خود، تا چه اندازه ممکن است با افت کارایی در نتیجه بهبود عملکرد سایر واحدها مواجه شود؟

مفهوم حاشیه امنیت کارایی که پاسخگوی چنین پرسشی است، اگرچه با تمام موضوعات فوق متفاوت است؛ ماهیتاً از مقوله تحلیل حساسیت محسوب می‌شود.

برای هر سازمان یا واحد درون‌سازمانی که واحد تصمیم‌گیری به‌شمار می‌رود، اطلاع از میزان حاشیه امنیت کارایی و سنجش مقدار نسبی و مطلق آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، اما با توجه به اهمیت جایگاه گروه‌های آموزشی دانشگاه‌ها، پیاده‌سازی پژوهش حاضر برای این واحدها صورت گرفته است.

بدیهی است هر دانشگاهی که بخواهد کارایی خود را بهبود بخشد، ناگزیر از ارتقای عملکرد گروه‌های آموزشی خود است و در رقابت میان گروه‌های آموزشی، دانستن حاشیه امنیت کارایی هر یک، مهم جلوه می‌کند.

مطالعه موردی پژوهش پیش رو به ارزیابی حاشیه امنیت کارایی گروه‌های آموزشی دانشگاه علم و فرهنگ در سال تحصیلی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ به کمک رویکرد ارائه‌شده اختصاص یافته است. گفتنی است این دانشگاه بزرگترین دانشگاه غیرانتفاعی تابع وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در کشور به‌شمار می‌رود و از اکثر گروه‌های آموزشی مصوب برخوردار است.

پیشینه پژوهش

پژوهش حاضر از دسته پژوهش‌های بنیادی محسوب می‌شود و مفهوم معرفی شده با عنوان حاشیه امنیت کارایی - که از نظر معنا جزء مقوله تحلیل حساسیت محسوب می‌شود - به دلیل بدیع بودن، در پژوهش‌های پیشین به آن پرداخته نشده است؛ لذا ضروری است ضمن تأکید بر مفاهیم رایج در تحلیل پوششی داده‌ها، ابتدا برخی از واژه‌ها و اصطلاحاتی که در این مقاله به معنای خاصی به کار گرفته شده، تعریف شود.

تعریف واژگان خاص

حاشیه امنیت نسبی کارایی: در این پژوهش، حاشیه امنیت کارایی واحد شماره i نسبت به واحد شماره j به صورت «حداکثر میزان افزایش خروجی واحد شماره j به طوری که کارایی واحد شماره i کاهش نیابد» تعریف شده است. واحد i واحد تحت بررسی است و واحد j واحد محک سنجش نام‌گذاری شده است. بدیهی است که نمی‌توان حاشیه امنیت کارایی یک واحد را نسبت به خودش تعریف کرد؛ یعنی همواره $i \neq j$ است.

حاشیه امنیت مطلق کارایی: حاشیه امنیت مطلق یک واحد تصمیم‌گیری، کمینه حاشیه‌های امنیت آن واحد نسبت به سایر واحدها تعریف می‌شود.

راهبرد مشابه: منظور از راهبرد مشابه بین دو واحد، آن است که به‌ازای ورودی یکسان، نسبت خروجی‌ها در هر دو واحد یکسان باشد یا به‌ازای خروجی یکسان، نسبت ورودی‌ها در هر دو، برابر باشد. در واقع نقاط متناظر دو واحد با راهبرد مشابه، شعاع حامل یکسان دارند.

واحد تحت بررسی: واحد تصمیم‌گیری‌ای است که حاشیه امنیت کارایی آن سنجیده می‌شود.

واحد مقایسه شده (واحد محک سنجش): واحد تصمیم‌گیری‌ای است که حاشیه امنیت کارایی واحد تحت بررسی نسبت به آن سنجیده می‌شود؛ در واقع واحد بهبوددهنده عملکرد است.

واحد تهدیدکننده کارایی: واحد محک سنجشی است که با بهبود عملکرد خود سبب افت کارایی واحد تحت بررسی می‌شود. واحد محک سنجشی که به حاشیه امنیت مطلق کارایی واحد تحت بررسی منجر می‌شود، نزدیک‌ترین تهدیدکننده کارایی آن واحد محسوب می‌شود.

پایداری کارایی: مفهومی برای مقایسه و تفکیک واحدهای کاراست و بر اساس میزان حاشیه امنیت مطلق کارایی استنباط می‌شود. بین واحدهای کارا، واحدی که بیشترین حاشیه امنیت مطلق کارایی را داشته باشد، کارایی پایدارتری دارد؛ به این معنا که در نتیجه بهبود عملکرد واحد

محک سنجش، از بقیه واحدهای کارا دیرتر تغییر وضعیت می‌دهد و به یک واحد ناکارا تبدیل می‌شود. واحد کارایی که نسبت به بقیه واحدهای کارا حاشیه امنیت مطلق کارایی کمتری دارد، از نظر کارایی متزلزل قلمداد می‌شود؛ یعنی در نتیجه بهبود عملکرد واحد محک سنجش، از بقیه واحدهای کارا زودتر تغییر وضعیت داده و به یک واحد ناکارا تبدیل می‌شود.

مفهوم و اهمیت حاشیه امنیت کارایی

پیچیدگی سازمانی و پویایی محیط برون و بیرونی آنها، جزء عوامل محسوب می‌شود که از اوایل دهه هشتاد میلادی، ارزیابی صرفاً مبتنی بر شاخص‌های مالی، جای خود را به سیستم‌های نوین ارزیابی عملکرد داد (قلایینی، نوبل و کرو، ۱۹۷۷). در این سیستم‌ها، هم از مدل‌های کمی و هم از مدل‌های کیفی استفاده می‌شود. یکی از شاخص‌های مطرح برای ارزیابی عملکرد در مدل‌های کمی، کارایی^۱ است. توجه به کارایی برای کشورهای در حال توسعه بسیار حائز اهمیت است؛ زیرا این کشورها با کمبود نهاده‌ها، عوامل تولید و فناوری مواجه‌اند (عالم‌تبریز، رجی‌پور میبدی و زارعیان، ۱۳۸۸). کارایی، میزان موفقیت هرچه بیشتر در تولید خروجی^۲ را به‌ازای ورودی^۳ داده شده نشان می‌دهد (فارل، ۱۹۵۷). به بیان دیگر میزان کارایی یک سازمان مشخص می‌کند که آن سازمان تا چه اندازه از منابع خود در جهت تولید (هدف) نسبت به بهترین عملکرد در یک بازه زمانی خاص استفاده کرده است.

