Archive of SID

الگوریتمی کارا برای دسته بندی واحد های تصمیم گیرنده در تحلیل پوششی داده ها

بهروز دانشیان

گروه ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

سیعد محرابیان

گروه ریاضی دانشگاه تربیت معلم

چکیده:

تشخیص و افراز واحد های تصمیم گیره به مجموعه واحد های کارا و نا کارا (و انواع آنها) با استفاده از مـدلهای تحلیل پوششی داده ها (DEA)[1] از مباحث مهم و مورد توجه بوده است. ترال[2] (۱۹۹۶) با استفاده از روش دو مرحله ای و با استفاده از مدل اندرسونو پیترسون[3] الگوریتمی به این منظور ارائه نموده است. در این مقاله با ارائه الگوریتمی جدید به این مهم می پر دازیم. همگرایی الگوریتم جدید و کارا بودن آن مزیت این الگوریتم را در قیـاس بـا الگـوریتم تـرال نشان می دهد. نتایج اجرا هر ۲ الگوریتم روی دسته های متفاوتی از حوزه داده ها نشان داده شده است. بخش تجزیـه و تحلیل نتایج به آ نالیز یافته ها می پردازد.

کلید واژه ها: **تحلیل پوششی داده ها، دسته بندی ، واحد های تصمیم گیرنده.**

۱ . مقدمه

در سال ۱۹۷۸ تحلیل پوششی داده ها با ارائه اولین مقاله توسط کوپر[4]، چارنز[5]ورودز[6]معرفـی گردید. این مقاله که مدل زیر بنایی این روش را توصیف می کرد به CCRمعرف گردید. ماهیت

1-Data Envelopment Analysis
2-Thrall
3-Andersen-Petersen
4-Cooper
5-Charnes
6-Rhodes

www.SID.ir

Archive of SID

پردازش ریاضی این روش برای ارزیابی واحد های تصمیم گیرنده[۷]افـق جدیـدی فـراروی ریاضـی دانان قرار داد به گونه ای که دومین مدل بنیادی BCC، ٦ سال بعد توسط بنکر[۸]، کوپر و چارنز به عرصه مجموعه مدلهای بهینه سازی در زمینه ارزیابی پیوست. هم اکنون بالغ بر ۵۰۰ مـدل اساسـی این روش، که مسائل ارزیابی واحد های تصمیم را از زوایای مختلـف مـورد توجـه قـرار داده انـد گزارش شده است.(کتابنامه امروز نژاد و تاناسولیس[۹](۱۹۹۵) را ببینید). صرف نظر از قابلیتهای کـار بست پذیری این روش که به صورت گسترده و فراگیری در جهان مورد توجه موسسات خـدماتی، صنعتی و دولتی قرار گرفته است زمینه ها و ابعاد گسترده نظری آن همچنان چالشگاه ریاضی دانان برای توسعه مرزهای تئوری و کاربردی آن است.

واحد های تصمیم گیر، اساسی ترین ابزار تحلیل پوششی داده ها محسوب می گردند. تحلیـل پوششی داده ها با استفاده از مدلهای بر نامه ریزی خطی، با ایجاد پوششی داده ای به سـاخت مـرز کارایی که واحد های تصمیم گیرنده دست مایه اصلی آن به شمار می آید می پر دازد. با بـه وجـود آمدن این پوشش واحد های تصمیم گیری به دسته های مختلفی افراز مـی گردنـد. لـذا هـر عـضو حوزه داده ها دقیقاً در یکی از این مجموعه ها خواهد بود.

