

## تعیین کارایی مزارع گندم آبی در شهرستان نیشابور تحت شرایط عدم حتمیت

مصطفی مردانی<sup>۱</sup> - سامان ضیائی<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۴

### چکیده

یکی از فروض در الگوهای تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) برای برآورد کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده این است که داده‌های ورودی و خروجی الگو بطور کامل شناخته شده و معین بوده که در عمل این فرضی دور از ذهن است. در بسیاری از کاربردهای واقعی، نهاده‌ها و ستاده‌ها اغلب غیردقیق هستند. در مطالعه حاضر به تعیین کارایی مزارع نمونه گندم آبی در شهرستان نیشابور با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها با پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری (RDEA) پرداخته شد. این روش بر پایه رویکرد بهینه‌سازی قوی Bertsimas و Sim است و به دنبال بهینه‌سازی یک الگوی DEA تحت شرایط عدم قطعیت است. نتایج نشان داد که میانگین کارایی فنی خالص در تمام سطوح احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود بالاتر از میانگین کارایی فنی بوده که نشان دهنده قابلیت و مهارت زیاد کشاورزان مزارع نمونه در شهرستان نیشابور در تولید گندم است. در هر دو الگوی DEA و RDEA بیشترین میزان اختلاف بین میانگین مقدار مصرف مطلوب و مقدار مصرف واقعی نهاده‌ها مربوط به دو نهاده آفت‌کش و سطح زیرکشت است. بر این اساس، برگزاری کلاس‌های ترویجی آموزش کشاورزان با هدف استفاده بهینه از زمین‌های کشاورزی موجود با همکاری کشاورزان کاملاً کارا توصیه می‌گردد. استفاده از نتایج الگوی RDEA برای انجام مراحل اصلاح‌سازی رفتار غیربهینه کشاورزان ناکارا در منطقه مورد مطالعه بعلافت انعطاف‌پذیری بسیار زیاد آن در مقابل داده‌های غیردقیق (بر اساس نتایج شبیه‌سازی مونت کارلو) توصیه می‌شود.

طبقه‌بندی JEL: D81, C6, C69

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، شبیه‌سازی مونت کارلو، عدم حتمیت، نیشابور

### مقدمه

بی‌شک بشر در تمامی دوران حیات خود همواره با محدود بودن عوامل تولید و به تبع آن کالاها و خدمات مواجه بوده و هست. بشر به منظور به دست آوردن شرایط زندگی بهتر چاره‌ای جز استفاده بهینه از امکانات موجود و دسترسی به تولید بیشتر و با کیفیت بالاتر ندارد. در حال حاضر آنچه که به روشنی پاسخ‌گوی این نیاز می‌باشد به دست آوردن حداکثر نتیجه از امکانات و عوامل محدود تولید و در یک کلمه "کارایی" می‌باشد (۲۷).

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)<sup>۳</sup>، روشی غیرپارامتریک و مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی است که در سال ۱۹۸۷ توسط چارلز و همکاران برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری که وظایف یکسانی

انجام می‌دهند، ابداع شده است (۹). مطالعات گوناگونی از کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در برآورد کارایی واحدهای کشاورزی وجود دارد (۱، ۱۷، ۲۵ و ۳۲). کاظمی و نیکخواه (۲۲) با استفاده از روش پارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها به تعیین کارایی نسبی شهرستان‌های استان خراسان رضوی در کشت گندم دیم پرداختند. نتایج نشان داد که میانگین کارایی مدیریتی شهرستان‌های استان خراسان رضوی ۰/۷۳۲ و میانگین کارایی فنی و مقیاس آنها به ترتیب ۰/۴۷۹ و ۰/۶۵۴ می‌باشد. همچنین، مشخص شد که نهاده سطح زیرکشت بیشترین فاصله تا استفاده از میانگین سطح مطلوب ارائه شده توسط الگوی تحلیل پوششی داده‌ها را دارد. مجاوریان (۲۶) در مطالعه‌ای تحت عنوان "بررسی رابطه بین بهره‌وری و کارایی تولید با اندازه مزارع برنج‌مازندران" نشان داد که بین بهره‌وری و اندازه مزرعه رابطه معکوس وجود دارد. روش محاسبه کارایی در این مطالعه تحلیل پوششی داده‌ها بود.

در این مطالعات داده‌های ورودی و خروجی بدون تغییر و کاملاً شناخته شده در نظر گرفته شده است. اگرچه روش معمول تحلیل

۱ و ۲- دانشجوی دکتری و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(Email: samanziaee@gmail.com)

\*- نویسنده مسئول:

3- Data Envelopment Analysis

تحلیل‌ها اشاره نمود. در استفاده از روش‌های ترکیب شده تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی تصادفی نیز مشکلاتی از جمله اجبار به معین بودن توزیع داده‌ها احساس می‌شود (۱۸).

در اواسط دهه‌ی ۱۹۹۰ مبحث ایجاد محافظه‌کاری (در مقابل عدم حتمیت) در الگوها به وسیله محدود کردن پارامترهای نامطمئن مطرح شد (۴، ۵ و ۱۵). چهارچوب محاسبات موجود در الگوهای مطرح شده در این زمان درجه دوم مخروطی<sup>۴</sup> بود. همین امر موجب ابداع روش بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه-کاری<sup>۵</sup> (میزان عدم حتمیت) و یا بهینه‌سازی استوار<sup>۶</sup> شد (۷). از جمله محاسن استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA)<sup>۷</sup>، گزارش پاسخ‌های بهینه نقطه‌ای (مقابل به بازه‌ای بودن پاسخ‌های بهینه در روش IDEA)، عدم التزام به آگاهی از توزیع داده‌ها (مقابل به مشکل نیاز به آگاهی از توزیع داده‌ها در روش SDEA) و عدم چشم پوشی از اطلاعات بر روی ضرایب عدم اطمینان (غلبه بر مشکل موجود در روش FDEA) است (۶) تنها مطالعات داخلی انجام شده با استفاده از این روش به مطالعات مردانی و همکاران (۲۴) و صوحی و مردانی (۲۸) برای تعیین الگوی کشت و صوحی و مردانی (۲۹) برای تعیین تخصیص بهینه آب محدود می‌گردد.

در کشورهای کم درآمد تولیدات کشاورزی که بطور مستقیم با معیشت مردم سروکار دارد به عنوان محصولات استراتژیک شناخته شده و تحقیقات متعددی حاکی از جایگاه ویژه این محصولات در کشورهای مذکور می‌باشد (۳۱ و ۳۵). یکی از مهمترین این محصولات کشاورزی محصول استراتژیک گندم بوده که در دهه اخیر کشور ایران از حیث میزان تولید گندم در رده سیزدهم جهانی قرار داشته و این در حالی است که از جهت میزان تولید در واحد سطح رتبه هشتم و یکم جهان را به خود اختصاص داده که نشان دهنده عملکرد پایین گندم در واحد سطح است (۱۶). در این راستا، برنامه‌ریزی منطقی در جهت مدیریت تولید این محصول و همچنین نحوه مصرف منابع تولید در آن به جهت افزایش کارایی تولید اجتناب ناپذیر است.