یکی از روش‌های مطرح برای اندازه‌گیری کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها است. تحلیل پوششی داده‌ها روشی برای سنجش کارایی واحدهای تصمیم‌گیری^۴ است که همگی انواع یکسانی از ورودی و خروجی دارند. یک واحد تصمیم‌گیری موجودیتی است که وظیفه تبدیل ورودی‌ها به خروجی را برعهده دارد و ارزیابی کارایی آن را مد نظر قرار می‌دهد (کوا، ونگ و بهروزی، ۲۰۱۰).

از زمان پیدایش تحلیل پوششی داده‌ها تا به حال، در مباحث بسیاری برای ارزیابی کارایی واحدها، از این روش استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در بانک (کامانهو و دیسون، ۲۰۰۵)، سیستم‌های فناوری اطلاعات (آزاده، کرامتی و جعفری سنقری، ۲۰۰۹)، آموزش (آگاسیستی و پرز اسپارلز، ۲۰۱۰)، خطوط هوایی (یو و چن، ۲۰۱۱)،

1. Efficiency
2. Output
3. Input
4. Decision Making Units (DMUs)

صنعت رایانه (چن و اقبال علی، ۲۰۰۴)، نیروگاه‌های برق (کوک و ژو، ۲۰۰۷)، ورزش (کوپر، رویز و سرونت، ۲۰۰۹)، بازار بورس (دیتز و همکاران، ۲۰۰۹) و... اشاره کرد.

با وجود مباحث متنوع و مقاله‌های متعدد در زمینه تحلیل حساسیت، آنچه امروز باید به آن توجه کرد، موضوع حاشیه امنیت کارایی است که به تأثیر بهبود عملکرد هر واحد تصمیم‌گیری، بر کارایی سایر واحدهای تصمیم‌گیری در مدل تحلیل پوششی داده‌ها می‌پردازد.

بهبود عملکرد برای هر واحد تصمیم‌گیری، همیشه موضوعی محتمل و آرمانی است. پس هر واحد تصمیم‌گیری باید همواره مراقب عملکرد سایر واحدهای رقیب باشد؛ چراکه در غیر این صورت ممکن است در هدف‌گذاری، سیاست‌ها و روش‌های خود، دچار اشتباه شود و با وجود تلاش، حتی تلاش اثربخش، نتواند جایگاه کارایی خود را بهبود بخشیده یا حفظ کند.

هرچه منابع با محدودیت بیشتری همراه باشند و هرچه ارزش خروجی‌ها افزایش یابد، رقابت سنگین‌تر خواهد بود و لزوم توجه واحدهای تصمیم‌گیری به عملکرد سایر واحدها اهمیت زیادتری پیدا می‌کند. در چنین وضعیتی، هر واحد باید بداند کدامیک از رقبای ممکن است جایگاه کارایی او را تهدید کند و میزان تهدید هر یک از آنان چقدر است. این مهم با سنجش حاشیه امنیت کارایی محقق می‌شود. هر واحد هرچه در افزایش کارایی خود کوشا باشد، با افزایش کارایی سایر واحدها به‌خصوص آنهایی که راهبردی مشابه یا نزدیک با او دارند، دچار افت کارایی نسبی می‌شود. لذا چنین واحدی همواره مراقب تغییرات کارایی سایر واحدها خواهد بود و این کار می‌تواند رقابت موجود را جدی‌تر و پیچیده‌تر کند.

در دنیای رقابتی امروز، همواره واحدهای ناکارا به دنبال ارتقای کارایی خود هستند و واحدهای کارا دست کم در تلاش برای حفظ جایگاه خویش‌اند. تهدیدی که از سوی واحدهای رقیب وجود دارد نگران‌کننده است. هر واحدی با این پرسش مواجه است که آیا تلاش وی برای بهبود عملکرد، در نهایت جایگاه او را در رتبه‌بندی کارایی واحدها بهتر می‌کند؟ تهدیدی که از سوی واحدهای رقیب وجود دارد تا چه اندازه تلاش او را برای ارتقای کارایی خنثی خواهد کرد؟ حاشیه امنیت او برای حفظ کارایی خود چقدر است؟ پژوهشگران پارامتری را که پاسخگوی این پرسش است «حاشیه امنیت کارایی»^۱ نامیده‌اند. این پارامتر را می‌توان در چهار حالت مختلف در نظر گرفت:

- الف) حاشیه امنیت کارایی واحدی کارا نسبت به واحدی ناکارا؛
- ب) حاشیه امنیت کارایی واحدی کارا نسبت به واحد کارای دیگر؛
- ج) حاشیه امنیت کارایی واحدی ناکارا نسبت به واحد کارا؛
- د) حاشیه امنیت کارایی واحدی ناکارا نسبت به واحد ناکارای دیگر.

حاشیه امنیت کارایی به‌طور نسبی محاسبه و سنجیده می‌شود، اما آنچه مهم‌تر به نظر می‌رسد، اینکه هر واحد خاص بتواند نزدیک‌ترین تهدید خود را شناسایی کند و بداند کدام واحد، کارایی او را بیشتر تهدید می‌کند. «حاشیه امنیت مطلق کارایی»^۱ چنین اطلاعاتی را در اختیار قرار می‌دهد.

