نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۱/ شماره ۲/ پیاپی ۲۳/ تابستان ۱۴۰۱ (۱۹-۳۱)
https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2022.10128.552

مقاله پژوهشی

تأثیر اندازه‌های مختلف مزارع بر کارایی فنی مزارع برنج (مطالعه موردی: شهرستان رشت)

رضا اسفنجاری کناری[۱]، مهدی خانی[۲]* و سید حسین پیمان[۳]

چکیده

هدف مطالعه حاضر، تجزیه و تحلیل کارایی و نسبت شکاف فن‌آوری مزارع برنج شهرستان رشت است. برای انجام تحقیق از اطلاعات ۵۳۱ کشاورز استفاده شده است. این اطلاعات در سال ۱۳۹۷ با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای متناسب با حجم جامعه به دست آمد. به منظور اجتناب از اریب ناشی از مطالعه کشاورزان دارای صفات و رفتارهای تصمیم‌گیری متفاوت، مزارع نمونه با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و بر حسب اندازه به سه گروه کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم شدند. در این مطالعه جهت برآورد کارایی فنی نسبت به مرز گروهی، از مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) استفاده شد و برای برآورد نسبت شکاف فن‌آوری (TGR) از روش فرا مرزی (Metafrontier) استفاده شده است. نتایج نشان داد که متوسط کارایی فنی گروهی بهره‌برداران مزارع کوچک ۸۵/۲ درصد، برای بهره‌برداران مزارع متوسط ۸۸/۳ درصد و در مزارع بزرگ ۸۹/۱ درصد است. یعنی این واحدها با به‌کاربردن میزان مشخصی از نهاده‌های تولید، به‌طور متوسط به‌ترتیب حدود ۸۵ درصد، ۸۸ درصد و ۸۹ درصد مقدار محصولی را تولید می‌کنند که با استفاده از میزان نهاده فعلی و سطح فن‌آوری موجود می‌توانست تولید شود. افزون بر این، نتایج حاصل از تخمین کارایی فنی نسبت به تابع فرا مرزی نشان داد که شکاف فنی بین بهترین کشاورز و سایر کشاورزان در گروه مزارع بزرگ کمینه و در گروه مزارع کوچک بیشینه بوده است. نسبت شکاف فن‌آوری برای سه گروه فوق به ترتیب ۰/۸۰، ۰/۸۲ و ۰/۹۰ است. یعنی مزارع بزرگ عملکرد تکنیکی بهتری دارند و دارای نسبت شکاف فن‌آوری بالاتری در مقایسه با مزارع کوچک و متوسط هستند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، شهرستان رشت، مدل فرا مرزی، نسبت شکاف فن‌آوری.

ارجاع: اسفنجاری کناری ر، خانی م، و پیمان س، ح، ۱۴۰۱. تأثیر اندازه‌های مختلف مزارع بر کارایی فنی مزارع برنج (مطالعه موردی: شهرستان رشت). نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی، ۲۳: ۱۹-۳۱. https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2022.10128.552

۱- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان.
۲- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان.
۳- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان.
*** نویسنده مسئول**: **mahdikhani@guilan.ac.ir**
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۳

مقدمه

پیش‌بینی می‌شود جمعیت جهانی تا سال ۲۰۵۰ به ۹/۱ میلیارد نفر (۳۴ درصد بیشتر از امروز) برسد که منجر به افزایش تقاضا برای مواد غذایی می‌شود (FAO, 2019). تقاضای جهانی غذا از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۵۰ به میزان ۱۱۰- ۱۰۰ درصد افزایش خواهد یافت (Tilman *et al.*, 2011). بنابراین چالش آینده سیستم‌های کشاورزی، تولید غذای کافی جهت تأمین تقاضای جمعیت آینده است. افزایش کارایی در کشاورزی به عنوان یک راه‌حل برای پاسخگویی به مشکلات افزایش تقاضای مواد غذایی برای جمعیت رو به رشد جهانی، خطرات ناشی از تغییرات آب و هوایی، آلودگی زیست‌محیطی و کاهش تنوع زیستی است (Barnes *et al.*, 2016; Gadanakis *et al.*, 2015). برنج در ایران یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی محسوب می‌شود که پس از گندم و پنبه، بیشترین سطح زیرکشت را در کشور دارد. بر پایه آخرین آمار سازمان خوار و بار و کشاورزی ملل متحد، سطح زیرکشت این محصول در ایران بیش از ۵۷۱ هزار هکتار بوده که ارزش ناخالص تولیدی معادل ۱۴۷۳/۳۴ میلیون دلار بر پایه قیمت‌های ثابت سال ۲۰۰۶ و ۲۷۶۵/۷۹ میلیون دلار بر پایه قیمت‌های جاری داشته است (FAO, 2017).

علی‌رغم برنج‌کاری در ۱۶ استان کشور، استان‌های مازندران، گیلان، گلستان، فارس و خوزستان از استان‌های عمده تولیدکننده این محصول هستند که در این بین، استان‌های مازندران، گیلان و گلستان سهم بیشتری در تولید برنج دارند. استان گیلان با سطح زیرکشت ۲۳۶۴۳۱ هکتار دارای رتبه اول بیشترین سطح زیرکشت و همچنین با تولید ۹۱۲۰۱۶ تن شلتوک دارای رتبه دوم تولید برنج در کشور است (Ministry of Agriculture Jihad, 2018). شهرستان رشت به عنوان مرکز استان با داشتن ۶۲۳۳۶ هکتار برنج‌کاری و تولید سالیانه بالغ بر ۲۶۱ هزار تن برنج سفید، ۲۶ درصد از سطح زیرکشت برنج‌کاری استان گیلان و حدود ۱۱ درصد از سطح زیرکشت برنج کشور را به خود اختصاص داده و بزرگ‌ترین شهرستان برنج‌کاری کشور است (Ahmadzadeh, 2020).

مطالعه راهکارهای خودکفایی و افزایش کارایی و بهره‌وری در امر تولید این محصول راهبردی، اهمیت زیادی برای کشور دارد. کشورهای درحال‌توسعه به دلیل کمبود منابع و فرصت‌ها برای پذیرش و توسعه فن‌آوری جدید می‌توانند به مقدار زیاد از نتیجه مطالعاتی که در زمینه کارایی فنی انجام می‌شود، به نفع خود استفاده نمایند. زیرا نتیجه این مطالعات نشان می‌دهد که چگونه هنوز امکان افزایش کارایی بدون افزایش در منابع اساسی و یا گسترش فن‌آوری جدید وجود دارد (Esfanjari Kenari, 2012). با توجه به محدود بودن منابع و به خصوص سوخت‌های فسیلی، استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی از جمله نهاده سطح زیرکشت، اهمیت فراوانی دارد(Hatirli *et al.*, 2005). بنابراین حرکت به سمت الگوی با بازده تولید بیش‌تر، یعنی کشاورزی مدرن، اجتناب‌ناپذیر است.

با توجه به سازگاری اقلیم استان گیلان با شرایط مناسب برای تولید برنج، ضروری است برای افزایش تولید و اقتصاد این محصول، از پتانسیل‌های موجود بیشترین استفاده به عمل آید. این امر در صورتی محقق خواهد شد که از همه نیروهای فکری و کارشناسی شاغل در استان در تلفیق با تجربیات زارعین پیشرو بهره‌گیری شود. شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی عملکرد وجود دارد. یکی از مهمترین این شاخص‌ها بررسی عملکرد با استفاده از شاخص کارایی است. واحدهای کارآمد نه تنها منابع را هدر نمی‌دهند، بلکه تخصیص منابع را نیز به درستی انجام می‌دهند (Ahmadzadeh, 2020). یکی از عوامل موفقیت کشورهای پیشرفته، توجه به کارآمدی واحدهای اقتصادی است. از این رو بهبود کارایی فنی می‌تواند نقش مهمی را مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه برای تکامل سیستم‌های کشاورزی ایفا کند (Esfanjari Kenari, 2012).

محدودیت منابع تولید در جوامع مختلف سبب شده که افزایش تولیدات مختلف کشاورزی با تأکید ویژه بر ارتقای بهره‌وری عوامل تولید، مدنظر سیاست‌گذاران قرار گیرد. در این میان بهبود کارایی و نسبت شکاف فن‌آوری واحدهای تولیدی می‌تواند یک راه‌کار عملی در راستای ارتقای بهره‌وری عوامل تولید محسوب شود.