هدف از مطالعه حاضر برآورد کارایی‌های فنی، فنی خالص و مقیاس برای گندمکاران (گندم آبی) شهرستان نیشابور با استفاده از دو الگوی DEA و RDEA است. شهرستان نیشابور یکی از شهرستان‌های شمالی استان خراسان رضوی می‌باشد. از کل سطح زیر کشت محصولات آبی شهرستان نیشابور در سال زراعی ۱۳۸۸-۸۹ (۷۸۷۱۶ هکتار) در حدود ۳۶ درصد آن (۲۸۷۰۰ هکتار) به کشت محصول گندم اختصاص دارد (۱۲). با توجه به مشکلات عمده الگوهای معرفی

پوششی داده‌ها که در مطالعات بالا ذکر شد، ابزاری قدرتمند برای تحلیل کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده با اینگونه داده‌ها است، با این حال دارای محدودیت‌هایی نیز هست. یکی از عمده‌ترین این محدودیت‌ها، حساسیت بسیار زیاد این روش به تغییر مقدار داده‌های ورودی و خروجی یا به عبارت دیگر وجود عدم قطعیت در این داده‌ها است. بطوری که ممکن است با تغییر کوچکی در مقادیر داده‌های ورودی و خروجی رتبه‌بندی و برآورد میزان کارایی واحدها بکلی دگرگون گردد (۲۱). وجود عدم حتمیت در برآورد داده‌های الگوی تحلیل پوششی داده‌ها برای بخش کشاورزی بعلاوه وجود خطاهای نمونه‌گیری و یا استفاده از شاخص‌های گرایش به مرکز امری اجتناب ناپذیر بوده و ضرورت استفاده از الگوهایی که توانایی کنترل تغییرات ناشی از داده‌های نامطمئن را درآشاند به شدت احساس می‌شود (۳۳).

اخیراً روش‌های گوناگونی برای غلبه بر مسئله داده‌های نامطمئن در الگوی تحلیل پوششی داده‌ها به وجود آمده است (۱۹، ۲۳ و ۳۷). از جمله می‌توان به مطالعه دیسپوتیس و همکاران (۱۳) در مقاله‌ای تحت عنوان "تحلیل پوششی داده‌ها با داده‌های نامعین" اشاره کرد. در این مطالعه به ارائه روشی ساده برای حل مسائل تحلیل پوششی داده‌ها با داده‌های نامشخص پرداخته و از روش برنامه‌ریزی بازه‌ای بهره گرفته شد. برای تعیین قابلیت الگو، کاربردی از آن برای اندازه‌گیری کارایی مدارس راهنمایی یونان مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش ارائه (IDEA)<sup>۱</sup> شده مقادیر دقیق‌تری نسبت به الگوی متداول DEA بدست می‌دهد. بابایی و همکاران (۲) در مطالعه‌ای به بررسی کارایی محصولات زراعی شهرستان جهرم با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای پرداختند، اشاره نمود. نتایج نشان داد که متوسط کارایی بازه‌ای در بازه (۰/۸۶، ۰/۲۳) قرار دارد. مقدار متوسط کارایی فنی نیز ۰/۹۷ و ۷۵ درصد از واحدها دارای کارایی برابر ۱ بوده است.

علی‌رغم اینکه در دو مطالعه قبلی الگوی IDEA نتایج بهتری را نسبت به DEA رقم زدند، با این وجود، یکی از عمده‌ترین معایب استفاده از روش IDEA، دشواری ارزیابی و تفسیر حدود بالا و پایین کارایی است (۲۳). جهت غلبه بر این مشکل، استفاده از روش‌های دیگر چون تحلیل پوششی داده‌های فازی (FDEA)<sup>۲</sup> و تصادفی (SDEA)<sup>۳</sup> نیز مورد توجه محققین قرار گرفت (۱۴ و ۳۴). البته استفاده از این دو روش نیز تبعات خاص خود را به همراه دارد. از جمله می‌توان به مشکل اجبار در چشم‌پوشی قسمتی از اطلاعات روی ضرایب عدم اطمینان در استفاده از روش‌های فازی برای این نوع

4- Conic Quadratic

5- Degree of Conservatism Control Parameter

6- Robust optimization

7- Robust Data Envelopment Analysis

1- Interval Data Envelopment Analysis

2- Fuzzy Data Envelopment Analysis

3- Stochastic Data Envelopment Analysis

شده، در مطالعه حاضر از روش RDEA جهت اعمال شرایط نامطمئن در الگوی تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است. این الگو مشکلات ذکر شده در سایر روش‌ها را منتفی می‌کند.

جدول (۱) فهرستی از نشانه‌ها و شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه را برای تشریح الگو نشان می‌دهد.

جدول ۱- فهرست علائم مورد استفاده در مطالعه  
Table 1- The list of symbols used in the study

پارامترها (Parameters)	متغیرها (Variables)	مجموعه‌ها (Sets)
$x_{ij}$ : مقدار ورودی کنترل شده $i$ برای واحد زراعی $j$ (The controlled input $i$ for agricultural unit $j$ )	$\theta$ : مقیاس کارایی (Scale efficiency)	$i \in \{1, 2, \dots, I\}$ : مجموعه مربوط به نهاده‌ها (Set of inputs)
$y_{rj}$ : مقدار خروجی (ستاده) کنترل شده $r$ برای واحد زراعی $j$ (The controlled output $r$ for agricultural unit $j$ )	$w_i$ : وزن ورودی $i$ (Weight of input $i$ )	$r \in \{1, 2, \dots, R\}$ : مجموعه مربوط به ستاده‌ها (Set of outputs)
$x_{io}^*$ : مقدار هدف نهاده $i$ برای واحد تصمیم گیرنده $o$ (The input target $i$ for DMU $o$ )	$w_r$ : وزن خروجی $r$ (Weight of output $r$ )	$j \in \{1, 2, \dots, J\}$ : مجموعه مربوط به واحدهای تصمیم گیرنده (Set of DMUs)
$x_{ro}^*$ : مقدار هدف ستاده $r$ برای واحد تصمیم گیرنده $o$ (The output target $r$ for DMU $o$ )	$z_i$ : متغیر اضافی الگوی ۳ (Additional variable of Model 3)	
$x_{io}$ : مقدار ورودی $i$ برای واحد تصمیم ساز $o$ (The input $i$ for DMU $o$ )	$z_1 - z_3$ : متغیرهای اضافی الگوی ۶ متناسب با متغیر اضافی $z_i$ در الگوی ۳ (Additional variable of Model 6 compatible with additional variable $z_i$ in model 3)	
$y_{ro}$ : مقدار ستاده $r$ برای واحد تصمیم ساز $o$ (The output $r$ for DMU $o$ )	$p_{ij}$ : متغیر اضافی الگوی ۳ (Additional variable of Model 3)	
$\tilde{p}_{ij}$ : متغیرهای تصادفی با توزیع متقارن (Random variables with symmetric distribution)	$p_{ij}, \varphi_{ij}, \psi_{ij}$ : متغیرهای اضافی الگوی ۶ متناسب با متغیر اضافی $p_{ij}$ در الگوی ۳ (Additional variable of Model 6 compatible with additional variable $p_{ij}$ in model 3)	
$n$ : تعداد پارامترهای نامطمئن در هر محدودیت (The number of uncertain parameters in each constrain)	$f_j$ : در حالت بهینه این متغیر برای تمام $j$ ها برابر $ x_{ij} $ است (This variable to all $j$ is equal $ x_{ij} $ in the optimal case)	
$\Gamma_1^y, \Gamma_2^x, \Gamma_{3j}^{xy}$ : عوامل کنترل کننده میزان محافظه کاری در الگوی ۶ متناسب با $\Gamma$ در الگوی ۳ (Agents of conservatism in model 6 compatible in model 3 with $\Gamma$ )	$f_{ir}, f_{rj}, f_{ij}$ : متغیرهای الگوی ۶ متناسب با متغیر $f_j$ در الگوی ۳ (Variable of Model 6 compatible with variable $f_j$ in model 3)	
$x_j^*$ : جواب بهینه الگوی ۳ (Optimal solution of Model 3)		
$\Gamma_i$ : عامل کنترل کننده میزان محافظه کاری (Agent of conservatism)		
$\varphi$ : احتمال انحراف محدودیت (Probability of constraint diviation)		
$b_i$ : مقادیر سمت راست محدودیت $i$ (Right hand side of constraint $i$ )		
$\bar{a}_i$ : مقدار اسمی داده نامطمئن در محدودیت $i$ (The nominal value of uncertain data in constraint $i$ )		
$\varepsilon$ : سطح عدم اطمینان معین (The level of given uncertainty)		

اضافه کرد. برای بررسی مهارت کشاورزان در امور تولیدی از کارایی فنی خالص استفاده می‌شود. برای محاسبه این نوع کارایی می‌توان از تقسیم کارایی فنی به کارایی مقیاس استفاده نمود (۲۰).

