نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۲۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، ص. ۱۸۷-۱۸۰

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 27, No. 3, Fall 2013, p. 180-187

بررسی کارایی مزارع گندم سیستان با استفاده از تلفیق مدل بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری و تحلیل پوششی داده‌ها (RDEA)

مصطفی مردانی[۱]- علیرضا سرگزی[۲]- محمود صبوحی صابونی[۳*]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۸/۹
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۸/۱۸

چکیده

در این مطالعه کارایی مزارع گندم سیستان بررسی شد. داده‌های مورد استفاده شامل۵۰ نمونه بهره‌بردار محصولات زراعی منطقه سیستان بود که از طریق نمونه‌گیری ساده و تکمیل پرسشنامه، جمع‌آوری شد. برای برآورد کارایی مزارع، روش تحلیل پوششی داده‌ها و مدل بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری ترکیب شد. نتایج نشان داد که میانگین کارایی مزارع نمونه در مدل پیشنهادی (RDEA)، در سطوح ثابت عدم اطمینان معین (ε) و با افزایش میزان احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود (P)، کاهش می‌یابد. جهت ارزیابی مدل از روش شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده شد. نتایج این شبیه‌سازی مبین توانایی بالای این مدل نسبت به مدل DEA بود. بنابراین، می‌توان از این روش برای بدست آوردن کارایی واحدهای تصمیم‌ساز استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: عدم حتمیت، تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی، سیستان

مقدمه

از میان شیوه‌های مختلف افزایش تولید گندم، افزایش منابع اساسی (مثل زمین و آب) و توسعه تکنولوژی‌های جدید (به دلیل فرصت‌های محدود جهت توسعه و پذیرش آن) با مشکلات و تنگناهایی روبرو است. بدین ترتیب به نظر می‌رسد مناسب‌ترین شیوه برای نیل به نرخ رشد لازم در تولید گندم، بهبود عملکرد و به بیان مناسب‌تر افزایش کارایی بهره‌برداران گندم باشد. تجزیه و تحلیل کارایی گندم‌کاران می‌تواند امکانات افزایش تولید گندم با مجموعه مشخصی از منابع و عوامل تولید را نشان داده و زمینه افزایش کارایی مجموعه این منابع و عوامل در فرآیند تولید را فراهم کند (۳).

در زمینه کارایی و استفاده از روش ناپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها در کشاورزی تحقیقات گسترده‌ایی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است (۱ و ۲۴). ذیلاً به تعدادی از این مطالعات اشاره شده است.

صبوحی و جام نیا (۳)، کارایی اقتصادی، تخصیصی، فنی و مقیاس واحدهای تولید موز، در منطقه زرآباد در استان سیستان و بلوچستان را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد 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 زارعین با سطح مصرف فعلی نهاده‌ها و فناوری موجود وجود دارد. رفیعی و امیرنژاد (۲)، به بررسی تغییرات بهره‌وری عوامل تولید گندم دیم و میزان اثرگذاری عوامل تشکیل دهنده بهره‌وری در استان‌های مهم تولید کننده این محصول در سال‌های زراعی ۷۹-۱۳۷۸ تا ۸۴ -۱۳۸۳، با استفاده از روش ناپارامتری تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم کوئیست[۴] پرداختند. نتایج نشان داد که استان‌های مازندران، کردستان، فارس، سمنان و آذربایجان شرقی از رشد بهره‌وری مناسبی برخوردار و در استان‌های گلستان، آذربایجان غربی، اصفهان، خراسان و مرکزی همبستگی معنی‌داری بین تغییرات بهره‌وری و فناوری مشاهده شد. یکی از عمده‌ترین محدودیت‌های استفاده از DEA[۵]، حساسیت بسیار زیاد این روش به تغییر مقدار داده‌های ورودی و خروجی است بطوری که ممکن است با تغییری

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، عضو هیات علمی و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: (Email: msabouhi39@yahoo.com

4- Malmquist index
5- Data Envelopment Analysis

کوچک در مقادیر داده‌های ورودی و خروجی رتبه‌بندی واحدها بکلی دگرگون گردد (۱۹ و ۲۰).