هدف کلی این تحقیق، برآورد کارایی و نسبت شکاف فن‌آوری اندازه‌های مختلف مزارع کشت برنج در شهرستان رشت است تا بدین وسیله تمهیدات لازم جهت افزایش عملکرد کشاورزان، مورد بررسی قرار گیرد. نسبت شکاف فن‌آوری، نشان‌دهنده تفاوت میان عملکرد یک واحد یا گروهی از واحدهای تولیدی (سطح فن‌آوری مرزی

گروهی) نسبت به حالت بهینه (فن‌آوری فرا مرزی) است. مقدار این نسبت، بین صفر (کمینه) و یک (بیشینه) است. هرچقدر این نسبت بزرگ‌تر باشد و به ۱ نزدیک‌تر شود، نشان‌دهنده این است که بین فن‌آوری مرزی گروهی و فن‌آوری فرا مرزی تفاوت چندانی وجود ندارد ولی با کوچک‌تر شدن این نسبت، شکاف فن‌آوری میان این دو حالت افزایش می‌یابد.

ارقام برنجی که در گیلان کشت می‌شوند، عمدتاً به ترتیب سطح زیرکشت شامل ارقام صدری هاشمی، جمشیدجو، خزر، صدری علی‌کاظمی، شیرودی، صدری دم‌سیاه، صدری حسن‌سرا، گیلانه و فجر هستند. رقم صدری هاشمی جزء ارقام بومی استان بوده و به تنهایی بیش از ۷۲ درصد سطح زیرکشت استان را به خود اختصاص داده است (Hashemi Chafjiery, 2019). به همین دلیل مطالعه حاضر، کشاورزانی را مورد بررسی قرار داده که رقم صدری هاشمی را در سال ۱۳۹۷ کشت نموده‌اند. برنج‌های گروه صدری، از مرغوب‌ترین برنج‌های محلی هستند. این گروه دارای شلتوک بلند و باریک بوده و دانه‌های نسبتاً بلندی دارند. طول دانه بیش از هفت میلی‌متر است و دوران رشد این گروه، از ۱۵۰ تا ۱۶۰ روز متغیر است (Zamani & Alizadeh, 2005).

مطالعات زیادی در مورد بررسی کارایی فنی و شکاف فن‌آوری انواع محصولات کشاورزی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. اما با وجود بررسی‌های انجام‌شده، مطالعه‌ای که نسبت شکاف فن‌آوری اندازه‌های مختلف مزارع برنج را مورد بررسی قرار دهد یافت نشد. لذا در ادامه صرفاً به بررسی مطالعاتی پرداخته می‌شود که از روش‌های مختلفی، کارایی فنی و نسبت شکاف فن‌آوری محصولات مختلف کشاورزی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند.

محققان، در پژوهشی با استفاده از روش غیر پارامتری، کارایی فنی ۴۰۰ برنج‌کار مرکز تایلند را محاسبه کردند. بر اساس نتایج، متوسط کارایی برنج‌کاران ۵۱/۸۶ درصد بود. بیش‌تر کشاورزان مورد مطالعه در سطح پایینی از کارایی قرار داشتند. همچنین بین کارایی مزرعه و نیروی کار خانگی، استفاده از بذر مطمئن و کنترل آفات، رابطه معنی‌داری وجود داشت (Taraka *et al.*, 2010) .

در مطالعه‌ای که با هدف بررسی عوامل موثر بر کارایی فنی برنج‌کاران استان مازندران انجام شد، برای تخمین کارایی فنی از مدل غیر پارامتری تصادفی فراگیر داده‌ها (StoNED) استفاده شد.

نتایج نشان داد که متوسط کارایی فنی بهره‌برداران مزارع کوچک، متوسط و بزرگ، به‌ترتیب ۶۷، ۸۹ و ۷۸ درصد بود (Esfanjari Kenari *et al.*, 2012).

در مطالعه‌ای دیگر به ارزیابی و مقایسه کارایی فنی دو گروه از مزارع شالیکاری تحت پوشش طرح ملی افزایش تولید برنج و مزارع معمولی در منطقه پیربازار شهرستان رشت پرداخته شد. نتایج حاصل نشان داد که میانگین سطوح کارایی فنی مزارع تحت پوشش طرح، در الگوهای با فرض بازده ثابت به مقیاس و بازده متغیر به مقیاس، به ترتیب معادل ۹۹/۲ و ۹۹/۶ درصد بود، در حالی‌که این مقادیر برای مزارع معمولی منطقه ۹۷/۱ و ۹۷/۶ برآورد شده بود. نتایج این تحقیق بیان‌گر این بود که مهم‌ترین علت بالاتر بودن کارایی و کم‌تر بودن هزینه‌های تولید در مزارع تحت پوشش طرح، تفاوت در نحوه استفاده از نهاده‌ها بود (Kavoosi Kalashami *et al.*, 2017).

در مطالعه‌ای کارایی‌های فنی، مقیاس، تخصیصی و اقتصادی در واحدهای کشاورزی تولیدکننده خرما با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها برآورد شد. نتایج تحقیق نشان داد که میانگین کارایی‌های فنی، مقیاس، تخصیصی و اقتصادی به ترتیب برابر با ۶۱/۱۵، ۶۶/۲، ۴۶/۱۴ و ۲۸/۲۲ درصد است. از سوی دیگر، بررسی نهاده‌های مصرفی بیان‌گر این امر بود که نهاده‌های تولیدی، بیشتر از مقدار بهینه استفاده شده‌اند. همچنین تحلیل اقتصادسنجی انجام‌شده بر پایه رگرسیون توبیت، مبین این مسئله بود که متغیرهای سن باغدار، میزان تحصیلات وی، میزان سرمایه واحدهای کشاورزی و ارتباط با مراکز ترویجی، اثر معنی‌داری بر روی کارایی فنی واحدهای کشاورزی داشتند (Abdpur *et al.*, 2017).

محققان دیگری به منظور برآورد کارایی زیست‌محیطی تولید برنج در شهرستان بابلسر از روش تابع مرزی تصادفی به شکل تابعی ترانسلوگ استفاده کردند. بر اساس نتایج آن‌ها، میانگین کارایی فنی برابر با ۸۷ درصد بود که از شکاف کارایی ۳۸ درصدی بین شالیزارها حکایت داشت. میانگین کارایی زیست‌محیطی برآوردشده نیز برابر با ۷۷ درصد محاسبه شد (Molai *et al.*, 2017) .

در پژوهشی، محققین به تخمین کارایی فنی برنج‌کاران کشور تایلند پرداختند. به منظور تخمین کارایی برنج‌کاران

در این کشور، از تابع فاصله جهت‌دار با جهت‌های مختلف استفاده شد. بسته به نوع انتخاب بردار جهت، میانگین کارایی فنی کشاورزان تایلندی حدود ۸۴/۱ درصد تا ۹۹ درصد به دست آمد. نتایج تخمین مدل DNSE[1] (کارایی مازاد مواد مغذی جهت‌دار) در سیستم‌های کشاورزی برنج تایلند نیز نشان داد، میزان تخلیه مازاد نیتروژن به محیط زیست توسط برنج‌کاران تایلندی به طور متوسط از ۲۰/۱ تا ۵۰/۷ کیلوگرم در هکتار و تخلیه مازاد فسفر به محیط از ۱۱ تا ۲۸/۷ کیلوگرم در هکتار است (Saelee, 2017).

در مطالعه‌ای دیگر، کارایی فنی تولید برنج در منطقه بالادست دلتای مکونگ[2] در ویتنام مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. در ابتدا کل کشاورزان مورد مطالعه به دو گروه تقسیم شدند (گروه یک: کشاورزانی که از روش کشت سازگار با محیط زیست استفاده می‌کردند و گروه دو: کشاورزانی که از روش کشت معمولی یا رایج استفاده می‌کردند). نتایج نشان داد اگرچه میانگین کارایی فنی گروه یک بیشتر از گروه دو بوده است، اما میانگین کارایی فنی این دو گروه تفاوت معنی‌داری نداشتند. میانگین کارایی محیط زیستی تولید برنج در روش معمولی برابر با ۱۶/۲۵ درصد و در روش‌های کشت سازگار با محیط زیست برابر با ۲۱/۱ درصد برآورد گردید (Tu *et al.*, 2019).