در مطالعه حاضر به ارائه الگویی جهت اعمال شرایط نامطمئن در داده‌های ورودی و خروجی غیردقیق پرداخته می‌شود. به منظور درک الگوی مذکور ابتدا به توصیف الگوی بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری پرداخته می‌شود. شکل خطی الگوی بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری را می‌توان به صورت زیر نوشت (۷):

$$\begin{aligned} & \text{Maximize } Z = \mathbf{c}\mathbf{x} \\ & \text{Subject to } \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij}x_j + z_i\Gamma_i + \sum_{j=1}^n p_{ij} \leq b_i, \quad \forall i \\ & \quad z_i + p_{ij} \geq \bar{a}_{ij}f_j, \quad \forall i, j \quad (3) \\ & \quad -f_j \leq x_{ij} \leq f_j, \quad \forall i, j \\ & \quad x_{ij}, z_i, p_{ij} \geq 0, \quad \forall i, j \end{aligned}$$

که در آن  $\bar{a}_{ij}$  و  $f_j$  و  $p_{ij}$  متغیرهای اضافی<sup>۳</sup> غیرمنفی و  $\varepsilon$  سطح عدم اطمینان معین<sup>۴</sup> برای لحاظ کردن عدم حتمیت در الگو هستند. در حالت بهینه  $f_j$  برای تمام  $j$ ها برابر  $|x_{ij}|$  است. مقدار ارزش اسمی پارامتر نامطمئن و  $\varepsilon > 0$  سطح عدم اطمینان معین را مشخص می‌کند.  $\hat{a}_{ij}$  از ضرب مقدار ارزش اسمی متغیر ( $\bar{a}_{ij}$ ) در سطح عدم اطمینان معین ( $\varepsilon$ ) بدست می‌آید. برای پارامترهای  $\Gamma_i$  مقادیر متفاوتی وجود دارد و این به احتمال انحراف محدودیت<sup>۵</sup>  $i$ ام از کران خود ( $p$ ) و همچنین به تعداد پارامترهای نامطمئن ( $n$ ) در آن محدودیت بستگی دارد. با جاگذاری  $x^*$  در معادله (۳) بعنوان جواب بهینه، احتمال انحراف محدودیت  $i$ ام از کران خود، به صورت زیر تعریف می‌شود (۷):

$$pr\left(\sum_j \bar{a}_{ij}x_j^* > b_i\right) \leq B(n, \Gamma_i) \quad (4)$$

اگر کران  $n$  به وسیله  $B(n, \Gamma_i) \leq (1 - \mu)C(n, [v]) + \sum_{l=[v]+1}^n C(n, l)$  تعیین شود، می‌توان نوشت:

$$C(n, l) = \begin{cases} \frac{1}{2^n}, & \text{if } l = 0 \text{ or } l = n \\ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\frac{n}{(n-1)}} \exp\left(n \log\left(\frac{n}{2(n-1)}\right) + l \log\left(\frac{n-1}{l}\right)\right), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

- 3- Additional Variable
- 4- Given Uncertainty Level
- 5- Probability of Constraint Violation

الگوی بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS)<sup>۱</sup> یک الگوی برنامه‌ریزی خطی ارائه شده توسط چارنز و همکاران (۹) است. محاسبه کارایی فنی واحدهای تصمیم‌ساز، مستلزم استفاده از این روش می‌باشد. این نوع از الگوی تحلیل پوششی داده‌ها، زمانی مناسب کاربرد است که کشاورزان در مقیاس بهینه عمل کنند (۸ و ۲۵). الگوی اصلی CRS برای اندازه‌گیری کارایی هر واحد تصمیم‌گیرنده به صورت زیر است (۱۱):

(۱) **Error!** **Bookmark** **not** **defined.**

$$\begin{aligned} & \max \quad \theta_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \\ & \text{subject to} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1, \\ & \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j, \\ & \quad u_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i. \end{aligned}$$

الگوی ۱ الگویی نهاده‌گرا است. متغیرهای این الگو  $u \in R^{s \times 1}$  و  $v \in R^{m \times 1}$  هستند.  $v_i$  و  $u_r$  به ترتیب مربوط به وزن‌های ورودی  $i$  و خروجی  $r$  هستند.  $\theta_o$  کارایی حاصل از برتری ورودی‌ها و خروجی‌های واحد تصمیم‌گیرنده  $o$  با استفاده از حداکثر کردن تابع هدف در الگوی ۱ و با توجه به متغیرهای وزنی است. با استفاده از دو محدودیت اول در این الگو، کارایی واحد تصمیم‌گیرنده  $o$  در فاصله  $[0, 1]$  قرار خواهد گرفت. بر این اساس واحدی دارای کارایی کامل است اگر و تنها اگر امکان بهبودی استفاده از نهاده‌ها و یا افزایش ستاده‌ها بدون خسارت به دیگر نهاده‌ها یا ستاده‌ها را نداشته باشد (۳). با توجه به الگوی ۱، مقادیر هدف جهت کارا شدن واحدهای ناکارا به صورت زیر محاسبه می‌گردد (۳۶):

$$\begin{aligned} x_{io}^* &= x_{io}\theta_o - s_i^- & \forall i \\ y_{ro}^* &= y_{ro}\theta_o + s_r^+ & \forall r \end{aligned} \quad (2)$$

همانطور که قبلاً ذکر شد، CRS الگویی مناسب برای مواقعی است که فرض شود کشاورز در مقیاس بهینه عمل می‌کند. این فرض در مسائل کاربردی بدلیل عواملی از قبیل رقابت ناقص و تغییرات ناگهانی آب و هوا یک فرض دور از ذهن است. برای مقابله با این مشکل الگوی بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS)<sup>۲</sup> معرفی شد (۳). بنابراین، اگر نتایج حاصل از هر دو الگوی بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس برابر شد به این معنی است یک رابطه خطی میان داده‌ها و ستاده‌ها وجود دارد (همان منبع). برای کارایی مقیاس، کافی است که متغیر (w) را به سمت چپ محدودیت دوم و تابع هدف الگوی ۱

- 1- Constant Return to Scale (CRS)
- 2- Variable Return to Scale (VRS)