کریمی و همکاران (۶)، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به تعیین کارایی تولید گندم در ۸ استان بزرگ کشور پرداختند. برای اعمال شرایط عدم اطمینان در داده‌های ورودی وخروجی از روش تحلیل پوششی داده‌های بازه ای (IDEA)[1] استفاده گردید. نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن شرایط ریسک، استان فارس دارای بالاترین کارایی و استان کردستان دارای پایین‌تری کارایی است. کوپر و همکاران (۱۵)، روشی را برای تعیین کارایی واحدهای تصمیم‌گیری و چگونگی برخورد با داده‌های غیردقیق از قبیل داده‌های بازه‌ای به وجود آورند. مدل ارائه شده در این مقاله تحت عنوان DEA غیردقیق می‌باشد. پس از بررسی نتایج مشخص شد که مدل مذکور نتایج دقیق‌تری نسبت به مدل DEA کلاسیک برای مسائل تعیین کارایی در دنیای واقعی ارائه می‌دهد. وانگ و همکاران (۲۷)، تکنیکی جدید برای حل مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای ارائه دادند تا از پیچیدگی و طولانی بودن مراحل حل روش کوپر و همکاران (۱۵) بکاهند. نتایج نشان داد که جواب‌های بدست آمده از این روش به جواب‌های مدل تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای ارائه شده توسط کوپر و همکاران بسیار نزدیک است. به هر حال، استفاده از نوع مدل‌های IDEA خالی از اشکال نبوده و از عمده‌ترین این مشکلات می‌توان به دشواری در تفسیر و ارزیابی حدود بالا و پایین کارایی محاسبه شده اشاره نمود.

در اواسط دهه‌ی ۱۹۹۰ مبحث ایجاد محافظه‌کاری (کاهش میزان عدم‌حتمیت) در مدل‌ها به وسیله محدود کردن پارامترهای نامطمئن مطرح شد (۹–۱۱، ۱۷–۱۸ و ۲۶). چهارچوب محاسبات موجود در مدل‌های مطرح شده در این زمان درجه دوم مخروطی بود. همین امر موجب شد که روش بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری (میزان عدم حتمیت) و یا بهینه‌سازی قوی[2] ابداع شود (۱۲–۱۳). در این روش، بهینه‌سازی بر اساس دو اصل علمی که از اصول مدیریت کاربردی تحت شرایط عدم‌حتمیت است، توصیف می‌شود. اول اینکه پیش‌بینی‌های نقطه‌ای بی‌معنی هستند و باید با پیش‌بینی‌های دامنه‌ای جایگزین شوند. در ثانی مجموعه‌ی پیش‌بینی‌ها دقیق‌تر از تک تک آنها هستند (۱۶، ۲۱ ، ۲۳ و ۲۵). تنها مطالعات داخلی انجام شده با استفاده از این روش به مطالعات مردانی و همکاران (۷) و صبوحی و مردانی (۴) برای تعیین الگوی کشت و صبوحی و مردانی (۲۲) برای تعیین تخصیص بهینه آب محدود می‌گردد.

هدف از مطالعه حاضر، تعیین کارایی مزارع گندم دشت سیستان با استفاده رهیافت جدید بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری جهت اعمال شرایط نامطمئن در مدل تحلیل پوششی داده‌ها است. این مدل مشکلات ذکر شده در سایر روش‌ها را منتفی می‌کند (۱۲).

دشت سیستان واقع در شمال استان سیستان و بلوچستان با مساحتی بالغ بر ۳۵۰ هزار هکتار، دشت سیلابی رودخانه هیرمند و یکی از حاصلخیزترین دشت‌های استان می‌باشد. این منطقه از لحاظ سطح زیرکشت و تولید گندم و جو آبی، محصولات جالیزی و علوفه‌ای در استان مقام اول را دارا بوده است. تا پیش از خشکسالی‌های اخیر، ۷۰ درصد گندم، ۸۴ درصد جو و ۸۱ درصد جالیز استان در سیستان تولید می‌شد و همین موارد باعث شده که سیستان قطب کشاورزی استان نامیده شود (۵).

مواد و روش‌ها

یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان مطابق رابطه ۱ مدل کرد:

$$\theta^* = min\ \theta$$
$$Subject\ \ to:$$
$$C1\left\{\sum_{j=1}^{J}\lambda_j x_{ij} \le \theta x_{i0} \qquad \forall i \right. \qquad (۱)$$
$$C2\left\{\sum_{j=1}^{J}\lambda_j y_{rj} \ge y_{r0} \qquad \forall r \right.$$

رابطه ۱ مدل یک مرحله‌ای پیشنهاد شده توسط بانکر و موری (۸) بر اساس روش برنامه‌ریزی خطی می‌باشد که برای ارزیابی کارایی بکار می‌رود. θ^* نمایانگر مقیاس کارایی، y_{rj} مقدار خروجی (محصول) کنترل‌شده r برای واحد زراعی j، x_{ij} مقدار ورودی (نهاده) کنترل-شده i برای واحد زراعی j و λ ترکیب خطی از واحدها را نشان می‌دهد. این مدل نهاده‌گرا است. در این نوع مدل میزان کاهش در نهاده‌ها (با ثابت ماندن ستاده‌ها) برای رسیدن به مرز کارا مشخص می‌شود. بعبارت دیگر، با حداقل کردن متغیر θ میزان کاهش استفاده از نهاده‌ها با ثابت ماندن ستاده‌ها در واحدهای ناکارا مشخص می‌شود. در این مدل، جهت تامین شرط کارایی پارتو–کوپمانس[3] از دو محدودیت C1 و C2 استفاده شده است. این شرط بیان می‌دارد که یک واحد تصمیم‌گیری کارا است اگر و تنها اگر امکان بهبود استفاده از هر نهاده یا تولید هر ستاده بدون زیان رساندن به سایر نهاده‌های یا ستاده‌ها وجود نداشته باشد (۱۴). با توجه به مدل ۱، مقادیر هدف جهت کارا شدن واحدهای ناکارا به صورت زیر محاسبه می‌گردد (۲۸):