سنجش حاشیه امنیت کارایی

الگوریتم زیر با ورودی‌ها و خروجی‌های مشخص، می‌تواند حاشیه امنیت کارایی واحدی را نسبت به سایر واحدها محاسبه کند. این الگوریتم در تمام حالت‌های ممکن (مسائلی با یک ورودی و دو خروجی، دو ورودی و یک خروجی، یا چند ورودی - چند خروجی) کاربرد دارد. در این الگوریتم، بهبود عملکرد می‌تواند ناشی از افزایش خروجی یا کاهش ورودی باشد و در حالت بازده به مقیاس ثابت^۲، جواب هر دو مسئله یکسان خواهد بود. بر اساس تعریف حاشیه امنیت کارایی، الگوریتم زیر در یک مدل DEA، عملکرد یکی از واحدها (واحد محک سنجش) را گام‌به‌گام بهبود می‌بخشد و در همان حال، عملکرد واحد دیگر را α درصد^۳ می‌کند. مادامی که کارایی واحد تحت بررسی کاهش نیافته، باید همچنان عملکرد واحد دیگر را افزایش داد. اولین مرحله‌ای که کارایی واحد مد نظر کاهش یافت، حاشیه امنیت کارایی آن واحد مشخص می‌شود. میزان بهبود عملکرد واحد مقایسه‌شده تا این مرحله، برابر با جواب مسئله خواهد بود.

در این الگوریتم با توجه به تعریف راهبرد مشابه، فرض زیر لحاظ می‌شود:

واحد محک سنجش قبل و بعد از بهبود عملکرد، راهبرد مشابه دارد.

این فرض بدین معناست که افزایش خروجی‌هایی که موجب بهبود عملکرد می‌شوند، به‌صورت یکنواخت انجام می‌گیرد و تمام خروجی‌ها به یک نسبت افزایش می‌یابند. به بیان دیگر، نقطه متناظر با واحد تحت بررسی روی شعاع حامل آن نقطه جابه‌جا می‌شود.

الگوریتم ۱، مراحل محاسبه حاشیه امنیت کارایی واحدی را نسبت به واحد دیگر نشان می‌دهد.

الگوریتم ۱. محاسبه حاشیه امنیت کارایی واحدی نسبت به واحد دیگر

ورودی‌ها:

یکی از مدل‌های DEA (تابعی برای محاسبه کارایی واحدها به کمک مدل DEA)؛

m : تعداد واحدهای تصمیم‌گیری؛

1. Absolute Efficiency Security Margin (AESM)

2. Constant Return to Scale (CSR)

3. Monitor

m : تعداد ورودی‌های سیستم؛

s : تعداد خروجی‌های سیستم؛

x_{ij} ها: مقدار ورودی‌ها (x_{ij} : میزان ورودی i ام از واحد j ام)؛

y_{rj} ها: مقدار خروجی‌ها (y_{rj} : میزان خروجی r ام از واحد j ام)؛

k : شناسه واحدی که حاشیه امنیت کارایی آن تحت بررسی است؛

t : شناسه واحدی که حاشیه امنیت کارایی واحد k نسبت به آن سنجیده می‌شود (واحد محک سنجش)؛

δ : پارامتر دقت حاشیه امنیت کارایی.

خروجی:

حاشیه امنیت کارایی واحد k نسبت به واحد t .

مراحل:

گام اول: به کمک یکی از مدل‌های DEA، کارایی واحدهای k و t (E_k و E_t) محاسبه می‌شود؛

گام دوم: مقدار E_k به منزله مقدار اولیه کارایی واحد k در متغیر E_k ذخیره می‌شود؛

گام سوم: به ازای i از ۱ تا s ، مقدار $y_{i,t}$ در $y_{i,t}$ ذخیره می‌شود (مقدار اولیه تمام خروجی‌های واحد t)؛

گام چهارم: مقدار α (ضریبی برای افزایش خروجی‌ها)، مساوی δ قرار می‌گیرد؛

گام پنجم: به ازای i از ۱ تا s ، مقدار $y_{i,t}$ به صورت $(1 + \alpha) y_{i,t}$ محاسبه می‌شود (افزایش تمام خروجی‌ها به میزان α درصد)؛

گام ششم: مانند گام ۱، بار دیگر کارایی واحد k محاسبه و در E_k ذخیره می‌شود؛

گام هفتم: اگر $E_k < E_k$ بود، به گام دهم می‌رویم، در غیر این صورت گام بعدی اجرا می‌شود؛

گام هشتم: مقدار α برابر $\alpha + \delta$ قرار می‌گیرد؛

گام نهم: گام پنجم بار دیگر اجرا می‌شود؛

گام دهم: $(\alpha - \delta) \times 100$ حاشیه امنیت کارایی واحد k نسبت به واحد t بر حسب درصد، است.

برای محاسبه حاشیه امنیت مطلق کارایی واحد k ، ابتدا به کمک الگوریتم فوق حاشیه امنیت نسبی کارایی واحد k را نسبت به تمام واحدهای دیگر محاسبه می‌کنیم ($ESM_{k,t}$ به ازای

$t \neq k, 1 \leq t \leq n$ ؛ مقدار کمینه کمیت‌های به‌دست آمده، حاشیه امنیت مطلق کارایی واحد k خواهد بود:

$$AESM_k = \min\{ESM_{k,t} \mid 1 \leq t \leq n, t \neq k\} \quad \text{رابطه (۱)}$$

حاصل پارامتر فوق، نزدیک‌ترین واحد تهدیدکننده کارایی واحد کارا را مشخص می‌کند.

یافته‌های پژوهش

حاشیه امنیت کارایی گروه‌های آموزشی دانشگاه علم و فرهنگ

گام نخست برای پیاده‌سازی و اجرای الگوریتم محاسبه حاشیه امنیت کارایی واحدهای تصمیم‌گیری، ارزیابی کارایی آنها براساس یکی از مدل‌های DEA است. در محاسبه کارایی واحدهای تصمیم‌گیری، شناخت دقیق ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم، ضرورتی مسلم محسوب می‌شود. پس از تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم، مقدار ورودی‌ها و خروجی‌های هر گروه آموزشی اندازه‌گیری می‌شود.