که  $v = [\nu]$ ،  $\mu = \nu$  و  $\nu = (\Gamma_i + n)/2$  و  $|K_i| = |J_i|$  است. برای محاسبه  $\Gamma_i$ ، یک سطح مطلوب احتمال انحراف محدودیت  $i$  از کران آن محدودیت در نظر گرفته می‌شود و با توجه به تعداد پارامترهای نامطمئن ( $n$ ) در آن محدودیت، از رابطه (۵) برای محاسبه  $\nu$  آن استفاده می‌گردد. اکنون با استفاده از روابط ۱ و ۳ الگوی تحلیل پوششی داده‌ها با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه کاری (RDEA) به صورت زیر فرموله می‌شود:

$$\begin{aligned} \max \quad & \theta_0 \\ \text{subject to} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - z_1 \Gamma_1^y - \sum_{r=1}^s p_{ro} \geq \theta_0, \\ & z_1 + p_{ro} \geq u_r g_{ro} \quad \forall r \\ & -f_{ro} \leq u_r \leq f_{ro} \quad \forall r \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{io} + z_2 \Gamma_2^x + \sum_{i=1}^m p_{io} = 1, \\ & z_2 + p_{io} \geq v_i g_{io} \quad \forall i \\ & -f_{io} \leq v_i \leq f_{io} \quad \forall i \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + z_3 \Gamma_{3j}^{xy} + \sum_{r=1}^s p_{rj} + \sum_{i=1}^m p_{ij} \leq 0, \quad \forall j \\ & z_{3j} + p_{rj} \geq u_r g_{rj} \quad \forall r, j \\ & z_{3j} + p_{ij} \geq v_i g_{ij} \quad \forall i, j \\ & -f_{rj} \leq u_r \leq f_{rj} \quad \forall r, j \\ & -f_{ij} \leq v_i \leq f_{ij} \quad \forall i, j \\ & u_r, v_i, p_{ro}, p_{io} \geq 0 \quad \forall r, i \\ & p_{ro}, p_{io}, p_{rj}, p_{ij} \geq 0 \quad \forall i, r, j \\ & z_1, z_2, z_3 \geq 0 \quad \forall j \end{aligned} \quad (6)$$

شایان ذکر است که با توجه به خصوصیات بهینه سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه کاری، در سطح احتمال انحراف از محدودیت (۱)  $(\theta = p)$  و همچنین سطح عدم اطمینان صفر  $(\epsilon = 0)$  مقادیر کارایی محاسبه از دو روش DEA متداول و روش پیشنهادی (RDEA) بطور قطعی نتایج یکسانی را به همراه دارد. در نهایت، از روش شبیه سازی مونت کارلو برای تولید اعداد تصادفی و ارزیابی الگوی پیشنهادی، استفاده شده است (۳۰). این شبیه سازی یک الگوریتم محاسباتی است که از نمونه گیری تصادفی برای محاسبه نتایج استفاده می‌کند. این روش در الگوهای بهینه سازی دارای عدم حتمیت جهت ارزیابی توانایی الگوی طراحی شده برای مقابله با تغییر پاسخهای بهینه در مواجهه با تغییر داده های الگوی مورد استفاده فراوان دارد (۲۲ و ۳). شکل ۱ مراحل انجام این فرایند را نشان می‌دهد. کلیه مراحل حل الگوی ۶ و انجام فرایند شبیه سازی مونت کارلو جهت ارزیابی این الگو توسط نرم افزار GAMS صورت پذیرفت.

اطلاعات مورد نیاز در این مطالعه از طریق تکمیل پرسشنامه با استفاده از نمونه گیری تصادفی و به صورت مصاحبه حضوری در سال ۱۳۹۲ جمع آوری شد. نمونه گیری تصادفی از روش های نمونه گیری

احتمالی بوده و هدف محقق اندازه گیری متغیرها در نمونه و تعمیم آن به جامعه می‌باشد. در این روش نمونه گیری واحدهای مورد انتخاب دارای شانس مساوی برای انتخاب شدن هستند. در مطالعه حاضر با استفاده از روش نمونه گیری معرفی شده توسط کوکران (۱۰) و تعداد کل جامعه آماری (۱۶۰۰ بهره بردار گندمکار در شهرستان نیشابور)، ۹۵ بهره بردار به عنوان نمونه انتخاب شدند.

## نتایج و بحث

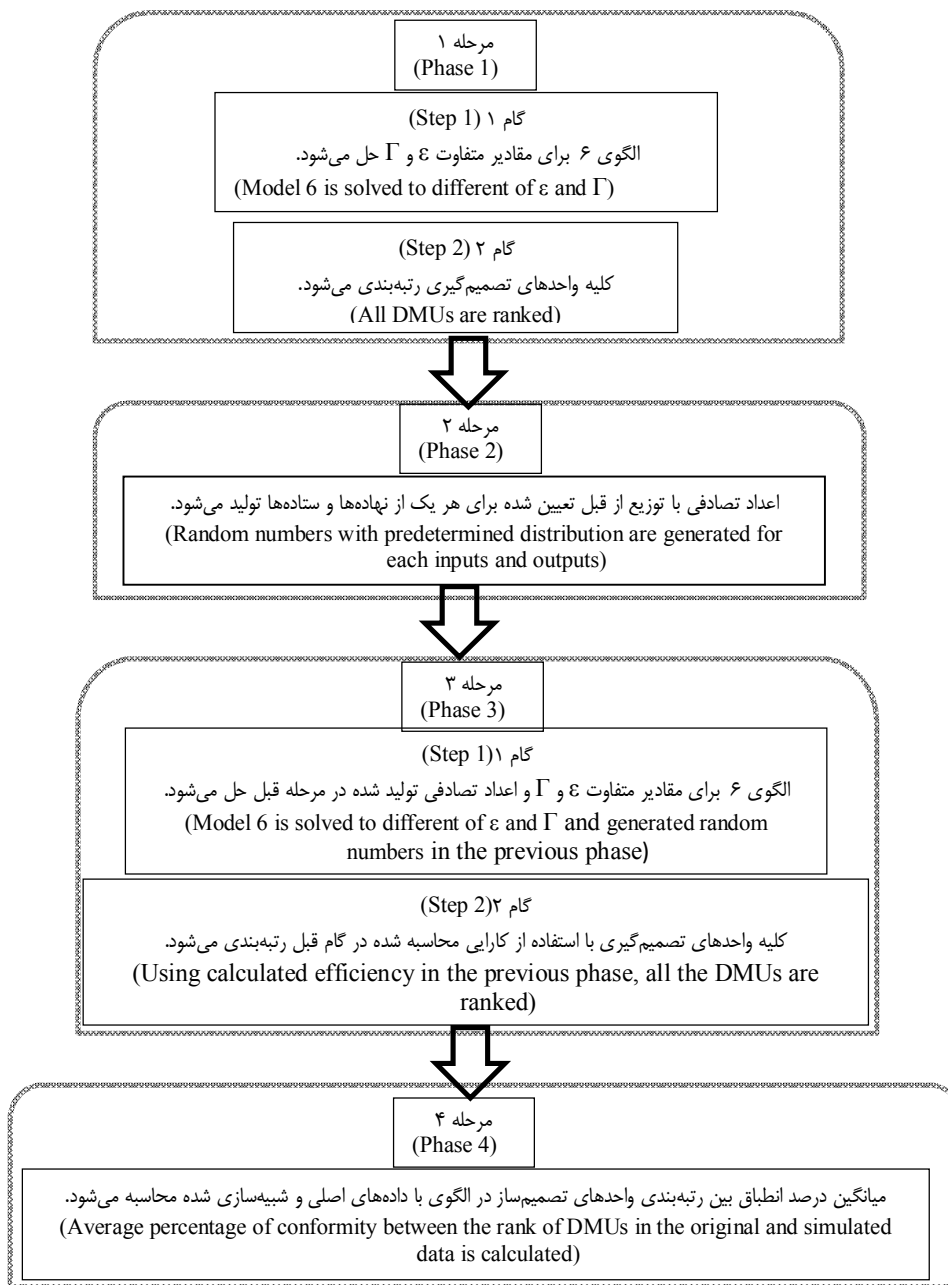
جدول ۱ توصیف آماری اطلاعات گردآوری شده را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که میزان میانگین، حداکثر و حداقل عملکرد مزارع نمونه شهرستان نیشابور به ترتیب ۲۶۰۰/۵۷، ۵۰۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. میانگین کود شیمیایی مصرفی ۵۴۸/۶۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که از حداکثر میزان مصرف این نهاد ۳۹ درصد کمتر و از حداقل مصرف آن ۴۴۸ درصد بیشتر است. همچنین، میانگین مقدار مصرف نهاده های بذر، نیروی کار و زمین (سطح زیرکشت) از حداکثر میزان مصرف این نهاده ها به ترتیب ۳۳، ۶۱ و ۹۳ درصد کمتر می‌باشد.