1- Interval Data Envelopment Analysis (IDEA)

2- Robust Optimization

3- Pareto–Koopmans Efficiency

$$\begin{aligned} x^*_{io} &= x_{io}\theta_o - s_i^- \qquad \forall i \\ y^*_{ro} &= y_{ro}\theta_o + s_r^+ \qquad \forall r \end{aligned} \tag{۲}$$

که در آن s_i^- و s_r^+ به ترتیب مازاد نهاده i و کمبود ستاده r است.

مدل پیشنهادی

یکی از فروض کلاسیک در برنامه‌ریزی ریاضی در شرایط حتمیت این است که تمام پارامترها (داده‌های ورودی) بطور کامل شناخته‌شده و معین هستند. در عمل این فرض دور از ذهن است چون بیشتر پارامترهایی که مورد پیش‌بینی و یا اندازه‌گیری قرارمی‌گیرند با عدم حتمیت همراه هستند. یکی از راه‌های جلوگیری از خسارت‌های ناشی از عدم توجه به مسئله عدم‌حتمیت، استفاده از مدل‌های انعطاف‌پذیر برای اعمال شرایط عدم‌حتمیت است. مدل بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری یکی از مدل‌های قدرتمند و انعطاف-پذیر در این زمینه است. فرم کلی این مدل به صورت زیر است (۱۲):

$$\begin{aligned} &Max \quad z = cx \\ &S.to. \\ &\sum_j \bar{a}_{ij}x_j + z_i\Gamma_i + \sum_{j\varepsilon J_i} p_{ij} \le b_i \qquad \forall i, j \in J_i \\ &z_i + p_{ij} \ge \in \varepsilon\bar{a}_{ij}y_j \qquad \forall i, j \in j_i \\ &-y_j \le x_j \le y_j \qquad \forall j \\ &l_j \le x_j \le u_j \qquad \forall j \\ &(p_{ij}, y_j, z_i) \ge 0 \qquad \forall i, j \\ &x_j \ge 0 \end{aligned} \tag{۳}$$

که در آن برای هر j، $y_j = \left|x_j^*\right|$. در این رابطه z و p متغیرهای اضافی[1] غیرمنفی و ε سطح عدم اطمینان معین[2] برای لحاظ کردن عدم‌حتمیت در مدل هستند. در مدل بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری، دو جمله اضافی نسبت به حالت استاندارد برنامه‌ریزی خطی وجود دارد ($z_i\Gamma_i + \sum_{j\varepsilon J_i} p_{ij}$). این دو جمله به وسیله پارامتر کنترل کننده میزان محافظه‌کاری (Γ_i)، باعث تضمین قابلیت اعتماد به مدل در مقابل عدم حتمیت می‌گردد. میزان اطمینان مدل در مقابل عدم حتمیت به مقدار پارامترهای Γ_i بستگی دارد. هرگاه $\Gamma_i = 0$ باشد، جمله حداکثر کننده از مدل حذف شده و محدودیت در شرایط عدم حتمیت به محدودیت در شرایط حتمیت تبدیل می‌گردد. هرگاه $\Gamma_i = \left|J_i\right|$ باشد، میزان حفاظت مدل در مقابل عدم حتمیت به حداکثر خود می‌رسد و بطور کامل انجام می‌شود. پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری (Γ_i) ابزاری مناسب برای بررسی قدرتمندبودن سیستم در مقابل پارامترهای نامطمئن و یا ناتوانی آن در مقابل این پارامترها می‌باشد. برای پارامترهای Γ_i مقادیر متفاوتی وجود دارد و این به احتمال انحراف محدودیت[3] iام از کران خود و همچنین به تعداد پارامترهای نامطمئن در آن محدودیت بستگی دارد. با جایگذاری x^* در معادله ۳ بعنوان جواب بهینه، احتمال انحراف محدودیت iام از کران خود، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$pr\left(\sum_{j=1}^{n}\tilde{a}_{ij}x^*_{ij} > b_i\right) \le B_i(n,\Gamma_i) \tag{۴}$$

برای محاسبه Γ_i، یک سطح مطلوب احتمال انحراف محدودیت iام از کران آن محدودیت در نظر گرفته می‌شود و با توجه به تعداد پارامترهای نامطمئن در آن محدودیت (n) این پارامتر مشخص می‌شود. مراحل کامل محاسبه این پارامتر توسط برتسیماس و سیم (۱۲) شرح داده شده است.