در مطالعات مربوط به کارایی واحدهای دانشگاهی، پارامترهای گوناگونی برای ورودی و خروجی استفاده شده است. برای مثال، در ارزیابی ۲۱ دانشکده دانشگاه بن‌گریون (سینوانی، مهرز و باربوی، ۱۹۹۴)، هزینه‌های عملیاتی و حقوق و مزایای پرداختی دانشکده به استادان، ورودی‌های مدل در نظر گرفته شده است و تعداد تألیفات، تعداد دانش‌آموختگان، میزان مبالغ دریافتی بابت پروژه‌ها^۱ و تعداد ساعات اعتباری^۲ تدریس‌شده هر دانشکده، به‌منزله خروجی‌های مدل به سیستم معرفی شده است. در ارزیابی کارایی ۲۴ برنامه عالی MBA، نسبت تعداد اعضای هیئت علمی به دانشجو و متوسط نمره آزمون ورودی دانشجویان، ورودی مدل بوده است و خروجی‌های سیستم نیز رضایت دانشجویان و همچنین رضایت کارفرمایان در نظر گرفته شده است (کالبرت، لوار و شانر، ۲۰۰۰). عیسی‌خانی (۱۳۸۱) در پایان‌نامه خود کارایی گروه‌های آموزشی دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس را سنجیده است. وی در این پژوهش، تعداد ثبت‌نام‌شدگان و تعداد استادان را ورودی سیستم در نظر گرفت و تعداد فارغ‌التحصیلان، تعداد تألیفات، تعداد پذیرفته‌شدگان مقطع بالاتر و متوسط نمره ارزشیابی استادان هر گروه را خروجی سیستم معرفی کرد. برای تعداد استادان با توجه به اینکه وزن استادان از نظر درجه و رتبه علمی

1. Grants
2. Credit Hours

می تواند متفاوت باشد، میزان حق التدریس پرداختی به استادان لحاظ شده است. برای تعداد تألیفات نیز، بر اساس آیین نامه ارتقای اعضای هیئت علمی، وزن دهی صورت گرفته است. اگرچه هدف، ارزیابی کارایی گروه های آموزشی دانشگاه علم و فرهنگ نبود و این مقوله خود پژوهش مستقلی را طلب می کند، در این پژوهش تلاش شده است مواردی برای ورودی و خروجی انتخاب شود تا معیار بهتری از کارایی واحدهای تصمیم گیری به دست آید و الگوریتم این بحث برای یافتن حاشیه امنیت کارایی گروه های آموزشی مناسب تر پیاده سازی شود. با توجه به تعداد واحدهای تصمیم گیری (DMU_j) برای ارزیابی (گروه های آموزشی دانشگاه علم و فرهنگ) که ۱۶ واحد است و براساس قاعده سرانگشتی زیر، می توان برای تعداد ورودی ها و خروجی ها تصمیم گیری کرد:

$$\text{رابطه ۲)} \quad ۱۶ = \text{تعداد واحد تصمیم گیری} < (\text{تعداد خروجی} + \text{تعداد ورودی}) \times ۳$$

معمولاً در چنین وضعیتی، انتخاب ۲ ورودی و ۳ خروجی یا انتخاب ۳ ورودی و ۲ خروجی مرسوم است که باید در شرط بالا بگنجد، ضمن آنکه حق انتخاب کافی برای ورودی ها و خروجی ها نیز وجود داشته باشد. در این پژوهش برای انتخاب ورودی ها و خروجی ها، به چهار نکته زیر توجه شده است.

نکته نخست اینکه ورودی هایی برگزیده شود که بیشتر در اختیار گروه ها قرار دارد و امکانات در اختیار آنها را به شکل مناسبی نشان دهد. از میان خروجی ها نیز باید به بیشتر به مواردی توجه شود که نشان دهنده عملکرد مطلوب واحد باشد.

نکته دوم اینکه پارامترهایی برای ورودی و خروجی باید انتخاب شود که اطلاعات آنها در دسترس باشد.

نکته دیگری که باید در کانون توجه قرار گیرد، رعایت رابطه میان ورودی ها و خروجی هاست؛ بدین معنا که باید خروجی ها متناسب با ورودی ها انتخاب شوند. خروجی های انتخاب شده باید به نحوی نمایان گر ورودی متناظر با خود باشد.

نکته آخر اینکه تمام ورودی ها (و همچنین خروجی ها) نیز باید به گونه ای انتخاب شود که تا حدودی مستقل از هم به نظر برسد. برای مثال، انتخاب دو ورودی تعداد استادان و نسبت تعداد استاد به دانشجو به صورت توأم، منطقی به نظر نمی رسد.

با توجه به تمام مباحث گفته شده، برای مورد مطالعه این پژوهش، دو ورودی و سه خروجی به صورت زیر انتخاب شده است.

ورودی ۱: سرانه هزینه های هر گروه برای هر دانشجو (X_1);

- ورودی ۲: میانگین نمره (تراز کنکور) افراد ثبت نام شده (X_p);
 خروجی ۱: میزان رضایت دانشجویان (میانگین نمره ارزشیابی استاد هر گروه) (Y_1);
 خروجی ۲: درصد پذیرفته شدگان مقطع بالاتر (Y_2);
 خروجی ۳: تعداد تألیفات (Y_3).

پس از تعیین ورودی ها و خروجی های سیستم، اندازه گیری هر یک از ورودی ها و خروجی ها برای تمام واحدهای تصمیم گیری مد نظر است. تعداد ۱۶ گروه آموزشی دانشگاه علم و فرهنگ که در مقطع کارشناسی فعالیت دارند، واحدهایی هستند که برای ارزیابی (DMU_j) در نظر گرفته شده اند. جدول ۱ میزان ورودی ها و خروجی های واحدهای تصمیم گیری را نشان می دهد.

