دسترسی در سایتِ http://jnrm.srbiau.ac.ir
سال پنجم، شماره هفدهم، فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۸
شماره شاپا: ۲۵۸۸-۵۸۸X

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

پژوهش‌های نوین در ریاضی

ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده با ساختار شبکه‌ای در حضور خروجی نامطلوب

پژمان پیکانی[۱]، عمران محمدی[۲*]

(۱و۲) دانشگاه علم و صنعت، دانشکده مهندسی صنایع، تهران، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۹۷/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۰۹/۲۴

چکیده

در فرایند ارزیابی عملکرد با استفاده از مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، واحد های تصمیم‌گیرنده به صورت جعبه سیاه در نظر گرفته می‌شوند. حال آنکه در بسیاری موارد و کاربردهای مختلف هم چون صندوق‌های سرمایه‌گذاری، بانک‌ها، شرکت‌های بیمه و غیره، واحدها دارای ساختار شبکه‌ای می‌باشند. علاوه بر این، در بسیاری از ساختارهای شبکه‌ای، برخی از شاخص‌های مورد استفاده به منظور محاسبه کارایی واحدها، دارای ماهیت نامطلوب می‌باشند. از این رو ارائه رویکردی توانمند که ساختار درونی واحدها و روابط درون سازمانی را در محاسبه کارایی لحاظ نماید و هم چنین قابلیت به کارگیری در حضور داده‌های نامطلوب را نیز دارا باشد، امری ضروری است. لذا هدف از پژوهش پیش رو، ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به منظور ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده با ساختار دو مرحله‌ای در حضور خروجی‌های نامطلوب می‌باشد. لازم به ذکر است که با توجه به ساختار دو مرحله‌ای حاکم بر شرکت‌های سرمایه گذاری و حضور خروجی نامطلوب در فرآیند ارزیابی آنها، ده شرکت سرمایه گذاری فعال در بورس اوراق بهادار تهران به‌عنوان مطالعه موردی پژوهش انتخاب شده‌اند و نتایج حاصله از ارزیابی عملکرد آنها با استفاده از رویکرد پیشنهادی تحقیق نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای، خروجی نامطلوب، بنگاه‌های سرمایه گذاری.

*. عهده‌دار مکاتبات.

Emai: E_mohammadi@iust.ac.ir

۱- مقدمه

تحلیل پوششی داده‌ها یکی از کارآمد ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که دارای کاربرد گسترده و فراوان در حوزه ارزیابی عملکرد و رتبه بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌باشد. لازم به ذکر است که ایده اولیه این رویکرد توسط فارل [1] برای یک ورودی و خروجی ارائه شد و سپس صورت تعمیم یافته آن برای چندین ورودی و خروجی توسط چارنز و همکاران [2] با فرض بازده به مقیاس ثابت مدل‌سازی گردید. در ادامه نیز بنکر و همکاران [3] به ارائه رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با فرض بازده به مقیاس متغیر پرداختند.

توجه به این نکته ضروری است که یکی از نقاط ضعف مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، عدم توانایی آنها در ارزیابی عملکرد واحدها با ساختار شبکه‌ای می‌باشد. به‌عبارت دیگر رویکردهای کلاسیک این حوزه قابلیت در نظر گرفتن ساختار داخلی واحدهای تصمیم گیرنده در فرآیند ارزیابی عملکرد را ندارند. اهمیت در نظر گرفتن این نکته بدین دلیل است که در صورت عدم در نظر گرفتن ساختار درونی واحدها و روابط درون سازمانی در محاسبه کارایی، اگر یکی از مراحل یا زیر واحدها خوب عمل نکند، منشأ این ناکارایی در محاسبه کارایی شناسایی نمی‌شود و این موضوع پیامدهای نامطلوبی به همراه خواهد داشت. بنابراین با توجه به اهمیت این موضوع و نکات مطرح شده، در دو دهه اخیر محققان حوزه تحلیل پوششی داده‌ها، برای برطرف نمودن مشکلات مذکور و در نظر گرفتن ساختار درونی واحدها در محاسبه کارایی، مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای را مطرح نمودند [4].

نکته مهم دیگری که بایستی در استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها بدان توجه شود، ماهیت نامطلوب موجود در برخی از شاخص‌های مورد استفاده به منظور محاسبه کارایی واحدها می‌باشد. زیرا در بسیاری از کاربردها و مسائل دنیای واقعی، ماهیت نامطلوب برخی از شاخص‌ها و داده‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است که در صورت عدم لحاظ این نکته در در فرآیند ارزیابی عملکرد، نتایج از اعتبار قابل قبولی برخوردار نخواهند بود.