البته جهت مقایسه بین نهاده ها و ستاده ها باید از معیار مناسب تری از جمله ضریب تغییرات استفاده کرد. بیشترین درصد ضریب تغییرات در دو نهاده آفت کش و سطح زیرکشت به ترتیب با مقادیر ۱۳۸ و ۱۹۵ درصد مشاهده می‌شود. بررسی این ضریب نشان دهنده آن است که نهاده سطح زیرکشت به ترتیب ۳، ۷، ۶/۱ و ۱/۴ برابر بیشتر از نیروی کار، بذر، کود شیمیایی و آفت کش پراکندگی دارند.

جهت حل الگوی تحلیل پوششی داده ها با داده های نامطمئن ابتدا باید پارامترهای  $\Gamma_i$  را با استفاده از رابطه (۵) محاسبه کرد. حل این نامعادله توسط روش جستجوی دوتایی انجام پذیرفت. جدول ۳ مقادیر محاسبه شده برای سه پارامتر  $\Gamma_1^y$ ،  $\Gamma_2^x$  و  $\Gamma_3^{xy}$  را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با افزایش میزان احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود ( $p$ )، در سطوح ثابت  $m$  مقدار پارامتر کنترل کننده میزان محافظه کاری کاهش می‌یابد. احتمال انحراف محدودیت از کران آن محدودیت به میزان ۱۰۰ درصد این مفهوم را ایجاد می‌کند که به محدودیت های الگو اجازه داده شده که به طور کامل از کران تعریف شده در الگو انحراف داشته باشند که این خود باعث به وجود آمدن الگو در شرایط قطعیت می‌گردد. توجه شود که پارامترهای گامای بدست آمده در سطوح احتمال ۸۰ درصد به بالا همگی صفر شده که خود منجر به یکسان شدن نتایج حاصل از روش های DEA و RDEA می‌شود. این نتیجه دقیقاً مربوط به محاسبه معادله پیچیده است که به طور مستقیم به تعداد پارامترهای نامطمئن در الگو

صفر را به خود اختصاص داده و الگوی DEA معمولی را تداعی می کند.

بستگی دارد. چون تعداد پارامترهای نامطمئن در مطالعه حاضر فقط منحصر به یک ستاده و پنج نهاده (جمعا ۶ سری داده نامطمئن) بوده نتایج محاسبه پارامتر گاما از سطح احتمال ۸۰ درصد به بالا مقدار



شکل ۱- مراحل انجام شبیه سازی مونت کارلو جهت ارزیابی الگوی RDEA  
Figure 1- Steps of Monte Carlo simulation process to evaluating RDEA Model

جدول ۲- توصیف آماری اطلاعات گردآوری شده از شهرستان نیشابور  
Table 2- Statistical description of collected information from the Neyshabur County

آماره (Statistic)	نوع نهاده یا ستاده (Type of input or output)					ستاده (Output) عملکرد (Yield)
	سطح زیر کشت (Cultivated area)	نهاده‌ها (Inputs)			آفت کش (Pesticide)	
		نیروی کار (labour)	بذر (Seed)	کود شیمیایی (Chemical Fertilizer)		
واحد (Unit)	(ha)	(Man-day ha <sup>-1</sup> )			(Kg ha <sup>-1</sup> )	
میانگین (Average)	2.26	11.21	223.73	548.69	0.881	2600.57
حداکثر (Max)	35.00	29.00	333.38	900.0	6.670	5000
حداقل (Min)	0.25	1.00	98.00	100.0	0.000	500
انحراف معیار (Standard Deviation)	4.40	7.35	62.13	173.03	1.219	994.17
درصد ضریب تغییرات (Coefficient of Variation)	195	66	28	32	138	38

منبع: یافته‌های تحقیق  
Source: Research findings

جدول 3- مقادیر متفاوت حداکثر احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود با تعداد متفاوت پارامتر نامطمئن  
Table 3- Different levels of the maximum violation probability of each constraint with different number of uncertain parameters

$\Gamma$	$n =  j_i $	احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود Violation probability of each constraint from its bound									
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$\Gamma_1^y$	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.20	0	0	0
$\Gamma_2^x$	5	4.20	3.01	2.40	1.79	1.19	0.58	0	0	0	0
$\Gamma_{3j}^{xy}$	6	4.34	3.33	2.51	1.77	1.16	0.54	0	0	0	0

منبع: یافته‌های تحقیق  
Source: Research findings

سطوح احتمال ۸۰ و ۱۰۰ در الگوی RDEA با الگوی DEA است. دلیل این امر مقدار صفر مقادیر پارامتر کنترل کننده میزان محافظه کاری در سطوح احتمال ۸۰٪ و ۱۰۰٪ است (جدول ۳). حداکثر کارایی‌های مقیاس، فنی و فنی خالص در این شرایط نشان می‌دهد که برخی از واحدهای زراعی به صورت کاملاً کارا عمل کرده‌اند. همچنین، در سطح احتمال  $p=0.2$  مقادیر حداکثر و حداقل کارایی فنی به ترتیب ۰/۰۹۵ و ۰/۷۳۴ می‌باشد. در حالی که حداکثر و حداقل کارایی مقیاس در این شرایط در حدود ۰/۳۸۷ و ۰/۸۶۳ بوده که نشان دهنده نوسان کمتر نسبت به کارایی فنی می‌باشد. بطور کلی

جدول ۴ نتایج حاصل از برآورد کارایی‌های فنی، مقیاس و فنی خالص دو الگوی DEA و RDEA را برای مزارع نمونه در شهرستان نیشابور نشان می‌دهد. این نتایج در دو سطح عدم اطمینان معین صفر و ۱۰ درصد و سطوح احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود (p) به میزان ۲۰٪، ۴۰٪، ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که با افزایش احتمال (p) کاهش حفاظت الگو در مقابل داده‌های غیردقیق، میزان خصوصیات معرفی شده انواع کارایی شامل میانگین، حداکثر، حداقل و انحراف معیار افزایش یافته است. نکته حائز اهمیت در جدول مذکور برابری میزان کارایی‌های محاسباتی در

قابلیت و مهارت کشاورزان مزارع نمونه در شهرستان نیشابور در تولید گندم بالا است. نتایج نشان می‌دهد که در سطوح احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود به مقدار ۴۰٪ و ۶۰٪ هیچ یک از واحدهای نمونه کارایی مقیاس و فنی کاملاً کارا نداشته‌اند (حداکثر مقدار در کارایی مقیاس و فنی برابر یک نیست). با این وجود، در این شرایط کارایی فنی خالص (p=۰/۴ و p=۰/۶)، واحدهای کاملاً کارا بر اساس کارایی فنی خالص وجود دارد و این نشان دهنده مهارت کشاورزان مزارع نمونه حتی با فرض غیردقیق بودن داده‌های ورودی و خروجی است.