در اکثر مطالعات انجام‌شده در زمینه کارایی، فرض بر این بوده که فن‌آوری تولید در تمام مزارع (بنگاه‌ها یا مناطق) موردمطالعه یکسان است. در حالی‌که در مطالعات اخیر، فرض یکسان‌بودن فن‌آوری‌های تولید و همچنین یکنواختی در مرزهای تولید مناطق مختلف کنار گذاشته شده است. این فرض عدم یکنواختی فن‌آوری سبب شده که نتوان کارایی فنی گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه نمود. برای این منظور، چارچوب تابع مرزی پوششی[3] توسط (Battese & Rao, 2002; Battese *et al.*, 2004; Rao *et al.*, 2003) پیشنهاد شده است. امروزه مطالعات گوناگونی جهت مطالعه تفاوت گروهی و محاسبه نسبت شکاف فن‌آوری از این روش استفاده کرده‌اند. کارایی فنی برآورد شده در این روش، اختلاف نسبتاً زیادی با کارایی فنی به دست آمده با روش معمولی دارد (Chen & Song, 2008; Kramol *et al.*, 2010; Zibaei & Jafari Sani, 2008)

در مطالعه‌ای (Saeedian *et al.*, 2013) با استفاده از مفهوم فرا مرزی (MF)، رابطه بین نسبت شکاف فن‌آوری و ارقام مختلف خرما مورد بررسی قرار گرفت. ارقام در نظر گرفته شده در این مطالعه مضافتی، ربیع و زردان بودند که به طور گسترده در استان سیستان و بلوچستان تولید می‌شدند. نسبت شکاف فن‌آوری برای خرمای مضافتی ۰/۴۰۷ و برای ربیع و زردان به ترتیب ۰/۴۳۲ و ۰/۵۰۷ به دست آمد. نتایج نشان داد که هنوز هم می‌توان بدون استفاده از منابع بیشتر و یا گسترش فن‌آوری‌های جدید، کارایی را افزایش داد.

در تحقیقی (Esfanjari Kenari *et al.*, 2015) با استفاده از تابع مرزی پوششی، نسبت شکاف فن‌آوری روش‌های مختلف آبیاری محصول گندم در استان فارس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مزارع نمونه بر حسب روش‌های مختلف آبیاری به دو گروه دارای سیستم آبیاری بارانی و فاقد سیستم آبیاری بارانی تقسیم شدند. نتایج حاصل از تخمین تابع تولید مرزی گروهی نشان داد، کارایی فنی برای گروه دارای سیستم آبیاری بارانی ۰/۸۷ درصد و برای گروه فاقد سیستم آبیاری بارانی ۰/۸۲ درصد بود. یعنی این واحدها به ترتیب حدود ۸۷ و ۸۲ درصد مقدار محصولی را تولید می‌کنند که با استفاده از همین میزان از نهاده و فن‌آوری موجود می‌توانست تولید شود. همچنین نتایج نشان داد گروهی که دارای سیستم آبیاری بارانی بودند نسبت به گروهی که فاقد سیستم آبیاری بودند، نسبت شکاف فن‌آوری بالاتری داشتند.

در مطالعه‌ای (Abdi *et al.*, 2016) کارایی فنی و نسبت شکاف فن‌آوری در مرغداری‌های گوشتی شهرستان سنندج مورد بررسی قرار گرفت. جهت انجام این تحقیق از رهیافت اقتصادسنجی و برآورد تابع تولید مرزی تصادفی و تابع مرزی پوششی استفاده شد. تخمین تابع تولید مرزی گروهی گویای این بود که کارایی فنی برای گروه‌های مختلف در محدوده ۸۹ تا ۹۵ درصد و میانگین کارایی فنی براساس تابع تولید فرا مرزی در محدوده ۴۴ تا ۷۶ درصد بود. نسبت شکاف فن‌آوری برای واحدهای کوچک، متوسط و بزرگ به ترتیب ۰/۸۴، ۰/۴۶ و ۰/۴۸ به دست آمد. بنابراین واحدهای مرغداری با ظرفیت متوسط، از لحاظ نسبت شکاف فن‌آوری وضعیت مطلوب‌تری داشتند. به همین دلیل اتخاذ تمهیدات و تدابیر لازم در جهت

1- Directional Nutrient Surplus Efficiency
2- Mekong delta
3- Meta Stochastic Production Function

تعدیل ظرفیت واحدهای تولیدی در راستای گسترش مرغداری‌های با ظرفیت متوسط توصیه شده است.

در اندونزی، (Junaedi *et al.*, 2016) کارایی فنی کشت برنج را با به کارگیری روش فرا مرزی مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد که استفاده از روش‌های مرزی در برآورد کارایی منجر به سیاست‌های غلط خواهد شد. از این‌رو پیشنهاد شد از روش‌های فرا مرزی جهت برآورد دقیق‌تر کارایی فنی استفاده شود.

جمع‌بندی از مرور مطالعات نشان داد که در اکثر مطالعاتی که در زمینه کارایی انجام شده، فرض بر این بوده است که فن‌آوری تولید در تمام مزارع موردمطالعه یکسان است. در حالی‌که در مطالعات اخیر، فرض یکسان‌بودن فن‌آوری‌های تولید و همچنین یکنواختی در مرزهای تولید کنار گذاشته شده است. همچنین نتایج بررسی مطالعات نشان داده که در صورت همگن نبودن نمونه مورد بررسی، نتایج روش‌های مرزی در برآورد کارایی فنی اریب خواهند داشت و قابل اعتماد نخواهند بود. از این‌رو تحقیق حاضر با فرض عدم یکنواختی فن‌آوری در اندازه‌های مختلف مزارع کشت برنج در شهرستان رشت، به بررسی کارایی فنی و نسبت شکاف فن‌آوری مزارع پرداخته است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد مطالعه حاضر اولین مطالعه‌ای است که نسبت شکاف فن‌آوری اندازه‌های مختلف مزارع را برای محصول برنج در ایران مورد بررسی قرار می‌دهد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزارع برنج شهرستان رشت، انجام شد. شهرستان رشت با مساحت ۱۸۰ کیلومتر مربع، در زمینی مسطح و هموار به ارتفاع میانگین ۵۰ متر از سطح آب‌های آزاد قرار دارد. میانگین بارش سالانه ۱۳۳۷٫۵ میلی‌متر، این شهرستان را برای کشت محصولی مانند برنج که نیاز آبی فراوانی دارد، مساعد کرده. در این شهرستان، تولید و اقتصاد برنج از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است به‌طوری‌که با داشتن ۶۲۳۳۶ هکتار زمین برنج‌کاری و تولید سالیانه بالغ بر ۲۶۱ هزار تن برنج سفید، بزرگ‌ترین شهرستان برنج‌کاری کشور به‌حساب می‌آید و حدود ۱۱ درصد سطح زیرکشت برنج‌کاری کشور را به خود اختصاص داده است (Ahmadzadeh, 2020).

در این مطالعه، جامعه آماری شامل ۳۸۷۶۲ شالی‌کار بود که در نهایت، ۵۳۱ کشاورز با روش نمونه‌گیری خوشه‌ای تصادفی متناسب با حجم جامعه تعیین شدند. بر اساس روش تحلیل خوشه‌ای، زمین‌ها به سه دسته مزارع کوچک (کمتر از ۰/۶ هکتار)، متوسط (از ۰/۶ تا ۱/۴ هکتار) و بزرگ (بیشتر از ۱/۴ هکتار) تقسیم شدند که تعداد این مزارع به‌ترتیب، ۲۶۳، ۱۶۱ و ۱۰۷ عدد بود.

اگر واحدهای تولیدی فقط دارای یک نهاده و یک ستانده باشند، کارایی از تقسیم ستاده به نهاده به دست می‌آید. اما اگر یک واحد تولیدی دارای نهاده‌ها و ستاده‌های مختلف باشد، یافتن وزن مشترک برای ستانده‌ها و نهاده‌های مختلف، مشکل و حتی ناممکن است. در این حالت می‌توان از روش DEA استفاده کرد (Zibaei & Jafari Sani, 2008).

