Archive of SID

دسترسی در سایتِ http://jnrm.srbiau.ac.ir
سال دوم، شماره هفتم، پاییز ۱۳۹۵
شماره شاپا: ۱۶۸۲-۰۱۹۶

پژوهش‌های نوین در ریاضی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

ارائه مدل‌های هزینه و سود در حضور متغیرهای انعطاف‌پذیر

فاطمه مطرود*[۱]، قاسم توحیدی[۲]

[۱و۲] گروه ریاضی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۵/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۹/۱۸

چکیده

در DEA، معمولاً متغیرها به صورت ورودی یا خروجی دسته‌بندی می‌شوند. اما، در مسائل واقعی معمولاً متغیرهایی وجود دارند که قبل از ارزیابی، وضعیت آن‌ها اعم از ورودی یا خروجی مشخص نمی‌باشد. این متغیرها تحت عنوان متغیرهای انعطافپذیر معرفی شده‌اند.

یکی از ابعاد مهم در مفاهیم اقتصادی، استفاده صحیح از منابع می‌باشد. به این دلیل، تمرکز روی ارزیابی سود و هزینه مربوط به موسسات مالی از اهمیت خاصی برخوردار است. به دلیل کاربرد متغیرهای انعطاف‌پذیر در مسائل عملی، در این مقاله مدل‌های ارزیابی سود و هزینه در حضور این متغیرها ارائه می‌شود. ماهیت متغیرهای انعطاف‌پذیر در راستای کمترین هزینه در مدل هزینه و بیشترین سود در مدل سود تعیین می‌شود.

در راستای بررسی قابلیت مدل، مدل‌های پیشنهادی روی داده‌های واقعی مربوط به ۵۰ بانک از ایالات متحده به کار گرفته شده است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، متغیرهای انعطاف‌پذیر، کارایی سود، کارایی هزینه.

*. عهده‌دار مکاتبات

Corresponding author, Email: Fati.matroud@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

تحلیل پوششی داده‌ها[1] یک روش داده محور می‌باشد و معمولاً با فرض معلوم بودن ماهیت داده‌ها أعم از ورودی یا خروجی پیش می‌رود[۳]. اما با توجه به کاربرد روزافزون تحلیل پوششی داده‌ها در مسائل عملی، لزوم در نظرگرفتن فرضیات بیشتر و ماهیت‌های متفاوت داده‌ها بوجود می‌آید. به عنوان مثال، در مدل‌های کلاسیک فرض بر این است که ماهیت داده‌ها أعم از ورودی و خروجی مشخص است، حال آنکه مسائل عملی نشان می‌دهند که متغیرهایی موجودند که درمورد ماهیت آن‌ها اختلاف نظر وجود دارد. به عنوان مثال، در ارزیابی دانشگاه‌ها همیشه این سوال وجود دارد که "بودجه پژوهشی" ورودی یا خروجی است؟ در پژوهش‌ها، برخی از محققان آن را به صورت ورودی در نظر می‌گیرند به این استدلال که آن بوسیله دانشگاه حاصل می‌شود و در همان دوره به عنوان ورودی خرج می‌شود. برخی دیگر با این استدلال که درآمدی است که دانشگاه آن را حاصل می‌کند، آن را خروجی در نظر می‌گیرند. اگرچه، برای حاصل‌کردن مقدار کارایی بالاتر بعضی از دانشگاه‌ها می‌خواهند آن را به صورت ورودی و بعضی دیگر می‌خواهند آن را خروجی در نظر بگیرند. در این جا این سوال مطرح می‌شود که چگونه باید با چنین متغیرهایی برخورد کرد؟ این متغیرها اولین بار توسط کوک و ژو[2] تحت عنوان داده‌های انعطاف‌پذیر[3] مطرح شده‌اند[۶]. به عنوان مثال دیگری در ارزیابی بانک از لحاظ سرمایه‌گذاری، متغیری مانند تعداد مشتریان باارزش از آن جهت که منبعی برای سرمایه‌گذاری آینده می‌باشد می‌تواند به عنوان خروجی در نظر گرفته شود و از جهت دیگر که به شعب در جمع‌آوری سبد سرمایه‌گذاری کمک می‌کنند به عنوان ورودی در نظر گرفته می‌شوند[۵]. یکی دیگر از متغیرهایی که در ارزیابی بانک‌ها می‌تواند به عنوان عامل انعطاف‌پذیر بیان شود سپرده است. برخی از محققان، سپرده را به عنوان ورودی در نظر می‌گیرند به این دلیل که در دوره‌ایی باید صرف سرمایه‌گذاری شود و مصرف شود. برخی دیگر از محققان آن را به عنوان خروجی در نظر می‌گیرند به این دلیل که با صرف نیروی کار و تبلیغات حاصل شده است. یک متغیر دیگر در ارزیابی بانک‌ها میزان جذب سرمایه است که توسط مشتریان مهم سنجیده می‌شود. تعداد زیاد مشتریان هم خود یک متغیر انعطاف‌پذیر است زیرا از یک دیدگاه این عامل به عنوان یک ظرفیت برای سرمایه‌گذاری آینده می‌باشد و از این رو می‌تواند به عنوان یک خروجی طبقه‌بندی شود و از طرف دیگر می‌توان آن را به عنوان ورودی در نظر گرفت زیرا به بانک در جمع‌آوری سرمایه کمک می‌کند.

