اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال بیست و دوم، شمارهٔ ۸۵، بهار ۱۳۹۳

رتبه‌بندی واحدهای زراعی با استفاده از رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP)
مطالعه موردی منطقه سیستان

علیرضا سرگزی[۱]، محمود صبوحی[۲]، هیمن نادر[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۲۶

چکیده

کوشش‌های اقتصادی انسان همواره معطوف آن بوده است که حداکثر نتیجه را با کمترین امکانات و عوامل موجود به‌دست آورد. این تمایل را می‌توان دستیابی به کارایی و بهره‌وری بالاتر نامید. هدف مطالعهٔ حاضر رتبه‌بندی واحدهای زراعی منطقه سیستان با استفاده از رهیافت ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل ۱۵ واحد زراعی بوده که در سال زراعی ۸۹-۹۰ جمع آوری شده است. به منظور رتبه‌بندی این واحدها، ابتدا کارایی زوجی (دوبه‌دو) هر یک از آن‌ها محاسبه و

۱. مربی و عضو هیئت علمی گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل(نویسندهٔ مسئول)
e-mail:a. sargazi66@gmail.com
۲. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل

سپس ماتریس فرایند سلسله مراتبی از مقایسات زوجی هر یک از مقادیر کارایی واحدها تشکیل شد و نهایتاً رتبه‌بندی واحدهای زراعی انجام گرفت. نتایج رتبه‌بندی بر اساس کارایی نشان داد که مزرعهٔ ۱، ۱۳ و ۱۵ با مقدار کارایی فنی ۱ بالاترین رتبه و مزرعهٔ ۱۴ با مقدار ۰/۲۱۳ پایین‌ترین رتبه را دارد. نتایج رتبه‌بندی بر اساس تحلیل سلسله مراتبی حاکی از آن بود که مزرعهٔ ۱ با وزن ۰/۰۹ اولین رتبه، و مزرعهٔ ۱۲ با وزن ۰/۰۴۶ آخرین رتبه را بین مزارع به لحاظ کارایی دارند. بر اساس یافته‌ها، روش DEA رتبه‌بندی کاملی را از واحدهای زراعی ارائه نداده و صرفاً رتبه‌بندی را به صورت دو گروه کارا و ناکارا انجام داده است. لذا رتبه‌بندی کامل مستلزم اندازه‌گیری بهره‌وری نسبی و مقایسه واحدها از نظر برخی جنبه‌های کاربردی نظیر روش تحلیل سلسله مراتبی است که به کنترل مجدد داده‌ها و ستانده ها اقدام و از صحت آن اطمینان حاصل می‌کند.

طبقه بندی JEL: CO2, C61

کلید واژه‌ها: رتبه‌بندی، واحد زراعی، تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل سلسله مراتبی، سیستان

مقدمه

امروزه یکی از مشکلات اساسی و مشخصه‌های اصلی کشورهای در حال توسعه عدم بهره‌وری مطلوب از منابع و نهاده‌های تولید بخش‌های مختلف اقتصادی است. هم‌زمان با رشد جمعیت و پیشرفت جوامع بشری، نیازهای این جوامع روز به روز افزایش یافته و منابع در دسترس محدودتر شده است. بخش کشاورزی نیز به عنوان اساسی‌ترین بخش تأمین‌کننده نیازهای بشر از این قاعده مستثنی نیست (اسدپور و همکاران، ۱۳۸۶).

منطقه سیستان دارای وسعتی معادل ۱۵۱۹۷ کیلومتر مربع می‌باشد. این منطقه در شمال استان سیستان و بلوچستان واقع شده و از نظر ژئوپلتیکی از ویژگی خاصی برخوردار است. آنچه بیش از همه حائز اهمیت است، بالا بودن جمعیت روستایی و تراکم آن می‌باشد. ۶۸

درصد جمعیت منطقه در مناطق روستایی زندگی می‌کنند که در مقایسه با سایر مناطق کشور قابل تعمق است. ضمناً بیش از ۳۹۶۰۰ خانوار روستایی در روستا ساکن هستند و میزان اراضی قابل کشت منطقه حدود ۹۹۶۰۰ هکتار می‌باشد. در واقع، به طور میانگین هر خانوار سیستانی ۲/۵ هکتار زمین قابل کشت و زرع دارد. منطقهٔ سیستان حدود ۵۰ درصد از اراضی زیرکشت محصولات سالانه استان را به خود اختصاص داده است. قبل از خشک‌سالی این منطقه از لحاظ سطح زیرکشت و تولید گندم آبی و جو آبی، محصولات جالیزی و علوفه‌ای در استان مقام اول را دارا بود. علاوه بر آن، سهم این منطقه از سطح زیرکشت و تولید سایر محصولات از جمله پیاز، توتون، دانه‌های روغنی، کنجد و حبوبات آبی قابل توجه بود. علاوه بر محصولات سالانه، منطقه سیستان در تولید برخی محصولات باغی از جمله انگور استعداد قابل توجهی دارد. تا پیش از خشکسالی‌های اخیر ۷۰ درصد گندم، ۸۴ درصد جو و ۸۱ درصد جالیز استان در سیستان به عمل می‌آمده و همین موارد باعث شده است که سیستان قطب کشاورزی استان نامیده شود (آمارنامه جهاد کشاورزی زابل، ۱۳۸۸). از این رو، در این مطالعه سعی بر آن است که به رتبه‌بندی واحدهای زراعی این منطقه و شناخت مزارع کارا و ناکارا پرداخته شود.