مدل کلی برنامه‌ریزی خطی با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس، به صورت معادله (۱) است:

$$\max\ q = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \ldots + u_s y_{sj}}{n_1 x_{1j} + n_2 x_{2j} + \ldots + n_m x_{mj}}$$

$$s.t: \quad \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \ldots + u_s y_{sj}}{n_1 x_{1j} + n_2 x_{2j} + \ldots + n_m x_{mj}} \leq 1 \qquad (۱)$$

$$n_1, n_2, \ldots, n_m \geq 0$$

$$u_1, u_2, \ldots, u_s \geq 0$$

$$j = (1, 2, 3, \ldots, n)$$

پارامترهای $x_{1j}, x_{2j}, x_{3j}, \ldots, x_{mj}$ نشان‌دهنده نهاده‌های مزرعه j و $y_{1j}, y_{2j}, y_{3j}, \ldots, y_{sj}$ نشان‌دهنده ستاده‌های واحد j هستند. قید مثبت بودن ضرایب وزنی بدین منظور است که در تمامی بنگاه‌ها، همه ورودی‌ها و خروجی‌ها لحاظ شوند. در این مطالعه، نهاده‌ها شامل X_{1j} سطح زیرکشت برنج در مزرعه j ام بر حسب هکتار، X_{2j} مقدار کود ازت مصرف‌شده در مزرعه j ام بر حسب کیلوگرم، X_{3j} مقدار مصرف کود فسفات در مزرعه j ام بر حسب کیلوگرم، X_{4j} میزان مصرف کود پتاس در مزرعه j ام بر حسب کیلوگرم، X_{5j} مقدار مصرف سموم شیمیایی در مزرعه j ام بر حسب لیتر، X_{6j} مقدار کل نیروی کار مصرف‌شده در مزرعه j ام بر حسب روز ـ نفر، X_{7j} مقدار بذر مصرفی برای مزرعه j ام بر حسب کیلوگرم، X_{8j} مقدار

هزینه استفاده از ماشین‌ها بر حسب ده هزار ریال، X_{9j} نشان‌دهنده شاخص دیویژیا[1] یا سایر هزینه‌های مزرعه j ام بر حسب ده ریال و y_{1j} مقدار تولید شلتوک در مزرعه j ام بر حسب کیلوگرم است.

در رابطه فوق، هدف محاسبه مقادیر بهینه بردارهای $U=u_1, u_2, \ldots, u_s$ و $V=v_1, v_2, \ldots, V_m$ است؛ به‌گونه‌ای که نسبت کل مجموع وزنی محصولات به مجموع وزنی ورودی‌ها حداکثر بوده و کارایی هیچ بنگاهی بیش‌تر از ۱ نباشد. این رابطه جواب‌های بیشمار خواهد داشت. زیرا اگر برای U و V یک جواب بهینه باشد، αU و αV نیز جواب بهینه خواهند بود. از طرف دیگر این مدل، غیرخطی و غیرمحدب است. جهت حل این مشکل می‌توان با استفاده از یک تبدیل خطی این مدل را به یک مدل خطی تبدیل کرد. برای این منظور می‌توان جزء مخرج کسر تابع هدف را مساوی مقدار ثابت یک فرض کرد و صورت کسر را بیشینه کرد که در اصطلاح به آن مدل ستاده‌محور گویند. زیرا این مدل سعی دارد که با ثابت نگه داشتن میزان ورودی، خروجی‌ها (ستاده‌ها) را تا جای ممکن افزایش دهد. روش دیگر این است که جزء صورت تابع هدف را مساوی مقدار ثابت ۱ فرض کرد که اصطلاحاً آن را مدل نهاده‌محور می‌نامند (Emami Meybodi, 2000).

انتخاب مدل مناسب بستگی به میزان کنترل روی ستاده‌ها و نهاده‌ها دارد که هر کدام بیش‌تر قابل‌کنترل باشد، مدل مناسب بر همان اساس انتخاب می‌شود (Mohammadi, 2008). پس از انجام تبدیل خطی و حل مدل برنامه‌ریزی خطی یادشده، ضرایب نهاده‌ها و ستاده‌ها به‌گونه‌ای به‌دست می‌آیند که نسبت کارایی واحد تصمیم‌گیری صفر، بیشینه شود. با توجه به محدودیت‌های الگوی (۲)، مقدار بهینه تابع هدف، بیشینه برابر با ۱ خواهد شد.

$$
\begin{aligned}
&\max: q = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} \\
&s.t: \\
&\sum_{j=1}^{m} v_j x_{ij} = 1 \\
&\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} \le \sum_{j=1}^{m} v_j x_{ij} \\
&i = 1,2,3,\ldots,n,\ j = 1,2,3,\ldots,s \\
&u_r, v_j \ge 0
\end{aligned}
\qquad (۲)
$$

از آنجایی که حل مسئله دوگان به قیود کمتری نسبت به مسئله اولیه نیاز دارد، به همین دلیل شکل دوگان برای حل الگوی (۲) ارجح و به صورت الگوی (۳) است:

$$
\begin{aligned}
&\min q \\
&s.t: \\
&-y_i + Yl \ge 0 \\
&q\,x_i - Xl \ge 0 \\
&l \ge 0
\end{aligned}
\qquad (۳)
$$

پارامتر λ یک بردار (N×1) است که شامل اعداد ثابت و بیانگر وزن‌های مجموعه مرجع خواهد بود. مقادیر عددی به‌دست‌آمده برای θ نیز کارایی بنگاه‌ها را نشان می‌دهند. پارامتر X، ماتریس نهاده‌ها و Y ماتریس ستاده‌ها هستند. در این مدل براساس برنامه‌ریزی خطی، لازم است N بار و هر مرتبه برای یکی از بنگاه‌ها مسئله حل شود و در نهایت کارایی هر بنگاه به‌دست خواهد آمد. پیشتر مدل CRS[2] جهت اندازه‌گیری بازده متغیر به مقیاس بسط داده شده است (Banker *et al.*, 1984). مدل VRS[3] با اضافه کردن قید $NI'l = 1$ (قید تحدب) به مدل CRS ساخته می‌شود که به صورت الگوی (۴) است.

ابتدا از الگوی (۴) برای تخمین کارایی فنی نسبت به مرز گروهی استفاده می‌شود و سپس برای به دست آوردن کارایی فنی نسبت به مرز پوششی (فرا مرزی)، از الگوی (۵) استفاده می‌شود.

$$
\begin{aligned}
&\min q \\
&s.t: \\
&-y_i + Yl \ge 0 \\
&q\,x_i - xl \ge 0 \\
&NI'l = 1 \\
&l \ge 0
\end{aligned}
\qquad (۴)
$$

تابع فرا مرزی بر پایه داده‌های ترکیب‌شده برای تمامی واحدها در تمامی سطوح فن‌آوری ساخته می‌شود. اگر L_K نشان‌دهنده k امین سطح فن‌آوری باشد، مجموع تمامی سطوح فن‌آوری برابر خواهد بود با $L = \sum_{k=1}^{n} L_k$. جهت برآورد کارایی فنی نسبت به مرز پوششی، بایستی برای تمامی واحدها، مجدداً مدل برنامه‌ریزی خطی با ماتریس‌های نهاده و ستانده جدید اجرا شود (Wongchai *et al.*, 2012).

1- Divisia Index

2- Constant returns to scale
3- Variable returns to scale

$$\begin{aligned} &\min q^* \\ &s.t: \\ &-y_i + Y^* l^* \geq 0 \\ &q^* x_i - X^* l^* \geq 0 \\ &NI' l^* = 1 \\ &l^* \geq 0 \end{aligned} \qquad (۵)$$

که در معادله (۵): y_i، بردار مقدار ستاده برای iامین واحد، x_i، بردار مقدار نهاده برای iامین واحد، Y^*، ماتریس مقدار ستاده برای سطح فن‌آوری L، X^*، ماتریس مقدار نهاده برای سطح فن‌آوری L، l^*، بردار L×1 وزن‌ها و q^*، عددی هستند. تابع فرا مرزی، پوششی از نقاط تولیدی با کارایی بالا در مناطق مختلف است. مفهوم تابع فرا مرزی بر این فرض استوار است که کل تولیدکنندگان در گروه‌های مختلف، قابلیت دستیابی به یک فن‌آوری یکسان را دارند (Wongchai et al., 2012). اگر فرض شود فن‌آوری، سطحی از دانش در یک زمان باشد، سطح فن‌آوری L به عنوان تمامیتی از فن‌آوری‌های به‌کارگرفته‌شده در کلیه واحدهای تولیدی تعریف می‌شود. نسبت شکاف فن‌آوری می‌تواند با استفاده از توابع ستانده فاصله‌ای به صورت الگوی (۶) تعریف شود (*Wongchai et al.*, 2012):

$$TGR_i^k(x,y) = \frac{D_i^k(x,y)}{D_i^*(x,y)} = \frac{TE_i^*(x,y)}{TE_i^k(x,y)} \qquad (۶)$$

پارامتر $D_i^*(x,y)$ نمایان‌گر تابع فاصله‌ای نهاده با استفاده از فن‌آوری فرا مرزی، $TE_i^*(x,y)$ کارایی فنی نسبت به تابع فرا مرزی، $D_i^k(x,y)$ نمایان‌گر تابع فاصله‌ای نهاده با استفاده از فن‌آوری مرزی، $TE_i^k(x,y)$ کارایی فنی نسبت به تابع مرزی است. این نسبت همواره بین صفر (کمینه) و یک (بیشینه) است. این نسبت هر اندازه بزرگ‌تر باشد، کاهش شکاف بین تابع مرزی گروهی و فرامرزی را نشان می‌دهد. زمانی که مرز فن‌آوری مرجع واحد K با مرز فرا مرزی بر هم منطبق شوند، این نسبت برابر ۱ می‌شود (Wongchai *et al.*, 2012).