کوک و ژو یر مبنای مدل مضربی CCR یک مدل جهت مواجه شدن با متغیرهای انعطاف‌پذیر ارائه دادند[۶]. امیرتیموری و امروزنژاد نیز با تمرکز روی تاثیر متغیرهای انعطاف‌پذیر روی تعریف مجموعه امکان تولید و با استفاده از فرم پوششی مدل CCR یک مدل جهت تعیین ماهیت متغیر انعطاف‌پذیر ارائه نمودند[۲].

یکی از جنبه‌های مهم در تحلیل تولید، بررسی کارایی هزینه و سود می‌باشد[۱۰،۱]. DEA یک روش غیر پارامتری است که می‌تواند برای محاسبه کارایی هزینه و کارایی سود مورد استفاده قرار گیرد[۸]. این مقادیر کارایی در موسسات مالی، بیمارستان و به خصوص در بانک‌ها بسیار مفید می‌باشند[۹،۴،۱۳،۱۱]. بنابراین، با توجه به کاربرد این کارایی‌ها و همچنین متغیرهای انعطاف‌پذیر در مسائل عملی، در این مقاله مدل‌های کارایی سود و هزینه در حضور متغیرهای انعطاف‌پذیر ارائه می‌شود.

در بخش ۲ به صورت مختصر مدل‌های اولیه هزینه و سود بیان شده است. مدل‌های پیشنهادی کارایی هزینه و سود در حضور متغیرهای انعطاف‌پذیر در بخش ۳ آورده شده‌اند. بخش ۴ به بررسی مدل‌های ارائه شده برای داده‌های واقعی روی ۵۰ شعبه بانک از ایالات متحده می‌پردازد. نتیجه‌گیری در بخش نهایی آورده شده است.

۲. مدل‌های کارایی سود و هزینه در حضور متغیرهای انعطاف‌پذیر

فرض می‌کنیم n واحد تصمیم‌گیرنده $(DMUj, j=1,...,n)$ داریم که هر کدام از m ورودی برای تولید s خروجی

1. Data Envelopment Analysis(DEA)
2. Cook and Zhu
3. Flexible measures

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده می‌کنند. فرض می‌کنیم $x_j=(x_{1j},...,x_{mj})$ و $y_j=(y_{1j},...,y_{sj})$ به ترتیب بردارهای ورودی و خروجی مربوط به DMUj باشند. همچنین فرض می‌کنیم $C=(c_1,...,c_m)$ و $P=(p_1,...,p_s)$ به ترتیب بردارهای هزینه و سود متناظر بردارهای ورودی و خروجی باشند.

مدل کارایی هزینه، در واقع در پی یافتن واحدی می‌باشد که کمترین هزینه را برای خرید ورودی‌های نابیشتر از ورودی‌های واحد تحت ارزیابی، جهت تولید خروجی‌هایی برابر با خروجی‌های واحد تحت ارزیابی، مصرف می‌کند. مدل اولیه کارایی هزینه برای ارزیابی DMUo به صورت زیر می‌باشد[۱۱]:

$$\begin{aligned} \min\ & C_o=\sum_i c_i x_i \\ s.t.\ & \sum_j \lambda_j x_{ij} \le x_i, \quad i=1,...,m, \\ & \sum_j \lambda_j y_{rj} \ge y_{ro}, \quad r=1,...,s, \\ & \lambda_j \ge 0, \qquad j=1,...,n. \end{aligned} \tag{۱}$$

کارایی کل هزینه مربوط به DMUo به صورت نسبت جواب بهینه مدل (۱) به هزینه جاری، به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$CE_o=\frac{\sum_i c_i x_{io}^*}{\sum_i c_i x_{io}}$$