در مورد کارایی واحدهای زراعی مطالعات بسیاری در ایران و خارج انجام شده است که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

فرید و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از تلفیق سه رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها[1]، سلسله مراتبی[2] و تاپسیس فازی[3]، شعب بورس اوراق بهادار در ایران را از نظر کارایی ارزیابی و رتبه‌بندی کردند. نتایج نشان داد که شعب بورس منطقه‌ای کیش، کرج و خراسان کاراترین و شعب بورس منطقه‌ای اردبیل، بندرعباس، سیستان و بلوچستان ناکارامدترین شعب می باشند. محمدی و محمد حسینی‌زاده (۱۳۸۶) رتبه‌بندی نمایندگی‌های بیمه را با استفاده از روش تلفیق تحلیل پوششی داده‌ها و سلسله مراتبی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با بیان این مطلب که

1. Data Envelopment Analysis
2. Analytic hierarchy process
3. Topsis Fuzzy

ماتریس مقایسات زوجی تحلیل سلسله مراتبی از حل مدل تحلیل پوششی داده‌ها ساخته شده، نتیجه گرفتند که نمایندگی بیمه ۹۲۹ بیشترین کارایی را داشته و در رتبه اول قرار دارد.

مجرد و صبوحی (۱۳۸۸) کارایی‌های فنی[1] و مقیاس مزارع پنبه استان خراسان را در طی سال‌های ۱۳۷۹- ۱۳۸۲ با استفاده از رهیاف پارامتریک بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان کارایی فنی نسبت به کارایی مقیاس کمتر و متوسط کارایی فنی و مقیاس پنبه‌کاران به ترتیب ۶۳٪ و ۸۸٪ است. همچنین بر اساس نتایج این مطالعه، اکثر پنبه‌کاران در یک مقیاس نامطلوب تولید می‌کنند. افزون بر آن، از میان عوامل مؤثر بر کارایی فنی پنبه‌کاران، آموزش و ترویج کشاورزی اثر مثبت و معنی‌داری نشان داد.

صبوحی و جام نیا (۱۳۸۷) کارایی اقتصادی، تخصیصی، فنی و مقیاس واحدهای تولید موز، در منطقه زرآباد در استان سیستان و بلوچستان را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها بررسی کردند و نشان دادند که میانگین کارایی‌های اقتصادی، تخصیصی، فنی خالص و مقیاس در واحدهای مورد مطالعه به ترتیب ۹۳/۴، ۹۵/۹، ۸۶/۹ و ۹/ ۹۴ درصد است و امکان افزایش تولید و درآمد زارعان با سطح مصرف فعلی نهاده‌ها و فن‌آوری موجود وجود دارد.

رفیعی و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی تغییرات بهره‌وری عوامل تولید گندم دیم و میزان اثرگذاری عوامل تشکیل‌دهنده بهره‌وری در استان‌های مهم تولیدکننده این محصول در سال‌های زراعی ۷۸-۱۳۷۹ تا ۸۳-۱۳۸۴ با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم کوئیست[2] پرداختند. نتایج نشان داد که استان‌های مازندران، کردستان، فارس سمنان و آذربایجان‌شرقی از رشد بهره‌وری مناسبی برخوردار بوده و همچنین هم‌بستگی معنی‌داری بین تغییرات بهره‌وری و فناوری برقرار بوده است.

محمدی و بریم نژاد (۱۳۸۴) کارایی های فنی، اقتصادی، تخصیصی و مقیاس تعاونی های تولید دشت قمرود استان قم را با استفاده از دو روش مرزی تصادفی و تحلیل پوششی داده‌ها

1. Technical Efficiency
2. Malmquist Index

مطالعه کردند و نشان دادند که اعضای تعاونی دارای متوسط کارایی فنی بالاتری نسبت به افراد غیر عضو هستند.

استل و همکاران (Estelle et al., 2010) روش تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای را با استفاده از نهاده‌های بیرونی برای به‌دست آوردن کارایی به‌کار بردند و با بهره‌گیری از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو به مقایسه مدل‌های سه مرحله‌ای و یک مرحله‌ای پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از روش‌های سه مرحله‌ای از مدل‌های یک مرحله‌ای نظیر بانکر و موری[1] مناسب‌ترند.

کاراجینا و ساریس (Karagiannis and Sarris, 2004) عدم کارایی مقیاس و فنی مزارع تنباکو را در یونان برای دورهٔ ۱۹۹۱-۱۹۹۵ با استفاده از تکنیک پارامتریک مرزی تصادفی و برآوردگر حداکثر راست‌نمایی بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کارایی فنی به‌دست آمده کمتر از کارایی مقیاس است. افزون بر آن، تولید در زیر مرز بهینه، نسبت به عدم تولید در مقیاس بهینه، دارای سهمی عمده در عدم کارایی کل نمونه مورد بررسی داشت.

بسنتا و همکاران (Basanta et al., 2004) عدم کارایی اقتصادی برنج کاران نپال را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها مطالعه کردند و نشان دادند که میانگین عدم کارایی اقتصادی، قیمتی، بازده نسبت به مقیاس و بازده متغیر نسبت به مقیاس برای مزارع مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۳۴، ۱۳، ۲۴ و ۱۸ درصد است.

لاتروف و همکاران (Latruffe et al., 2003) کارایی فنی و مقیاس مزارع کشت غلات و دامپروری را با استفاده از تکنیک ناپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها برای دوره ۱۹۹۶-۲۰۰۰ بررسی نمودند. از لحاظ کارایی فنی و مقیاس، مزارع دامپروری نسبت به مزارع کشت غلات دارای شرایط بهتری بودند و تأثیر عدم کارایی فنی خالص در عدم کارایی فنی کل بیشتر از عدم کارایی مقیاس بود که این نشان از ضعف عوامل مدیریتی بود.

1. Banker and Moory

رحمان (Rahman, 2002) کارایی اقتصادی برنج‌کاران بنگلادشی را از طریق تابع سود مرزی تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. در این مطالعه، مقدار کارایی اقتصادی ۶۴ درصد و سود از دست رفته براثر عدم کارایی اقتصادی برابر با ۳۶ درصد برآورد شد. از عوامل مؤثر بر کارایی اقتصادی به عواملی همچون تعدیل ساختاری توزیع نهاده، اجاره و سهم درآمد غیر کشاورزی اشاره شده بود.