تمام جامعه آماری در سال ۱۳۹۷، رقم صدری هاشمی را کشت کرده بودند. برای جمع‌آوری اطلاعات لازم از دو روش اسنادی و میدانی (پرسش‌نامه) استفاده شد. حجم نمونه براساس معادله (۷) (Amidi, 1999)، محاسبه شد.

$$n = \frac{\left[\frac{z \times s}{r \times y}\right]}{\left[1 + \frac{\left[\frac{z \times s}{r \times y}\right]^2}{N}\right]} \qquad (۷)$$

در این معادله، n تعداد نمونه موردنیاز، z طول نقطه متناظر با احتمال تجمعی $1-a$ توزیع نرمال استاندارد، r، قدرمطلق خطای موردنظر در برآورد، s، واریانس نمونه اولیه، y، میانگین نمونه اولیه و N، تعداد اعضای جامعه است. برای انجام این پژوهش، ابتدا تعداد کشاورزان تولیدکننده برنج از داده‌های سازمان جهاد کشاورزی شهرستان رشت استخراج شد. طبق این داده‌ها، در شهرستان رشت ۳۸۷۶۲ شالی‌کار در حال فعالیت هستند. پس از مشخص شدن جامعه موردنظر، ۸۰ پرسش‌نامه مقدماتی از این جامعه تکمیل شد و با محاسبه واریانس آن‌ها در سطح احتمال ۱٪، حجم نمونه ۵۲۸ شالی‌کار به دست آمد. جهت اطمینان بیشتر ۵۳۵ پرسش‌نامه برای این تحقیق در نظر گرفته شد. تعداد نمونه استخراج‌شده از هر بخش شهرستان رشت، به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای تصادفی متناسب با حجم جامعه مشخص شد. در اینجا با توجه به متفاوت‌بودن تعداد شالی‌کاران در هر یک از بخش‌های شهرستان رشت، نمونه‌گیری به صورت تصادفی و متناسب با تعداد شالی‌کاران انجام شد. پس از اتمام آمارگیری، تعدادی از پرسش‌نامه‌ها به علت اطلاعات ناقص و داشتن داده‌های پرت حذف شدند و در نهایت از ۵۳۱ پرسش‌نامه استفاده شد. این مزارع بر اساس اندازه مزرعه و با روش تحلیل خوشه‌ای به سه گروه مزارع کوچک (کوچک‌تر از ۰/۶ هکتار)، مزارع متوسط (از ۰/۶ تا ۱/۴ هکتار) و مزارع بزرگ (بیشتر از ۱/۴ هکتار) تقسیم شدند.

در بررسی رابطه بین نسبت شکاف فن‌آوری و اندازه مزرعه گندم‌کاران (Mehrabi Boshrabadi, 2009) و نسبت شکاف فن‌آوری برای اندازه مختلف مزارع زعفران (Jalali *et al.*, 2017) نیز مزارع مورد مطالعه به سه گروه مزارع کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم شدند.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به سطح زیرکشت و میزان استفاده از نهاده‌ها نشان داد که تفاوت چندانی در میزان استفاده از سموم در اندازه‌های مختلف زمین دیده نمی‌شود. اما کاربرد نهاده‌های نیروی کار، ماشین‌ها، کودهای شیمیایی و بذر، تفاوت قابل‌توجهی دارند. کاربرد کودهای ازت، فسفات و پتاس با اندازه مزرعه رابطه مستقیم دارد ولی متغیرهای هزینه ماشین‌ها، نیروی کار و مقدار بذر استفاده‌شده، با اندازه مزرعه رابطه عکس دارند. به عبارت دیگر مزارع بزرگ‌تر به طور فشرده‌تری از کودهای ازت، فسفات و پتاس استفاده کرده‌اند و مزارع کوچک‌تر نهاده‌های نیروی کار، مقدار بذر و هزینه ماشین‌ها را به نسبت بیشتر استفاده نموده‌اند (جدول ۱). بنابراین نتایج حاکی از وجود تفاوت‌های فن‌آوری در اندازه‌های مختلف مزارع برنج در منطقه مورد مطالعه است. از این رو در مطالعه حاضر، نسبت شکاف فن‌آوری اندازه‌های مختلف مزارع برنج نیز در نظر گرفته شده است.

جدول ۱- متوسط سطح زیرکشت و میزان استفاده از نهاده‌ها در انواع مزارع برنج

نهاده / ستاده	واحد	مزارع کوچک	مزارع متوسط	مزارع بزرگ	کل مزارع
سطح زیرکشت	هکتار	۰/۳۸	۰/۹۸	۳/۴۹	۱/۱۹
عملکرد	کیلوگرم در هکتار	۳۶۷۴/۰۱	۳۷۸۷/۱۶	۳۷۹۹/۰۶	۳۷۷۶/۴۵
بذر	کیلوگرم در هکتار	۶۳/۰۳	۵۲/۴۰	۵۰/۳۰	۵۲/۸۳
نیروی کار	نفر-ساعت در هکتار	۴۷/۴۸	۳۱/۴۷	۲۸/۸۹	۳۲/۴۶
ماشین‌ها	ده هزار ریال در هکتار	۱۹۷۰/۷۹	۱۳۹۴/۸۸	۱۲۴۷/۳۵	۱۳۹۷/۹۰
سم	لیتر در هکتار	۴/۹۴	۵/۰۲	۵/۰۳	۵/۰۱
کود ازت	کیلوگرم در هکتار	۱۰۸/۶۱	۱۱۱/۱۳	۱۲۶/۳۲	۱۱۹/۷۳
کود پتاس	کیلوگرم در هکتار	۶۲/۲۷	۶۲/۱۸	۷۹/۸۶	۷۲/۶۶
کود فسفات	کیلوگرم در هکتار	۵۲/۵۶	۵۰/۰۹	۶۰/۷۴	۵۶/۷۹
شاخص دیویژیا	ده ریال در هکتار	۵۸۱۳۹۰/۸۸	۵۴۴۳۷۱/۱۸	۴۷۷۵۰۳/۳۵	۵۱۰۶۷۰/۶۰

یکی از دلایلی که ممکن است باعث شود مصرف بذر در زمین‌های کوچک بیش‌تر از زمین‌های بزرگ‌تر باشد، درجه اطمینانی است که کشاورزان در هنگام خزانه‌گیری به‌کار می‌گیرند. کشاورزان معمولاً کمی بیش از مقدار موردنیاز، بذرها را در خزانه کشت می‌کنند تا با از بین رفتن برخی از نشاها، با کاهش تعداد بوته در واحد سطح مواجه نشوند. هرچند وزن کل بذر اضافی که در زمین‌های کوچک‌تر در نظر گرفته می‌شود کمتر از زمین‌های بزرگ‌تر است، اما معمولاً نسبت بذر اضافی (برحسب کیلوگرم بر هکتار) در زمین‌های کوچک، بیش‌تر است.

نتایج همچنین نشان داد که مزارع کوچک‌تر به نسبت عملکرد پایین‌تری داشته‌اند. یکی از دلایل آن می‌تواند استفاده بیش از حد بذر باشد که خود باعث افزایش بیش از حد تراکم بوته در هکتار می‌گردد. این امر می‌تواند باعث رشد بیش‌تر علفی و حتی کاهش عملکرد در هکتار گردد. یکی دیگر از عوامل کاهش عملکرد محصول در مزارع کوچک، استفاده کمتر از ماشین نشاکار می‌تواند باشد. تنها ۲۸/۱۴ درصد مزارع کوچک از ماشین نشاکار استفاده کرده‌اند و بقیه این مزارع، عملیات نشاکاری را به صورت دستی انجام داده‌اند. اما این رقم برای مزارع متوسط و بزرگ به ترتیب ۴۲/۸۶ و ۵۲/۳۴ درصد بود. نشاکاری با ماشین، تضمین بهتری برای تنظیم دقیق‌تر عمق نشا و فاصله نشاها از یکدیگر است که این دو مورد می‌توانند در کیفیت استقرار گیاه و نیز در رقابت درون‌گونه‌ای و ایجاد فضای رشد برای علف‌های هرز مؤثر باشند.