درصد ضریب تغییرات در کارایی فنی بیشتر از کارایی مقیاس و فنی خالص است. اما در سطوح احتمال p و کارایی‌های مختلف درصد ضریب نوسان تغییر کمی را تجربه کرده است. شایان ذکر است که در تحلیل کارایی از رویکرد نهاده‌گرا استفاده شده است. بر این اساس می‌توان گفت کارایی فنی و مقیاس پایین به این معنی است که اغلب زارعین از نظر تلاش برای تولید محصول مشخص با کمترین نهاده دارای شرایط یکسان نبوده‌اند. همچنین، ملاحظه می‌شود که میانگین کارایی فنی خالص در تمام سطوح احتمال p و عدم اطمینان معین بالاتر از میانگین کارایی فنی است. این امر نشان دهنده این است که

جدول ۴- خلاصه نتایج برآورد کارایی‌های مقیاس، فنی و فنی خالص برای مزارع نمونه در سطوح متفاوت احتمال p

Table 4- Summary assessment results of scale, technical and pure technical efficiencies for farms in sample in different levels of p

		کارایی مقیاس (Scale efficiency)					
		DEA (ε=0)	RDEA(ε=0.1)				
			p=0.2	p=0.4	p=0.6	p=0.8	p=1
میانگین (Average)	0.823	0.660	0.697	0.766	0.823	0.823	
حداقل (Min)	0.479	0.387	0.415	0.449	0.479	0.479	
حداکثر (Max)	1.000	0.863	0.919	0.974	1.00	1.00	
انحراف معیار (Standard deviation)	0.156	0.140	0.150	0.157	0.156	0.156	
درصد ضریب تغییرات (Percentage of Coefficient of variation)	19	21	22	20	19	19	
		کارایی فنی (Technical efficiency)					
		DEA (ε=0)	RDEA (ε=0.1)				
			p=0.2	p=0.4	p=0.6	p=0.8	p=1
میانگین (Average)	0.678	0.461	0.489	0.583	0.678	0.678	
حداقل (Min)	0.142	0.095	0.101	0.123	0.142	0.142	
حداکثر (Max)	0.0001	0.734	0.776	0.881	0.0001	0.0001	
انحراف معیار (Standard deviation)	0.224	0.157	0.167	0.194	0.224	0.224	
درصد ضریب تغییرات (Percentage of Coefficient of variation)	33	34	34	33	33	33	
		کارایی فنی خالص (Pure technical efficiency)					
		DEA (ε=0)	RDEA (ε=0.1)				
			p=0.2	p=0.4	p=0.6	p=0.8	p=1
میانگین (Average)	0.820	0.704	0.706	0.763	0.820	0.820	
حداقل (Min)	0.182	0.149	0.152	0.170	0.182	0.182	
حداکثر (Max)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
انحراف معیار (Standard deviation)	0.204	0.201	0.199	0.203	0.204	0.204	
درصد ضریب تغییرات (Percentage of Coefficient of variation)	25	29	28	27	25	25	

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings



اختلاف میانگین سطح مطلوب دارند. این امر نشان از اهمیت بسیار زیاد در نظر گرفتن موضوع عدم حتمیت در مسئله سیاست‌گذاری برای مزارع ناکارا دارد. به عنوان مثال، میانگین سطح مطلوب استفاده از نهاده بذر در الگوی DEA برابر ۱۲۵/۳۲۲ کیلوگرم در هکتار و در الگوی RDEA برابر ۱۶۰/۹۶۶ کیلوگرم در هکتار است که به ترتیب ۴۴٪ و ۲۸٪ کمتر از میانگین سطح فعلی مصرف این نهاده است. ملاحظه می‌شود که عدم انعطاف در الگوی DEA متداول ممکن است باعث ارائه سیاست‌گذاری‌های نامناسب برای استفاده مطلوب از منابع گردد.

جدول ۵ میانگین مقادیر هدف (مصرف مطلوب) نهاده‌های آفت‌کش، کود شیمیایی، بذر، نیروی کار و سطح زیرکشت محصول گندم برای مزارع نمونه در شهرستان نیشابور را در دو شرایط داده‌های دقیق ( $\epsilon=0$ ) و غیردقیق ( $\epsilon=0/1$  و  $p=0/2$ ) مشخص می‌کند. ملاحظه می‌شود که در هر دو شرایط مقدار میانگین مصرف کلیه نهاده‌ها کمتر از میانگین مقدار مصرف فعلی است. نکته قابل توجه در نتایج این جدول، پایین بودن اختلاف بین میانگین مقادیر مطلوب و فعلی با در نظر گرفتن داده‌های نامطمئن نسبت به حالت قطعیت در مقدار داده‌ها است. جهت بررسی معنی‌دار بودن این اختلاف از آزمون اختلاف میانگین T یک نمونه‌ای استفاده و نتایج نشان داد که کلیه نهاده‌ها در سطح معنی‌داری یک درصد در دو حالت قطعیت و عدم حتمیت

جدول ۵- میانگین مقادیر هدف نهاده‌های مورد مطالعه برای مزارع نمونه  
Table 5- The average amount of target inputs of the study for farms in sample

الگو (Model)	سطح احتمال (Probability level)	نهاده‌ها (Inputs)				
		سطح زیرکشت (Cultivated area)	نیروی کار (Labor)	بذر (Seed)	کود شیمیایی (Chemical fertilizer)	آفت‌کش (Pesticide)
		ha	Man- day ha <sup>-1</sup>		Kg ha <sup>-1</sup>	
DEA ( $\epsilon=0$ )	-	0.850	6.121	125.332	319.790	0.316
RDEA ( $\epsilon=0.1$ )	p=0.2	1.130	8.484	160.966	405.336	0.340
مقادیر فعلی (Current Value)	-	2.260	11.210	220.730	548.69	0.881

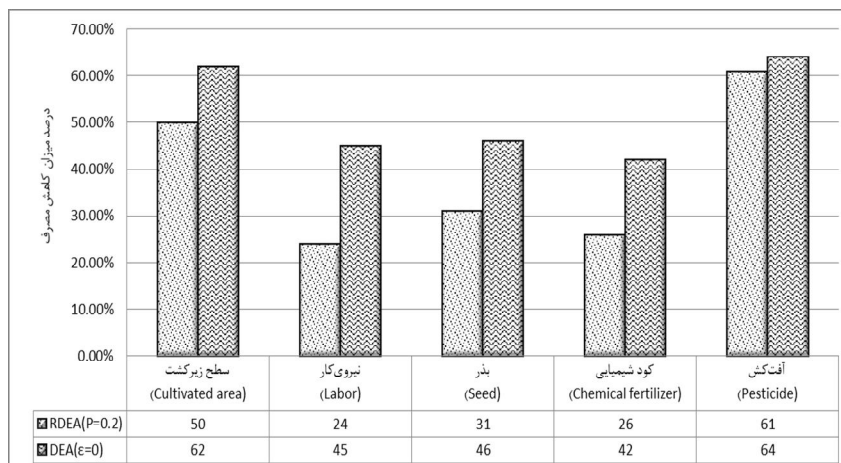
منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

(آفت‌کش و سطح زیرکشت) نسبت به سایر نهاده‌ها مبین این نکته است که این دو نهاده در هر دو شرایط قطعیت و عدم حتمیت داده‌های ورودی و خروجی از مهمترین عوامل ناکارایی کشاورزان نمونه شهرستان نیشابور بوده‌اند.

بررسی صحت و توانایی الگوی RDEA در اعمال داده‌های غیردقیق جهت برآورد نتایج کارایی مزارع نمونه در شهرستان نیشابور از اهمیت فراوانی برخوردار بوده و از شبیه‌سازی مونت کارلو جهت این ارزیابی بهره گرفته شد. برای انجام این ارزیابی، ۱۰۰ عدد تصادفی برای هر یک از داده‌های ورودی و خروجی، هر سطح احتمال انحراف محدودیت از کران خود و هر سطح عدم اطمینان معین تولید شده و الگوی RDEA برای این اعداد تصادفی تولید شده حل می‌شود. درصد انطباق رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده بین مسئله اصلی و مسئله شبیه‌سازی شده توسط اعداد تصادفی، تعیین‌کننده میزان قابلیت اعتماد به الگو برای تصمیم‌گیرندگان است.