سینوآنی استم و همکاران (Sinuany Stem et al., 2000) روش ترکیبی DEA و AHPرا برای درجه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها ابتدا مقادیر کارایی را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها تخمین زدند و سپس ماتریس مورد محاسبه برای روش AHP را با استفاده از مقایسات زوجی کارایی ها محاسبه و به وزن‌دهی واحدها و متعاقباً به اولویت‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری پرداختند.

تادیس و کریشنامرتی (Tadesse and Krishnamorthy, 1997) در مطالعهٔ خود کارایی فنی برنج‌کاران تامیل نادوی هند را با استفاده از روش مرزی تصادفی به دست آوردند. نتایج نشان داد که متوسط کارایی فنی برنج کاران ۸۳ درصد می باشد و می‌توان کارایی را به میزان ۱۳ درصد بهبود بخشید.

تحقیقات انجام شده فوق نشان از گستردگی دامنهٔ انجام مطالعات در زمینهٔ تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل سلسله مراتبی دارند. اما نوآوری این مطالعه ترکیب روش DEA و AHP در بخش کشاورزی می‌باشد که با استفاده از این روش به رتبه‌بندی واحدهای زراعی منطقه سیستان پرداخته می‌شود.

هدف مطالعه حاضر رتبه‌بندی واحدهای زراعی منطقه سیستان با استفاده از رهیافت ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و فرایند تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد.

مواد و روش ها

در ادبیات تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] اولویت‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری بسیار معمول است. این مطلب که تصمیم‌گیرنده با عناصر یا گزینه‌های جداگانه در قالب یک

1. Multi-criteria decision analysis (MCDA)

یا چند معیار برای تصمیم‌گیری مواجه و نیاز به ارزیابی، مقایسه و یا انتخاب یک گزینه یا تعدادی از آن‌ها دارد، بسیار مهم می‌باشد. در این میان، روش فرایند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی راهکاری مناسب به شمار می‌رود (Sinuany Stem et al., 2000). مطالعهٔ حاضر، به منظور اولویت‌بندی برخی از مزارع منطقه سیستان بر اساس کارایی آن‌ها، از ترکیب روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل سلسله مراتبی برای ۱۵ مزرعه استفاده شد. گفتنی است انتخاب تعداد ۱۵ واحد زراعی به دلیل آن است که هنگامی که مقایسات زوجی صورت می‌گیرد، با افزایش تعداد واحدهای زراعی، مقدار محاسبات زوجی افزایش می یابد؛ به طور مثال، برای ۱۵ واحد زراعی ^{2}(۱۵) مقایسه دو به دو و برای ۲۰ واحد زراعی^{2} (۲۰) یا ۴۰۰ مقایسه باید صورت گیرد. با این حال با توجه به ویژگی ماتریس مقایسات زوجی که $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ می‌باشد، این مقایسات با در نظر گرفتن قطر اصلی، که مقادیر یک را به خود می‌گیرد، به نصف کاهش می یابد؛ یعنی، از میان مجموع عناصر بالا مثلثی و پایین مثلثی تنها یکی از آن‌ها محاسبه می‌گردد و عناصر مثلث دیگری از معکوس مجموع عناصر مثلث محاسبه شده به دست می‌آید.

تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها راهکاری ناپارامتریک بدون احتیاج به هیچ فرضی در رابطه با شکل تبعی تابع تولید است. در ساده‌ترین حالت می‌توان DEA را برای یک واحد تولیدی بدین گونه فرض کرد که بهره‌وری یک واحد تولیدی با یک نهاده (X) و یک ستانده (Y)، به صورت نسبت Y/X می‌باشد. اساس مدل DEA بر پایه روش چارنز و همکاران (۱۹۷۸) به روش CCR^{1} معروف بوده که شکل کلی آن به صورت رابطهٔ ۱ می‌باشد (Sinuany Stem et al.,2000):

1. Charnes, Cooper, Rhodes (CCR)

$$Max_{u,v} \quad h_k = \frac{\overrightarrow{y_k}\,\overrightarrow{u^k}}{\overrightarrow{x_k}\,\overrightarrow{v^k}}$$

$$s.t \qquad h_{kj} = \frac{\overrightarrow{y_k}\,\overrightarrow{u^k}}{\overrightarrow{x_k}\,\overrightarrow{v^k}} \qquad j = 1,\ldots, n \qquad (۱)$$

$$\overrightarrow{v^k} \geq 0 \qquad \overrightarrow{u^k} \geq 0$$

که در اینجا $\overrightarrow{y_j}$ برداری s بعدی از s ستاندهٔ واحد تولیدی j و $\overrightarrow{x_j}$ برداری m بعدی از m نهادهٔ واحد تولیدی j است. بنابراین، برای s ستانده، m نهاده و n واحد تولیدی، باید بهترین وزن‌های بردارهای $\overrightarrow{u^k}$ و $\overrightarrow{v^k}$ را پیدا کرد و نسبت وزنی ستانده به نهاده را با در نظر گرفتن محدودیت مذکور بیشینه کرد.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی[1]

فرایند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی در سال ۱۹۷۷ توسط ساعتی به منظور کمک به حل مسائل پیچیده تصمیم‌گیری چند معیاره گسترش یافت. مدل‌های این روش به صورت یک مسئله تصمیم‌گیری پیچیده درون یک سیستم سلسله مراتبی نزولی، که هدف اصلی در بالاترین سطح به معیارها و زیرمعیارها و گزینه‌ها در پایین‌ترین سطح هستند، طراحی می‌شوند. مقایسات زوجی به منظور تعیین اهمیت یا ارجحیت نسبی بین معیارها و هر معیار بین گزینه‌ها صورت می‌گیرد (Hung and Miller, 2003)، به بیانی دیگر روش AHP برای فرموله کردن مسائل تصمیم‌گیری در حالتی به کار می‌رود که انتخاب‌ها محدود و معیارهای زیادی جهت این انتخاب‌ها موجود باشد و همچنین مسائل پیچیده را بتوان به صورت سلسله مراتبی تجزیه و به طور جداگانه بررسی کرد (Cox, 2009). بنابراین، با استفاده از AHP، می‌توان به حل مسائل مربوط به تعیین اولویت سیاست‌ها یا گزینه‌های مختلف، در زمینه سیاست و مدیریت مربوط به هر شرکت یا سازمانی، اقدام کرد(Mei et al., 1989).