جدول ۱. ورودی ها و خروجی های هر گروه آموزشی

DMU_j	گروه های آموزشی	میانگین تراز (X_{1j})	هزینه سرانه (X_{2j})	امتیاز تألیف (Y_{3j})	درصد قبولی (Y_{2j})	رضایت دانشجویان (Y_{1j})
DMU_1	ارتباطات تصویری	۵۴۵۷	۴۸۶۰۶۸۷	۰	۸/۰۷	۱۶/۰۴
DMU_2	آمار و کاربردها	۶۶۷۱	۵۱۴۸۲۰۷	۴۷	۱۱/۶۱	۱۵/۹۶
DMU_3	حسابداری	۶۶۹۷	۲۸۰۹۵۴۷	۰	۷/۰۰	۱۶/۳
DMU_4	حقوق	۷۹۹۳	۵۶۹۰۰۲۲	۲۲	۱۶/۲۴	۱۶/۶۸
DMU_5	روان شناسی	۷۱۳۲	۵۸۱۶۵۱۴	۳۳	۲۲/۰۳	۱۶/۴۷
DMU_6	طراحی پارچه و لباس	۶۰۶۳	۶۴۵۵۷۹۰	۲	۵/۰۴	۱۶/۶۳
DMU_7	مدیریت صنعتی	۶۵۲۳	۶۲۵۴۵۶۰	۹	۱۵/۵۸	۱۶/۱
DMU_8	مدیریت فرهنگی هنری	۶۸۳۸	۴۴۱۶۷۶۸	۷	۴/۴۶	۱۵/۷۷
DMU_9	معماری داخلی	۶۳۷۷	۴۳۲۱۹۶۶	۷	۰/۰۰	۱۶/۹۱
DMU_{10}	مهندسی برق	۶۶۳۹	۵۹۰۱۰۷۳	۰	۰/۰۰	۱۳/۸
DMU_{11}	مهندسی صنایع	۶۸۵۸	۵۰۷۸۴۳۹	۷۳	۱۲/۷۷	۱۵/۹۶
DMU_{12}	مهندسی عمران	۷۰۲۱	۶۴۹۳۵۳۵	۴۲	۲۳/۰۱	۱۵/۷۳
DMU_{13}	مهندسی رایانه	۶۲۴۷	۳۸۴۸۴۰۴	۱۳	۱۰/۳۴	۱۵/۱۴
DMU_{14}	مهندسی معماری	۷۰۹۶	۴۹۸۶۰۷۰	۰	۰/۰۰	۱۵/۳۳
DMU_{15}	نقاشی	۵۵۹۲	۸۰۵۶۹۴۸	۲۵	۳/۷۷	۱۶/۴۱
DMU_{16}	هنرهای تجسمی	۵۷۲۶	۶۰۷۷۷۲۶	۰	۶/۸۵	۱۶/۰۴

اطلاعات این جدول از منابع مختلفی چون کاربرگ محاسبه درآمد و هزینه هر رشته بر مبنای اطلاعات سال مالی ۱۳۸۹-۱۳۹۰، معاونت آموزشی و معاونت پژوهشی به دست آمده است، از آنجا که محقق این پژوهش را با هدفی غیر از محاسبه کارایی گروه‌های آموزشی دانشگاه انجام داده، هیچ مسئولیتی در قبال صحت و سقم آن ندارد. برای محاسبه حاشیه امنیت کارایی هر گروه آموزشی بر اساس گام‌های الگوریتم ۱، ابتدا باید به کمک یکی از مدل‌های DEA و به کارگیری برنامه DEA Solver، کارایی هریک از واحدهای تصمیم‌گیری محاسبه شود. نتایج این محاسبات که گسترده‌تر از گام اول الگوریتم مذکور است، در جدول ۲ درج شده است.

جدول ۲. میزان کارایی گروه‌های آموزشی دانشگاه علم و فرهنگ

مجموعه مرجع	کارایی (%)	گروه آموزشی	DMU _j
۱	۱۰۰/۰	ارتباطات تصویری	DMU _۱
۱۱ و ۵ و ۳ و ۱	۹۶/۴	آمار و کاربردها	DMU _۲
۳	۱۰۰/۰	حسابداری	DMU _۳
۱۱ و ۵ و ۳ و ۱	۸۶/۹	حقوق	DMU _۴
۵	۱۰۰/۰	روانشناسی	DMU _۵
۱ و ۱۵	۹۳/۳	طراحی پارچه و لباس	DMU _۶
۱ و ۱۲	۹۶/۷	مدیریت صنعتی	DMU _۷
۱۱ و ۳ و ۱	۸۷/۸	مدیریت فرهنگی هنری	DMU _۸
۱۱ و ۳ و ۱	۹۹/۵	معماری داخلی	DMU _۹
۱۱ و ۳ و ۱	۷۰/۸	مهندسی برق	DMU _{۱۰}
۱۱	۱۰۰/۰	مهندسی صنایع	DMU _{۱۱}
۱۲	۱۰۰/۰	مهندسی عمران	DMU _{۱۲}
۱۱ و ۵ و ۳ و ۱	۹۸/۲	مهندسی رایانه	DMU _{۱۳}
۱۱ و ۳ و ۱	۷۸/۹	مهندسی معماری	DMU _{۱۴}
۱۵	۱۰۰/۰	نقاشی	DMU _{۱۵}
۱	۹۵/۳	هنرهای تجسمی	DMU _{۱۶}

ورودی‌های الگوریتم ذکر شده براساس اطلاعات موجود و با فرض محاسبه حاشیه امنیت کارایی واحد تصمیم‌گیری شماره ۱ به ۲ (ESM_{۱,۲})، به صورت زیر گردآوری می‌شود:

n : تعداد واحدهای تصمیم‌گیری که در این مطالعه برابر با ۱۶ است؛

m : تعداد ورودی‌های سیستم که در این مطالعه برابر با ۲ است؛

s : تعداد خروجی‌های سیستم که در این مطالعه برابر با ۳ است؛

x_{ij} ها: مقدار ورودی‌ها (x_{ij} : میزان ورودی نام از واحد j ام)، برای مثال $X_{11} = 4,860,687$ ؛

y_{rj} ها: مقدار خروجی‌ها (y_{rj} : میزان خروجی r ام از واحد j ام)، برای مثال $Y_{11} = 8/07$ ؛

k : شناسه واحدی که حاشیه امنیت کارایی آن بررسی می‌شود و در این مطالعه برابر با ۱ است؛

t : شناسه واحدی که حاشیه امنیت کارایی واحد k نسبت به آن سنجیده می‌شود و در این مطالعه برابر با ۲ است؛

δ : پارامتر دقت حاشیه امنیت کارایی که در این مطالعه برابر با ۰/۰۱ است.