شکل ۲ درصد کاهش میانگین مصرف مطلوب نسبت به میانگین مصرف واقعی در دو الگوی DEA و RDEA را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که درصد کاهش میانگین مصرف در تمام نهاده‌ها برای الگوی DEA بیشتر از الگوی RDEA است. همچنین، مشخص است که دو نهاده سطح زیرکشت و آفت‌کش بیشترین میزان ناکارایی را به کشاورزان ناکارا در شهرستان نیشابور تحمیل کرده‌اند (اختلاف زیاد بین مصرف مطلوب و مصرف واقعی). این نتیجه مطابق نتایج مجاوربان (۱۷) می‌باشد. کمترین میزان اختلاف بین درصد کاهش میانگین مصرف نهاده مطلوب و واقعی در دو الگوی DEA و RDEA مربوط به نهاده آفت‌کش است. بطوری که میزان کاهش از ۶۱٪ در الگوی DEA به ۶۴٪ در الگوی RDEA افزایش یافته است. بعد از نهاده آفت‌کش کمترین میزان اختلاف به نهاده سطح زیرکشت با افزایشی ۱۲ درصدی در الگوی DEA نسبت به RDEA مربوط است. این نوسان کم میزان کاهش میانگین مصرف در این دو نهاده



شکل ۲- درصد کاهش میانگین مصرف مطلوب (مقادیر هدف) نسبت به میانگین مصرف واقعی نهاده‌ها

Figure 2- The average of optimal use (target amounts) percent reduction of inputs compared to the average of actual use

وجود رایانه‌های قدرتمند کنونی و همچنین وجود الگوریتم‌های متعدد و کاربردی حل مسائل بهینه‌سازی غیر خطی در نرم‌افزارهایی نظیر GAMS قابل اغماض بوده و از لحاظ تکنیکی مشکل قابل ملاحظه‌ای به شمار نمی‌آید.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه حاضر به تعیین کارایی‌های فنی، مقیاس و فنی خالص ۹۵ مزرعه نمونه گندم (آبی) در شهرستان نیشابور پرداخته شد. جهت اعمال عدم اطمینان در داده‌های ورودی و خروجی از الگوی تحلیل پوششی داده‌ها با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری (RDEA) در سطوح متفاوت احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود و سطوح عدم اطمینان معین استفاده شد. نتایج نشان داد که در هر دو الگوی DEA و RDEA بیشترین میزان اختلاف بین میانگین مقدار مصرف مطلوب و مقدار واقعی مصرف نهاده‌ها مربوط به دو نهاده آفت‌کش و سطح زیرکشت است. از این‌رو، برگزاری کلاس‌های ترویجی در قالب رهیافت مشارکتی<sup>۷</sup> برای آموزش کشاورزان با هدف افزایش عملکرد و استفاده بهینه از زمین‌های کشاورزی موجود با استفاده از روش تلفیق دانش بومی و مدرن و برگزاری کلاس مدرسه در مزرعه<sup>۸</sup> با همکاری کشاورزان کاملاً کارا می‌تواند گام مؤثری در این مهم باشد. همچنین، سازماندهی ارگان‌های زیربسط جهت مدیریت تلفیقی آفات (IPM)<sup>۹</sup> برای کاهش مصرف غیر بهینه نهاده آفت‌کش در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود. همچنین، نتایج حاصل از

شکل ۳ میانگین درصد انطباق رتبه‌بندی مزارع نمونه توسط اعداد تصادفی تولید شده در روش شبیه‌سازی مونت کارلو در سطوح متفاوت احتمال  $p$  که مربوط به احتمال انحراف محدودیت از مقدار سمت راست خود و در نتیجه عدم وجود جواب‌های امکانپذیر برای مسئله مدل‌سازی شده بوده و سطوح متفاوت عدم اطمینان معین  $\epsilon$  که مربوط به میزان انحراف داده‌های نامطمئن از مقدار قطعی آنها است را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که کمترین میزان انطباق (بدترین شرایط برای داده‌های ورودی و خروجی) مربوط به سطح عدم اطمینان معین ۱۰٪ و سطح احتمال انحراف محدودیت از کران خود به میزان ۱۰۰٪ (بعبارت دیگر الگوی DEA متداول) می‌باشد که حدود ۳۰٪ انطباق را نشان می‌دهد. بعبارت دیگر در این سطح احتمال انحراف (p) و سطح عدم اطمینان معین ( $\epsilon$ ) از ۱۰۰ مرتبه حل مدل RDEA با مجموعه عدد تصادفی ایجاد شده در شبیه‌سازی مونت کارلو در ۳۰ مورد حل مدل RDEA رتبه‌بندی کارایی مزارع دقیقاً مشابه رتبه‌بندی کارایی مدل DEA است. کاهش شدید میزان انطباق در سطوح احتمال  $p$  بیشتر از ۰/۷، همانطور که قبلاً ذکر شد، به دلیل وجود پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری با ارزش صفر است که موجب تبدیل الگوی RDEA به الگوی DEA می‌گردد. بیشترین میزان انطباق در الگوی RDEA در حدود ۷۵٪ است. بعبارت دیگر، از ۱۰۰ مرتبه حل الگوی RDEA با اعداد تصادفی شبیه‌سازی شده، ۷۰ مرتبه آن دارای رتبه‌بندی یکسان با رتبه‌بندی داده‌های اصلی در مدل DEA مطالعه است. با توجه به این نتایج می‌توان اظهار داشت که الگوی RDEA یک الگوی منعطف و قدرتمند در تحلیل پوششی داده‌های غیردقیق است. البته نقطه ضعفی که در این مدل نمایان است، پیچیدگی محاسباتی و افزایش تعداد محدودیت‌های مدل RDEA نسبت به مدل DEA متداول است. البته این ضعف با

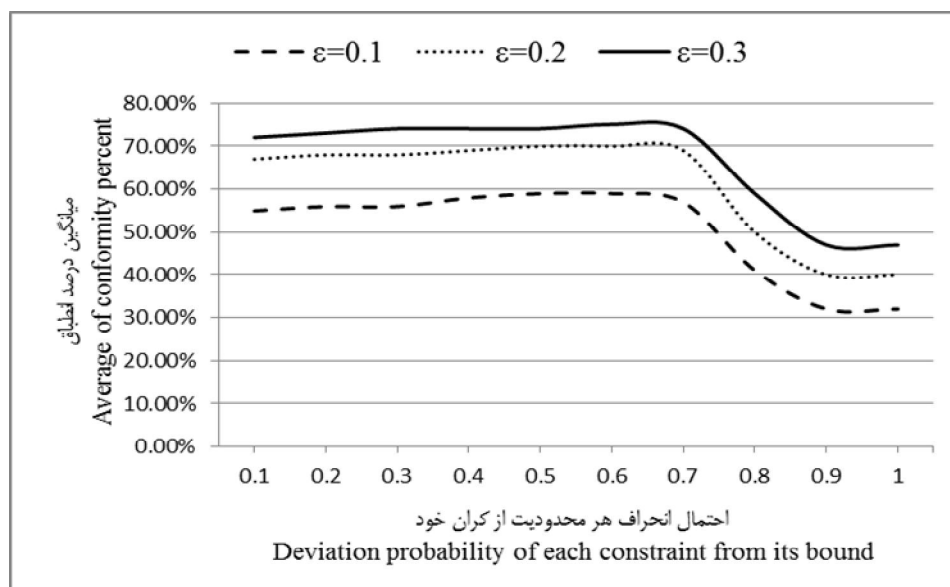
7- Participatory Extension

8- Farmer Field School

9- Integrated Pest Management

از کنترل کشاورز می‌باشد، استفاده از نتایج الگوی RDEA برای انجام مراحل اصلاح‌سازی رفتار غیر بهینه کشاورزان ناکارا در منطقه مورد مطالعه توصیه می‌شود.