لوزانو و همکاران [5] به ارائه رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با هدف ارزیابی عملکرد ۳۹ فرودگاه در کشور اسپانیا برای سال ۲۰۰۸ در حضور دو خروجی نامطلوب شامل تعداد پروازهای دارای تاخیر و مجموع تاخیر رخ داده در پروازها پرداخته‌اند. سپس در ادامه در پژوهشی مشابه، مقبولی و همکاران [6] بر روی همین مطالعه موردی مربوط به فرودگاه‌های کشور اسپانیا، اقدام به پیاده‌سازی رویکردهای مبتنی بر نظریه بازی‌ها در حضور خروجی‌های نامطلوب نموده‌اند. خلیلی دامغانی و همکاران [7] به ارزیابی عملکرد نیروگاه‌های برق ترکیبی با بهره‌گیری از روش تحلیل پوششی داده‌ها در حضور داده‌های بازه‌ای و خروجی نامطلوب پرداخته‌اند. از جمله مطالعات دیگر صورت گرفته با هدف ارزیابی عملکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در حضور خروجی‌های نامطلوب می‌توان به فوکویاما و وبر [8]، لیو و همکاران [9]، وو و همکاران [10] و چیو و همکاران [11] اشاره نمود.

لذا با توجه به نکات و توضیحات مطرح شده، هدف از این پژوهش، ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به منظور ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم گیرنده با ساختار دو مرحله‌ای در حضور خروجی‌های نامطلوب می‌باشد. لازم به ذکر است که بدین منظور از رویکرد رابطه‌ای ضربی در مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای بهره گرفته می‌شود.

ساختار مقاله پیش رو بدین صورت است که در ادامه در بخش ۲، چگونگی مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای براساس رویکرد رابطه‌ای ضربی توضیح داده می‌شود. سپس در بخش ۳ چگونگی برخورد با خروجی نامطلوب توضیح داده می‌شود. در ادامه در بخش ۴ به بررسی و تحلیل نتایج حاصل از حل رویکرد پیشنهادی پژوهش با استفاده از یک مطالعه موردی واقعی شامل ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه گذاری پرداخته می شود. در نهایت نیز در بخش ۵ نتیجه‌گیری تحقیق ارائه می‌گردد.

۲- مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با ساختار دو مرحله‌ای

ساختار دو مرحله‌ای، ساده‌ترین و در عین حال یکی از

پرکاربرد ترین ساختارهای شبکه می‌باشد که در بسیاری موارد هم چون صندوق‌های سرمایه گذاری، بانک‌ها، شرکت‌های بیمه و غیره استفاده می‌شود. از این رو با توجه به کاربرد قابل توجه ساختار دو مرحله‌ای در حوزه‌های مالی و اقتصادی، در ادامه به ارائه مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با در نظر گرفتن ساختار دو مرحله‌ای پرداخته می‌شود.

یکی از رویکردهای پرکاربرد در مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با ساختار دو مرحله‌ای، رویکرد رابطه‌ای ضربی ارائه شده توسط کائو و هوانگ [12] می‌باشد. در این رویکرد، به منظور برقراری ارتباط بین کل فرآیند و مراحل اول و دوم و دستیابی به مجموعه وزن‌های بهینه، فرض اساسی برابر بودن ضرایب اندازه واسطه در دو مرحله. یعنی برابری وزن‌های خروجی مرحله اول با وزن‌های ورودی مرحله دوم در نظر گرفته شده است.

با توجه به ساختار دو مرحله‌ای ارائه شده در شکل (۱)، فرض کنید n واحد تصمیم‌گیرنده دو مرحله‌ای وجود داشته باشد به طوری که $\mathrm{DMU}_j\ (j=1,\ldots,n)$ با استفاده از ورودی‌های $(x_{1j},\ldots,x_{Ij})$ در مرحله اول، خروجی‌های $(g_{1j},\ldots,g_{Kj})$ را تولید می‌کند. سپس در مرحله دوم، $(g_{1j},\ldots,g_{Kj})$ را مورد استفاده قرار داده و در نهایت خروجی‌های سیستم شامل دو دسته مطلوب $(y^D_{1j},\ldots,y^D_{Rj})$ و نامطلوب $(y^U_{1j},\ldots,y^U_{Sj})$ حاصل می‌گردند.