نتیجه گام یک مراحل اجرایی الگوریتم در جدول ۲ منعکس است، حال گام‌های بعدی به شرح زیر پیگیری می‌شود:

گام دوم $E_k = E_1 = 100\%$

گام سوم $Y_{1,2} = 15/96, \quad Y_{2,2} = 11/61, \quad Y_{3,2} = 47$

گام چهارم $\alpha = 0/01$

گام پنجم $Y_{1,2} = Y_{1,2} \times (1 + 0/01) = 16/12$

$Y_{2,2} = Y_{2,2} \times (1 + 0/01) = 11/73$

$Y_{3,2} = Y_{3,2} \times (1 + 0/01) = 47/47$

گام ششم: براساس خروجی‌های جدید واحد ۲، بار دیگر کارایی واحد ۱ محاسبه می‌شود:

$E_1 = 100\%$

گام هفتم: چون کارایی محاسبه‌شده در گام ششم کمتر از کارایی به‌دست‌آمده در گام دوم نیست، به گام دهم نرفته و گام هشتم اجرا می‌شود.

گام هشتم $\alpha = \alpha + \delta = 0/01 + 0/01 = 0/02$

گام نهم: به گام پنجم رفته و خروجی‌های جدید واحد ۲ محاسبه می‌شود:

$$Y_{1,2} = Y_{1,2} \times (1 + 0.02) = 16 / 28 \quad \text{گام پنجم}$$

$$Y_{2,2} = Y_{2,2} \times (1 + 0.02) = 11 / 84$$

$$Y_{3,2} = Y_{3,2} \times (1 + 0.02) = 47 / 94$$

مثل گام ششم و براساس خروجی‌های جدید واحد ۲، بار دیگر کارایی واحد ۱ محاسبه می‌شود:

$$E_1 = 100\%$$

چون این دفعه هم کارایی محاسبه شده کمتر از کارایی به دست آمده در گام دوم نیست، α جدید محاسبه می‌شود. این عملیات ادامه یافت تا در نهایت با $\alpha = 0.23$ از کارایی واحد ۱ کاسته شد، یعنی:

$$E_1 = 0.999 < 100\%$$

گام دهم: حاشیه امنیت کارایی واحد ۱ نسبت به واحد ۲ برابر با ۲۲ درصد است، یعنی:

$$ESM_{1,2} = 22\%$$

ذکر این نکته ضروری است که اگر خروجی‌های واحد ۲ تا سقف ۲۰ درصد افزایش یابد، این واحد همچنان ناکاراست، اما از آن به بعد کارا شده (با ۲۱ درصد افزایش)، پس موجب جابه‌جایی مرز کارا نیز می‌شود.

براساس الگوریتم فوق و به کمک نرم‌افزاری که در محیط دلفی عمل می‌کند، حاشیه امنیت کارایی تمام گروه‌های شانزده گانه آموزشی، نسبت به هم سنجیده شدند که نتایج آن در جدول ۳ منعکس است. این جدول به صورت نسبی پارامتر مد نظر را در چهار وضعیت واحد کارا به کارا، ناکارا به ناکارا، کارا به ناکارا و ناکارا به کارا نشان می‌دهد.

حاشیه امنیت مطلق کارایی هر واحد تصمیم‌گیری، براساس آنچه گفته شد، کمینه هر سطر است که نتایج آن را می‌توان در جدول ۴ مشاهده کرد.

همان‌طور که مشخص است، واحد مهندسی صنایع از بیشترین حاشیه امنیت برخوردار است. جدول ۳ نیز نشان می‌دهد این واحد کارا، در اکثر گروه‌ها از حاشیه امنیت نسبی بالایی برخوردار است و تعداد مواردی که حاشیه امنیت بسیار بزرگ شده، بیشتر از سایر واحدهاست. واحدهای ناکارا از حداقل حاشیه امنیت برخوردارند؛ زیرا اگر واحد کارای متناظر با آنها (واحد کارایی که عضو مجموعه مرجع^۱ واحد مد نظر باشد) کمترین بهبودی را در عملکرد خود ایجاد کند، واحد ناکارا، ناکارتر خواهد شد.

جدول ۳. حاشیه امنیت نسبی کارایی واحدها بر حسب درصد (مطابق نسبت به ستون^۱)

گروه آموزشی	ارتباطات تصویری	آمار و کاربردها	حسابداری	حقوق	روان بینایی	طراحی پارچه و لباس	مدیریت صنعتی	مدیریت فرهنگی هنری	معماری داخلی	مهندسی برق	مهندسی صنایع	مهندسی عمران	مهندسی رایانه	مهندسی معماری	تقارنی	هنرهای تجسمی
۱۵	۳۳	۶۳	۲۲	۳۴	۲۷	۷۰	۳۳	۲۸	۳۳	۲۷	۲۷	۳۳	۲۲	۶۳	۲۳	۱۵
۱۴	۲۵	۴۲	۳	۴	۱	۶۰	۱۳	۲۰	۱۳	۶۰	۱	۴	۳	۴۲	۲۵	۱۴
۱۲۱	۲۷۱	۲۷۵	۴۸	۱۴۰	۸۵	۲۹۴	۱۵۵	۹۷	۱۶۴	۱۶۴	۱۰۵	۹۹	۸۸	۲۷۵	۲۷۱	۱۲۱
۱۵	۲۴	۴۲	۳	۴	۲	۶۰	۱۴	۲۰	۱۴	۶۰	۱	۱	۵	۴۲	۲۴	۱۵
۲۱۰	۷۱۱	۷۱۱	۶۶	۱۰	۶۰	۲۱۰	۲۳	۳۳۰	۲۳	۲۳	۴۵۹	۲۳	۷۳	۷۱۱	۲۱۰	۲۱۰
۶	۱	۲۷	۲۲	۳۲	۲۷	۴۲	۱۱	۷۸	۱۱	۴۲	۷۸	۲۲	۲۴	۲۷	۱	۶
۸	۱۰	۶۳	۱۵	۱	۱۵	۷۰	۳۳	۷۸	۳۳	۷۰	۱	۲۳	۱۵	۶۳	۸	۸
۱۲	۱۴	۲۷	۶	۲۰	۱	۴۲	۱	۷۸	۱	۴۲	۱۵	۲۳	۵	۲۷	۱۲	۱۲
۱۲	۱۴	۲۷	۶	۲۰	۱	۴۲	۱	۷۸	۱	۴۲	۱۵	۲۳	۵	۲۷	۱۲	۱۲
۱۲	۱۴	۲۷	۶	۲۰	۱	۴۲	۱	۷۸	۱	۴۲	۱۵	۲۳	۵	۲۷	۱۲	۱۲
۱۲	۲۱	۳۰	۱۴	۳۳	۲۲	۷۰	۳۳	۲۰	۵	۷۰	۲۵	۲۳	۲۰	۳۰	۱۲	۱۲
T.L.	۴۰۳	T.L.	۴۱۲	۱۳۳	U.D.	T.L.	T.L.	T.L.	T.L.	T.L.	۱۵۴	۷۸۸	T.L.	۵۸	T.L.	T.L.
۳۲۴	۵۳۰	T.L.	۱۳۳	U.D.	۷۶	T.L.	T.L.	۴۳۰	۸۲	۴۳۸	۱۴	۷۸	۷۸۸	۸۹	۳۲۴	۳۲۴
۱۵	۲۵	۴۲	U.D.	۴	۱	۶۰	۱۳	۲۰	۱۳	۶۰	۱	۱۶	۴	۴۲	۱۵	۱۵
۱۲	۲۱	U.D.	۱۰	۳۴	۲۰	۴۲	۲	۱۷	۳۳	۱۴	۲۵	۳۳	۱۸	۲۱	۱۲	۱۲
۲۱	U.D.	۵۷	۲۹	۳۱	۲۶	۶۳	۳۳	۴۱	۲۰	۲۲	۷۸	۴۳	۳۳	۲۹	۲۱	۲۱
U.D.	۱	۲۷	۲۲	۳۲	۲۷	۴۲	۱۲	۷۸	۱۲	۴۲	۲۸	۴۲	۲۴	۲۱	۱	۱