کارایی سود مفهوم وسیع‌تری نسبت به کارایی هزینه دارد زیرا علاوه بر هزینه، درآمد را نیز در نظر می‌گیرد. در واقع، کارایی سود بررسی می‌کند که DMU تحت ارزیابی چگونه می‌تواند با این سطح از ورودی و خروجی‌ها و ارزشش مالی‌شان به بیشترین سود برسد. مدل اولیه کارایی سود برای ارزیابی DMUo به صورت زیر می‌باشد[۷]:

$$\begin{aligned} \min\ & P_o=\sum_r p_r t_r-\sum_i c_i s_i \\ s.t.\ & s_i=\sum_j \lambda_j x_{ij} \le x_i, \quad i=1,...,m, \\ & t_r=\sum_j \lambda_j y_{rj} \ge y_{ro}, \quad r=1,...,s, \\ & \lambda_j \ge 0, \qquad j=1,...,n. \end{aligned} \tag{۲}$$

کارایی کل سود مربوط به DMUo به صورت نسبت جواب بهینه مدل (۱) به سود جاری، به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$PE_o=\frac{p_o}{p_o^*}$$

۳. مدل‌های هزینه و سود در حضور داده‌های انعطاف‌پذیر

فرض می‌کنیم $z_j=(z_{1j},...,z_{kj})$ بردار متناظر با متغیرهای انعطاف‌پذیر و $cp=(cp_1,...,cp_k)$ متناظر با بردار هزینه یا قیمت مربوط به متغیرهای انعطاف‌پذیر باشد. اگر هدف ارزیابی کمینه‌کردن هزینه یک واحد تولیدی باشد، کارایی هزینه نشان می‌دهد تا چه میزان آن واحد تولیدی می‌تواند با توجه به هزینه‌های بردار ورودی، همان میزان خروجی را تولید کند. در اینجا، مدل کارایی هزینه در حضور متغیرهای انعطاف‌پذیر به صورت زیر ارائه می‌شود که در آن برمبنای حاصل کردن کمترین هزینه، ماهیت متغیر انعطاف‌پذیر مشخص می‌شود:

$$\begin{aligned} \min\ & C=\sum_i c_i x_i+\sum_f (1-\delta_f)cp_f z_f \\ st.\ & \sum_j \lambda_j x_{ij} \le x_i, \\ & i=1,...,m, \\ & \sum_j \lambda_j y_{rj} \ge y_{ro}, \\ & r=1,...,s, \\ & \sum_j \lambda_j z_{fj} \le z_{fo}+M\,\delta_f, \\ & f=1,...,k, \\ & -\sum_j \lambda_j z_{fj} \le -z_{fo}+M\,(1-\delta_f), \\ & f=1,...,k, \\ & \lambda_j \ge 0, \qquad j=1,...,n, \\ & \delta_f \in \{0,1\}, \qquad f=1,...,k. \end{aligned} \tag{۳}$$

اگر $\delta_f=0$ آن‌گاه محدودیت

$$-\sum_j \lambda_j z_{fj} \le -z_{fo}+M\,(1-\delta_f)$$

زائد است و محدودیت

www.SID.ir

Archive of SID

$$\sum_j \lambda_j z_{fj} \le z_{fo} + M\,\delta_f$$

برقرار است و z_{fo} به عنوان ورودی انتخاب می‌شود و اگر $\delta_f = 1$ باشد آن‌گاه z_{fo} به عنوان خروجی انتخاب می‌شود.

در ادامه، مشابه حالت قبل جهت حاصل کردن ماکزییم سود قابل دستیابی مدل کارایی سود در حضور داده‌های انعطاف‌پذیر ارائه می‌شود که در راستای ماکزییم‌نمودن سود، ماهیت متغیر انعطاف‌پذیر را نیز تعیین می‌کند.

$$\begin{aligned}
\max \quad & P = (\sum_r p_r t_r + \sum_f \delta_f cp_f st_f) \\
& -(\sum_i c_i s_i + cp_f st_f \sum_f (1-\delta_f)) \\
st. \quad & s_i = \sum_j \lambda_j x_{ij} \le x_{io}, \\
& i = 1,\dots,m, \\
& t_r = \sum_j \lambda_j y_{rj} \ge y_{ro}, \\
& r = 1,\dots,s, \\
& \sum_j \lambda_j z_{fj} \le z_{fo} + M\,\delta_f, \\
& f = 1,\dots,k, \\
& -\sum_j \lambda_j z_{fj} \le -z_{fo} + M\,(1-\delta_f), \\
& f = 1,\dots,k, \qquad (۴) \\
& \sum_f \lambda_j st_f = st_f, \\
& f = 1,\dots,k, \\
& \lambda_j \ge 0, \qquad j = 1,\dots,n, \\
& \delta_f \in \{0,1\}, \qquad f = 1,\dots,k.
\end{aligned}$$