1. Analytic Hierarchy Process

ماتریس مقایسات زوجی در AHP بدین شکل می‌باشد (Saaty, 1980):

$$A=\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \qquad (۲)$$

ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی براساس نظر شخص تصمیم‌گیرنده و عناصر هر سطح به صورت جداگانه صورت می‌گیرد. ماتریس‌ها شامل مقایسه زوجی بین معیارهای مورد بررسی و ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی گزینه‌های مورد بررسی نسبت به هر معیار می‌باشد. به طور کلی، اگر تعداد گزینه‌ها و معیارها به ترتیب برابر m و n باشد، ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی گزینه‌ها به صورت m×m و ماتریس مقایسهٔ زوجی معیارها یک ماتریس n×n خواهد بود. عناصر ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی با α_{ij} نشان داده می‌شود. در روش AHP فرض می شود که $\alpha_{ij} = 1/ \alpha_{ji}$ می‌باشد. بنابراین، در صورتی که i=j باشد، $\alpha_{ij}=1$ خواهد بود (Bozbura and Ahmt, 2007). در مطالعهٔ حاضر، ۱۰۵ مقایسه زوجی بین مزارع صورت گرفته که در ادامه، ماتریس آن آورده شده است.

ترکیب تحلیل پوششی داده‌ها و فرایند تحلیل سلسله مراتبی[1] (AHP/DEA)

مدل اولویت‌بندی AHP/DEA شامل دو مرحله است. در ابتدا کارایی هر واحد تولیدی به صورت دو به دو با دیگر واحدهای تولیدی با روش DEA محاسبه می‌شود. نتایج حاصل از مرحلهٔ اول در قالب ماتریس مقایسه دوبه‌دو نوشته و در مرحله دوم با استفاده از روش AHP تمامی واحدهای تولیدی رتبه‌بندی می‌شوند. اگر فرض بر این باشد که تنها دو واحد تولیدی فعالیت می‌کنند، آنگاه:

1. Analytic Hierarchy Process/Data envelope analysis (AHP/DEA)

$$E_{AA} = \underset{ui,vi}{Max} \sum_{r=1}^{S} u_r Y_{rA}$$

$$s.t \qquad (۳)$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i X_{iA} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rA} \le 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rB} - \sum_{i=1}^{m} v_i X_{iB} \le 0, u_r \ge 0, r = 1....s. v_i \ge 0, i = 1...m.$$

در رابطهٔ ۳ ، E_{AA} ارزش بهینه کارایی است. در این مسئله، s+m متغیرها و تنها سه محدودیت (غیر منفی[1]) در نظر گرفته شده است. برای ارزیابی کارایی واحد تولیدی B با استفاده از وزن‌های واحد A بایستی E_{BA} را به صورت رابطهٔ ۴ محاسبه کرد (Sinuany Stem et al., 2000):

$$E_{BA} = \sum_{r=1}^{S} u_r Y_{rB} \Big/ \sum_{i=1}^{m} v_i X_{iB} \qquad (۴)$$

از آنجا که تنها دو واحد تولیدی در رابطهٔ ۳ مورد بررسی قرار می‌گیرد، به صورت ساده می‌توان نشان داد اگر $E_{BA}=E_{BB}$ و $E_{AB}=E_{AA}$ باشد، ارزیابی کارایی A نسبت به B، مقدار E_{AA}/E_{BB} است. این مطلب توسط اُرال و همکاران (Oral et al., 1991) ثابت شده است.

فرم کلی E_{BA} به صورت رابطهٔ ۵ است:

$$E_{BA} = \underset{ui,vi}{Max} \sum_{r=1}^{S} u_r Y_{rB}$$

$$s.t:$$

$$(۵)$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i X_{iB} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rB} \le 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rA} - E_{AA} \sum_{i=1}^{m} v_i X_{iA} = 0.$$

1. Non-negativity

در واقع، E_{BA} ارزیابی کارایی واحد تولیدی B است. متقابلاً روابط ذکر شده (۳ تا ۵) برای BB، AB حل و E_{BB} و E_{AB} نیز محاسبه می‌شود. برای ساخت عناصر ماتریس مقایسه‌ای دو به‌دو AHP با استفاده از نتایج دو به‌دوی DEA از رابطهٔ ۶ استفاده می‌شود:

$$a_{jk} = \frac{E_{jj} + E_{jk}}{E_{kk} + E_{kj}} \qquad (۶)$$
$$a_{jj} = 1$$

از آنجا که در روش AHP قطر اصلی ماتریس برابر ۱ می‌باشد، عنصر $a_{jj}=1$ است. اگر $a_{jk}<1$ باشد، نشان می‌دهد که ارزش کارایی واحد j کمتر از واحد k است.

بعد از محاسبهٔ ماتریس‌های مقایسه‌ای زوجی، که عناصر آن با α_{ij} و $\alpha_{ij} = 1/ \alpha_{ji}$ نشان داده شده است، محاسبهٔ نرخ سازگاری در این روش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نرخ سازگاری[1]

نرخ سازگاری مکانیزمی است که میزان اعتماد به اولویت‌های به‌دست آمده را نشان می‌دهد(Ertugrul and Karakasoglu, 2009). در واقع بایستی مقایسات دوبه‌دو و قضاوت‌های صورت گرفته در مورد معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها به وسیله تصمیم‌گیرنده از سازگاری بالایی برخوردار باشد (Lee et al., 2008). برای محاسبه نرخ ناسازگاری بایستی محاسبه وزن ماتریس مقایسات از روش بردار ویژه[2] صورت گیرد. فرض می شود A ماتریس مقایسات زوجی و W بردار وزنی محاسبه شده باشد؛ بنابراین می‌توان نوشت (Saaty, 1980):

$$AW = \lambda_{\max} W \qquad (۷)$$

در اینجا، λ_{max} مقدار ماکزیمم بردار ویژهٔ ماتریس A است. در مرحلهٔ بعدی، نرخ سازگاری با استفاده از رابطهٔ ۸ به‌دست می‌آید (Ying Ming et al., 2008):