چارنز، کوپر و ترال (۱۹۸٦) از پیشگامانی هستند که در این زمینه به مطاله پرداختند[۹]. انها مطالعه خود را در سال ۱۹۹۱ تعمیق بخشیدند[۱۰]. تـرال(۱۹۹٦) بـا ارائـه الگـوریتم بـر اسـاس روش دو مرحله ای به این مهم دست یافت [۲۰]. در این مقاله با بهره گیـری از اپـسیلن غیـر ارشمیدسـی[۱۱] الگوریتمی جدید و یک مرحله ای معرفی میگردد که از نظر محاسباتی در قیاس با الگوریتم ترال از کارایی با لاتری بر خوردار است. سازماندهی مقاله به این ترتیب است که بخش بعـدی بـه معرفـی مدل CCR و مفاهیم اساسی در رابطه با الگوریتم می پر دازد.بخش ۲ به ارائه الگوریتم جدید توجه دارد.بخش تجزیه وتحلیل به مقایسه این الگوریتم و الگـوریتم تـرال در حـوزه داده هـای متفـاوت پرداخته، نتایج حاصله را مورد بررسی قرار می دهد. بخش ٤ به نتیجه گیری از مباحث ارائـه شـده اختصاص یافته است.

7-Decision Making Unit
8-Banker
9-Thanassoulis
10-Decision Making Units
11-Non- Archimedean

www.SID.ir

Archive of SID

۲. مدل CCR و مفاهیم اساسی

تحلیل پوششی داده ها یک روش بهینه سازی ریاضی با هدف یافتن کارایی هر واحد تصمیم گیری در یک مجموعه از واحد های تصمیم گیری است. فرض کنید ، واحد های تصمیم گیری که در یک مجموعه ارزیابی واقع می شود از m نهاده مشابه برای تولید s ستاده مشابه بهره می گیرند. در واقع کارایی به نحوه تصمیم گیری در به کار بری و فرآیند تر کیبی روی نهاده ها توسط واحد تصمیم گیرنده برای دستیابی به ستاده ها مر بوط می گردد.

بردار نهاده j امین واحد از این مجموعه را با $x_j = (x_{ij},...,x_{mj})^T$ و بردار ستاده آن را با $y_j = (y_{ij},...,y_{sj})^T$ نشان می دهیم.

لذا فرض می کنیم $X = (x_1,...,x_n)_{m\times n}$ و $Y = (y_1,...,y_n)_{s\times n}$ به ترتیب ماتریس نهاده ها و ستاده ها باشد. گر دایه فن آوریها را با $P = \begin{bmatrix} y \\ -x \end{bmatrix} = [p_1...p_n]$ و مجموعه مرتب واحد های تصمیم گیری را با $J = \{DMU_1,...,DMU_n\}$ نشان می دهیم. $D = (J.P)$ را حوزه داده ها[۱۲] نامیده و گویند بر دار P_k بر P_l مسلط است هر گاه $x_k \le x_l , y_k \ge y_l$. مفروضات دیگر عبارتند از :

۱) تمام مقادیر x_{ij} و y_{rj} نامنفی هستند.

۲) برای تمام مقادیر j داریم $x_j \neq 0, y_j \neq 0$

۳) $p_k \neq \alpha p_l$ برای هر $k \neq l$ و هر $\alpha > 0$

تعریف ۱ : اگر u و v بر دارهای نامنفی و غیر صفر به ترتیب با s و m مولف باشند در این صورت $w = \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$ را یک مضرب مجازی [۱۳] می نامند. بردار $D-$ سره[۱۴] گویند هرگاه. الف) برای حداقل یک j داشته باشیم : $u^T y_j > 0$ ب) برای هر j هرگاه $u^T y_j = 0$ داشته باشیم $v^T x_j = 0$. مجموعه تمام چنین مضارب را فضای مضارب [۱۵] نامیده به W نشان می دهند. اکنون برای $w \in W$ و $j = 1,...,n$ اختیار می کنیم:

12-Data Domain
13-Virtual Multiplier
14-D-Proper
15-Multiplier Space

www.SID.ir

Archive of SID

$$h_j(w)=\begin{cases}\dfrac{u^T y_j}{v^T x_j}, & v^T x_j>0\\ \text{تعریف نشده} & v^T x_j=u^T y_j=0\end{cases}$$

تابع $h_j(w)$ را تابع ستاده به نهاده برای DMU_j گوییم.