نتایج مربوط به میانگین انواع کارایی فنی و نسبت شکاف فن‌آوری گروه‌های موردبررسی در جدول ۲ درج شده است که در آن TE^K نشان‌دهنده کارایی فنی ناشی از توابع مرزی جداگانه برای سه گروه موردبررسی (گروه اول: مزارع برنج با اندازه کوچک، گروه دوم: مزارع برنج با اندازه متوسط و گروه سوم: مزارع برنج با اندازه بزرگ) است. مقدار TE^* نشان‌دهنده کارایی واحدها در مقایسه با تابع مرزی پوششی بوده و TGR نسبت شکاف فن‌آوری مزارع را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه در جدول ۲ بیشینه

نسبت شکاف فن‌آوری همه گروه‌های موردمطالعه برابر ۱ است می‌توان نتیجه گرفت که توابع مرزی هر سه گروه مورد بررسی بر تابع مرزی پوششی مماس هستند.

پس از برآورد کارایی فنی نسبت به تابع مرزی و فرا مرزی، لازم است فرض یکسان‌بودن مرزهای تولید (فن‌آوری‌ها) آزمون شود. بر اساس آزمون کروسکال-والیس، فرض یکسان‌بودن توابع مرزی در سطح معنی‌داری یک درصد (Sig=0.00) رد شد و این امر نشان می‌دهد که مزارع برنج شهرستان رشت در اندازه‌های مختلف، از لحاظ فن‌آوری‌های تولید، متفاوت هستند. طبق این آزمون می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های موردبررسی نباید با استفاده از روش‌های سنتی تحلیل مرزی تصادفی (SFA[1]) یا تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) برآورد گردند بلکه لازم است با استفاده از مدل‌های فرا مرزی برآورد شوند.

نتایج به دست آمده برای کشاورزان مزارع با اندازه کوچک نشان می‌دهد که دامنه تغییرات TE^K بین ۶۳ تا ۱۰۰ درصد (با انحراف معیار ۰/۱۱) است، اما کارایی فنی در مقایسه با TE^* دارای تغییرات زیادتری است و از ۵۵ تا ۱۰۰ درصد (با انحراف معیار ۰/۱۲) در نوسان است. این نتایج حاکی از این است که در نظر نگرفتن فرض همسان بودن فن‌آوری در مزارع مورد مطالعه اثر قابل توجهی بر گسترش نوسانات کارایی فنی بین مزارع دارد. میانگین کارایی برآورد شده برای TE^* با TE^K تا حدی از هم دور بوده و این امر حاکی از فاصله بیشتر سطح فن‌آوری به کار رفته در این گروه از مزارع نسبت به TE^* است. میانگین نسبت شکاف فن‌آوری ۸۳ درصد (با انحراف معیار ۰/۱۲) نیز این امر را تأیید می‌کند.

نتایج به دست آمده برای کشاورزان مزارع با اندازه متوسط نشان می‌دهد که دامنه TE^K بین ۶۴ تا ۱۰۰ درصد (با انحراف معیار ۰/۱۰) است اما کارایی فنی در مقایسه با TE^* دارای نوسانات بیشتری است و از ۵۷ تا ۱۰۰ درصد (با انحراف معیار ۰/۱۱) در نوسان است. این نتایج نیز حاکی از این است که در نظر نگرفتن فرض همسان بودن فن‌آوری در مزارع مورد مطالعه اثر قابل توجهی بر گسترش نوسانات کارایی فنی در بین مزارع دارد. میانگین کارایی برآورد شده برای TE^* با TE^K تا حدی از هم دور بوده و این امر نیز حاکی از فاصله سطح فن‌آوری به کار رفته در این گروه از مزارع نسبت به TE^* است. میانگین نسبت شکاف فن‌آوری ۷۹ درصد نیز این امر را تأیید می‌کند.

نتایج به دست آمده برای کشاورزان مزارع با اندازه بزرگ نشان داد که دامنه TE^K بین ۶۱ تا ۱۰۰ درصد (با انحراف معیار ۰/۱۰) است و برای TE^* نیز این دامنه برابر است با ۶۱ تا ۱۰۰ درصد (با انحراف معیار ۰/۱۲) است. این امر حاکی از فاصله کم سطح فن‌آوری به کار رفته در این گروه از مزارع نسبت به TE^* است. میانگین نسبت شکاف فن‌آوری ۹۶ درصد (با انحراف معیار ۰/۰۵) نیز این امر را تأیید می‌کند.

بنابراین نتایج حاکی از این است که استفاده از روش‌های سنتی برای محاسبه کارایی فنی که فن‌آوری بین مزارع را یکسان فرض می‌کند، در صورت ناهمگن بودن سطح فن‌آوری به کار رفته در مزارع مورد مطالعه، منجر به نتایج اریب می‌شود.

نتایج به دست آمده برای مزارع برنج با اندازه کوچک (گروه یک) نشان می‌دهد که میانگین TE^K و TE^* به ترتیب ۸۵ و ۷۹ درصد است. میانگین کارایی فنی حاصل از تابع تولید مرزی گروهی بیانگر این است که مزارع برنج با اندازه کوچک با به کار بردن میزان مشخصی از نهاده‌های تولید، به طور متوسط حدود ۸۵ درصد مقدار محصولی را تولید می‌کنند که با استفاده از همین میزان نهاده و فن‌آوری موجود می‌توانست تولید شود. به عبارت دیگر مزارع برنج با اندازه کوچک با پر کردن شکاف تکنیکی خود با بهترین مزرعه برنج با اندازه کوچک می‌توانند تولید خود را به طور میانگین ۱۵ درصد افزایش دهند. اختلاف میانگین انواع کارایی برآوردشده، بیانگر فاصله بین سطح فن‌آوری به کار رفته در واحدهای این گروه با فن‌آوری برآوردشده برای تابع مرزی پوششی است.

نتایج به دست آمده برای مزارع برنج با اندازه متوسط (گروه دوم) نشان می‌دهد که میانگین TE^K و TE^* به ترتیب ۸۸ و ۷۹ درصد است. میانگین کارایی فنی حاصل از تابع تولید مرزی گروهی بیانگر این است که واحدهای این گروه با به کار بردن میزان مشخصی از نهاده‌های تولید، به طور متوسط حدود ۸۸ درصد مقدار محصولی را تولید می‌کنند که با استفاده از همین میزان نهاده و فن‌آوری موجود می‌توانست تولید شود. بنابراین امکان افزایش ۱۲ درصدی محصول با استفاده از همین میزان

1- Stochastic Frontier Analysis

نهاده و فن‌آوری فعلی و صرفاً با افزایش کارایی فنی وجود دارد.

نتایج به دست آمده برای مزارع برنج با اندازه بزرگ (گروه سوم) نشان می‌دهد که میانگین TE^K و TE^* به ترتیب ۸۹ و ۸۶ درصد است. میانگین کارایی فنی حاصل از تابع تولید مرزی گروهی بیانگر این است که واحدهای این گروه با به کار بردن میزان مشخصی از نهاده‌های تولید، به طور متوسط حدود ۸۹ درصد مقدار محصولی را تولید می‌کنند که با استفاده از همین میزان نهاده و فن‌آوری موجود می‌توانست تولید شود. به عبارت دیگر مزارع برنج با اندازه بزرگ با پر کردن شکاف تکنیکی خود با بهترین مزرعه برنج در دسته خود می‌توانند تولید خود را به طور میانگین ۱۱ درصد افزایش دهند.

ناگفته نماند که در این‌جا منظور از افزایش ۱۱ درصدی در مزارع بزرگ این است که با رفع شکاف تکنیکی، از کاهش ۱۱ درصدی عملکرد نسبت به حالت بهینه جلوگیری می‌شود. بنابراین با افزایش محصول از ۸۹ درصد به ۱۰۰ درصد، در واقع افزایش محصول نسبت به حالت اولیه (۸۹ درصد)، ۱۲/۳۶ درصد خواهد بود. این نکته برای مزارع کوچک و متوسط نیز صادق است.