اکنون فرض کنید که α^*_i، β^*_k، ω^*_r و ξ^*_s، ضرایبی باشند که واحد تحت بررسی برای محاسبه اندازه کارایی کلی، کارایی مرحله اول و کارایی مرحله دوم اختیار می‌کند که در این صورت رابطه (۱) برقرار می‌باشد:

$$\Theta_0=\frac{\sum_{r=1}^{R}\omega_r^*\,y_{r0}^{D}+\sum_{s=1}^{S}\xi_s^*\,y_{s0}^{U}}{\sum_{i=1}^{I}\alpha_i^*\,x_{i0}}\le 1,$$
$$\Theta_0^1=\frac{\sum_{k=1}^{K}\beta_k^*\,g_{kj}}{\sum_{i=1}^{I}\alpha_i^*\,x_{i0}}\le 1, \qquad (۱)$$
$$\Theta_0^2=\frac{\sum_{r=1}^{R}\omega_r^*\,y_{r0}^{D}+\sum_{s=1}^{S}\xi_s^*\,y_{s0}^{U}}{\sum_{k=1}^{K}\beta_k^*\,g_{kj}}\le 1$$

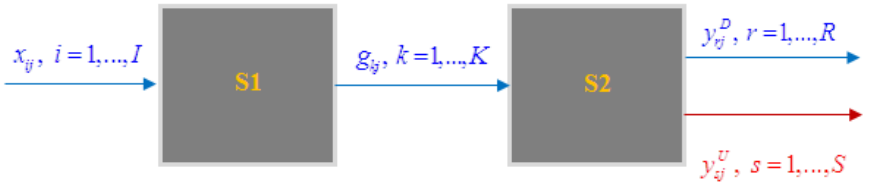
حال با توجه به رابطه (۱)، ملاحظه می‌شود که اندازه کارایی کلی برابر با حاصل ضرب اندازه کارایی مراحل اول و دوم می‌باشد که این مطلب در رابطه (۲) نشان داده شده است:

$$\Theta_0=\Theta_0^1*\Theta_0^2 \qquad (۲)$$

براساس این نکته، یک راه برای محاسبه اندازه کارایی کلی، استفاده از رابطه بین Θ_0، Θ_0^1 و Θ_0^2 و قرار دادن قیود کسری متناظر هر کدام از مراحل در مدل است که در نتیجه آن مدل (۳) حاصل می‌شود:

$$\Theta_0=\ \mathrm{Max}\ \frac{\sum_{r=1}^{R}\omega_r\,y_{r0}^{D}+\sum_{s=1}^{S}\xi_s\,y_{s0}^{U}}{\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\,x_{i0}} \qquad (۳)$$

لازم به توضیح است که محدودیت اول در مدل (۳) که بر کوچکتر یا مساوی یک بودن کارایی کل واحدها دلالت دارد، زائد می‌باشد و از طریق دو محدودیت دیگر ارضا می‌شود.



شکل (۱): نمایش ریاضی ساختار دو مرحله‌ای پژوهش

مدل (۳)، مدل رابطه‌ای ضربی نامیده می‌شود که در آن از میانگین هندسی اندازه‌های کاریی مراحل اول و دوم استفاده شده است. لازم به ذکر است که بایستی مجموع وزن‌دار شده اندازه‌های واسطه یعنی $\sum_{k=1}^{K}\beta_k g_{kj}$، برای مراحل اول و دوم مشابه فرض شود. از آنجایی که مدل (۳) یک مدل برنامه ریزی کسری می‌باشد، لذا در ادامه با استفاده از تبدیلات چارنز و کوپر [13] به خطی سازی آن در حالت ورودی محور به صورت مدل (۴) پرداخته می‌شود:

$$\begin{aligned}
&\Theta_0 = \text{Max} \ \sum_{r=1}^{R}\omega_r\, y_{r0}^{D} + \sum_{s=1}^{S}\xi_s\, y_{s0}^{U} \\
&\text{S.t.} \quad \sum_{i=1}^{I}\alpha_i\, x_{i0} = 1 \qquad (۴)\\
&\sum_{r=1}^{R}\omega_r\, y_{rj}^{D} + \sum_{s=1}^{S}\xi_s\, y_{sj}^{U} - \sum_{i=1}^{I}\alpha_i\, x_{ij} \le 0, \ \ \forall j \\
&\sum_{k=1}^{K}\beta_k\, g_{kj} - \sum_{i=1}^{I}\alpha_i\, x_{ij} \le 0, \ \ \forall j \\
&\sum_{r=1}^{R}\omega_r\, y_{rj}^{D} + \sum_{s=1}^{S}\xi_s\, y_{sj}^{U} - \sum_{k=1}^{K}\beta_k\, g_{kj} \le 0, \ \ \forall j \\
&\alpha_i, \beta_k, \omega_r, \xi_s \ge \varepsilon, \ \ \forall i, k, r, s
\end{aligned}$$

در نهایت پس از محاسبه مقادیر α_i^*، β_k^*، ω_r^* و ξ_s^*، مقادیر کارایی کل و هر یک از مراحل با استفاده از رابطه (۵) به دست می‌آیند:

$$\begin{aligned}
&\Theta_0^* = \frac{\sum_{r=1}^{R}\omega_r^*\, y_{r0}^{D} + \sum_{s=1}^{S}\xi_s^*\, y_{s0}^{U}}{\sum_{i=1}^{I}\alpha_i^*\, x_{i0}}, \\
&\Theta_0^{1*} = \frac{\sum_{k=1}^{K}\beta_k^*\, g_{kj}}{\sum_{i=1}^{I}\alpha_i^*\, x_{i0}}, \qquad (۵)\\
&\Theta_0^{2*} = \frac{\sum_{r=1}^{R}\omega_r^*\, y_{r0}^{D} + \sum_{s=1}^{S}\xi_s^*\, y_{s0}^{U}}{\sum_{k=1}^{K}\beta_k^*\, g_{kj}}
\end{aligned}$$

با توجه به رابطه (۵) به‌وضوح ملاحظه می‌شود که رابطه (۲) برقرار می‌باشد. توجه به این نکته ضروری است که مقادیر بهینه ضرایب به‌دست آمده از مدل (۴) لزوماً یکتا نیستند، لذا تجزیه مقادیر کارایی براساس رابطه (۵) نیز لزوماً یکتا نمی‌باشد. از این رو یک راه حل برای رفع این مشکل، پیدا کردن مجموعه ضرایبی است که با ثابت نگه داشتن اندازه کارایی کلی حاصله از مدل (۴)، با بیشترین مقدار را برای اندازه کارایی مرحله اول یا اندازه کارایی مرحله دوم به دست می‌دهند. در این صورت اگر اندازه کارایی مرحله اول برای تصمیم‌گیرنده ارجحیت داشته باشد، این راه حل توسط مدل (۶) فرموله می‌شود:

$$\begin{aligned}
&\Theta_0^{1} = \text{Max} \ \sum_{k=1}^{K}\beta_k\, g_{k0} \\
&\text{S.t.} \quad \sum_{i=1}^{I}\alpha_i\, x_{i0} = 1 \\
&\sum_{r=1}^{R}\omega_r\, y_{rj}^{D} + \sum_{s=1}^{S}\xi_s\, y_{sj}^{U} - \sum_{i=1}^{I}\alpha_i\, x_{ij} \le 0, \ \ \forall j \\
&\sum_{k=1}^{K}\beta_k\, g_{kj} - \sum_{i=1}^{I}\alpha_i\, x_{ij} \le 0, \ \ \forall j \qquad (۶)\\
&\sum_{r=1}^{R}\omega_r\, y_{rj}^{D} + \sum_{s=1}^{S}\xi_s\, y_{sj}^{U} - \sum_{k=1}^{K}\beta_k\, g_{kj} \le 0, \ \ \forall j \\
&\sum_{r=1}^{R}\omega_r\, y_{r0}^{D} + \sum_{s=1}^{S}\xi_s\, y_{s0}^{U} - \Theta_0^{*}\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\, x_{i0} = 0 \\
&\alpha_i, \beta_k, \omega_r, \xi_s \ge \varepsilon, \ \ \forall i, k, r, s
\end{aligned}$$

در این صورت اندازه کارایی مرحله اول توسط مدل (۶) محاسبه می‌گردد و سپس اندازه کارایی مرحله دوم نیز با استفاده از رابطه (۷) به دست می‌آید.