شبیه‌سازی الگوی RDEA نشان داد که این الگو از انعطاف‌پذیری بسیار زیادی در مقابل داده‌های غیردقیق برخوردار است. از این رو، با توجه به اینکه کشاورزی فرایندی است که در هر لحظه از زمان با مسئله عدم حتمیت همراه بوده و این از عواملی است که معمولاً خارج



شکل ۳- میانگین درصد انطباق رتبه‌بندی مزارع نمونه توسط اعداد تصادفی تولید شده در روش شبیه‌سازی مونت کارلو در سطوح متفاوت احتمال  $p$  و عدم اطمینان  $\epsilon$

Figure 3- The average of percent conformity of farms in sample ranking using random numbers generated by the Monte Carlo simulation method in different levels of  $p$  and  $\epsilon$

## منابع

- 1- Ahmad Z., and Jun M. 2015. Agricultural production structure adjustment scheme evaluation and selection based on DEA model for Punjab (Pakistan). Journal of Northeast Agricultural University, 22: 87-91.
- 2- Babaei M., Paknejad H., Mardani M., and Salarpour M. 2012. Evaluating crop efficiency of Jahrom city using interval data envelopment analysis (IDEA). Journal of Operations Research applications, 35: 43-53. (In Persia)
- 3- Banker R.D., Charnes A., and Cooper W.W. 1984. Some models for estimation technical and scale efficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30: 1078-1092.
- 4- Ben-Tal A., and Nemirovski A. 1999. Robust solutions to uncertain programs. Journal of Operations Research Letters, 25: 323-331.
- 5- Ben-Tal A., and Nemirovski A. 2000. Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data. Journal of Mathematical Programming, 88: 411-424.
- 6- Bertsimas D., and Sim M. 2003. Robust discrete optimization and network flows. Journal of Mathematical Programming, 98: 49-71.
- 7- Bertsimas D., and Sim M. 2004. The price of robustness. Operations Research 52: 35-53.
- 8- Charnes A., Cooper W.W., Golany B., and Seiford L. 1985. Foundation data envelopment analysis of Pareto-Koopmans efficient empirical production functions. Journal of Econometrics, 30: 91-107.
- 9- Charnes A.W., Cooper W., and Rhodes D. 1978. Measuring the efficiency of decision making unit. European Journal of Operational Research, 2: 429-444.
- 10- Cochran W.G. 1977. Sampling Techniques. New York: Willey.
- 11- Coeli T., Parsada R., and Battese E. 1998. An introduction to efficiency and productivity analysis. Bostone: Kluwer Academic Pub.
- 12- Department of Jihad Keshavarzi of Khorasan Razavi. 2012. Statistical Yearbook of Agriculture Unpublished results. (in Persia)

- 13- Despotis D.K., Maragos E.K., Smirlis Y.G. 2006. Data envelopment analysis with missing values: An interval DEA approach. *European Journal of Operational Research*, 140: 24–36.
- 14- Dupacova J., Growe-Kuska N., and Romish W. 2003. Scenario reduction in stochastic programming: an approach using probability metrics. *Mathematical Programming Series A*, 95: 493–511.
- 15- El-Ghaoui L., Oustry F., and Lebret H. 1998. Robust solutions to uncertain semidefinite programs. *SIAM Journal on Optimization*, 9: 33-52.
- 16- Faramarzi M., Yang H., Schulin R., and Abbaspour K.C. 2010. Modeling wheat yield and crop water productivity in Iran: Implications of agricultural water management for wheat production. *Agricultural Water Management*, 97: 1861-1875.
- 17- Gaspar F.J., Mesias M., and Pulido F. 2009. Assessing the technical efficiency of extensive livestock farming systems in Extremadura, Spain. *Livestock Science*, 121: 7–14.
- 18- Guo P., and Tanaka H. 2001. Fuzzy DEA: A perceptual evaluation method. *Fuzzy Sets and Systems*, 119:149–160.
- 19- Han Y., Geng Z., Zhu Q., and Qu Y. 2015. Energy efficiency analysis method based on fuzzy DEA cross-model for ethylene production systems in chemical industry. *Energy*, 83: 685-695.
- 20- Jahanshahloo G.R., and Alirezaee M.R. 1992. Measuring the efficiency of academic units at the Teacher Training University. In Proc.26th Annul Iranian Mathematic, Conference, pp. 167-171.
- 21- Kao C., and Liu S.T. 2003. A mathematical programming approach to fuzzy efficiency ranking. *International Journal of Production Economics*, 86: 145-154.
- 22- Kazemi M., and Nikkhah Z. 2009. Application of DEA in measuring and analyzing the relative performance of counties of Khorasan Razavi province in wheat-rainfed cultivation. *Journal of Economics and Agricultural Development*, 23: 87-94.(In Persian)
- 23- Lertworasirikul S., Shu-Cherng F., Joines J.A, and Nuttle H.L.W. 2003. Fuzzy data envelopment analysis (DEA): A possibility approach. *Fuzzy Sets and Systems*, 139: 379–394.
- 24- Mardani M., Sakhdari H., and Sabouhi M. 2010. Application of multi objective programming and Controller parameters of conservatism in agricultural planing, Case study: Mashhad city. *Journal of Agricultural Economics Research*, 2: 161-187. (In Persian)
- 25- Mazhari M., and Mohades Hoseini S.A. 2007. Measuring and comparing the production factors of agricultural strategic products in Khorasan-razavi. *Journal of Economic and Agriculture*, 4: 115-121. (In Persian)
- 26- Mojaverian M.S. 2006. Studying the relationship between productivity and production efficiency with the size of the rice fields of Mazandaran. *Journal of Economic and Agriculture*, 1: 12-21. (In Persian)
- 27- Movahedi M.M., and Hoseini S.M. 2009. nvestigating and ranking the different areas of the railway of Islamic Republic of Iran using data envelopment analysis. *Journal of Applied Mathematics of Lahijan*, 24: 49-64. (In Persian)
- 28- Sabouhi M., and Mardani M. 2010. Investigating The effect of rainfall on cropping pattern and total gross margin in right irrigation network of nekouabad diversion dam. *Journal of Agricultural Economics Research*, 5: 202-221. (In Persian)
- 29- 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. (In Persian)
- 30- Shokouhi AH, 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.
- 31- Singh A., and Kathuria LM. 2016. Understanding drivers of branded food choice among low-income consumers. *Food Quality and Preference*, 52: 52-61.
- 32- Skevas T., Stefanou SE., and Oude Lansink A. 2014. Pesticide use, environmental spillovers and efficiency: A DEA risk-adjusted efficiency approach applied to Dutch arable farming. *European Journal of Operational Research*, 237: 658-664.
- 33- Toma E., Dobre C., Dona I., and Cofas E. 2015. DEA applicability in assessment of agriculture efficiency on areas with similar Geographically Patterns. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6: 704-711.
- 34- Tsionas EG. 2003. Combining DEA and stochastic frontier models: An empirical Bayes approach. *European Journal of Operational Research*, 147: 499-510.
- 35- Yang D., and Liu Z. 2012. Does farmer economic organization and agricultural specialization improve rural income? Evidence from China. *Economic Modelling*, 29: 990-993.
- 36- Yilmaz B., Yurduse M., and Harmancioglu N. 2009. The assessment of irrigation efficiency in Buyuk Menderes Basin. *Water Recourses Management*, 23: 1081-1095.
37. Yu JR., Tzeng YC., Tzeng GH., Yu TY., and Sheu HJ. 2004. A fuzzy multiple objective programming to DEA with imprecise data, *International Journal of Uncertainty. Fuzziness & Knowledge-Based Systems*, 12: 591-600.