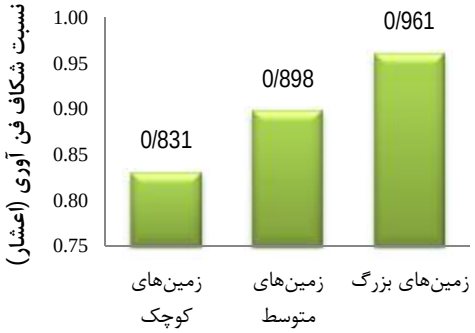
جدول ۲- خلاصه نتایج مربوط به کارایی ونسبت شکاف فن آوری مزارع برنج

		مزارع کوچک	مزارع متوسط	مزارع بزرگ
TE^K (به تفکیک گروه‌ها)				
	میانگین	۰/۸۵۲	۰/۸۸۳	۰/۸۹۱
	بیشینه	۱	۱	۱
	کمینه	۰/۶۲۸	۰/۶۴۲	۰/۶۱۰
	انحراف معیار	۰/۱۱۰	۰/۱۰۵	۰/۱۰۴
TE^* (نسبت به تابع فرا مرزی)				
	میانگین	۰/۷۹۴	۰/۷۹۰	۰/۸۵۷
	بیشینه	۱	۱	۱
	کمینه	۰/۵۴۸	۰/۵۶۹	۰/۶۱۰
	انحراف معیار	۰/۱۲۲	۰/۱۰۶	۰/۱۲۲
TGR (نسبت شکاف فن‌آوری)				
	میانگین	۰/۸۳۱	۰/۸۹۸	۰/۹۶۱
	بیشینه	۱	۱	۱
	کمینه	۰/۶۳۱	۰/۵۹۶	۰/۷۶۵
	انحراف معیار	۰/۱۱۹	۰/۰۹۳	۰/۰۵۶

میانگین کارایی فنی ناشی از تابع مرزی گروهی غیرقابل‌مقایسه هستند اما بیان می‌کنند که در گروه‌های موردبررسی، در صورت پرشدن شکاف بین واحدهای کارا و دیگر واحدها، می‌توان بدون افزایش مصرف نهاده‌ها و تغییر سطح فن‌آوری، به طور متوسط مقدار تولید را در سه گروه مورد بررسی به ترتیب ۱۵، ۱۲ و ۱۱ درصد افزایش داد. بنابراین می‌توان با استفاده از تجربه‌های مزارع کارا و انتقال آن به مزارع ناکارا، عملکرد و سودآوری این برنج‌کاران را افزایش داد و گامی مهم در جهت ارتقاء کارایی فنی این واحدها برداشت. این نتایج با یافته‌های مطالعه (Esfandiari *et al.*, 2013) در تعیین کارایی فنی شالیکاران استان فارس و (Shakeri & Garshasbi, 2008) در برآورد کارایی فنی برنج در استان‌های منتخب ایران مطابقت دارد.

با توجه به جدول ۲ و شکل ۱، گروه سه دارای میانگین نسبت شکاف فن‌آوری ۹۶ درصد است که بیانگر نزدیکی سطح فن‌آوری به کار رفته در این گروه از واحدها، با فن‌آوری برآورد شده برای فن‌آوری فرا مرزی است. به تعبیر دیگر، واحدها در این گروه به طور متوسط ۹۶ درصد محصولی را تولید می‌کنند که با بهره‌گیری از فن‌آوری برتر (فرا مرزی) می‌توانستند تولید کنند. اما گروه‌های یک و دو دارای نسبت شکاف فن‌آوری ۹۰ و ۸۳ درصد هستند. یعنی مزارع با اندازه کوچک و متوسط با استفاده از عوامل و نهاده‌های تولید و فن‌آوری موجود، به ترتیب و به طور متوسط ۹۰ و ۸۳ درصد از محصولی را تولید می‌کنند که با بهره‌گیری از فن‌آوری برتر می‌توانستند تولید کنند. نسبت شکاف فن‌آوری در گروه‌های مختلف، قابل مقایسه است. در واقع هرچه این نسبت کوچک‌تر باشد فاصله

بیشتر آن‌ها تا فن‌آوری برتر را نشان می‌دهد. بنابراین مزارع بزرگ‌تر از نظر فنی کاراتر از مزارع کوچک عمل کرده‌اند. نتایج بدست آمده در این بخش مشابه نتایج بدست آمده توسط (Mehrabi Boshrabadi, 2009) بود که رابطه بین نسبت شکاف فن‌آوری و اندازه مزرعه گندم‌کاران را مورد بررسی قرار داد. در واقع نتایج این مطالعه که در استان کرمان انجام شده بود نشان داد که مزارع بزرگ‌تر دارای میانگین نسبت شکاف فن‌آوری به نسبت بزرگ‌تری هستند. همچنین نتایج مطالعه Jalali *et al.*, 2017) نیز نشان داد که ارتباط مثبت و معنی‌داری بین نسبت شکاف فن‌آوری و اندازه مزارع زعفران وجود دارد.



شکل ۱- نمودار شکاف فن‌آوری برای مزارع برنج با اندازه‌های مختلف

نتیجه‌گیری

استان گیلان دارای رتبه اول بیشترین سطح زیرکشت برنج در کشور است. در این میان شهرستان رشت ۲۶ درصد از سطح زیرکشت برنج‌کاری استان گیلان و حدود ۱۱ درصد از سطح زیرکشت برنج کشور را به خود اختصاص داده و بزرگ‌ترین شهرستان برنج‌کاری کشور است. هدف مطالعه حاضر، تجزیه و تحلیل کارایی و نسبت شکاف فن‌آوری مزارع برنج در شهرستان رشت و همچنین بررسی وجود رابطه بین نسبت شکاف فن‌آوری و اندازه مزرعه بود. برای انجام تحقیق در مجموع از اطلاعات ۵۳۱ کشاورز استفاده شد. مزارع نمونه با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و بر حسب اندازه به سه گروه کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم شدند. نتایج نشان داد که مزارع گروه سه (زمین‌های برنج با اندازه بزرگ) دارای میانگین نسبت شکاف فن‌آوری ۹۶ درصد هستند که بیانگر نزدیکی سطح فن‌آوری به کار رفته در این گروه از مزارع، با فن‌آوری برآورد شده فرا مرزی است. به تعبیر دیگر، مزارع در این گروه به طور متوسط ۹۶ درصد محصولی را تولید می‌کنند که با بهره‌گیری از فن‌آوری برتر (فرا مرزی) می‌توانستند تولید کنند. اما مزارع با اندازه کوچک و متوسط با استفاده از عوامل و نهاده‌های تولید و فن‌آوری موجود به ترتیب و به طور متوسط ۱۰ و ۱۷ درصد کمتر از محصولی را تولید می‌کنند که با بهره‌گیری از فن‌آوری برتر می‌توانستند، تولید کنند. بنابراین مزارع با اندازه بزرگ‌تر کارایی تکنیکی بالاتری نسبت به مزارع با اندازه‌های کوچک و متوسط داشتند.

با توجه به اثرپذیری رشد و نمو گیاه از چگونگی انجام عملیات مختلف زراعی، پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی به صورت دقیق‌تری اطلاعات ماشینی مزارع بررسی شوند تا با تحلیل نتایج آن‌ها بتوان نتیجه‌گیری‌های عملی‌تری برای افزایش کارایی و سود اقتصادی کشت محصولات مختلف داشت.

بر اساس مطالعه حاضر، رابطه مستقیمی بین نسبت شکاف فن‌آوری و اندازه مزارع برنج در شهرستان رشت وجود دارد. طبق نتایج، ۷۹/۸۵ درصد از مزارع در این شهرستان در سطحی کم‌تر از سطح بهینه از نظر فنی فعالیت دارند که این مسئله موجب شده تا کشاورزان نتوانند از صرفه‌جویی‌های حاصل از مقیاس بهره‌مند شوند و با افزایش هزینه تولید به دلیل استفاده نامعقول از نهاده‌ها سودشان کاهش یابد. بنابراین مزارع کوچک می‌توانند در صورت به کارگیری اصول اقتصادی از طریق ترکیب بهینه و معقول عوامل تولید، کارایی خود را بهبود دهند. از آن‌جا که نتایج نشان داد مزارع بزرگ نسبت شکاف فن‌آوری بالاتری دارند، از منظر سیاست‌های کشاورزی، حرکت به سوی اندازه‌های بزرگ‌تر مزرعه می‌تواند تأثیر مثبت بر کارایی فنی این مزارع داشته باشد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد تا تمهیداتی اندیشیده شود که برنج‌کاران به تغییر مدیریت مزارع از حالت خرده مالکی به مدیریت‌های یکپارچه تشویق شوند. اما باید توجه داشت که مزارع کوچک نقش مهمی در توسعه پایدار روستایی، حفظ تنوع زیستی و به خصوص ثبات جمعیت روستایی دارند. بنابراین باید طرح‌های پشتیبانی از کشاورزان کوچک نظیر تشکیل تعاونی‌ها جهت استفاده اقتصادی‌تر از عوامل تولید مورد توجه قرار گیرد. در این صورت علاوه بر دستیابی

مزارع کوچک به یک ساختار مناسب کشاورزی که منجر به افزایش کارایی عوامل تولید می‌شود، شرایط توسعه پایدار روستایی نیز فراهم خواهد شد.

منابع

Abdi, E., Dashti, G., Ghahremanzadeh, M., & Hosseinzadeh, J. (2016). Analyzing the technical efficiency and technology gap of poultry units in Sanandaj county. *Journal of Animal Science Researches*, 26(3): 49-61. (In Persian).

Abdpur, A., Asadabadi, E., & Shabanali fami, H. (2017). Analysis Factors Affecting Date Production Efficiency in Bam County: With DEA Approach. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 48(3): 507-518. (In Persian).

Ahmadzadeh, S. (2020). Determining the Environmental Efficiency of Rice Farmers of the Guilan Province with Emphasis on Directional Nutrient Surplus *.phd, thesis, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Iran.*

Amidi, A. (1999). Sampling theory and its applications (Vol. 1). *Academic publishing center*. (In Persian).

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9): 1078-1092.

Barnes, A. P., Lucas, A., & Maio, G. (2016). Quantifying ambivalence towards sustainable intensification: an exploration of the UK public's values. *Food Security*, 8(3): 609-619.

Battese, G. E., & Rao, D. P. (2002). Technology gap, efficiency, and a stochastic metafrontier function. *International Journal of Business and Economics*, 1(2): 87-93.

Battese, G. E., Rao, D. P., & O'donnell, C. J. (2004). A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies. *Journal of Productivity Analysis*, 21(1): 91-103.

Chen, Z., & Song, S. (2008). Efficiency and technology gap in China's agriculture: A regional meta-frontier analysis. *China Economic Review*, 19(2): 287-296.

Emami Meybodi, A. (2000). Principles of measuring efficiency and productivity (scientific-applied). *Institute of Business Studies and Research.* (In Persian).

Esfandiari, M., Shahraki, J., & Karbasi, A. (2013). Study of Efficiency and Optimal Inputs Usage for Rice production; Case Study: Rice Producers in Kamfirouz District, Fars Province. *Iran Agricultural Economics Magazine*, 6(3): 1-21. (In Persian).

Esfanjari Kenari, R. (2012). Economic Investigation of laying Hen Industrial Units *M.Sc. Thesis, Shiraz University. Iran.* (In Persian).

Esfanjari Kenari, R., Eskandari, M., & Mehrabi Boshrabadi, H. (2015). Economic Analysis of Transformation of Traditional Irrigation Systems to Modern Systems of Wheat Production in the Fars Province. *Journal of Rural Development Strategies*, 2(2): 141-160. (In Persian).

Esfanjari Kenari, R., Mohamadi, H., & Mahmoudi, A. (2012). Investigation of rice production technical efficiency in Mazandaran province in regard to farm size using stochastic nonparametric envelopment of data. *15th National Conference of Rice, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Iran*. (In Persian).

FAO. (2017). FAOSTAT database collections. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Retrieved 2017 from http://faostat.fao.org

FAO. (2019). Global Hunger Index Report: The Inqualities of Hunger. Washington DC: International Food Policy Research Institute.

Gadanakis, Y., Bennett, R., Park, J., & Areal, F. J. (2015). Evaluating the Sustainable Intensification of arable farms. *Journal of Environmental Management*, 150: 288-298.

Hashemi Chafjiery, S. (2019). Estimation of the Technological Gap Ratio of Different Rice Varieties in Guilan Province *M.Sc. Thesis, University of Guilan. Iran*. (In Persian).

Hatirli, S. A., Ozkan, B., & Fert, C. (2005). An econometric analysis of energy input–output in Turkish agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9(6): 608-623.

Jalali, A., Shirzadi Laskukalayeh, S., & Esfanjari Kenari, R. (2017). Metafrontier analysis of technology gap of Saffron farms. *Journal of Saffron Research*, 4(2), 187-198. (In Persian).

Junaedi, M., Daryanto, H. K. S., Sinaga, B. M., & Hartoyo, S. (2016). Technical efficiency and the technology gap in wetland rice farming in Indonesia: a metafrontier analysis. *International Journal of Food and Agricultural Economics* (IJFAEC), 4(2): 39-50.

Kavoosi Kalashami, M., Zanipoor, M., Yavari, G., & Adibi, S. (2017). Evaluation of the effect of national plan implemention of increasing rice production on technical efficiency of paddy farms (A case study: Pirbazar region of Rasht city). *Cereal Research*, 7(2): 235-246. (In Persian).

Kramol, P., Villano, R. A., Fleming, E. M., & Kristiansen, P. (2010). Technical efficiency and technology gaps on'clean and safe'vegetable farms in northern Thailand: a comparison of different technologies. *(54th Annual Conference. Adelaide, Australia.)*. Australian Agricultural and Resource Economics Society (AARES).

Mehrabi Boshrabadi, H. (2009). Investigation of the relationship between farm size and Technological Gap Ratio on wheat in Kerman province. *Journal of Economics and Agricultural Development*, 22(1): 105-116. (In Persian).

Ministry of Agriculture Jihad. (2018). Iran's crops statistical report. Retrieved Dec. 9, 2019, from http://www.maj.ir/statistics. (In Persian).

Mohammadi, A. (2008). Efficiency measurement of the broilers producers by the use of data envelopment analysis (Case study: Fars province). *Agricultural Economics and Development*, 16(63): 89-116. (In Persian).

Molai, M., Hesari , N., & Javanbakht , O. (2017). The Estimation of Input-Oriented Environmental Efficiency of Agricultural Products (Case Study: Environmental Efficiency of Rice Production). *Iranian Journal of Agricultural Economics*, 11(2), 157-172. (In Persian).

Rao, D. S. P., O'Donnell, C., & Battese, G. E. (2003). Metafrontier Functions for the Study of Inter-regional Productivity Differences. *Centre for Efficiency and Productivity Analysis, School of Economics, University of Queensland, Australia*, (Working Paper Series No. 01/2003.).

Saeedian, S., Sabouhi Sabouni, M., Shahraki, J., Moradi, E., & Sepahi, M. (2013). Relationship between Meta-Technology Ratios and Varietal Differences in Date Production (Case Study of Sistan and Baluchestan, Iran). *International Journal of Agricultural Management and Development*, 3(2): 111-122.

Saelee, W. (2017). Environmental efficiency analysis of Thai rice farming. *Ph.D. Dissertation, University of Reading. England.*

Shakeri, A., & Garshasbi, A. (2008). Estimating Technical Efficiency of Rice in Selected Provinces of Iran. *Journal of Humanities and Social Sciences*, 8(30): 81-96. (In Persian).

Taraka, K., Latif, I., & Shamsudin, M. N. (2010). A Nonparametric Approach to Evaluate Technical Efficiency of Rice Farms in Central Thailand. *Southeast Asian Journal of Economics*., 22: 1-14.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50): 20260-20264.

Tu, V. H., Can, N. D., Takahashi, Y., Kopp, S. W., & Yabe, M. (2019). Technical and environmental efficiency of eco-friendly rice production in the upstream region of the Vietnamese Mekong delta. *Environment, Development and Sustainability*, 21(5): 2401-2424.

Wongchai, A., Liu, W. B., & Peng, K. C. (2012). DEA metafrontier analysis on technical efficiency differences of national universities in Thailand. *International Journal on New Trends in Education and their implications*, 3(3): 3-14.

Zamani, G., & Alizadeh, M. (2005). Characteristics, identification and conversion of different Iranian rice cultivars. *Ranginqalam, Tehran*. (In Persian).

Zibaei, M., & Jafari Sani, M. (2008). Estimating Technical Efficiency and Technology Gap Ratio in Iranian Dairy Farm, A case Study: Azarbayjane Sharghi, Esfehan, Tehran, Khorasan, Fars and Yazd (Metafrontier Function Approach). *Journal of Water and Soil Science,* 12(43): 315-324. (In Persian).