۱: U.D. = Undefined; T.L. = Too Large (approximately larger than 1000%)

جدول ۴. حاشیه امنیت مطلق کارایی واحدهای تصمیم‌گیری بر حسب درصد

حاشیه امنیت مطلق کارایی (AESM)	گروه آموزشی	DMU _j
۱۵	ارتباطات تصویری	DMU _۱
۱	آمار و کاربردها	DMU _۲
۴۸	حسابداری	DMU _۳
۱	حقوق	DMU _۴
۱۰	روان‌شناسی	DMU _۵
۱	طراحی پارچه و لباس	DMU _۶
۱	مدیریت صنعتی	DMU _۷
۱	مدیریت فرهنگی هنری	DMU _۸
۱	معماری داخلی	DMU _۹
۱	مهندسی برق	DMU _{۱۰}
۵۸	مهندسی صنایع	DMU _{۱۱}
۱۴	مهندسی عمران	DMU _{۱۲}
۱	مهندسی رایانه	DMU _{۱۳}
۱	مهندسی معماری	DMU _{۱۴}
۱۶	نقاشی	DMU _{۱۵}
۱	هنرهای تجسمی	DMU _{۱۶}

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

از آنجاکه کارایی محاسبه‌شده برای واحدهای تصمیم‌گیری، در روش تحلیل پوششی داده‌ها به‌صورت نسبی است، هیچ واحدی با ارتقای عملکرد واحدهای دیگر (به‌طور عمده واحدهایی با راهبرد مشابه یا نزدیک) از کاهش کارایی در امان نخواهد بود. گاهی ممکن است واحد تصمیم‌گیرنده هیچ‌گونه افت عملکرد نداشته یا حتی عملکرد خود را نیز بهبود داده باشد، اما بر اثر عملکرد سایر واحدها کارایی کمتری را به‌دست آورد، یا از بین واحدهای کارآمد، به‌دسته واحدهای ناکارآمد تنزل یابد. پرسشی که ممکن است برای هر واحدی مطرح شود، اینکه چه اندازه از ارتقای عملکرد سایر واحدها می‌تواند موجب کاهش کارایی آن واحد شود؟ به بیان دیگر، حاشیه امنیت واحد بررسی‌شده در مقابل بهبود عملکرد سایر واحدها، چقدر است؟

پاسخ این پرسش در مفهوم حاشیه امنیت کارایی نهفته است و می‌تواند ضمن افزایش قدرت تفکیک‌پذیری تحلیل پوششی داده‌ها، به خوبی فضای رقابتی سنگین امروز را شفاف سازد. در این پژوهش ضمن تبیین مفهوم و اهمیت حاشیه امنیت کارایی، بر اساس الگوریتم و برنامه طراحی شده‌ای در محیط دلفی، این پارامتر برای گروه‌های آموزشی دانشگاه علم و فرهنگ محاسبه شد. به‌مثابه پیش‌نیاز استفاده از این الگوریتم، ابتدا با رعایت ضوابط متعارف در ادبیات تحلیل پوششی داده‌ها، از میان پارامترهای گوناگونی که در پژوهش‌های پیشین برای سنجش کارایی واحدهای دانشگاهی برای ورودی و خروجی در نظر گرفته شده است، دو ورودی و سه خروجی انتخاب شد. مقدار این پارامترها برای کلیه واحدهای بررسی شده در جدول ۱ آمده است. پس از حل مسئله و اندازه‌گیری کارایی هر گروه آموزشی به شرح جدول ۲، نتیجه محاسبه حاشیه امنیت نسبی همه گروه‌های آموزشی نسبت به یکدیگر در جدول ۳ درج شد.

در این بررسی مشخص شد که درجه پایداری کارایی واحدهای مختلف و میزان ثبات آنها در طبقه کارا یا ناکارا، می‌تواند با هم اختلاف داشته باشند. برای مثال، چنانچه گروه طراحی پارچه و لباس بیش از ۸ درصد عملکرد خود را بهبود بخشد، گروه هنرهای تجسمی با افت کارایی مواجه می‌شود، یا اگر گروه مدیریت صنعتی عملکرد خود را بیش از ۲۳ درصد بهبود بخشد، در آن صورت گروه‌های آموزشی ارتباطات تصویری، آمار و کاربردها، حقوق، طراحی پارچه و لباس، مدیریت فرهنگی، معماری داخلی، مهندسی برق، مهندسی رایانه، مهندسی معماری و هنرهای تجسمی با افت کارایی روبه‌رو خواهند شد؛ زیرا حاشیه امنیت کارایی تمام واحدهای مذکور نسبت به گروه مدیریت صنعتی، کمتر یا مساوی ۲۳ درصد است.