تعریف ۲ : مجموعه مضارب W_k برای DMU_k عبارت است از :

$$W_k=\{w\in W \mid h_k(w)\geq h_j(w), v^T x_j>0 \text{ که } j \text{ برای هایی }\}$$

$w\in W_k$ را مضرب بهینه ساز[۱۶] برای DMU_k خوانیم.

تعریف ۳ : اگر $W_k=\phi$ ، آنگاه DMU_k را ناکارا قیاسی گویند، واحد تصمیم گیری که ناکارا نباشد کارای قیاسی[۱۷] می نامند. نماد های N و RE را به ترتیب نمایش دهنده مجموعه واحد های ناکارای قیاسی تعریف می کنیم.

مدل ریاضی غیر ارشمیدسی CCR با ماهیت نهاده ای[۱۸] $TE(P_k)$ و دوگان آن $TM(P_k)$ برای ارزیابی DMU_k که بر اساس الگوریتم در این مقاله می باشد به صورت زیر می باشد:

$$TE(P_k):\quad \min\theta_k-\varepsilon 1^T S \quad st\quad P\lambda-P_k(\theta_k)-S=0,\ \lambda\geq 0,\ S\geq 0$$

$$TM(P_k):\quad \max z_k=u^T y_k \quad st\quad v^T x_k=1,\ w^T P+T=0,\ T^T\geq 0,\ w=(u^T,v^T)^T\geq\varepsilon \qquad (۱)$$

که در آن ε یک بی نهایت کوچک غیر ارشمیدسی است و $S,P_k(\theta_k)=\begin{bmatrix} y_k\\ -\theta_k x_k\end{bmatrix}$ و T به ترتیب بردارهای کمبود در مساله های $TE(P_k)$ و $TM(P_k)$ هستند.

16-Optimizing Multiplier
17-Scale Efficient
18-Input Oriented

www.SID.ir

Archive of SID

واحد های تصمیم گیری بر اساس پوشش داده ای که بوسیله مدل بر نامه ریزی خطی CCR ایجاد میگردد به ٦ دسته زیر افراز می گردند:

$$E = \{DMU_j \in RE \,|\, \dim W_j = s + m\}$$

$$E' = \{DMU_j \in RE \,|\, \dim w_j < s + m, \exists w \in w_j ; w > 0\}$$

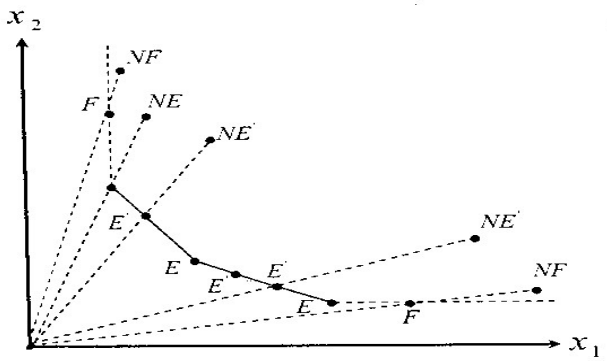
$$F = \{DMU_j \in RE \,|\, \text{هر } w \in W_j \text{ حداقل دارای یک مولفه صفر است}\}$$

$$NE = \{DMU \in N \,|\, DMU_j \in E\}$$

$$NE' = \{DMU_j \in N \,|\, DMU_j \in E'\}$$

$$NF = \{DMU_j \in N \,|\, DMU_j \in F\}$$

که در آن DMU_j واحد تصمیم گیری نظیر بر دار $P_j(\theta_j^*) = \begin{bmatrix} y_k \\ -\theta_k x_k \end{bmatrix}$ می باشد و $\theta^*{}_j$ مقدار بهینه حاصل از حل مساله $TE(P_k)$ می باشد. لذا (E, E', F)و (NE, NE', NF) به ترتیب افراز هایی از REو N می باشند. انواع این واحد های تصمیم گیری در حالت دو نهاده و یک ستاده واحد ، در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱ – انواع افرازهای واحد های تصمیم گیری