1. Consistency Ratio (CR)
2. Eigenvector Method (EM)

$$CR = \frac{(\lambda_{\max} - n)/(n-1)}{RI} \qquad (۸)$$

در اینجا RI شاخص ناسازگاری تصادفی[1] و n مجموع مقادیر ویژه ماتریس مقایسه زوجی یا اندازه ماتریس می‌باشند. مقادیر این شاخص در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. مقادیر شاخص ناسازگاری تصادفی ماتریس مقایسات زوجی از ۱ تا ۱۰

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
R.I	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۴۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹

منبع: ساعتی، ۱۹۸۰

در این مطالعه، ابتدا با استفاده از روش DEA به تشکیل ماتریس مقایسات زوجی برای واحدهای کشاورزی پرداخته شد و ۱۵ واحد کشاورزی مورد بررسی قرار گرفت که متغیرهای کود (X_1)، کارگر(X_2) و بذر (X_3) به عنوان نهاده‌ها(ورودی) و بازده ناخالص به عنوان خروجی در نظر گرفته شد. در مرحله اول، برای هر جفت واحد ۱ و ۲ ابتدا مدل DEA با استفاده از رابطه ۱ اجرا شد که در این مدل، EAA کارایی واحد Aام(در این مطالعه کارایی واحد کشاورزی ۱) است. پس از محاسبهٔ کارایی واحد کشاوزی ۱ و ۲، مقدار تقاطعی واحد کشاورزی ۲ از رابطه ۴ محاسبه شد. به‌طور مشابه E22 و E12 محاسبه گردید و بعد از محاسبهٔ این مقادیر، برای هرجفت واحد i و j مقدار a_{ij} در ماتریس زوجی از رابطهٔ ۶ به‌دست آمد.

الگوی مورد نظر در این تحقیق روش ترکیبی DEA و AHP می‌باشد. اطلاعات مورد نیاز این مطالعه از ۱۵ واحد زراعی در سال زراعی ۸۹-۹۰ به‌صورت نمونه گیری تصادفی و از طریق تکمیل پرسش‌نامه در منطقه سیستان جمع‌آوری گردید. همچنین برای حل مدل از نرم‌افزارهای Excel و Expert Choice استفاده شد.

1. Random Consistency Index

نتایج و بحث

جدول ۱ برخی شاخص‌های نمونه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ملاحظه می‌شود که به طور میانگین میزان استفاده از نهاده نیروی‌کار ۴/۳ نفر- روز، کود ۱۵۲/۳ کیلو - هکتار و بذر ۲۱۳/۷ کیلو - هکتار می‌باشد. همچنین میانگین بازده ناخالص محصولات ۱۰۹۶۶۳۶ ریال در هکتار است.

جدول ۱. برخی شاخص‌های نمونهٔ مورد مطالعه

شاخص	واحد	میانگین	انحراف	حداکثر	حداقل
نیروی کار	(نفرروز- هکتار)	۴/۳	۱/۸	۸	۲
بذر	(کیلوگرم- هکتار)	۲۱۳/۷	۹۹/۹	۵۰۰	۵۰
کود	(کیلوگرم- هکتار)	۱۵۲/۳	۱۳/۲	۱۸۰	۱۲۰
بازده ناخالص	(ریال- هکتار)	۱۰۹۶۶۳۶	۹۱۵۵۰۴	۳۳۷۵۰۰۰	۹۱۵۵۰۴

منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول ۲، نتایج حاصل از ارزیابی کارایی در قالب ماتریس به منظور اولویت‌بندی واحدهای تولیدی با استفاده از روش AHP نشان داده شده است. ساختن عناصر ماتریس زیر بر اساس رابطهٔ ۶ می‌باشد. عنصر a_{21} برابر با ۰/۸۹ بوده که منعکس‌کننده ارزیابی مزرعهٔ ۲ نسبت به مزرعهٔ ۱ می‌باشد. همان‌طور که ذکر شد، چون مقدار آن کوچک‌تر از یک می باشد، مزرعه ۲ نسبت به مزرعهٔ یک از ارزش کارایی کمتری برخوردار است. برای سایر عناصر هم اگر مقدار $a_{jk}<1$ باشد، نشان می‌دهد که ارزش کارایی واحد j کمتر از واحد k است و بالعکس.