در این مدل نیز اگر $\delta_f = 0$ آن‌گاه متغیر انعطاف‌پذیر به عنوان ورودی انتخاب شده است و در صورتی که $\delta_f = 1$ آن‌گاه متغیر انعطاف‌پذیر به صورت خروجی انتخاب می‌شود.

۴. کاربرد عملی

در این قسمت برای سنجش مدل‌های پیشنهادی، مجموعه داده‌ها از ۵۰ بانک ایالات متحده در سال ۱۹۹۶ در نظر گرفته شده است[۱۲]. این داده‌ها شامل ۵ خروجی-وام‌های تجاری و صنعتی، وام املاک و مستغلات، وام مصرف‌کننده‌ها، سرمایه‌گذاری و سایر درآمدها- و ۴ ورودی-سپرده معاملات، سپرده غیرمعاملات، کارگران و سرمایه - همچنین ارزش تمام داده‌ها می‌باشد[۱۲]. به منظور بررسی مدل‌های ارائه شده متغیر سپرده معاملات به عنوان متغیر انعطاف‌پذیر در نظر گرفته شده است.

در ابتدا، مجموعه‌ی داده‌ها روی مدل‌های (۱) و (۲) بکار برده و سپس سپرده معاملات را به عنوان متغیر انعطاف‌پذیر در نظر گرفته شده و مدل‌های پیشنهادی کارایی هزینه (۳) و سود (۴) بکار گرفته شده اند. نتایج در جدول (۱) ارائه شده‌اند.

جدول ۱: نتایج کارایی هزینه و سود با استفاده از مدل‌های (۱)، (۲)، (۳) و (۴)

DMU	مقدار بهینه هزینه مدل (۱)	مقدار بهینه هزینه مدل (۳)	δ_1	مقدار بهینه سود مدل (۲)	مقدار بهینه سود مدل (۴)	δ_1
DMU1	۴۳،۳۶	۴۲،۵۹	۱	۳۰،۱۳	۳۱،۶۸	۱
DMU2	۱۶،۹۸	۱۶،۹۸	۰	۴،۹۹	۱۳،۷۸	۱
DMU3	۲۷،۶۸	۲۵،۱۲	۱	۱۴،۲۳	۵،۵۴	۱
DMU4	۲۱،۶۷	۱۹،۷۷	۱	۹،۱۵	۲۹،۸۶	۱
DMU5	۲۴،۳۹	۲۲،۲۸	۱	۱۰،۵۸	۳۵،۲۵	۱
DMU6	۱۸،۹۳	۱۸،۶۹	۱	۱۵،۲۶	۲۴،۹۳	۱
DMU7	۲۶،۸۵	۲۵،۲۶	۱	۱۴،۸۰	۲۴،۴۱	۱
DMU8	۲۳،۵۵	۲۲،۳۱	۱	۹،۹۲	۲۶،۰۶	۱
DMU9	۲۵،۷۱	۲۴،۶۳	۱	۱۷،۰۴	۲۷،۴۸	۱
DMU10	۲۱،۱۰	۱۸،۶۵	۱	۱۷	۴۴،۶۱	۱