تعریف ٤ : به واحد های تصمیم گیری عضو E کارای راسی [19] و عناصر مجموع های F, E'به ترتیب کارای غیر راسی [20] و کارای ضعیف [21] گوئیم DMU_j را کارا [22] خوانیم هر گاه .

$$DMU_j \in E \cup E'$$

19- Extreme Efficiency
20 -Non Extreme Efficiency
21- Week Efficiency
22-Efficient

www.SID.ir

Archive of SID

تعریف ۵ : گیریم (λ^*, S^*)و (T^*, W^*) به ترتیب جوابهای بهینه مسائل $TE(P_k)$ و $TM(P_k)$ باشند. گوئیم این جوابها در شرایط مکمل زاید قوی صدق می کنند هر گاه:

۱. $S^{*^T} N^* = 0, \lambda^{*^T} T^* = 0$

۲. $\lambda^* + T^* \succ 0, S^* + W^* \succ 0$

در این صورت (λ^*, W^*) را یک جواب $SCSC$ برای DMU_k خوانیم.

تعریف ٦ : U_B زیر مجموعه ای از N تعریف می شود که جوابهای بهینه اساسی و جوابهای دوگان آنها در (۱) منحصر بفرد هستند.

در بخش بعدی با استفاده از مفاهیم ارائه شده در این بخش به معرفی الگوریتم جدیدی که قادر به شناسایی مجموعه ای است که یک واحد تصمیم گیری دلخواه به آن تعلق دارد می پر دازیم.

۲.یک الگوریتم کارا برای دسته بندی واحد های تصمیم گیری

در واقع این الگوریتم برای فائق آمدن بر مشکلات محاسباتی که الگوریتم ترال با آن مواجه بوده ارائه گر دیده است.

این الگوریتم با استفاده از حل مدل (۱) به این دسته بندی از واحد های تصمیم گیری با تعداد کمتری محاسبه دست می یابد. مقایسه تعداد محاسبات برای هر دو الگوریتم در بخش بعدی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

فرض کنیم $\bar{\varepsilon}$ یک مقدار مطمئن و معین برای ε غیر ارشمیدسی باشد. با حل مسائل (۱) جواب بهینه $(\theta^k, \lambda^k, S^k)$و جواب بهینه دوگان آن (T^k, W^k) معلوم است. گیریم $\theta^k = 1$ اگر و $1^T S^k = 0$و $\lambda_k^k > 0$ آنگاه $DMU_k \in E$ و $DMU_k \in E'$ اگر $\lambda_k^k = 0$. در غیر اینصورت این واحد تصمیم گیری به مجموعه F تعلق خواهد داشت.

اکنون فرض کنیم $\theta^k \prec 1$ چنانچه جوابهای بهینه $TE(P_k)$ و $TM(P_k)$ منحصر بفرد باشند آنگاه (λ^k, W^k) یک زوج $SCSC$ خواهد بود. بنابر این در این حالت $DMU_k \in U_B$ و $F \cup E' = \phi$.

اگر $1^T S^k \neq 0$انگاه $DMU_k \in NF$ در غیر اینصورت DMU_kبه NE یا $N'E$ تعلق خواهد داشت بسته به اینکه شرط $\lambda_k^k \succ 0$ و برای هر $\lambda_j^k = 0, j \neq k$ تحلق یافته باشد یا نه. اگر (λ^k, W^k) یک زوج $SCSC$باشد، یعنی $DMU_k \in U_B$ و $\exists l \neq k, \lambda_l^k \neq 0$ انگاه $DMU_l \in E$. این بدان معنی است که دسته DMU_l معین شده است . الگوریتم محاسباتی به صورت شبه کد در زیر آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

Step 0 :

Input problem data, $k = 1$

flag(j) is 1 *if* DMU_j *classified, else* 0.

flag (j) $= 0, j = 1,...,n.$

Compute an assurance vale $\bar{\varepsilon}, \varepsilon \leftarrow \bar{\varepsilon}.$