مدل ارائه شده در مطالعه حاضر، تلفیقی از روش مدل بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری و تحلیل پوششی داده‌ها (RDEA)[4] است. در مطالعه حاضر کلیه داده‌های ورودی و خروجی در مدل تحلیل پوششی داده‌ها شامل پارامترهای نامطمئن محسوب می‌گردند. بنابراین با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۳ مدل نهایی مورد استفاده در مطالعه حاضر به صورت زیر است:

ملاحظه می‌شود که مجموعه محدودیت C1 و C2 در رابطه ۱ به مجموعه محدودیت‌های A1 و A2 در رابطه ۵ تبدیل گردیده است. بعبارت دیگر، جهت تبدیل وضعیت مدل DEA به RDEA، با توجه به اینکه در رابطه ۱ ضرایب دو متغیر θ و λ (نهاده‌ها) به عنوان پارامتر نامطمئن در نظر گرفته شده‌اند، چهار مجموعه محدودیت ($-n_{1-ij} \le \lambda_j \le n_{1-ij}, -n_{2-i} \le \theta \le n_{2-i}\ z_{1-i} + p_{1-i} \ge \varepsilon\bar{x}_{i0},$ و $z_{1-i} + p_{1-ij} \ge \varepsilon\bar{x}_{ij}n_{1-ij}$) و پنج مجموعه متغیر اضافی (p_{1-ij} و $p_{1-i}, z_{1-i}, n_{1-ij}, n_{2-i}$) به اولین محدودیت این رابطه اضافه می‌شود. تبدیل وضعیت محدودیت دوم نیز به همین صورت می‌باشد. با این تفاوت که تنها متغیر دارای ضریب نامطمئن در مجموعه دوم (C2) λ (ستاده‌ها) بوده که موجب ایجاد سه مجموعه محدودیت ($-n_{3-rj} \le \lambda_j \le n, z_{2-r} + p_{3-r} \ge \varepsilon\bar{y}_{r03-rj}$ و $z_{2-r} + p_{1-ij} \ge \varepsilon\bar{y}_{rj}n_{1-rj}$) و پنج مجموعه متغیر اضافی (p_{2-rj} و $p_{2-r}, z_{2-r}, n_{3-rj}, n_{3-r}$) به اولین محدودیت رابطه ۱ شده است.

1- Additional Variable
2- Given Uncertainty Level
3- Probability of Constraint Violation
4- Robust Data Envelopment Analysis

$$\theta^{*} = min \ \theta$$
$$Subject \quad to :$$

$$A1\begin{cases} \sum_{j=1}^{J} \lambda_j \overline{x}_{ij} - \theta \overline{x}_{i0} + z_{1-i}\Gamma_{1-i} + \sum_{j=1}^{J} p_{1-ij} + p_{1-i} \le 0 & \forall i \\ z_{1-i} + p_{1-ij} \ge \varepsilon \overline{x}_{ij} n_{1-ij} & \forall ij \\ z_{1-i} + p_{1-i} \ge \varepsilon \overline{x}_{i0} & \forall i \\ -n_{1-ij} \le \lambda_j \le n_{1-ij} & \forall ij \\ -n_{2-i} \le \theta \le n_{2-i} & \forall i \end{cases}$$

$$A2\begin{cases} \sum_{j=1}^{J} \lambda_j \overline{y}_{rj} - \overline{y}_{r0} + z_{2-r}\Gamma_{2-r} + \sum_{j=1}^{J} p_{2-rj} + p_{2-r} \ge 0 & \forall r \\ z_{2-r} + p_{2-rj} \ge \varepsilon \overline{y}_{rj} n_{3-rj} & \forall r, j \\ z_{2-r} + p_{2-r} \ge \varepsilon \overline{y}_{r0} n_{3-r} & \forall r \\ -n_{3-rj} \le \lambda_j \le n_{3-rj} & \forall r, j \end{cases} \qquad (۵)$$

جهت ارزیابی مدل پیشنهادی از روش شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده می‌شود (۲۱). برای انجام این کار، ۱۰۰ عدد تصادفی برای هر یک از داده‌های ورودی و خروجی تولید شده و مدل RDEA برای سطوح متفاوت احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود (p) و همچنین سطوح متفاوت عدم اطمینان (ε) معین حل می‌شود. درصد انطباق رتبه‌بندی واحدهای تصمیم گیرنده بین مسئله اصلی و مسئله شبیه‌سازی شده تعیین کننده میزان قابلیت اعتماد به مدل برای تصمیم گیرندگان است.

نتایج و بحث

در این بخش نتایج بدست آمده از حل مدل تحلیل پوششی داده‌ها با و بدون درنظرگرفتن پارامترهای نامطمئن به عنوان داده‌های ورودی و خروجی مورد بحث قرار گرفته است. جدول ۲ توصیف آماری داده‌های جمع‌آوری شده را نشان می‌دهد. با توجه به جدول مشاهده می‌شود که به طور میانگین در هر هکتار در سال ۲/۸ نفر-روزکار وجود دارد، میانگین زمین مورد استفاده ۴/۲ و همچنین میانگین تولید و درآمد کشاورزان منطقه مورد نظر به ترتیب ۴/۴ و ۷۴۳ می‌باشد.