$$\Theta_0^{2*} = \frac{\Theta_0^{*}}{\Theta_0^{1*}} \qquad (۷)$$

هم چنین اگر اندازه کارایی مرحله دوم برای تصمیم گیرنده ارجحیت داشته باشد، می‌توان به همین طریق اقدام به تجزیه کارایی نمود. بدین صورت که ابتدا با حل مدل (۸)، کارایی مرحله دوم محاسبه می‌گردد.

$$\begin{aligned}
&\Theta_0 = \text{Max} \ \sum_{r=1}^{R}\omega_r\, y_{r0}^{D} + \sum_{s=1}^{S}\xi_s\, y_{s0}^{U} \\
&\text{S.t.} \quad \sum_{k=1}^{K}\beta_k\, g_{k0} = 1
\end{aligned}$$

$$\sum_{r=1}^{R}\omega_r\, y_{rj}^{D}+\sum_{s=1}^{S}\xi_s\, y_{sj}^{U}-\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\, x_{ij}\le 0,\ \ \forall j$$
$$\sum_{k=1}^{K}\beta_k\, g_{kj}-\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\, x_{ij}\le 0,\ \ \forall j \qquad (۸)$$
$$\sum_{r=1}^{R}\omega_r\, y_{rj}^{D}+\sum_{s=1}^{S}\xi_s\, y_{sj}^{U}-\sum_{k=1}^{K}\beta_k\, g_{kj}\le 0,\ \ \forall j$$
$$\sum_{r=1}^{R}\omega_r\, y_{r0}^{D}+\sum_{s=1}^{S}\xi_s\, y_{s0}^{U}-\Theta_0^{*}\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\, x_{i0}=0$$
$$\alpha_i,\beta_k,\omega_r,\xi_s\ge\varepsilon,\ \ \forall i,\ k,\ r,\ s$$

سپس مقدار کارایی مرحله اول با بهره‌گیری از رابطه (۹) به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$\Theta_0^{1*}=\frac{\Theta_0^{*}}{\Theta_0^{2*}} \qquad (۹)$$

قابل ذکر است که در اندازه‌گیری کارایی سیستم‌های تک مرحله‌ای، چون کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده با یکدیگر مقایسه می‌شود، پس همواره واحد تصمیم‌گیرنده کارا وجود خواهد داشت، ولی در اندازه‌گیری کارایی سیستم‌های دو مرحله‌ای با مدل رابطه‌ای، یک سیستم کارا است اگر هر دو مرحله کارا باشند و در صورتی که حتی در یکی از مراحل ناکارا باشد، کل واحد نیز ناکارا خواهد بود. در نتیجه این امر محتمل است که در میان واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای که مورد بررسی قرار می‌گیرند، اصلاً واحد کارایی وجود نداشته باشد.

۳- مدل تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای در حضور خروجی نامطلوب

اساس و مبنای مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها بر این نگرش استوار است که کاهش میزان ورودی‌ها و افزایش خروجی‌ها، منجر به افزایش کارایی و بهبود عملکرد واحد تحت بررسی می‌گردد. اما بایستی به این نکته توجه کرد که لزوماً نگرش کاهش ورودی‌ها و افزایش خروجی‌ها در تمامی مسائل صحیح نمی‌باشد، زیرا این امکان وجود دارد که برخی از ورودی‌ها و خروجی‌های مسئله مورد نظر، نامطلوب باشند. به عنوان مثال در مسئله سرمایه گذاری، سرمایه گذار با خروجی مطلوب بازده و خروجی نامطلوب ریسک مواجه می‌باشد.

در ادامه به ارائه دو رویکرد پر کاربرد به منظور برخورد با خروجی نامطلوب در حوزه تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است که در روابط و توضیحاتی که در ادامه مطرح می‌شوند، y_{rj}^{D} و y_{sj}^{U} به ترتیب نشان دهنده خروجی مطلوب (خوب) و خروجی نامطلوب (بد) می‌باشند.

۳-۱- رویکرد قرینه

در این رویکرد ابتدا تمامی خروجی‌های نامطلوب در (۱-) ضرب و سپس مقدار $\widehat{y}_r$ به تمامی خروجی‌های نامطلوب به گونه‌ای اضافه می‌شود تا حاصل عددی مثبت گردد و رابطه (۱۰) برقرار شود:

$$y_{sj}^{NU}=\left(-y_{sj}^{U}+\widehat{y}_s\right)>0 \qquad (۱۰)$$

لازم به ذکر است که می‌توان مقدار $\widehat{y}_s$ را از رابطه (۱۱) به دست آورد:

$$\widehat{y}_s=\mathrm{Max}\left\{y_{sj}^{U}\right\}+1 \qquad (۱۱)$$

با توجه به این نکات و انجام مراحل مذکور، در نهایت مدل (۴) به صورت زیر بازنویسی می‌گردد:

$$\Theta_0=\ \mathrm{Max}\ \ \sum_{r=1}^{R}\omega_r\, y_{r0}^{D}+\sum_{s=1}^{S}\xi_s\, y_{s0}^{NU} \qquad (۱۲)$$

لازم به توضیح است که مدل‌های ارائه شده به منظور محاسبه کارایی هر یک از مراحل اول و دوم نیز به همین طریق بازنویسی می‌شوند.

۳-۲- رویکرد معکوس

در این رویکرد، تمامی خروجی‌های نامطلوب همان طور که در رابطه (۱۳) نشان داده شده است، معکوس می‌گردند.

$$y_{sj}^{IU}=\frac{1}{y_{sj}^{U}}=\left(y_{sj}^{U}\right)^{-1} \qquad (۱۳)$$

با توجه به این نکته، مدل (۴) به منظور محاسبه کارایی کل به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$\Theta_0 = \text{Max} \quad \sum_{r=1}^{R} \omega_r \, y_{r0}^{D} + \sum_{s=1}^{S} \xi_s \, y_{s0}^{IU}$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{i=1}^{I} \alpha_i \, x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{R} \omega_r \, y_{rj}^{D} + \sum_{s=1}^{S} \xi_s \, y_{sj}^{IU} - \sum_{i=1}^{I} \alpha_i \, x_{ij} \le 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{k=1}^{K} \beta_k \, g_{kj} - \sum_{i=1}^{I} \alpha_i \, x_{ij} \le 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{r=1}^{R} \omega_r \, y_{rj}^{D} + \sum_{s=1}^{S} \xi_s \, y_{sj}^{IU} - \sum_{k=1}^{K} \beta_k \, g_{kj} \le 0, \quad \forall j$$

$$\alpha_i, \beta_k, \omega_r, \xi_s \ge \varepsilon, \quad \forall i, k, r, s$$

همانند رویکرد قبلی نیز، مدل‌های ارائه شده به منظور محاسبه کارایی هر یک از مراحل اول و دوم به راحتی به همین طریق بازنویسی می‌گردند. در پایان این بخش لازم به ذکر است که رویکردهای دیگری هم چون در نظر گرفتن خروجی نامطلوب به عنوان ورودی نیز در حوزه تحلیل پوششی داده‌ها وجود دارد که می‌توان با توجه به نظر تصمیم‌گیرنده از هر یک از آنها به منظور برخورد با خروجی‌های نامطلوب استفاده نمود.

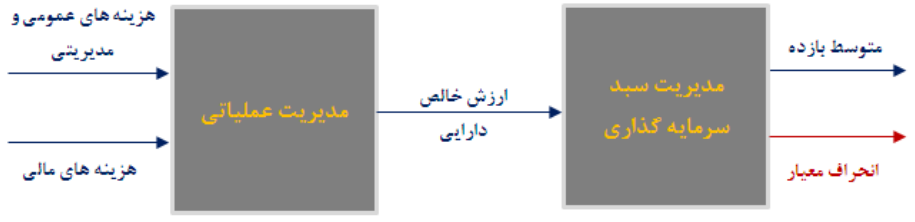
۴- مطالعه موردی: بنگاه‌های سرمایه گذاری

بنگاه‌های سرمایه‌گذاری هم چون صندوق‌ها و شرکت‌های سرمایه‌گذاری، یکی از نهاد های کارآمد و رو به رشد در بازارهای مالی می‌باشند. هدف از شکل‌گیری چنین نهادهایی در بازار سرمایه، جمع‌آوری پول از سرمایه گذاران مختلف و تجمیع این سرمایه‌های خرد به منظور انجام سرمایه‌گذاری در مقیاس‌های بزرگ‌تر می‌باشد. حسن دیگر این نهادها در این نکته هست که نهادهای مذکور با ایفای نقش واسطه‌ای، امکان حضور در یک سرمایه‌گذاری مطلوب را برای سرمایه‌گذارانی که به تنهایی دانش، زمان و اطلاعات کافی برای سرمایه‌گذاری را ندارند، فراهم می‌نمایند. به عبارت دیگر سرمایه‌گذار با خرید سهام صندوق، پول خود را در اختیار شرکتی قرار می‌دهد که با استفاده از یک تیم مدیریت حرفه‌ای سعی می‌کند تا با تشکیل پرتفویی از سهام و انواع اوراق بهادار، سود کسب نماید.