Step 1:

Solver problem TE(p_k*).*

Case ($\theta^k < 1$*)*

If((λ^k, w^k*)is an SCSC pair)then* $DMU_k \in U_B.$

If($1^T S^k = 0$*)then*

If($\lambda_k^k > 0, \lambda_j^k = 0$ *for* $j \neq k$*) then* $DMU_k \in NE$*,go to Step* 2.

else,

$DMU_k \in NE,$

If((θ^k, λ^k, S^k*)is unique and (*$\lambda_k^k = 0, \lambda_l^k \neq 0$ *for some* $l \neq k$

then $DMU_l \in E$*, flag (l)* $= 1$*, goto Step* 2

endif

else,

$DMU_k \in Nf,$

If((θ^k, λ^k, S^k*)is unique and (*$\lambda_k^k = 0, \lambda_l^k \neq 0$ *for some* $l \neq k$

then $DMU_l \in E$*, flag (l)* $= 1$*, goto Step* 2

endif

Case($\theta^k = 1$*)*

If ($1^T S^k = 0$*)then*

If($\lambda_k^k > 0$*)then* $DMU_k \in E$*,go to Step* 2.

else, $DMU_k \in E$*,go to Step* 2.

else, $DMU_k \in F$*,goto Step* 2.

endif

endif

Step 2 :

$k \leftarrow k + 1$

If($k > n$*) then stop.*

else, if (flag (k) $= 1$*) then go to Step* 2.

else, go to Step 1.

www.SID.ir

Archive of SID

۳. تجزیه و تحلیل نتایج

در این بخش به مقایسه ارائه شده و الگوریتم ترال از نقطه نظر محاسباتی می پر دازیم . هر ۲ الگوریتم در ۲۵ حوزه داده واقعی به کار گرفته شده اند. انجام محاسبات کامپیو تری با نرم افزار GAMS/365 صورت گرفته است. نتایج حاصل از اجرای کد های کامپیو تری الگوریتمها در جدول ۱ و ۲ خلاصه شده اند. جدول ۳ مراجعی که داده های واقعی از آنها اخذ شده اند را نشان می دهد. این نتایج شامل موارد زیر است.

❖ کاردینالیتی مجموعه های $E^{/}, F, NE, NE^{/}, NF, N$ و E حاصل شده از اجرای هر ۲ الگوریتم.

❖ n_A و n_B، تعداد مسایل بر نامه ریزی خطی شده به ترتیب توسط الگوریتم ترال و الگوریتم جدید.

❖ کاردینالیتی مجموعه های n_A و n_B، برای هر حوزه داده به ترتیب با اجرإ الگوریتم ترال و الگوریتم جدید.

حوزه داده ها	مرجع	حوزه داده ها	مرجع
R1,R2,R3	[21]	R13	[18]
R4	[22]	R14	[16]
R5,R20	[17]	R15	[19]
R6	[24]	R16,R22	[14]
R7	[13]	R17	[23]
R8	[11]	R18,R19	[7]
R9,R10	[12]	R21	[6]
R11	[15]	R23	[1]
R12	[4]	R24,R25	[2],[3]

جدول ۳: مراجع داده های واقعی

اینک به مهمترین نتایج حاصله از جدول می پر دازیم.

۱- کاردیالیتی هر ٦ مجموعه افراز در هر دو الگوریتم برابر است . تذکر این نکته مهم است که در حوزه داده های واقهی $R3$ مربوط به داده های بانکهای مکزیک، بانک شماره ۱۳ توسط هر دو الگوریتم عضوی از NF تشخیص داده شده است در حالیکه توسط [6] واحدی از $NE^{/}$ شناسایی شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- مجموعه $E^{/}$در تمام حوزه داده ها تهی است. مجموعه F در تمامی حوز ه ها خالی تشخیص داده شده است، بجز حوزه داده های $R17$ (داده های ٤٤ نیروگاه تولید برق کشور ایران)- $R23$(۱۰۸ مرکز خدمات آبرسانی در ژاپن) و $R25$(۱۲۸۲ شعبه بانک در کانادا). در این حوزه ها داده ها کار دینالیتی F برابر واحد است.