جهت حل مدل تحلیل پوششی داده‌ها با داده‌های نامطمئن ابتدا باید پارامترهای Γ_i را با استفاده از رابطه ۴ محاسبه کرد. جدول ۲ فهرست مقادیر مختلف Γ را برای مجموعه محدودیت‌های A1 و A2 و برای هر داده و ستاده را نشان می دهد. ملاحظه می‌شود که برای هر دو مجموعه مقدار یکسانی پارامتر اختصاص یافته است. دلیل این امر یکسان بودن تعداد داده‌های نامطمئن در این دو مجموعه محدودیت است. بعبارت دیگر برای هر مجموعه تعداد ۵۱ پارامتر نامطمئن وجود دارد (۵۰ پارامتر x_{ij} و y_{rj} بعلاوه یک پارامتر x_{io} و y_{ro}) که در احتمال انحراف از محدودیت‌های متفاوت نشان داده شده است.

جدول ۳ مقادیر میانگین، حداکثر، حداقل و انحراف معیار کارایی بدست آمده با استفاده از روش‌های DEA و RDEA برای مزارع تحت بررسی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- توصیف آماری داده‌های مربوط به داده و ستاده نمونه

شرح	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل
تولید (تن در هکتار)	۴/۴	۲/۸	۱۳	۰/۵
در آمد (ده هزار ریال در هکتار)	۷۴۳/۰	۵۳۶/۹	۲۲۰۰/۰	۱۵۰/۰
زمین (هکتار)	۴/۲	۳/۰	۱۵/۰	۱/۰
نیروی‌کار (نفر روز کار در هکتار)	۲/۸	۱/۲	۷/۰	۲/۰

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۲- فهرست مقادیر مختلف Γi را برای مجموعه محدودیت‌های A1 و A2

مجموعه محدودیت	احتمال انحراف محدودیت از کران خود (P)					
	۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۱
A1	۱۰/۱۵	۶۸/۴	۰/۷۸	۰/۱۲	۰	۰
A2	۱۰/۱۵	۶۸/۴	۰/۷۸	۰/۱۲	۰	۰

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در روش DEA مزارع غلات از لحاظ کارایی، پتانسیل کاهش ۰/۳۶۳ در مقدار نهاده‌ها را دارد که نشان دهنده این است که می‌توان جدول ۴ مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل هدف (سطح مطلوب نهاده‌ها و ستاده‌ها) مربوط به نهاده‌های زمین و نیروی‌کار و ستانده‌های تولید و درآمد با استفاده از مدل RDEA در سطح عدم اطمینان ۰/۱ (ε=۰/۱) و سطوح متفاوت p برای مزارع تحت بررسی می‌باشد. ملاحظه می‌شود که با افزایش انحراف هر محدودیت از کران خود (p)، مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل سطح مطلوب نهاده‌ها و ستاده‌ها نیز افزایش می‌یابد. مقایسه دو جدول ۱ و ۴ نشان می‌دهد که حتی در سطح P=۱ (کمترین میزان حفاظت سیستم در مقابل داده‌های غیردقیق و به عبارت دیگر مدل DEA)، میانگین نهاده‌های مورد استفاده مزارع بیشتر و میانگین ستانده‌های حاصل شده کمتر از میانگین سطح مطلوب نهاده‌ها و ستاده‌ها است. بعنوان نمونه، میانگین استفاده از زمین و نیروی‌کار به ترتیب ۴/۲ (هکتار) و ۲/۸ (نفر روز کار در هکتار) بوده (جدول ۱) در صورتی که میانگین سطح مطلوب این نهاده‌ها (در سطح P=۱) به ترتیب ۲/۷۹۱ (هکتار) و ۱/۷۴۵ (نفر روز کار در هکتار) بوده که نشان دهنده کاهش ۳۳ درصدی برای نهاده زمین و کاهش ۳۸ درصدی برای نهاده نیروی‌کار نسبت به حالت غیر مطلوب است. لازم به ذکر است که مقادیر هدف (سطح مطلوب نهاده‌ها و ستاده‌ها) در سطوح احتمال انحراف محدودیت از کران خود به مقدار ۰/۹ و ۱ یکسان است. نهاده‌های مورد استفاده را بدون کاهش در تولید محصول تا حد زیادی کاهش داد. شش سطح متفاوت احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود (P) و سه سطح عدم اطمینان معین (ε) برای بررسی تأثیر داده‌های غیردقیق بر نتایج مسئله مورد ارزیابی قرار گرفت. بیشترین سطح محافظه‌کاری در مقابل داده‌های نامطمئن در سطح P=۰/۱ و کمترین آن در سطح P=۱ (مدل DEA) می‌باشد. ملاحظه می‌شود که در مدل RDEA، در سطوح ثابت سطح عدم اطمینان معین (ε)، مقادیر میانگین، حداکثر، حداقل و انحراف معیار کارایی واحدهای تصمیم-گیری افزایش می‌یابد. بعبارت دیگر، این مقادیر با کاهش میزان عدم-حتمیت (با افزایش P از ۰/۱ به ۱) افزایش می‌یابد. به عنوان مثال، در سطح ε=۰/۱ با افزایش P از ۰/۱ به ۱، مقادیر میانگین، حداکثر، حداقل کارایی مزارع نمونه به ترتیب از ۰/۴۷۲، ۰/۶۷۸ و ۰/۲۰۱ به ۰/۶۳۷، ۱ و ۰/۳۰۰ افزایش یافته است. شایان ذکر است که دو نکته مهم از جدول ۳ قابل استخراج است. اولین مورد تساوی مقادیر میانگین، حداکثر، حداقل و انحراف معیار کارایی در مدل RDEA با سطوح احتمال انحراف محدودیت از کران خود به مقدار ۰/۹ و ۱ و همچنین مدل DEA می‌باشد. این امر به دلیل صفر بودن مقادیر برآورد شده پارامتر کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری (جدول ۲) است. دوم اینکه اگر انحراف‌معیار کارایی مزارع، معیاری برای وجود عدم-حتمیت در داده‌های ورودی و خروجی فرض شود، ملاحظه می‌شود که افزایش میزان انحراف معیار کارایی بدست‌آمده از مدل RDEA با کاهش میزان محافظه‌کاری همراه است.