جدول ۲ .نتایج ماتریس مقایسات زوجی کارایی مزارع

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
۱	۱	۱/۱۲	۱/۶۲	۱/۴۴	۱/۶۲	۰/۸۳	۱/۳۱	۱/۲۷	۱/۴	۱/۴۹	۱/۴۲	۱/۱۵	۱/۵۲	۱/۸	۱/۵۳
۲	۰/۸۹	۱	۱/۲۵	۰/۷۱	۰/۹	۱	۰/۹۷	۰/۹۳	۱/۰۵	۱	۱/۰۹	۱/۵۲	۱/۲۳	۱/۳۹	۱/۱۵
۳	۰/۶۲	۰/۸	۱	۰/۸۸	۱	۱	۱	۱/۰۴	۱/۱۶	۱/۰۶	۱/۲	۱/۶	۱/۳۳	۱/۴۸	۱/۲۶
۴	۰/۶۹	۱/۴۰	۱/۱۴	۱	۱	۱	۱	۱/۱۱	۱/۲۲	۱/۱۲	۱/۲۶	۱/۶۳	۱/۳۸	۱/۵۲	۱/۳۱
۵	۰/۶۲	۱/۱۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱/۰۴	۱/۱۶	۱/۰۶	۱/۲	۱/۶	۱/۳۳	۱/۴۸	۱/۲۶
۶	۱/۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱/۱۵	۱/۱۴	۱/۶۴	۱/۲۷	۱/۵۴	۱/۰۹
۷	۰/۷۶	۱/۰۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱/۰۸	۱/۲۱	۱/۱۲	۱/۷	۱/۲۵	۱/۶	۱/۱۸
۸	۰/۷۹	۱/۰۸	۰/۹۶	۰/۹	۰/۹۶	۱	۱	۱	۱/۱۲	۱/۰۲	۱/۱۶	۱/۵۷	۱/۲۹	۱/۴۴	۱/۲۲
۹	۰/۷۱	۰/۹۵	۰/۸۶	۰/۸۲	۰/۸۶	۱	۰/۹۳	۰/۸۹	۱	۱	۱/۰۱	۱/۴۶	۱/۱۴	۱/۳۱	۱/۰۷
۱۰	۰/۶۷	۱	۰/۹۴	۰/۸۹	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۹۸	۱	۱	۱	۱/۵۴	۱/۰۴	۱/۴۱	۱
۱۱	۰/۷	۰/۹۲	۰/۸۳	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۹۹	۱	۱	۱/۲۷	۱/۱۳	۱/۱۱	۱
۱۲	۰/۸۷	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۷۹	۱	۱	۱	۱
۱۳	۰/۶۶	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۸	۰/۷۸	۰/۸۸	۰/۹۶	۰/۸۸	۱	۱	۱	۱
۱۴	۰/۵۶	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۶۹	۰/۷۶	۰/۷۱	۰/۹	۱	۱	۱	۱
۱۵	۰/۶۵	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۹۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۳ نتایج محاسبه مقادیر کارایی فنی هر مزرعه را با به‌کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها و همچنین وزن‌های مربوط به هر مزرعه را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها، مزارع ۱، ۱۳ و ۱۵ کاراترین و مزرعهٔ ۱۴ ناکاراترین مزرعه می‌باشد که در واقع اولین و آخرین اولویت را از نظر رتبه‌بندی بر اساس مقدار کارایی به خود اختصاص داده‌اند. از آنجا که تحلیل پوششی

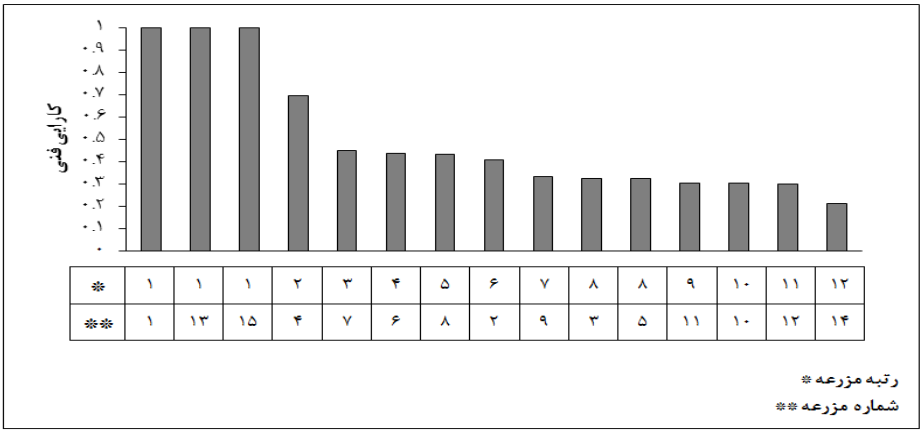
داده‌ها رتبه بندی کاملی از واحدها ایجاد نمی‌کند و صرفاً رتبه‌بندی را به صورت دو گروه کارا و ناکارا انجام می‌دهد، رتبه بندی کامل مستلزم اندازه گیری بهره وری نسبی و مقایسه واحدها از نظر برخی جنبه‌های کاربردی نظیر روش تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد که به کنترل مجدد داده‌ها و ستانده ها اقدام کرده و از صحت آن اطمینان حاصل می نماید. از این‌رو، رتبه‌بندی بر اساس وزن نهایی روش AHP در جدول ۳ نشان می‌دهد که مزارع ۱ و ۱۲ به ترتیب در رتبه اول و آخر قرار دارند. این مطلب بیانگر آن است که مزرعهٔ ۱ با وزنی معادل ۰/۰۹ از کارایی بیشتری نسبت به دیگر مزارع برخوردار است؛ به بیان دیگر، از منابع و نهاده‌های در دسترس برای حصول عملکرد خود استفادهٔ بهتری نسبت به مزارع دیگر داشته است. مزارع ۴ و ۶ در مکان دوم و سوم اولویت‌بندی بعد از مزرعهٔ ۱ قرار گرفته‌اند. همچنین مزارع ۹ و ۱۰ مشترکاً در یک مکان قرار دارند؛ به بیان دیگر، این مزارع به صورت مشابه از منابع و نهاده‌های در دسترس استفاده کرده‌اند. در این میان، مزرعهٔ ۱۲ با وزنی معادل ۰/۰۴۹ ناکارامدترین مزرعه در بین مزارع مورد بررسی می‌باشد. استفادهٔ غیر بهینه از منابع و متقابلاً، عملکرد پایین دلیل اصلی این ناکارامدی به شمار می‌رود. از مقایسهٔ این دو روش رتبه بندی مشخص می‌شود که روش AHP روش دقیق تر و کامل‌تری در مباحث رتبه‌بندی واحدها می‌باشد. لذا این روش بر روش تحلیل پوششی داده ها ارجحیت دارد. افزون برآن، به دلیل اینکه عناصر ماتریس AHP از مقایسات زوجی روش DEA حاصل شده و مقایسات کیفی نقشی در تعیین مقدار عناصر نداشته‌اند، ماتریس حاصله عملاً سازگار خواهد بود. بنابراین، مقدار نرخ ناسازگاری در این مطالعه صفر به‌دست آمد.