٤- مجموعه NE در همه حوزه داده ها خالی است.

۵- در همه حوزه ها تعداد واحد های $NE^{/}$ بسیار کوچتر از تعداد واحد های NF است. آنها مجمو عاً ۵/۵ درصد از تعداد واحد های N را تشکیل می دهند.

٦- مهمترین نتیجه حاصله این است که تعداد مسایل بر نامه ریزی خطی که با الگوریتم ترال حل شده است (n_A) بیشترین از الگوریتم جدید (n_B) است. کارایی الگوریتم ترال در مقایسه با الگوریتم جدید نود درصد می باشد.

۷- کاردینالیتی U_Aو U_B در همه حوزه ها داده ها برابر است.

۸- در الگوریتم جدید حداقل تعداد مسایل مورد نیاز برای حل $n-|E|$ است. این بدان معنی است که واحد های کارا به کار محاسباتی کمتری نیاز داشته اند. در این ارتباط حوزه داده ها $R14, R6, R3$و $R24$ را ببینید.

۹- ترتیب واحد های تصمیم گیری بر تعداد مسائل حل شده بر نامه ریزی خطی موثر است به عنوان مثال وقتی در حوزه داده ها $R4$ واحد ها بر اساس نخستین نهاده شان مرتب می شوند $n_B =$ ۱۱ است در حالیکه در حالت نا مرتب این تعداد به ١٤ می رسد.

۱۰- بر خلاف تصوری که انتظار می رفت تعداد مسایل بر نامه ریزی خطی مورد نیاز در الگوریتم ترال، در همه حوزه داده ها بیشتر از n باشد، در همه حوزه ها بجز $R24$ مسایل n حاصل شد. در حوزه $R24$ این تعداد برابر ۱۲۸۹ است که ۷ مساله اضافی حل شده است.

۴. نتیجه گیری

در این مقاله الگوریتم جدیدی ارائه شد که با کارایی بالاتری الگوریتم ترال به دسته بندی واحد ها می پر دازد. در طراحی این الگوریتم از فرم اپسیلن دار(ε) مدل CCR استفاده شد که نشان می دهد با کارایی بالاتر چگونه بدون استفاده از روشهای دو مرحله ای می توان دسته بندی را انجام داد. این الگوریتم با تشخیص به موقع از حل مسایل غیر ضروری اجتناب ورزیده تعداد مسایلی که بایستی حل گردد را کاهش میدهد.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1] Aida, K., W. W. Cooper, J, T. Pastor, and T. Sueyyoshi (1998), "Evaluating Water Supply Service in Japan with RAM: A Range-Adjusted Measure of Inefficiency, " *Omega*, Vol 26, No. 2, pp. 207-232.

[2] Alirezaee, M. R., M. Howland, C. Van de Panne (1995), "A Large Scale Study of Bank Branch Efficiency, " Paper Presented at the 37th National Conference of the Canadian Operational Research Society, May 23-25, 1995 in Calgary.

[3] Alirezaee, M. R., M. Howland, C. Van de Panne(1998), " Sampling Size and Efficiency Bias in Data Envelopment Analysis , " *Journal of Applied Mathematics & Decision Science* . Vol. 2, No 1,pp.51-64.

[4] Allen,R., A. Athanassopoulos,R.G.Dyson and E.Thanassoulis(1997)," Weights Restrictions and Value Judgments in Data Envelopment Analysis: Evolution Development and Future Directions, " *Annals of Operations Research*, Vol. 73,pp. 13-34.

[5] Banker. R. D., A. Charnes and W. W. Cooper (1984) , " Some Models for Estim- ating Technical and Scalc Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, "Management Sciences, Vol 30, No 9,pp.1078-1092.