همچنین بر اساس جدول ۴ مشخص شد که گروه آموزشی مهندسی صنایع با بیشترین حاشیه امنیت مطلق کارایی (۵۸ درصد)، کمترین تهدید را نسبت به بهبود عملکرد سایر گروه‌های مورد مطالعه احساس می‌کند. به بیان دیگر، هیچ‌یک از واحدهای هم‌طبقه گروه مهندسی صنایع از چنین پایداری در کارایی برخوردار نیستند.

هدف از مطالعه موردی در این پژوهش، صرفاً محاسبه حاشیه امنیت کارایی گروه‌های آموزشی دانشگاه علم و فرهنگ بود، اما پژوهشگر هیچ‌گونه دخل و تصرفی در داده‌های مربوط به میزان ورودی‌ها و خروجی‌ها نداشت. محاسبه کارایی با داده‌هایی که میزان دقت آنها از روش‌های علمی ارزیابی شده باشد، به‌طور مسلم به نتایج حاصل از محاسبه حاشیه امنیت کارایی اعتبار بیشتری می‌بخشد؛ چراکه بر اساس آنچه تشریح شد، مقدار حاشیه امنیت کارایی هر واحدی به میزان کارایی واحدهای بررسی شده وابسته است که آن هم متأثر از مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌ها متفاوت خواهد بود؛ بنابراین هرچه این کار با دقت بیشتری انجام گیرد، نتایج حاشیه

امنیت کارایی اعتبار بیشتری داشته و به صحت نزدیک تر است. پیشنهاد می شود در پژوهش های آتی این مهم نیز مد نظر قرار گیرد.

از آنجاکه تا به حال مفهوم حاشیه امنیت کارایی مغفول بوده، به نظر می رسد واکنش واحدهای تصمیم گیری نسبت به بازخورد این مفهوم نیاز به بررسی بیشتری دارد. پیشنهاد می شود در پژوهش های آتی واحدهای تصمیم گیری، از حاشیه امنیت خود نسبت به سایر واحدها مطلع شده و پس از مدتی بار دیگر کارایی آنها سنجیده شود. پیش بینی محقق این است که هر واحدی ضمن بهبود عملکرد، بازنگری اساسی در راهبرد خود نیز خواهد داشت. بدین ترتیب می توان اثر بازخوردی حاشیه امنیت کارایی را بر عملکرد واحدهای تصمیم گیری بررسی کرد. در تعریف حاشیه امنیت کارایی صحبت از بهبود عملکرد واحد محک سنجش و تأثیر آن بر کارایی سایر واحدها است. در واقع از داده های منفی هیچ استفاده ای نشده است، چنانچه این مفهوم جدید را بتوان به گونه ای توسعه داد که هر نوع داده را شامل شود، می توان تأثیر تضعیف عملکرد واحد محک سنجش را بر کارایی سایر واحدها ارزیابی کرد. این حالتی است که به نظر می رسد به واقعیت نزدیک تر باشد.

References

- Agasisti, T. & Pérez-Esparrells, C. (2010). Comparing efficiency in a cross-country perspective: the case of Italian and Spanish state universities. *Higher Education*, 59(1): 85-103.
- Alam Tabriz, A. & Rajabi Purmeybodi, A., Zareeian, M. (2009). Survey in Application of Fuzzy TOPSIS technique in improving efficiency evaluation of Bank Branches using DEA. *Journal of Industrial Management*, 1(3): 99-118. (in Persian)
- Azadeh, A. & Keramati, A. & Jafary Songhori, M. (2009). An integrated Delphi/VAHP/DEA framework for evaluation of information technology/information system (IT/IS) investments. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 45(11-12): 1233-1251.
- Camanho, A.S. & Dyson, R.G. (2005). Cost efficiency measurement with price uncertainty: a DEA application to bank branch assessments. *European Journal of Operational Research*, 161(2): 432-446.
- Chen, Y. & Iqbal Ali, A. (2004). DEA Malmquist productivity measure: New insights with an application to computer industry. *European Journal of Operational Research*, 159(1): 239-249.

- Colbert, A., Levary, R., and Shaner, M. (2000). Determining the Relative Efficiency of MBA Programs using DEA. *European Journal Operational Research*, 125(3): 656-660.
- Cook, W.D. & Zhu, J. (2007). Within-group common weights in DEA: An analysis of power plant efficiency. *European Journal of Operational Research*, 178(1): 207-216.
- Cooper, W.W. & Ruiz, J.L. & Sirvent, I. (2009). Selecting non-zero weights to evaluate effectiveness of basketball players with DEA. *European Journal of Operational Research*, 195(2): 563-574.
- Deetz, M. & Poddig, T. & Sidorovitch, I. & Varmaz, A. (2009). An evaluation of conditional multi-factor models in active asset allocation strategies: an empirical study for the German stock market. *Financial Markets and Portfolio Management*, 23(3): 285-313.
- Farrell, M.J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3): 253-281.
- Ghalayini, A.M. & Noble, J.S. & Crowe, T.J. (1997). An integrated dynamic performance measurement system for improving manufacturing competitiveness. *International Journal of Production Economics*, 48(3): 207-225.
- Isakhani, A. (2002). Designing Mathematical Model for Efficiency Evaluation of Human Sciences Departments in TMU using DEA. MSc. Thesis. (in Persian)
- Kuah, C.T. & Wong, K.Y. & Behrouzi, F. (2010). A Review on Data Envelopment Analysis (DEA). *Fourth Asia International Conference on Mathematical / Analytical Modeling and Computer Simulation*, Kota Kinabalu, Malaysia.
- Mehregan, M.R. (2008a). Operation Research. University Book Publications. (in Persian)
- Mehregan, M.R. (2008b). Quantitative Models in Organizations Performance Evaluation. Faculty of Management of University of Tehran Publications. (in Persian)
- Sinuany, Z. & Mehrez, A. & Barboy, A. (1994). Academic Departments Efficiency Via DEA. *Computer and Operations Research*, 21(5): 543-556.
- Yu, M.M. & Chen, P.C. (2011). Measuring air routes performance using a fractional network data envelopment analysis model. *Central European Journal of Operations Research*, 19(1): 81-98.