جدول ۳. نتایج محاسبه مقادیر کارایی و وزن هر مزرعه براساس روش های DEA و AHP

روش DEA			روش AHP	
شمارهٔ مزرعه	کارایی فنی	رتبه	وزن نهایی	رتبه
۱	۱	۱	۰/۰۹	۱
۲	۰/۴۰۷	۶	۰/۰۶۹	۸
۳	۰/۳۲۶	۸	۰/۰۷۰	۷
۴	۰/۶۹۴	۲	۰/۰۷۶	۲
۵	۰/۳۲۶	۸	۰/۰۷۲	۵
۶	۰/۴۳۸	۴	۰/۰۷۴	۳
۷	۰/۴۵۱	۳	۰/۰۷۳	۴
۸	۰/۴۳۲	۵	۰/۰۷۱	۶
۹	۰/۳۳۲	۷	۰/۰۶۵	۹
۱۰	۰/۳۰۵	۱۰	۰/۰۶۵	۹
۱۱	۰/۳۰۶	۹	۰/۰۶۲	۱۰
۱۲	۰/۳۰۰	۱۱	۰/۰۴۹	۱۴
۱۳	۱	۱	۰/۰۵۵	۱۲
۱۴	۰/۲۱۳	۱۲	۰/۰۵	۱۳
۱۵	۱	۱	۰/۰۵۸	۱۱

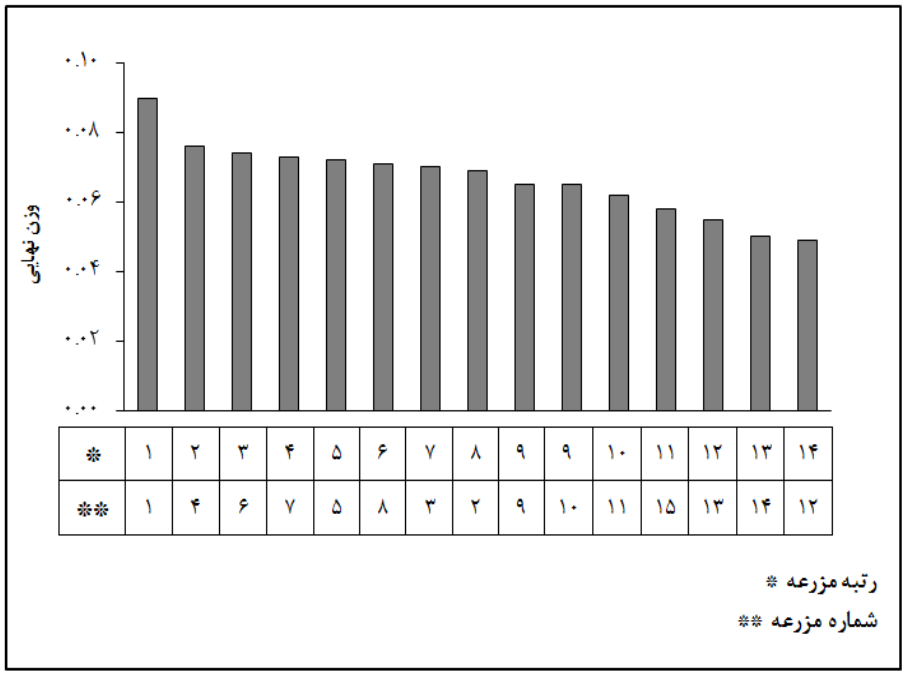
منبع: یافته‌های تحقیق

نمودارهای ۱ و ۲ اولویت‌بندی مزارع را با توجه به میزان کارایی و وزن نهایی آن‌ها نشان می‌دهند.



*	۱	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
**	۱	۱۳	۱۵	۴	۷	۶	۸	۲	۹	۳	۵	۱۱	۱۰	۱۲	۱۴

نمودار ۱ . رتبه‌بندی مزارع بر اساس کارایی فنی (روش DEA)



*	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
**	۱	۴	۶	۷	۵	۸	۳	۲	۹	۱۰	۱۱	۱۵	۱۳	۱۴	۱۲

نمودار ۲ . رتبه بندی مزارع بر اساس وزن‌های نهایی محاسبه شده از ماتریس مقایسات زوجی (روش AHP)

نتایج و یافته‌های مطالعه مورد نظر از این نظر اهمیت دارد که رتبه‌بندی واحدها بر اساس دو روش AHP و DEA می‌باشد که به منظور رتبه‌بندی واحدها، ابتدا کارایی زوجی (دوبه‌دو) هر یک از آن‌ها محاسبه و سپس ماتریس فرایند سلسله مراتبی از مقایسات زوجی هر یک از مقادیر کارایی واحدها تشکیل شد و نهایتاً رتبه‌بندی واحدهای زراعی انجام گرفت. در مطالعاتی که به روش DEA رتبه بندی را انجام می‌دهند، صرفاً رتبه‌بندی به صورت دو گروه کارا و ناکارا انجام می‌شود و لذا رتبه‌بندی کامل مستلزم اندازه‌گیری بهره‌وری نسبی و مقایسهٔ واحدها از نظر برخی جنبه‌های کاربردی نظیر روش تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد که به کنترل مجدد داده‌ها و ستانده ها اقدام کرده و از صحت آن اطمینان حاصل می‌کند.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در این مطالعه با به‌کارگیری رویکرد AHP/DEA ، به اولویت‌بندی مزارع منطقهٔ سیستان پرداخته شد.

از مقایسهٔ این دو روش رتبه بندی مشخص شد که روش AHP روش دقیق‌تر و کامل‌تری در مباحث رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده است و لذا این روش بر روش تحلیل پوششی داده ها ارجحیت دارد. افزون برآن، به دلیل اینکه عناصر ماتریس AHP از مقایسات زوجی روش DEA حاصل شده و مقایسات کیفی نقشی در تعیین مقدار عناصر نداشته‌اند، ماتریس حاصله عملاً سازگار خواهد بود. بنابراین، مقدار نرخ ناسازگاری در این مطالعه صفر به‌دست آمد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، استفاده صحیح از نهاده‌ها و تغییر مناسب در هزینه های تولیدی در جهت بهبود کارایی در مزارع ناکارا پیشنهاد می‌شود.افزون بر آن، برگزاری دوره‌های آموزشی جهت آشنایی با مفاهیم اقتصاد تولید باعث افزایش هر چه بیشتر دانش مدیریت اقتصادی کشاورزان می‌شود.

منابع

۱. اسدپور، ح.، حسنی مقدم، م. و احمدی، غ. ۱۳۸۶. طراحی یک مدل تصمیم گیری چند هدفه به منظور تعیین الگوی بهینه کشت در دشت ناز شهرستان ساری. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، ص۵۳ تا ۶۵.

۲. رفیعی، ح. و امیرنژاد، ح. ۱۳۸۷. بررسی بهره‌وری عوامل تولید و میران اثرگذاری اجزای تشکیل دهنده آن در گندم دیم. *مجله اقتصاد کشاورزی*،۲(۲): ۱۴۷- ۷۶۱.

۳. سازمان جهاد کشاورزی، آمارنامه جهاد کشاورزی زابل، واحد زراعت. سال ۱۳۸۴.

۴. صبوحی، م. و جام نیا، ع. ۱۳۸۷. تعیین کارایی مزارع موز استان سیستان و بلوچستان. *اقتصاد کشاورزی*،۲(۲) : ۱۳۵- ۱۴۲.

۵. فرید، د.، زارع، م. ح.، زارع، ح. و رجبی‌پور میبدی، ع. ۱۳۸۹. رتبه‌بندی شعب بورس اوراق بهادار در ایران با استفاده از Topsis/DEA/AHP فازی. *پژوهشنامه اقتصادی*، شمارهٔ ۳۶ : ۳۰۹ - ۳۳۱.

۶. مجرد، ع. و صبوحی، م. ۱۳۸۸. بررسی کارایی پنبه کاران استان خراسان با استفاده از رهیافت پارامتریک. *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران (علوم کشاورزی ایران)*، ۴۰(۲)، : ۲۷ - ۳۵.

۷. محمدی،ع. و محمد حسینی‌زاده، ص. ۱۳۸۶. کاربرد رویکرد تلفیقی AHP/DEA در رتبه‌بندی نمایندگی‌های بیمه. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۲۶ : ۲۸۱ - ۳۰۴.

۸. محمدی، ه. و بریم نژاد، و. ۱۳۸۴. مطالعهٔ کارایی‌های فنی، اقتصادی، تخصیصی و مقیاس در تعاونی‌های تولید با استفاده از دو روش مرز تصادفی و تحلیل فراگیر داده‌ها: مطالعه موردی دشت قمرود استان قم. مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس دوسالانه اقتصاد کشاورزی ایران. دانشگاه سیستان و بلوچستان. زاهدان.

9. Basanta, R. D. Hungana, P. Nuthall and Gilbert, V. Nartea 2004. Measuring the economic inefficiency of Nepales rice farms using

Data Envelopment Analysis. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 48 : 347-369.

10. Bozbura, T. and Beskese, A. 2007. Prioritization of organizational capital measurement indicators using fuzzy AHP. *Approximate Reasoning*, 44 : 124–147.

11. Charnes, A. W., Cooper, W. and Rhodes, E. 1978 . Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research,* 2: 429-444.

12. Cox, M.A.A. 2009. Multidimensional scaling as an aid for the analytic network and analytic hierarchy processes. *Journal of Data Science*, 7: 381-396.

13. Ertugrul, I. and Karakasoglu,N. 2009. Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods. *Expert Systems with Applications*, 36: 702–715.

14. Estelle, S., Andy, M., Johnson, L. and Ruggiero, J. 2010. Three-stage DEA for incorporating exogenous inputs. *Journal of Computer and Operations Research*, 37 : 1087-1099.

15. Haixiao, H. and Miller Gay, Y. 2003. Evalution of swine odor management strategies in a fuzzy multi-criteria decision environment. *American Agricultural Economics.* Association Annual Meeting. Montreal. Canada.

16. Karagiannis, G. and Sarris, A. 2004. Measuring and explaining scale efficiency with the parametric apporoach: the case of Greek

tobacco growerse. *Journal of Agricultural Economics*, 33 : 441-451.

17. Latruff, L., Balcombe, K., Davidova, S. and Zawalinska, K. 2005. Technical and scale efficiency of crop and livestock farms in Poland: does specialization matter. *Journal of Agricultural Economics*, 32(3) : 281-296.

18. Lee, SK., Mogi, G. and Kim, J.W. 2008. Multi-criteria decision making for measuring relative efficiency of greenhouse gas technologies: AHP/DEA hybrid model approach. *Engineering Letters*, 16(4) : 493–497.

19. Mei, X., Rosso, R., Huang, G.L. and Nie, G.S. 1989. Application of analytical hierarchy process to water resources policy and management in Beijing, China. *Proceedings of the Baltimore Symptoms*, 180 : 73-85.

20. Oral, M., Kettani, O. and Lang, P. 1991. A methodology for collective evaluation and selection of Industrial R&D projects. *Management Science*, 37(7) : 871-885.

21. Rahman, S. 2002. Profit efficiency among Bangladeshi rice farmers The University of Mancheste. *Discussion Paper Series*, No.0203. Economics.

22. Saaty, T. L. 1980. The Analytical Hierarchy Process, planning priority, resource allocation RWS publication. USA.

23. Tadesse, B. and Krishnamorthy, S. 1997. Technical efficiency in paddy farm of Tamil Nadu: an anlysis based on farm size and ecological zone. *Journal of Agricultural Economics*, 16 : 158-192.

24. Ying-Ming, W., Liu, J. and Elhag, Taha M.S. 2008. An integrated AHP–DEA methodology for bridge risk assessment. *Computers and Industrial Engineering*, 54(3) : 513–525.

25. Sinuany Stem, Z., Mehrez, A. and Hadad, Y. 2000. An methodology for ranking decision maker units. *International Transactions in Operational Research*, 7(2) : 109-124.