جدول ۳- مقادیر میانگین، حداکثر، حداقل وانحراف معیار کارایی مزارع با استفاده از روش‌های DEA و RDEA

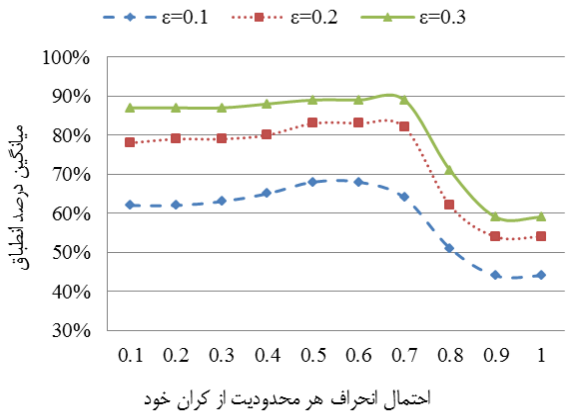
DEA	RDEA							ε
	احتمال انحراف محدودیت از کران خود (P)							
	۱	۰/۹	۰/۷	۰/۵	۰/۳	۰/۱		
۰/۶۳۷	۰/۶۳۷	۰/۶۳۷	۰/۵۸۷	۰/۴۸۶	۰/۴۴۲	۰/۴۲۷	میانگین	ε=۰/۱
۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۵۰	۰/۸۳۵	۰/۷۳۸	۰/۶۷۸	حداکثر	
۰/۳۰۰	۰/۳۰۰	۰/۳۰۰	۰/۲۷۸	۰/۲۳۱	۰/۲۱۱	۰/۲۰۱	حداقل	
۰/۲۰۶	۰/۲۰۶	۰/۲۰۶	۰/۱۹۱	۰/۱۶۱	۰/۱۴۵	۰/۱۳۹	انحراف معیار	
۰/۶۳۷	۰/۶۳۷	۰/۶۳۷	۰/۵۴۲	۰/۳۷۲	۰/۳۰۶	۰/۲۸۵	میانگین	ε=۰/۲
۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۰۲	۰/۶۹۵	۰/۵۳۶	۰/۴۵۵	حداکثر	
۰/۳۰۰	۰/۳۰۰	۰/۳۰۰	۰/۲۵۷	۰/۱۷۸	۰/۱۴۸	۰/۱۳۳	حداقل	
۰/۲۰۶	۰/۲۰۶	۰/۲۰۶	۰/۱۷۸	۰/۱۲۵	۰/۱۰۱	۰/۰۹۳	انحراف معیار	
۰/۶۳۷	۰/۶۳۷	۰/۶۳۷	۰/۵۰۱	۰/۲۹۱	۰/۲۱۰	۰/۱۸۶	میانگین	ε=۰/۳
۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۸۵۶	۰/۵۷۳	۰/۳۸۱	۰/۳۰۰	حداکثر	
۰/۳۰۰	۰/۳۰۰	۰/۳۰۰	۰/۲۳۷	۰/۱۴۰	۰/۱۰۱	۰/۰۸۷	حداقل	
۰/۲۰۶	۰/۲۰۶	۰/۲۰۶	۰/۱۶۵	۰/۱۰۰	۰/۰۷۰	۰/۰۶۱	انحراف معیار	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ٤- مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل هدف (سطح مطلوب نهاده‌ها و ستاده‌ها)

نهاده‌ها و ستانده‌ها		احتمال انحراف محدودیت از کران خود (P)					
		۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۱
زمین (هکتار)	میانگین	۲/۲۶۸	۲/۲۷۹	۲/۳۳۴	۲/۶۱۳	۲/۷۹۱	۲/۷۹۱
	حداکثر	۷/۷۵۸	۷/۸۲۴	۸/۵۹۶	۹/۱۱۸	۹/۴۷۶	۹/۴۷۶
	حداقل	۰/۳۱۵	۰/۳۱۵	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۳۸۵	۰/۳۸۵
نیروی‌کار (نفروز کار در هکتار)	میانگین	۱/۴۳۱	۱/۴۷۶	۱/۵۹۷	۱/۶۹	۱/۷۴۵	۱/۷۴۵
	حداکثر	۳/۸۷۹	۳/۹۱۴	۴/۲۸۵	۴/۵۵۹	۴/۷۳۸	۴/۷۳۸
	حداقل	۰/۲۵۲	۰/۲۵۲	۰/۲۷۲	۰/۲۹۶	۰/۳۰۸	۰/۳۰۸
تولید (تن در هکتار)	میانگین	۳/۶۲۸	۳/۶۵۸	۳/۹۱	۴/۲۴۹	۴/۴۳۳	۴/۴۳۳
	حداکثر	۱۰/۶۴۱	۱۰/۶۳۷	۱۱/۴۹۸	۱۲/۴۸۲	۱۲/۹۹۷	۱۲/۹۹۷
	حداقل	۰/۵۰۴	۰/۵۰۴	۰/۵۴۴	۰/۵۹۲	۰/۶۱۶	۰/۶۱۶
درآمد (ده هزار ریال در هکتار)	میانگین	۶۳۶/۶	۶۸۱/۶۰۲	۷۱۵/۸۳۶	۷۶۳/۵۴	۷۷۴/۶۸۴	۷۷۴/۶۸۴
	حداکثر	۱۷۹۹/۴	۱۹۱۰/۳	۲۰۳۰/۴	۲۱۹۹/۱	۲۲۰۰/۸	۲۲۰۰/۸
	حداقل	۱۳۱/۲	۱۳۲/۸	۱۳۸/۴	۱۵۳/۶	۱۶۰	۱۶۰

ماخذ: یافته های تحقیق



شکل۱- نتایج حاصل از ارزیابی مدل با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت کارلو

نتایج حاصل از ارزیابی این مدل توسط روش شبیه‌سازی مونت کارلو در شکل ۱ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که در سطح عدم اطمینان معین ۰/۳ و سطح P=۰/۱ میانگین انطباق رتبه‌بندی در مدل DEA و RDEA در حدود ۹۰ درصد است. بعبارت دیگر از ۱۰۰ بار حل مسئله با داده‌های تصادفی در این سطوح عدم اطمینان (P=۰/۱ و ε=۰/۳)، رتبه‌بندی این دو مدل در ۹۰ مورد یکسان است. کاهش سطح عدم اطمینان معین در سطوح P ثابت، باعث کاهش میزان انطباق رتبه‌بندی می‌گردد. ملاحظه می‌شود که کمترین میزان انطباق مربوط به سطح احتمال P=۱ (مدل DEA کلاسیک) و سطح عدم اطمینان ε=۰/۱ است. این کاهش شدید انطباق ناشی از کاهش حفاظت سیستم در مقابل عدم حتمیت است که با افزایش سطح P کاهش می‌یابد.

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر با توجه به اهمیت غلات بخصوص گندم در منطقه سیستان سعی شد تا به تعیین کارایی مزارع گندم سیستان توجه شود. نوآوری این مطالعه ارائه روش تحلیل پوششی داده‌ها با پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری (RDEA) بود. نتایج حل این مدل برای منطقه مورد مطالعه نشان داد که در سطوح ثابت

عدم اطمینان معین (ε) و با افزایش میزان احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود (p)، مقدار کارایی واحدهای تصمیم‌گیری کاهش می‌یابد. همچنین، نتایج نشان داد که استفاده از روش نوآوری شده نسبت به روش DEA، نتایج قابل اعتمادتری را ارائه می‌دهد. دلیل این امر انطباق قابل ملاحظه رتبه‌بندی در مدل DEA و RDEA است. بنابراین می‌توان از این روش برای برآورد مقدار کارایی واحدهای تصمیم‌ساز استفاده کرد.

منابع

۱- بابایی م.، پاکنژاد ح.، مردانی م. و سالارپور م. ۱۳۹۱. بررسی کارایی محصولات زراعی شهرستان جهرم با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای (IDEA). مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، ۳۵: ۴۳-۵۳.

۲- رفیعی ح. و امیر نژاد ح. ۱۳۸۶. بررسی بهره‌وری عوامل تولید و میزان اثرگذاری اجزای تشکیل‌دهنده آن در گندم دیم. مجله اقتصاد کشاورزی، ۲(۲): ۱۶۸-۱۴۷.

۳- صبوحی م. و جام نیا ع. ۱۳۸۷. تعیین کارایی مزارع موز استان سیستان و بلوچستان. مجله اقتصاد کشاورزی، ۲(۲) ۱۴۶-۱۳۵.

۴- صبوحی م. و مردانی م. ۱۳۹۰. بررسی اثر بارندگی بر الگوی کشت و درآمد ناخالص کل در محدوده‌ی شبکه‌ی آبیاری سمت راست سد انحرافی نکوآباد. مجله اقتصاد کشاورزی، ۵(۳): ۲۲۱-۲۰۲.

۵- ضیاء توانا م.ح.، رحمانی فضلی ع.، گنجی م.ح. و اصغری لفمجانی ص. ۱۳۸۹. بررسی تطبیقی اثرات کاهش آب هیرمند بر فعالیت‌های کشاورزی در روستاهای سیستان. پژوهشهای جغرافیای انسانی (پژوهش‌های جغرافیایی)، ۶۵ (۷۱)۴۲: -۴۱.

۶- کریمی ف.، پیراسته ح. و زاهدی کیوان م. ۱۳۸۷. تعیین کارایی زراعت گندم با توجه به دو عامل زمان و ریسک با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای و تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۶۴: ۱۳۹-۱۵۹.

۷- مردانی م.، سخدری ح. و صبوحی م. ۱۳۹۰. کاربرد برنامه‌ریزی چندهدفه و پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری در برنامه‌ریزی زارعی مطالعه موردی: شهرستان مشهد. مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۲ :۱۶۱-۱۸۷.

8- Banker R.D., and Morey R.C. 1986. The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis. Management Science, 32: 1613-1627.

9- Ben-Tal A., and Nemirovski A. 1999. Robust solutions to uncertain programs. Journal of Operations Research Letters, 25:1-13.

10- Ben-Tal A., and Nemirovski A. 1998. Robust convex optimization. Journal of Mathematics of Operations Research, 23: 769-805.

11- Ben-Tal A., and Nemirovski A. 2000. Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data. Journal of Mathematical Programming, 88: 411-424.

12- Bertsimas D., and Sim M. 2003. Robust discrete optimization and network flows. Journal of Mathematical Programming, 98: 49-71.

13- Bertsimas D., and Sim M. 2004. The price of robustness. Journal of Operations Research Letters, 52: 35–53.

14- Charnes A., Cooper W.W., and Seiford B.L. 1985. Foundation data envelopment analysis of Pareto–Koopmans efficient empirical production functions. Journal of Economic, 30: 91–107.

15- Cooper W.W., Park K.S., and Yu G. 2001. An illustrative application of IDEA (imprecise data envelopment analysis) to a Korean mobile telecommunication company. Journal of Operations Research, 49: 807–820.

16- Despotis D.K., Maragos E.K., and Smirlis Y.G. 2006. Data envelopment analysis with missing values: An interval DEA Approach. European Journal of Operations Research, 140: 24–36.

17- El-Ghaoui L., and Lebret H. 1997. Robust solutions to least-square problems to uncertain data matrices. SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications, 18: 1035-1064.

18- El-Ghaoui L., Oustry F., and Lebret H. 1998. Robust solutions to uncertain semidefnite programs. SIAM Journal on Optimization, 9: 33-52.

19- Estelle S., Johnson A., and Ruggiero J. 2010. Three- stage DEA for incorporating exogenous inputs. Journal computer and Operations Research, 37:1087-1099.

20- Kao C., and Liu S.T. 2003. A mathematical programming approach to fuzzy efficiency ranking. International Journal of Production Economics, 86: 145-154.

21- Nahmias S. 2005. Production and operations analysis (5 ed.): McGraw-Hill.

22- Sabouhi M., and Mardani M. 2013. Application of Robust Optimization Approach for Agricultural Water Resource Management under Uncertainty. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 139: 571-581.
23- Sheffi Y. 2005. The resilient enterprise: overcoming vulnerability for competitive advantage, MIT Press.
24- Shokouhi A.H., Hatami-Marbini A., Tavana M., and Saati S. 2010. A robust optimization approach for imprecise data envelopment analysis. Computers and Industrial Engineering, 59: 387-397.
25- Simchi-Levi D., Kaminsky P., and Simchi-Levi E. 2004. Managing the supply chain: the de nitiveguide for the business professional. McGraw-Hill.
26- Thiele A. 2004. A robust optimization approach to supply chain and revenue management. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology.
27- Wang Y.M., Greatbanks R., and Yang B. 2005. Interval efficiency assessment using data envelopment analysis. Fuzzy Sets and Systems, 153: 347–370.
28- Yilmaz B., Yurduse M. and Harmancioglu N. 2009. The Assessment of Irrigation Efficiency in Buyuk Menderes Basin. Water Recourses Management, 23:1081–1095.