www.SID.ir

Archive of SID

DMU11	۲۵،۱۸	۲۴،۳۲	۱	۱۴،۵۳	۱۶،۲۵	۱
DMU12	۲۰،۴۲	۱۹،۶۳	۱	۱۴،۸۸	۲۴،۹۲	۱
DMU13	۱۹،۰۵	۱۸،۷۱	۱	۲۲،۰۲	۲۲،۶۹	۱
DMU14	۱۷،۸۰	۱۷،۵۶	۱	۲۰،۳۴	۳۱،۴۳	۱
DMU15	۲۰،۲۹	۱۹،۴۳	۱	۱۴،۳۳	۳۱،۸۰	۱
DMU16	۲۱،۵۴	۲۱،۴۸	۱	۱۳،۸۹	۲۹،۹۴	۱
DMU17	۲۲،۹۹	۲۲،۱۷	۱	۲۰،۱۸	۲۱،۸۲	۱
DMU18	۲۴،۹۴	۲۳،۲۴	۱	۱۴،۰۷	۱۹،۴۴	۱
DMU19	۲۳،۸۰	۲۱،۸۱	۱	۳،۸۹	۹،۲۱	۱
DMU20	۲۶،۱۳	۲۳،۲۸	۱	۲۰،۳۶	۲۶،۱۶	۱
DMU21	۲۴،۱۴	۲۳،۳۶	۱	۱۷،۵۳	۳۰،۵۳	۱
DMU22	۲۱،۱۴	۲۰،۳۲	۱	۱۲،۴۹	۲۹،۶۴	۱
DMU23	۲۳،۵۹	۲۳،۵۲	۱	۱۵،۱۵	۱۷،۸۵	۱
DMU24	۲۱،۵۳	۲۰،۸۰	۱	۲۶،۹۴	۲۸،۹۶	۱
DMU25	۲۳،۴۸	۲۱،۰۷	۱	۱۹،۶۸	۳۷،۰۴	۱
DMU26	۲۰،۵۷	۱۹،۴۴	۱	۱۳،۲۷	۳۵،۴۱	۱
DMU27	۲۸،۴۰	۲۷،۶۰	۱	۱۴،۱۰	۱۷،۱۲	۰
DMU28	۲۲،۱۴	۲۱،۹۹	۱	۱۷،۲۷	۵۸،۱۷	۱
DMU29	۲۲،۵۳	۲۲،۵۳	۰	۱۸،۸۹	۳۱،۵۱	۰
DMU30	۲۵،۵۷	۲۵،۵۷	۰	۱۹،۰۶	۲۲،۰۹	۱
DMU31	۲۱،۰۳	۲۰،۱۴	۱	۱۲،۸۶	۳۲،۶۳	۱
DMU32	۱۸،۳۶	۱۷،۷۰	۱	۹،۴۹	۳۶،۴۷	۱
DMU33	۲۹،۹۹	۲۵،۵۹	۱	۲۶،۹۹	۳۵،۷۶	۱
DMU34	۲۲،۵۲	۲۰،۶۰	۱	۱۶،۹۸	۲۶،۶۴	۱
DMU35	۲۴،۵۴	۲۳،۹۰	۱	۱۱،۵۰	۱۶،۱۲	۰
DMU36	۲۵،۱۱	۲۵،۱۱	۰	۱۳،۰۴	۲۶،۹۴	۱
DMU37	۲۳،۶۵	۲۳،۴۴	۱	۲۰،۱۹	۳۹،۹۳	۱
DMU38	۲۹،۹۳	۲۷،۴۸	۱	۱۳،۷۹	۳۶،۷۳	۱
DMU39	۲۶،۹۳	۲۵،۰۹	۱	۷،۰۴	۱۳،۴۷	۱
DMU40	۱۹،۷۵	۱۹،۷۵	۰	۱۵،۲۳	۲۸،۴۵	۱
DMU41	۲۵،۸۳	۲۴،۹۰	۱	۱۷،۸۴	۳۰،۷۵	۱
DMU42	۲۷،۰۵	۲۵،۲۹	۱	۱۴،۱۴	۲۹،۴۳	۱
DMU43	۲۱،۱۹	۲۰،۶۹	۱	۱۸،۷۵	۳۶،۲۶	۱
DMU44	۲۳،۶۴	۲۱،۹۸	۱	۱۸،۹۲	۳۲،۹۸	۱
DMU45	۲۴،۶۰	۲۱،۰۳	۱	۱۶،۲۸	۲۳،۴۱	۱
DMU46	۳۸،۱۸	۳۷،۷۶	۱	۳،۸۳	۴،۸۶	۱
DMU47	۲۰،۳۶	۱۸،۸۵	۱	۱۶،۸۶	۳۸،۳۸	۱
DMU48	۳۶،۵۱	۳۵،۸۴	۱	۲۷،۸	۲۹،۱۵	۱
DMU49	۷۷،۴۲	۷۵،۵۸	۱	۳۰،۶۵	۳۹،۳۳	۱
DMU50	۲۷،۳۴	۲۶،۴۹	۱	۱۶،۴۰	۱۸،۰۸	۱