با توجه به نکات مطرح شده، ارزیابی عملکرد بنگاه‌های سرمایه‌گذاری با هدف شناسایی بنگاه‌های کارآمد و هم چنین ارائه راه کار برای بهبود عملکرد بنگاه‌های نا کارآمد، امری ضروری است [14]. لازم به توضیح است که ساختار حاکم بر بنگاه‌های سرمایه‌گذاری را می‌توان به صورت یک سیستم دو مرحله‌ای مطابق فرآیند نشان داده شده در شکل (۲) در نظر گرفت.

بدین صورت که در مرحله اول، مدیریت بنگاه سرمایه گذاری تلاش می‌کند تا از سرمایه گذاران جذب سرمایه کند و در مرحله دوم، اقدام به یک سرمایه گذاری مناسب و تشکیل سبد دارایی به منظور کسب بازدهی مطلوب و قابل قبول نماید [15].

از این رو با توجه توضیحات مذکور، ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری به عنوان مطالعه موردی پژوهش انتخاب و داده‌های مربوط به ده شرکت سرمایه گذاری در بورس اوراق بهادار تهران برای سال ۱۳۹۵ گردآوری شده‌اند. در نهایت نتایج مربوط به کارایی مرحله اول، مرحله دوم و کل هر ده شرکت سرمایه گذاری بر اساس هر دو رویکرد قرینه و معکوس به ترتیب در جداول (۱) و (۲) آورده شده است:



شکل (۲): ساختار دو مرحله‌ای بنگاه‌های سرمایه گذاری

جدول (۱): کارایی و رتبه مرحله اول، مرحله دوم و کل بنگاه‌های سرمایه‌گذاری – رویکرد قرینه

بنگاه‌های سرمایه‌گذاری	مدیریت عملیاتی		مدیریت سبد سرمایه‌گذاری		کل بنگاه سرمایه‌گذاری	
	کارایی	رتبه	کارایی	رتبه	کارایی	رتبه
بنگاه ۱	0.23676	8	0.23464	3	0.05555	2
بنگاه ۲	0.56153	6	0.02544	5	0.01429	8
بنگاه ۳	0.77337	5	0.01142	9	0.00883	9
بنگاه ۴	1	1	0.00647	10	0.00647	10
بنگاه ۵	0.15465	9	1	1	0.15465	1
بنگاه ۶	0.11840	10	0.44452	2	0.05263	3
بنگاه ۷	0.28495	7	0.05810	4	0.01656	7
بنگاه ۸	1	1	0.02375	8	0.02375	6
بنگاه ۹	1	1	0.02417	7	0.02417	5
بنگاه ۱۰	1	1	0.02496	6	0.02496	4

جدول (۲): کارایی و رتبه مراحل اول، مرحله دوم و کل بنگاه‌های سرمایه گذاری - رویکرد معکوس

بنگاه‌های سرمایه‌گذاری	مدیریت عملیاتی		مدیریت سبد سرمایه‌گذاری		کل بنگاه سرمایه‌گذاری	
	کارایی	رتبه	کارایی	رتبه	کارایی	رتبه
بنگاه ۱	0.23676	8	0.29011	3	0.06869	2
بنگاه ۲	0.56153	6	0.07119	4	0.03998	4
بنگاه ۳	0.77337	5	0.01142	9	0.00883	9
بنگاه ۴	1	1	0.00644	10	0.00644	10
بنگاه ۵	0.15465	9	1	1	0.15465	1
بنگاه ۶	0.11840	10	0.44452	2	0.05263	3
بنگاه ۷	0.28495	7	0.05810	5	0.01655	8
بنگاه ۸	1	1	0.02637	7	0.02637	6
بنگاه ۹	1	1	0.03011	6	0.03011	5
بنگاه ۱۰	1	1	0.02496	8	0.02496	7

توجه به این نکته ضروری است که در محاسبه کارایی شرکت‌های سرمایه گذاری، فرض بر اولویت مرحله دوم یعنی مدیریت سبد سرمایه‌گذاری نسبت به مرحله اول و مدیریت عملیاتی بوده است. همان طور که در جداول (۱) و (۲) نیز ملاحظه می‌شود، شرکت سرمایه گذاری ۵ علی رغم اینکه از لحاظ عملکرد کلی و مرحله دوم، حائز رتبه اول است، ولی در مرحله اول دارای عملکرد مناسبی نبوده است و بالعکس بنگاه ۴ که در مرحله اول دارای کارایی ۱ می‌باشد، از نظر کلی و مرحله دوم رتبه آخر در بین تمامی بنگاه‌ها می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

در این مقاله، به ارائه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با قابلیت ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم گیرنده با ساختار دو مرحله‌ای در حضور خروجی نامطلوب پرداخته شد. لازم به ذکر است که در مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای از رویکرد رابطه‌ای ضربی (میانگین هندسی) بهره گرفته شد. در نهایت نیز با توجه به ساختار دو مرحله‌ای حاکم بر شرکت‌های سرمایه گذاری و حضور انحراف معیار بازدهی به عنوان خروجی نامطلوب، به ارزیابی عملکرد ده شرکت سرمایه‌گذاری فعال در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل ارائه شده در پژوهش پرداخته شد. در مورد پیشنهادات آتی پژوهش نیز می‌توان به توسعه مدل پژوهش تحت ساختارهای مختلف شبکه‌ای، به کارگیری روش‌های دیگر مدل‌سازی با هدف ارزیابی عملکرد واحدهای شبکه‌ای هم چون رویکردهای جمعی (میانگین حسابی) و پیشرو – پسرو در حضور خروجی‌های نامطلوب و هم چنین پیاده‌سازی مدل‌های مذکور در کاربردها و مسائل دیگر دنیای واقعی اشاره نمود.

فهرست مراجع

[1] Farrell, M.J., (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, *120*(3), pp.253-290.

[2] Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E., (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, *2*(6), pp.429-444.

[3] Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W., (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, *30*(9), pp.1078-1092.

[4] Kao, C. (2014). Network data envelopment analysis: A review. European Journal of Operational Research, 239(1), 1-16.

[5] Lozano, S., Gutiérrez, E., & Moreno, P. (2013). Network DEA approach to airports performance assessment considering undesirable outputs. *Applied Mathematical Modelling*, *37*(4), 1665-1676.

[6] Maghbouli, M., Amirteimoori, A., & Kordrostami, S. (2014). Two-stage network structures with undesirable outputs: A DEA based approach. *Measurement*, *48*, 109-118.

[7] Khalili-Damghani, K., Tavana, M., & Haji-Saami, E. (2015). A data envelopment analysis model with interval data and undesirable output for combined cycle power plant performance assessment. *Expert Systems with Applications*, *42*(2), 760-773.

[8] Fukuyama, H., & Weber, W. L. (2014). Two-stage network DEA with bad outputs. In *Data Envelopment Analysis* (pp. 451-474). Springer, Boston, MA.

[9] Liu, W., Zhou, Z., Ma, C., Liu, D., & Shen, W. (2015). Two-stage DEA models with undesirable input-intermediate-outputs. *Omega*, *56*, 74-87.

[10] Wu, J., Zhu, Q., Chu, J., & Liang, L. (2015). Two-stage network structures with undesirable intermediate outputs reused: a DEA based approach. *Computational Economics*, *46*(3), 455-477.

[11] Chiu, C. R., Chiu, Y. H., Chen, Y. C., & Fang, C. L. (2016). Exploring the source of metafrontier inefficiency for various bank types in the two-stage network system with undesirable output. *Pacific-Basin Finance Journal*, *36*, 1-13.

[12] Kao, C., & Hwang, S. N. (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. *European journal of operational research*, *185*(1), 418-429.

[13] Charnes, A., Cooper, W.W., (1962). Programming with linear fractional functionals. Naval Research Logistics Quarterly 9, 181–185.

[14] Premachandra, I. M., Zhu, J., Watson, J., & Galagedera, D. U. (2012). Best-performing US mutual fund families from 1993 to 2008: Evidence from a novel two-stage DEA model for efficiency decomposition. Journal of Banking & Finance, 36(12), 3302-3317.

[15] Galagedera, D. U., Watson, J., Premachandra, I. M., & Chen, Y. (2016). Modeling leakage in two-stage DEA models: An application to US mutual fund families. Omega, 61, 62-77.