[6] Banker, R.D. and R. C. Mory (1986), " The Use of Categorical Variable in Data Envelopment Analysis," Management Science , Vol. 32, No. 12,,pp. 1613-1627.

[7] Beasley, J. E.(1990), " Comparing University Departments, " Omega, Vol. 18, No. 2, pp.171-183.

[8] Charnes, A., W. W. Cooper and E. L. Rhodes (1978) , " Measuring the Efficiency of Decision Making Units , " *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, pp.429-444.

[9] Charncs, A., W. W. Cooper and R. M. Thrall (1986)," Classifying and Characterizing Efficiencies and Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, " Operations Research Letters, Vol. 5, No 3, pp 105-110.

[10] Charnes, A., W. W. Cooper and R. M. Thrall (1991);" A Structure for Classifying and Characterizing Efficiencies and Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, " *The Journal of Productivity Analysis*, Vol. 2, pp. 197-237

[11] Charnes, A., W. W. Cooper and E. L Rhodes (1981), " Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Thtough , " Management Science , Vol. 27,No 6,pp.668-697.

[12] Charnes, A., W. W. Cooper,and S. Li (1998), " Using DEA to Evaluate the Efficiency of Economic Performance by Chinese Cities, " Socio-Economic Planning Sciences, Vol. 23, No. 6, pp. 325-344.

www.SID.ir

Archive of SID

[13] Jahanshahloo, G. R., and M. R. Alirezaee (1994), " Measuring the Efficiency of Academic Units at the Teacher Training University," Journal of Economic and Management. Quarterly Journal of Islamic Azad University. Vol 20, pp. 1-13.

[14] Jahanshahloo, G. R., M. R. Alirezaee and C. Van de Panne (1997);" Determining the Comparative Efficiency of High Schools: An Application of DEA, " Proceeding: the 28th Annual Iranian Mathematics Conferrence in Tabriz, March 28-31, pp. 219-230.

[15] Mareic, M., G. Savic (1998)," An Apllication of DEA for Comparative Analysis and Ranking of Region in Serbin With regards to Social – Economic Development, ". Working Paper. Facuity of Organizational Sciences, Belgrade, Yugosla

[16] Oral, M. O. Kettani, and PA. Lang (1991), " A Methodology for Collective Evaluation and Selection of Industrial R&D Projects, " Management Science. Vol. 37, pp. 871-885.

[17] Seiford, L. M. and J.Zhu (1997), Stability Rrgions for Maintaining Efficiency in Data Envelopment Analysis , " European Journal of Operational Research. Vol. 108, No. 1, pp. 127-139.

[18] Sueyoshi, T., K. ohnishi, and Kines (1999); " Benchmark Approach for Baseball Evaluation, " European Journal of Operational Research, Vol. 115, No. 3,pp. 429-448.

[19] Sueyoshi, T.(11998)," Privatization of Nippon Telegraph and Telephone: Was it is a Good Policy Decision ? " European Journal of Operational Reaearch , Vol. 107, N0. l,pp. 45-61.

[20] Thrall, R. M. (1996)." Duality, Classification, and Slack in DEA," Annals Operations Research, Vol. 66,pp.109-138.

[21] Taylor, W. M., R. G. Thompson, R. M. Thrall, and P. S. Dharmapalo (1997), " DEA/AR Efficiency and Profitability of Mexican Banks: A total Income Model, " European Journal of Operational Research, Vol. 98, No. 2, pp. 346-363.

[22] Ton, K. (A Simple Characterization of Returns to Scale in DEA," Research Report, Journal of Operational Society of Japan , Vol 39, No. 4.

[23] Zhu, J. (1996), " Robustness of the Efficient DMU_s in Data Envelopment Analysis , " European Journal of Operational Research. Vol. 90., No. 3, pp. 451-460.

[24] Zhu, J. (1998), " Data Envelopment Analysis Vs. Principal Component Analysis : An Illustrative Study OF Economic Performance of Chinese Cities , " European Journal of Operational Research., Vol. 111, No 1, pp. 50-61.

www.SID.ir