www.SID.ir

Archive of SID

در جدول (۱) ستون‌های ۲ و ۳ به ترتیب مقدار بهینه مدل‌های (۱) و (۳) را نشان می‌دهند. همچنین ستون‌های ۵ و ۶ مقدار بهینه سود حاصل از مدل‌های (۲) و (۴) را نشان می‌دهند. ستون‌های ۴ و ۷ مقدار بهینه δ مربوط به مدل‌های (۳) و (۴) می‌باشد که ماهیت انتخاب شده برای متغیر انعطاف‌پذیر را نشان می‌دهد. با هدف مقایسه بین مدلهای (۱) و (۳)، همان‌طور که در جدول (۱) نشان داده شده است مقدار بهینه مدل (۳) از مدل (۱) بیشتر نیست. در واقع مدل پیشنهادی در راستای کمینه کردن هزینه ماهیت متغیر انعطاف‌پذیر را به گونه‌ایی تعیین کرده است که مقدار بهینه هزینه کاهش یافته است و این نشان می‌دهد که مدل (۳) نتایج قابل قبولی در تعیین ماهیت متغیر انعطاف‌پذیر داشته است. نتایج مشابه نیز برای مدل سود برقرار است بطوریکه در جدول (۱) نشان داده شده است مقدار بهینه مدل (۴) بزرگتر یا مساوی از مدل (۲) می‌باشد و این دقیقا همان چیزی هست که ما برای تابع پیشنهادی سود می‌خواهیم که ماهیت متغیر انعطاف‌پذیر را به گونه‌ایی تعیین کند که مقدار سود عایدی اقزایش یابد. همانطورکه نتایج نشان می‌دهند در هر دو مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن عمده انتخاب DMUها، ماهیت متغیر انعطاف‌پذیر به عنوان خروجی انتخاب شده است.

نتیجه‌گیری

در مسائل واقعی DEA علاوه بر متغیرهایی که به صورت ورودی و خروجی دسته‌بندی می‌شوند، متغیرهایی هستند که انعطاف‌پذیر نامیده می‌شوند. در این مقاله، با توجه به بحث هزینه و سود، مدل‌های کارایی هزینه و سود در حضور داده‌های انعطاف‌پذیر ارائه گردیده است. در نهایت، داده‌های مربوط به ۵۰ بانک از ایالات متحده را بکار برده و سپرده به عنوان متغیر انعطاف‌پذیر در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهند که مدل‌های پیشنهادی ماهیت متغیرانعطاف‌پذیر را به گونه‌ایی تعیین کرده‌اند که بیشترین سود و کمترین هزینه برای هر DMU حاصل شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع

[1] M. Arief, L.Can, Cost and profit efficiency of Chinese banks: A non-parametric analysis, China Economic Review 19 (2008) 260–273.

[2] A. Amirteimoori, A. Emrouznejad, Flexible measures in production process: a DEA-based approach, RAIRO Operations Research 45 (2011) 63–74.

[3] A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes, Measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research 2 (6) (1978) 429–444.

[4] X.Chen, M. Skully, K.Brown, Banking efficiency in China: Application of DEA to pre-and post-deregulation eras: 1993– 2000. China Economic Review, (2005)16(3), 229–245.

[5] W.D Cook, M. Hababou, Sales performance measurement in bank branches. Omega (2001) 29, 299–307.

[6] W.D. Cook, J. Zhu, Classifying inputs and outputs in DEA. European Journal of Operational Research 180 (2007) 692–699.

[7] R. Färe, S.Grosskopf, Profit efficiency, Farrell decomposition and the Mahler inequality, Economic Letters (1997) 57, 283–287.

[8] R. Färe, A. Grosskopf, C. A. K. Lovell, The measurement of efficiency of production. Boston: Kluwer Nijhoff. (1985).

[9] R. Färe, S. Grosskopf, W.L. Weber, The effect of risk-based capital requirements on profit efficiency in banking, Applied Economics (2004)36(15), 1731–1743.

[10] M. Farrell, The Measurement of Productive Efficiency, Journal of Royal Statistical Society (Series A: General (1957), 120, 253-281.

[11] J. Maudos, J. M. Pastor, Cost and profit efficiency in the Spanish banking sector (1985–1996): A non-parametric approach. Applied Financial Economics (2003)13(1), 1–12.

[12] S. C. Ray, Data envelopment analysis (Part 2): Efficiency analysis with market prices. In Presented at the conference financial econometrics and banking, IGIDR, Mumbai, India. (2005) <http://www.igidr.ac.in/conf/finwrk/course.html>.

[13] K. Sahoo, M. Mehdiloozad, K.Tone, Cost, revenue and profit efficiency measurement in DEA: A directional distance function approach, European Journal of Operational Research 237 (2014) 921–931.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir