

## تحلیل اقتصادی سیستم‌های به‌روز و سنتی نشاکاری در تولید محصول برنج (مطالعه موردی: شهرستان رشت)

مهدی خانی<sup>۱\*</sup>، رضا اسفنجاری کناری<sup>۲</sup> و سید حسین پیمان<sup>۳</sup>

### چکیده

هدف اصلی مطالعه حاضر تجزیه و تحلیل اقتصادی استفاده از ماشین نشاکار در مزارع برنج است. برای این منظور کارایی فنی و نسبت شکاف فناوریانه کشاورزانی که با روش سنتی عملیات نشاکاری را انجام داده‌اند با کشاورزانی که از روش‌های به‌روز برای نشاکاری استفاده نموده‌اند مورد مقایسه قرار گرفت. برای محاسبه کارایی فنی از روش ناعاملی تصادفی فراگیر داده‌ها (StoNED) استفاده شد. داده‌های مورد نیاز با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای متناسب با حجم جامعه و با تکمیل پرسشنامه از ۵۳۱ کشاورز به دست آمد. نتایج مربوط به برآورد کارایی فنی نسبت به تابع مرزی نشان داد که با استفاده از میزان نهاده فعلی و سطح فناوری موجود، امکان افزایش تولید وجود دارد. این امر نقطه امیدبخشی برای سیاست‌گذاران بخش کشاورزی است. زیرا می‌توان با استفاده از شیوه‌های انتقال الگوها و روش‌های صحیح استفاده از نهاده‌ها به‌صورت درون‌گروهی، بر میزان تولید برنج افزود. نتایج مربوط به کارایی فنی نسبت به تابع فرامرزی نشان داد که شالی‌کاران در سیستم کاشت به‌روز عملکرد بهتری داشته‌اند. افزون بر این، نتایج مربوط به نسبت شکاف فناوریانه نشان داد که در تمام مزارع مورد بررسی، کشاورزانی که از روش‌های به‌روز برای نشای برنج استفاده نموده‌اند از نسبت شکاف فناوریانه بالاتری نیز برخوردار بوده‌اند. با توجه به نتایج، کشاورزان می‌توانند با خرید ماشین‌های به‌روز به‌صورت تعاونی، تولید محصول خود را افزایش دهند. دولت نیز می‌تواند با سازوکارهای تشویقی مانند تسهیلات کم‌بهره به کشاورزان و یا تعاونی‌ها جهت خرید ماشین‌های به‌روز، گامی در جهت افزایش تولید و حرکت به سمت خودکفایی بردارد.

**واژه‌های کلیدی:** سیستم‌های به‌روز کاشت، نشاکار، روش ناعاملی تصادفی فراگیر داده‌ها، نسبت شکاف فناوریانه، تابع فرامرزی.

ارجاع: خانی م، اسفنجاری کناری ر، و پیمان س. ح. ۱۴۰۲. تحلیل اقتصادی سیستم‌های به‌روز و سنتی نشاکاری در تولید محصول برنج (مطالعه موردی: شهرستان رشت). نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۶: ۴۱-۵۵. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2023.13891.590>

۱- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، 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](mailto:mahdikhani@guilan.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۱۷

## مقدمه

رشد جمعیت و نیاز غذایی بیشتر از یک طرف و محدودیت منابع برای تأمین این تقاضا از طرف دیگر موجب شده است که پاسخ به نیازهای تغذیه‌ای بشر در دهه‌های آینده از طریق افزایش سطح زیر کشت به سختی امکان‌پذیر باشد و باید تمام تلاش برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران بخش کشاورزی در جهت بهبود فناوری و افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف شود. 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 (Gadanakis et al., 2015; Barnes et al., 2016).

درواقع همه کشورهای جهان مخصوصاً در مواردی که افزایش تولید با استفاده از منابع بیشتر با موانع دسترسی مواجه هستند، در تلاشند تا بتوانند با مصرف همان مقدار منابع در دسترس، میزان تولید خود را افزایش دهند. در هر نظام تولیدی افزایش کارایی بهره‌برداری از نهاده، از اصول اولیه است و بالا بردن کارایی تولید از اهداف اساسی است (Mahdavi Ismailabadi & Mohammadrezaei, 2010).

برنج پس از گندم بیش‌ترین سطح زیر کشت زمین‌های کشاورزی را در جهان به خود اختصاص داده است و نقش مهمی در تغذیه، درآمد و اشتغال‌زایی مردم جهان از جمله ایران دارد. معمولاً گندم در مزارع بزرگ و به صورت مکانیزه و با سرمایه‌بری زیاد تولید می‌شود. ولی بکارگیری گسترده نیروی انسانی در مزارع کوچک، از مشخصه‌های عمومی کشت برنج است.

در ایران با توجه به ذائقه مردم، برنج به عنوان یکی از اساسی‌ترین نیازهای روزانه کشور و به عنوان کالایی ضروری، در سبد مصرفی خانوارهای ایرانیان قرار دارد. از این‌رو مطالعه راهکارهای خودکفایی، افزایش کارایی و بهره‌وری و استفاده از شیوه‌های نوین و مکانیزه در امر تولید این محصول راهبردی، اهمیت زیادی برای کشور دارد.

مراکز اصلی تولید برنج در ایران، استان‌های مازندران، گیلان و گلستان هستند. البته این محصول در استان‌های فارس و خوزستان و چندین استان دیگر نیز کشت می‌شود ولی بیش‌ترین سهم تولید مربوط به سه استان

شمالی کشور است. در این بین استان گیلان با متوسط سطح زیر کشت ۱۶۰۱۶ هکتار برنج و تولید ۶۶۱۴۸۶ تن شلتوک، دارای رتبه دوم تولید برنج در کشور است (Ministry of Agriculture Jihad, 2022).

میانگین مصرف سرانه برنج در ایران حدود ۳۶-۳۴ کیلوگرم است و مردم گیلان با ۵۳ کیلوگرم مصرف سرانه، بیشترین مصرف سرانه برنج را در ایران دارند. تولید و اقتصاد برنج در گیلان از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است، به طوری که اشتغال بیش از ۵۰ درصد از ساکنان استان و اختصاص حدود ۳۱/۲ درصد از تولید کل شلتوک کشور به گیلان، کشت و کار و اقتصاد آن را در مقامی قرار می‌دهد که در خور توجهات همه‌جانبه است (Ahmadzadeh, 2020).

برنج‌های گروه صدری، از مرغوب‌ترین برنج‌های محلی استان گیلان هستند که سهم عمده کشت محصول برنج استان به این ارقام مربوط می‌شود. در میان ارقام صدری نیز رقم هاشمی پرفرودارترین رقم است (Zamani & Alizadeh, 2006). خوش‌پخت و خوش‌خوراک بودن این رقم، علت اصلی بازاریابی بالای آن است. در نتیجه بیش‌ترین سطح زیرکشت استان (حدود ۷۲ درصد از کل شالی‌زارهای استان) به همین رقم اختصاص یافته است.

تولید برنج در کشور از حدود یک میلیون تن در دهه ۵۰ شمسی به حدود سه میلیون تن در دهه ۹۰ رسیده است. این افزایش تولید، عمدتاً بر اثر بهبود عملکرد بوده است که مسلماً فعالیت‌های تحقیقاتی نقش تعیین‌کننده‌ای در این افزایش عملکرد داشته‌اند. با این وجود، به‌علت رشد جمعیت کشور و نیز افزایش سرانه مصرف برنج، کماکان بخش قابل‌ملاحظه‌ای از نیاز کشور از طریق واردات تأمین می‌شود (Alinia et al., 2015).

با رویکردهای مختلفی می‌توان عملکرد یک واحد اقتصادی را بررسی کرد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، استفاده از شاخص کارایی فنی است. با کمک دیدگاه کارایی و بررسی نسبت شکاف فناورانه میان بنگاه‌های تولیدی، می‌توان الگوهایی برای مصرف مناسب نهاده‌ها در جهت افزایش بهره‌وری این واحدها معرفی کرد. بنابراین با مطالعه عوامل مؤثر بر کارایی فنی در تولید محصول برنج، می‌توان سطح تولید این محصول را در منطقه مورد مطالعه افزایش داد. با الگوگیری صحیح حاصل از نتایج مطالعات کارایی، کشاورزان می‌توانند بدون افزایش کلی در هزینه

کارایی تولید محصولات کشاورزی از جمله برنج انجام گرفته است ولی مطالعاتی که با این دیدگاه، عملیات کاشت و استفاده از ماشین را بررسی کرده‌اند، بسیار محدود هستند. هرچند در رابطه با جنبه‌های مختلف زراعی و اقتصادی کاربرد نشاکار، بررسی‌هایی انجام گرفته است ولی تأثیر استفاده از نشاکار بر کارایی فنی کشاورزان به‌ندرت مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین در ادامه، بررسی مطالعات پیشین شامل دو بخش خواهد بود. در بخش نخست به مطالعاتی پرداخته می‌شود که به طرق مختلف، اهمیت و اثرات استفاده از ماشین نشاکار را تحلیل کرده‌اند و در بخش دوم مطالعاتی مورد توجه قرار می‌گیرند که کارایی فنی تولید محصول برنج را مورد بررسی قرار داده‌اند.

در پژوهشی (Eyvani et al., 2014) با استناد به برخی منابع اظهار داشتند که اگر با علف‌های هرز مبارزه نشود، عملکرد روش کاشت مستقیم به یک دهم روش نشاکاری کاهش می‌یابد، اما در صورتی که با علف‌های هرز مبارزه مکانیکی شود، اختلاف عملکرد بین روش‌ها معنی‌دار نخواهد بود. نتایج این مطالعه نیز نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان عملکرد روش کاشت مستقیم و نشاکاری بود. لازم به ذکر است که در این مطالعه، روش کاشت مستقیم با نشاکاری دستی مقایسه شده بود و استفاده از ماشین نشاکار جزو تیمارها نبود (Eyvani et al., 2014).

در مطالعه‌ای، (Mohammadrazdari et al., 2013) نقش آگاهی شالی‌کاران در بهره‌گیری از ماشین نشاکار در زراعت برنج را در روستای چکویشت شهرستان رضوانشهر (استان گیلان) مورد ارزیابی قرار دادند. ایشان نتیجه گرفتند که شالی‌کاران منطقه علی‌رغم تجربه زیاد در شالی‌کاری و پذیرفتن انتزاعی ماشین نشاکار، در مورد مزایای روش‌های نوین شالی‌کاری اطلاعات کم یا ناقصی دارند و استقبال کم آن‌ها از فناوری‌های نوین، صرفاً به علت نبود بضاعت مالی نیست. در نتیجه پیشنهاد دادند که دولت علاوه بر حمایت‌های مالی برای تأمین تجهیزات، در جهت اطلاع‌رسانی در زمینه نتایج و اثرات استفاده از ماشین نشاکار نیز بیش‌تر فعالیت کند.

در مطالعه‌ای، (Pakravan Charvadeh & Mohammadi, 2019) میزان تأثیر استفاده از ماشین‌های نشاکار برنج را بر هزینه تولید برنج در شهرستان نور استان مازندران

نهاده‌ها، تولید و سود اقتصادی خود را افزایش دهند.

عوامل مختلفی در کارایی کشت محصولات کشاورزی از جمله برنج مؤثر هستند که یکی از آن‌ها چگونگی انجام عملیات کشاورزی از قبیل خاک‌ورزی، کاشت و برداشت است. در این میان، چگونگی انجام عملیات کاشت می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در هزینه‌های کشت، عملکرد محصول، سود خالص و کارایی واحد کشاورزی داشته باشد.

در مناطق مختلف جهان، کاشت برنج به دو روش نشاکاری و کاشت مستقیم انجام می‌شود. در کشت مستقیم، بذر در همان زمین اصلی کاشته شده و تمامی مراحل رشد خود را تا زمان برداشت در همان زمین طی می‌کند. در روش نشاکاری، ابتدا بذرها به صورت فشرده در قطعه زمینی با نام خزانه کشت می‌شوند و پس از طی مراحل ابتدایی رشد، این گیاهان -که در این مرحله نشا نامیده می‌شوند- به زمین اصلی انتقال یافته و دوباره با تراکم کمتر کاشته می‌شوند. با وجود هزینه بیش‌تر کشت نشایی، این روش متداول‌تر از روش مستقیم است. عملکرد بیش‌تر، سهولت مبارزه با علف‌های هرز و صرفه‌جویی در مصرف منابع مختلف از قبیل آب، بذر و کود، از مزایای این روش است.

عملیات نشاکاری به دو روش دستی و ماشینی انجام می‌شود. در روش دستی، این عملیات توسط کارگر و در روش ماشینی، با استفاده از ماشین نشاکار انجام می‌شود. گاهی به روش‌های دستی و نشاکاری، سیستم‌های سنتی و به‌روز کاشت نیز اطلاق می‌شود که در این مطالعه همین نام‌گذاری، مبنا قرار گرفته است.

در روش دستی، تعداد ۱۰ نفر در مدت ۸ ساعت، یک هکتار را نشاکاری می‌نمایند. با این حساب، ظرفیت هر نفر کارگر ۰/۰۱۲۵ هکتار بر ساعت است (Eyvani et al., 2014). بنابراین بدیهی است که هزینه‌های کارگری با این روش بسیار بالا خواهد بود. با این وجود برخی عوامل باعث می‌شوند سرعت گسترش کاربرد نشاکار مکانیکی در مزارع برنج کشور، چندان بالا نباشد.

با توجه به مزایای ابزار کارایی از یک طرف و از طرف دیگر، اهمیت چگونگی انجام عملیات کاشت در عملکرد اقتصادی تولید برنج، در این مطالعه مقرر است نقش کاربرد ماشین نشاکار در کارایی فنی تولید برنج مورد بررسی قرار گیرد. پژوهش‌های گسترده‌ای در رابطه با

برگ‌ها و بوته‌های سالم‌تری تولید شوند و عملکرد محصول افزایش یابد.

در مطالعه‌ای، Naderi Maywan (2011)، عملکرد محصول برنج را در مزارع سنتی ۴/۸ و در مزارع مکانیزه ۵/۳ تن در هکتار به دست آورد. در تقسیم‌بندی ایشان، تفاوت شالی‌کاری مکانیزه و سنتی، در انجام دو عملیات کاشت و برداشت بود. ایشان علاوه بر اثر کشت منظم، کاهش ضایعات را نیز بر عوامل بهبود عملکرد محصول در روش مکانیزه افزودند. البته ایشان با استناد به Delorit et al. (1984)، برداشت مکانیزه را علت اصلی این کاهش ضایعات دانستند. زیرا ظرفیت مزرعه‌ای بالای کمباین این امکان را فراهم می‌کند که بتوان عملیات برداشت برنج را پیش‌تر در نزدیکی زمان بهینه آن انجام داد. هرچند نمی‌توان بدون بررسی، نقش نشاکار را بر این مؤلفه از عملکرد نهایی محصول نادیده گرفت.

در مطالعه‌ای، Heriqbalidi et al. (2015) کارایی فنی تولید برنج را در اندونزی تحلیل کردند. ایشان با استفاده از داده‌های ۱۵ استان اندونزی و نیز به کمک مدل تابع تولید مرزی تصادفی<sup>۱</sup>، اثر عوامل اجتماعی-اقتصادی را روی کارایی فنی اندازه‌گیری کردند و به این نتیجه رسیدند که اندازه زمین، درآمد و منبع تأمین مالی، از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر این شاخص هستند.

در جنوب غربی نیجریه نیز، Boubacar et al. (2016) با استفاده از روش دومرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی مزارع برنج و عوامل مؤثر بر آن را تحلیل کردند. ایشان در مرحله اول، برای برآورد کارایی فنی، فنی خالص و مقیاس، روش تحلیل پوششی داده‌ها را به کار بردند. در مرحله دوم، از رگرسیون Tobit برای شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی فنی استفاده کردند. ایشان به این نتیجه رسیدند که تولیدکنندگان برنج در جنوب غربی نیجریه می‌توانند ۵۲ درصد از ورودی‌هایشان را کاهش دهند و کماکان همان سطح از خروجی را داشته باشند. رگرسیون Tobit نیز نشان داد که عواملی مانند اندازه زمین، تجربه در کشت برنج، عضویت در اتحادیه، شغل اصلی کشاورز و مالکیت زمین، اثر مستقیمی روی کارایی فنی دارند.

در مطالعه‌ای، Nandy & Singh (2020) با تلفیق روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها و یادگیری ماشین<sup>۲</sup>،

بررسی کردند. ایشان به این نتیجه رسیدند که استفاده از نشاکار منجر به کاهش هزینه کل و افزایش عملکرد می‌گردد. همچنین بازدهی به مقیاس در حالت استفاده از نشاکار ۷۶/۱ درصد و در حالت عدم استفاده از نشاکار ۴۳/۱ درصد بوده است و امکان افزایش بیش‌تر تولید در حالت استفاده از نشاکار فراهم است.

علاوه بر نیروی کار موردنیاز، Peng et al. (2004) دو عامل دیگر را نیز به‌عنوان معایب نشاکاری دستی ذکر کردند. ایشان نایک‌نواختی تراکم کشت و شوک حاصل از نشاکاری را از عوامل کاهش عملکرد نشاکاری برشمردند. در نشاکاری دستی، نشاها از خزانه ریشه‌کن می‌شوند و در این میان، آسیب جدی به ریشه گیاه وارد می‌شود. ولی در نشاکاری مکانیزه، شوک کمتری به نشا وارد شده و فاصله میان نشاهای کشت‌شده در زمین اصلی یکنواخت‌تر است. در مطالعه‌ای، Goswami et al. (2020) مقایسه‌ای اقتصادی میان کشت دستی و مکانیزه (نشاکاری با ماشین نشاکار) برنج انجام دادند. ایشان ارتفاع گیاه، تعداد گیاه در هر کپه، تعداد گیاه در هر متر مربع و عملکرد محصول را برای هر دو روش اندازه‌گیری کردند. همچنین آن‌ها کل هزینه‌ها و درآمد حاصل از کشت برنج را نیز برای این دو سامانه محاسبه کردند. درآمد ناخالص برای کشت دستی و مکانیزه به ترتیب ۹۲۹۲۸ و ۹۷۰۱۲ روپیه و درآمد خالص برای این دو روش، ۵۵۹۳۹ و ۶۶۸۵۹ روپیه بود. نسبت سود به هزینه نیز برای کشت دستی و مکانیزه به ترتیب ۲/۵۱ و ۳/۲۱ بود. بنابراین نشاکاری مکانیزه علاوه بر افزایش درآمد ناخالص از طریق افزایش عملکرد، با کاهش هزینه‌های کشت، باعث افزایش هرچه بیش‌تر درآمد خالص شد. ایشان علت بهبود عملکرد در روش مکانیزه را فاصله صحیح ردیف‌ها از یکدیگر و فاصله گیاه‌ها روی ردیف دانسته‌اند و علت اصلی کاهش عملکرد در روش دستی را آلودگی زمین به علف‌های هرز معرفی کردند. این نظم در کشت، از طریق رشد یکنواخت محصول باعث افزایش عملکرد در روش مکانیزه می‌شود (Motiei Langroudi, 2002).

البته Maiti & Bhattacharya (2011) و Rasool et al. (2013)، بیش‌تر روی تفاوت تعداد گیاه در هر کپه به عنوان علت تفاوت عملکرد در دو روش نشاکاری تأکید کرده‌اند. ایشان اظهار داشته‌اند که در روش مکانیزه تعداد کمتری نشا در هر کپه کاشته می‌شود که باعث می‌شود

1- Stochastic frontier production function

2- Machine learning

بالای این دو شاخص، نشان‌دهنده تأثیر شدید مکانیزاسیون کشاورزی بر بهره‌وری تولیدکنندگان برنج است.

در مطالعه‌ای، (Shamsodini & Moradi (2000) با استفاده از تخمین تابع تولید مرزی تصادفی، تأثیر نشاکار را بر کارایی فنی برنج‌کاران در سه شهرستان استان فارس بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که استفاده از نشاکار می‌تواند تأثیرات متفاوتی بر کارایی فنی تولیدکنندگان برنج داشته باشد. در منطقه ممسنی کاربرد نشاکار اثر منفی بر کارایی فنی داشت و تأثیر آن در سایر مناطق نیز معنی‌دار نبود. آنها کارایی فنی را برای مناطق شیراز، ممسنی و مرودشت به ترتیب ۸۷، ۸۵ و ۸۳ درصد برآورد کردند.

همان‌طور که پیشتر اشاره شد، مطالعه جامعی در رابطه با کارایی روش‌های کاشت برنج، مخصوصاً در استان گیلان انجام نگرفته است. همچنین تعارض نتیجه مطالعه‌ای که کارایی استفاده از نشاکار برنج را در استان فارس بررسی کرده، با نتایج سایر مطالعات داخلی و خارجی که با شاخص‌های دیگری اثرات استفاده از این ماشین را مورد مطالعه قرار داده‌اند، نیاز به طرح‌ریزی مطالعه‌ای جدید برای بررسی این مسئله را دوچندان کرده است. بنابراین هدف کلی این تحقیق، برآورد کارایی فنی و نسبت شکاف فناوریانه سامانه‌های به‌روز و سنتی کاشت محصول برنج در شهرستان رشت است تا مقدمه‌ای برای ارائه الگوهایی با هدف بهبود عملکرد اقتصادی کشاورزان استان فراهم شود. بررسی تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که تاکنون هیچ مطالعه‌ای چه در داخل و چه در خارج از کشور، به موضوع نسبت شکاف فناوریانه روش‌های سنتی و به‌روز کاشت در محصولات کشاورزی نپرداخته است. بنابراین در این مطالعه سعی بر این شده است که با این رویکرد نیز اثرگذاری استفاده از ماشین نشاکار در کارایی فنی تولید برنج بررسی شود.

### مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر برای سنجش کارایی فنی شالی‌کاران از روش ناعاملی تصادفی فراگیر داده‌ها<sup>۱</sup> (StoNED) استفاده شد که ویژگی‌های هر دو روش عاملی (پارامتریک) و ناعاملی (ناپارامتریک) سنجش کارایی را دارد. در واقع در

کارایی شالی‌زارها را در هند بررسی کردند. ابتدا ایشان با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی مزارع مورد بررسی را ارزیابی کردند. سپس با کمک الگوریتم جنگل تصادفی<sup>۱</sup> (یکی از روش‌های یادگیری ماشین)، متغیرهای حیاتی در پیش‌بینی عملکرد مزرعه را شناسایی کردند. نتایج نشان داد که مالکیت زمین، کارت اعتباری کیسان (KCC) و وضعیت تحصیلی مهم‌ترین متغیرهایی هستند که بر عملکرد تولیدکنندگان شلتوک تأثیر می‌گذارند.

در مطالعه‌ای دیگر، (Chandel *et al.* (2022) با کمک مدل مرزی تصادفی<sup>۲</sup>، کارایی فنی تولید برنج و عوامل مؤثر بر آن را در دشت‌های سند و گنگ (در هند) برآورد کردند. در نتایج، میانگین کارایی فنی ۷۲ درصد به‌دست آمد که نشان می‌دهد با استفاده از سطح فعلی نهاده‌ها و فناوری‌ها، قابلیت افزایش قابل‌توجهی در کارایی فنی برنج وجود دارد. از عوامل موردبررسی، نیروی کار، میزان آبیاری و بذرها هیبریدی بر کارایی فنی اثر معنی‌داری داشتند، در حالی که متغیرهای تجربه و وضعیت مالکیت تأثیر منفی بر کارایی فنی داشتند. در پایان به این نتیجه رسیدند که کارایی فنی برنج‌کاران را می‌توان از طریق دسترسی به موقع به اعتبارات و ارائه اطلاعات کشاورزی از طریق خدمات ترویجی بهبود بخشید.

در ایالت تامیل‌نادو (هند)، (Meenasulochani *et al.* (2018) با استفاده از تابع تولید مرزی تصادفی و مدل Tobit، کارایی فنی تولید برنج و عوامل مؤثر بر آن را بررسی کردند. نتایج نشان داد که ضرایب متغیرهایی مانند اندازه مزرعه، بذر، کود شیمیایی و آبیاری، مثبت بودند که نشان‌دهنده رابطه مستقیم میان کارایی فنی و این متغیرها است. در حالی که ضرایب متغیرهایی مانند کود آلی، سموم شیمیایی، نیروی کار و ماشین‌های کشاورزی، منفی به‌دست آمدند.

در مطالعه‌ای، (Hormozi *et al.* (2012) با استفاده از تحلیل مرزی تصادفی، اثر مکانیزاسیون کشاورزی و سیستم کشت را بر کارایی فنی مزارع برنج خوزستان بررسی کردند. نتایج نشان داد که گستره وسیعی برای سطوح کارایی (از ۱۵ تا ۹۹ درصد) و شاخص مکانیزاسیون (از ۶ تا ۵۲ درصد) وجود دارد و همبستگی

1- Random forest

2- Stochastic frontier model

3- Stochastic Nonparametric Envelopment of Data (StoNED)

تصادفی، همانند حداقل مربعات اصلاح‌شده<sup>۳</sup> (MOLS) در روش عاملی مرز تصادفی، با استفاده از گشتاورهای نوع دوم و سوم<sup>۴</sup>، واریانس ناکارایی و جزء اخلاص تصادفی تخمین زده می‌شود (Kuosmanen, 2006).

$$\min \sum_{i=1}^n \hat{e}_i^2$$

$$s.t.$$

$$y_i = a_i + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \hat{e}_i \quad \forall_i = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$y_h \leq a_i + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \hat{e}_i \quad \forall_{h,i} = 1, \dots, n$$

$$b_i \geq 0 \quad \forall_i = 1, \dots, n$$

$$\hat{e}_i \leq 0$$

به‌طور کلی روش ناعاملی تصادفی شامل سه مرحله است:

مرحله اول: تخمین حداقل مربعات جزء خطا  $\hat{e} = (\hat{e}_1, \dots, \hat{e}_n)$

مرحله دوم: تخمین واریانس پارامترهای  $S_u^2$  و  $S_v^2$  با استفاده از گشتاورهای دوم و سوم.

مرحله سوم: تخمین جزء ناکارایی بر مبنای توزیع شرطی آن.

پس از تخمین جزء خطای ترکیبی - که شامل جزء ناکارایی است - از گشتاورهای دوم (معادله (۲)) و سوم (معادله (۳)) برای توزیع جزء اخلاص استفاده می‌شود (Kuosmanen, 2006).

$$m_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{e}_i - \hat{E}(e_i))^2}{n} \quad (2)$$

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{e}_i - \hat{E}(e_i))^3}{n} \quad (3)$$

این گشتاورها تخمین‌زنده‌های سازگاری از آماره‌های حقیقی  $m_2$  (معادله (۴)) و  $m_3$  (معادله (۵)) و وابسته به واریانس جزء ناکارایی و جزء خطای تصادفی هستند (Kuosmanen, 2006).

$$m_2 = \left( \frac{p-2}{p} \right) S_u^2 + S_v^2 \quad (4)$$

$$m_3 = \left( \sqrt{\frac{2}{p}} \right) \left( 1 - \frac{4}{p} \right) S_u^3 \quad (5)$$

این روش، مرز ناعاملی و جزء خطای ترکیبی تصادفی می‌توانند به‌طور همزمان به دست آیند. مزیت این روش این است که در آن برخلاف روش عاملی مرز تصادفی، فرض وجود فرم تابعی خاص برای تابع تولید، حذف شده و فرم تابعی انعطاف‌پذیر با ویژگی‌های تقعر، یکنواختی و همگنی معرفی می‌شود. هم‌چنین، در این روش جزء خطای تصادفی در داده‌ها در نظر گرفته می‌شود. در تحلیل فراگیر داده‌ها تعداد کمی از بنگاه‌های کارا روی مرز تولید اثر می‌گذارند ولی در روش ناعاملی تصادفی فراگیر داده‌ها، همه مشاهده‌ها در شکل‌گیری مرز تصادفی تأثیرگذارند (Kuosmanen, 2006).

در روش (StoNED)، روش رگرسیون ناعاملی - که به عنوان حداقل مربعات ناعاملی مقعر<sup>۱</sup> (CNLS) معرفی شده است - جایگزین رگرسیون حداقل مربعات معمولی می‌شود (Kuosmanen, 2006). روش CNLS یک روش ناعاملی برای تخمین تابع تولید است که به شکل رابطه‌ای با مدل برنامه‌ریزی درجه دو ایجاد می‌شود. همان‌طور که در الگوی (۱) ملاحظه می‌شود، فناوری تولید با استفاده از تابع تولید سنتی  $y = f(x)$  به‌دست آمده که محدوده امکانات تولید را نشان می‌دهد. در اینجا ابتدا فرض شده است که تابع  $f$ ، تابعی صعودی، یکنواخت و مقعر است و فرم تابعی خاصی برای  $f$  در نظر گرفته نمی‌شود. عامل  $x_i$  برداری از نهاده‌های  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  برای واحد تولیدی  $i$  ام است و مقادیر محصول  $(y)$  و نهاده‌ها  $(x_i)$  به شکل لگاریتمی هستند.

رگرسیون CNLS،  $n$  شیب مختلف را برای تابع تولید تخمین می‌زند که بر خلاف روش حداقل مربعات معمولی، عرض از مبدا و ضرایب شیب برای هر یک از واحدهای تولیدی متفاوت است. در واقع  $n$  تابع تولید مختلف با شیب‌های مختلف وجود دارد. ضرایب شیب‌ها  $(b_i)$  تولید نهایی نهاده را نشان می‌دهند. محدودیت دوم در مدل بالا، ویژگی تقعر در تابع تولید را با استفاده از محدودیت نابرابری افريت<sup>۲</sup> نشان می‌دهد (Afriat, 1972). در این مدل فرض بر این است که ناکارایی فنی، توزیعی نیمه نرمال، ناهمبسته و غیرمنفی دارد و جزء اخلاص سفید دارای توزیع  $v_i \approx N(0, S_U^2)$  است. در روش ناعاملی

3- Modified ordinary least squares

4- Second and third moment

1- Concave Nonparametric Least Squares

2- Afriat

ام بر حسب کیلوگرم،  $x_{i5}$  مقدار مصرف سموم شیمیایی در مزرعه  $i$  ام بر حسب لیتر،  $x_{i6}$  مقدار کل نیروی کار مصرف‌شده در مزرعه  $i$  ام بر حسب روز - نفر،  $x_{i7}$  مقدار بذر مصرفی برای مزرعه  $i$  ام بر حسب کیلوگرم،  $x_{i8}$  مقدار هزینه استفاده از ماشین‌ها بر حسب ده هزار ریال و  $x_{i9}$  نشان‌دهنده شاخص دیویژیا یا سایر هزینه‌های مزرعه  $i$  ام بر حسب ده ریال است. با عنایت به این‌که تابع فرامرزی بر پایه داده‌های ترکیب‌شده برای تمامی واحدها در تمامی سطوح فناوری ساخته می‌شود، اگر  $L_k$  نشان‌دهنده  $k$  امین سطح فناوری باشد، مجموع تمامی سطوح فناوری 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, 2012). تابع فرامرزی، پوششی از نقاط تولیدی با کارایی بالا در گروه‌های مختلف است. مفهوم فرامرزی بر این فرض استوار است که کل تولیدکنندگان در گروه‌های مختلف، پتانسیل دستیابی به یک فناوری یکسان را دارند. اگر فرض شود فناوری، سطحی از دانش در یک زمان باشد، آنگاه آنچه که به عنوان فناوری در واحدهای تولیدی به کار گرفته می‌شود در واقع از اجزای فناوری فرامرزی است. بنابراین، سطح فناوری  $L$  به عنوان تمامیتی از فناوری‌های به‌کارگرفته‌شده در کلیه واحدهای تولیدی تعریف می‌شود. نسبت شکاف فناوری می‌تواند به‌صورت معادله (۱۰) تعریف شود (O'donnell et al., 2008). در این معادله،  $TE_i^*$  کارایی فنی واحد  $i$  ام نسبت به تابع فرامرزی را نشان می‌دهد و  $TE_i^k$  کارایی فنی واحد  $i$  ام در سطح فناوری  $k$  ام را نشان می‌دهد.

$$TGR_i^k(x, y) = \frac{TE_i^*(x, y)}{TE_i^k(x, y)} \quad (10)$$

همچنین  $TGR_i^k$  نسبت شکاف فناوریانه واحد  $i$  ام در سطح فناوری  $k$  ام را نشان می‌دهد. این نسبت همواره بین صفر (حداقل) و یک (حداکثر) است. این نسبت هر اندازه بزرگ‌تر باشد، کاهش شکاف بین فناوری مرزی گروهی و فناوری فرامرزی را نشان می‌دهد. زمانی که مرز فناوری مرجع واحد  $K$  ام با مرز فناوری فرامرزی بر هم

واریانس  $S_u^2$  و  $S_v^2$  با بکارگیری گشتاورهای دوم و سوم تخمین زده می‌شوند که بر مبنای چولگی<sup>۱</sup> توزیع جزء خطای ترکیبی<sup>۲</sup> و ناشی از جزء ناکارایی هستند. بنابراین گشتاور سوم بایستی منفی باشد. اگر چولگی توزیع جزء خطا در مدل CNLS در مسیر نادرستی باشد، گشتاور سوم مثبت خواهد شد و تخمین حداکثر راست‌نمایی برای جزء ناکارایی برابر صفر خواهد شد ( $\hat{u}=0$ ). زمانی که چولگی توزیع، خیلی بزرگ است،  $S_u^2$  به‌دست آمده از رابطه (۵) بر مبنای رابطه (۳) بزرگ‌تر از  $m_2$  است و بنابراین،  $S_v^2$  منفی خواهد شد. در این حالت واریانس جزء اخلاص سفید را برابر صفر ( $\hat{S}_v=0$ ) و همه واریانس، به جزء ناکارایی نسبت داده می‌شود (Kuusmanen, 2006). در یک بررسی، (Jondro et al. (1982) نشان دادند که توزیع شرطی ناکارایی  $u_i$  به ازای  $\hat{e}_i$  معلوم، یک توزیع نرمال ناقص است که میانگین و واریانس آن به ترتیب با معادلات (۶) و (۷) به دست می‌آیند.

$$m_* = -\hat{e}_i S_u^2 / (S_u^2 + S_v^2) \quad (6)$$

$$s_*^2 = S_v^2 S_u^2 / (S_u^2 + S_v^2) \quad (7)$$

میانگین شرطی  $u_i$  نیز به صورت معادله (۸) به‌دست می‌آید.

$$E\langle u_i | \hat{e}_i \rangle = m_* + s_* \left[ \frac{f(-m_*/s_*)}{1 - \Phi(-m_*/s_*)} \right] \quad (8)$$

که در این معادله،  $f$  تابع چگالی نرمال استاندارد<sup>۳</sup> و  $\Phi$  تابع توزیع تجمعی نرمال استاندارد<sup>۴</sup> است.

پس از تخمین میانگین شرطی جزء ناکارایی، برای محاسبه کارایی فنی نسبت به تابع مرزی از معادله (۹) استفاده می‌شود (Shen & Lin, 2017).

$$EFF_i = E\langle y_i^* | u_i, x_i \rangle / E\langle y_i^* | u_i = 0, x_i \rangle \quad (9)$$

متغیرهای موجود در مدل شامل  $y_i$  است که نشان‌دهنده میزان شلتوک تولیدی بر حسب کیلوگرم برای مزرعه  $i$  ام،  $x_{i1}$  سطح زیر کشت برنج در مزرعه  $i$  ام بر حسب هکتار،  $x_{i2}$  مقدار کود ازت مصرف‌شده در مزرعه  $i$  ام بر حسب کیلوگرم،  $x_{i3}$  مقدار مصرف کود فسفات در مزرعه  $i$  ام بر حسب کیلوگرم،  $x_{i4}$  میزان مصرف کود پتاس در مزرعه  $i$

1- Skewness  
2- Compound disturbance  
3- Standard normal density function  
4- Standard normal cumulative distribution function

$t$  قدرمطلق خطای موردنظر در برآورد،  $s$  واریانس نمونه‌ی اولیه،  $y$  میانگین نمونه‌ی 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. 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، ولی 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. 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.

### نتایج و بحث

داده‌های مورد نیاز برای این پژوهش، به‌صورت حضوری و با تکمیل پرسش‌نامه از شالی‌کاران شهرستان رشت که در سال ۱۳۹۷ رقم صدری هاشمی را کشت کرده بودند به‌دست آمد. برای جمع‌آوری اطلاعات لازم، از دو روش اسنادی و میدانی (ابزار پرسش‌نامه) استفاده شد. داده‌ها علاوه بر اطلاعات شخصی شالی‌کاران (سن، تحصیلات، سابقه، تأهل، جنسیت و ...)، شامل اطلاعاتی نظیر مقدار محصول تولید شده (مقدار تولید شلتوک) و میزان نهاده‌های مصرف شده در طی یک سال زراعی (سطح زیر کشت برنج، مقدار کود ازت مصرف‌شده، مقدار مصرف کود فسفات، میزان مصرف کود پتاس، مقدار مصرف سموم شیمیایی، مقدار کل نیروی کار مصرف‌شده، مقدار بذر مصرفی، مقدار هزینه استفاده از ماشین‌ها و شاخص دیویژیا یا سایر هزینه‌های مزرعه) نیز بودند.

به منظور تجزیه و تحلیل اقتصادی استفاده از دستگاه نشاکار در مزارع برنج، ابتدا به دلیل 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. توزیع اندازه مزارع بر اساس تعداد و مساحت در جدول ۱ نشان داده شده است.

منطبق شوند، این نسبت برابر یک می‌شود (O'donnell *et al.*, 2008).

همچنین در مطالعه حاضر برای بررسی معنی‌دار بودن استفاده از نشاکار بر روی کارایی فنی مزارع، ابتدا نرمال بودن مقادیر کارایی فنی در هر دسته از مزارع بررسی شده و با توجه به نتایج بدست آمده، آزمون مناسب برای تحلیل انتخاب شد. به این صورت که اگر داده‌ها از توزیع نرمال پیروی کنند از آزمون‌های عاملی (پارامتری) برای بررسی نقش نشاکار استفاده می‌شود و در غیر این صورت، از روش‌های ناعاملی (ناپارامتری) استفاده می‌شود.

برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک و جهت آزمون مقایسه میانگین، از آزمون  $t$  (در صورت نرمال بودن توزیع داده‌ها) و من-ویتنی (در صورت نرمال نبودن) بهره گرفته شد.

البته در این مطالعه تصمیم گرفته شد که حتی در صورت نرمال نبودن، از آزمون  $t$  نیز برای بررسی این مسئله و مقایسه نتایج آن با آزمون ناعاملی من-ویتنی استفاده شود ولی مبنای اصلی مقایسه، آزمون من-ویتنی خواهد بود. همچنین قبل از بکارگیری آزمون  $t$ ، برابری واریانس‌های مزارع سنتی و به‌روز (مدرن) در هر یک از دسته‌های مورد مطالعه با استفاده از آزمون یون<sup>۱</sup> بررسی شد.

جامعه آماری مطالعه حاضر شامل تمام شالی‌کاران شهرستان رشت در سال ۱۳۹۷ بود که رقم صدری هاشمی را کشت کرده بودند. برای جمع‌آوری اطلاعات لازم از ابزار پرسش‌نامه بهره گرفته شد. حجم نمونه براساس معادله (۱۲) (Amidi, 1999)، محاسبه شد.

$$n = \frac{\left[ \frac{z \times s}{r \times y} \right]^2}{1 + \frac{\left[ \frac{z \times s}{r \times y} \right]^2}{N}} \quad (12)$$

در این معادله،  $n$  تعداد نمونه‌ی موردنیاز،  $z$  طول نقطه متناظر با احتمال تجمعی  $1 - \alpha$  توزیع نرمال استاندارد،



جدول ۱- توزیع اندازه‌های مختلف مزارع

اندازه مزارع	تعداد	درصد	مساحت	درصد مساحت
کوچک	۲۶۳	۴۹/۵۳	۹۸/۹۳	۱۵/۶۹
متوسط	۱۶۱	۳۰/۳۲	۱۵۸/۱۰	۲۵/۰۸
بزرگ	۱۰۷	۲۰/۱۵	۳۷۳/۳۰	۵۹/۲۲
جمع	۵۳۱	۱۰۰	۶۳۰/۳۰	۱۰۰

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیش‌ترین تعداد مزارع، مربوط به زمین‌های کوچک است که مساحتی کمتر از ۰/۶ هکتار دارند و کمترین تعداد، مربوط به مزارع بزرگ است که حداقل مساحت هر کدام از آن‌ها ۱/۴ هکتار است. اما از نظر سهم مساحت، شرایط کاملاً متفاوت است. زمین‌های بزرگ، بیش‌ترین سهم از مساحت مزارع موردبررسی را به خود اختصاص داده‌اند و سهم زمین‌های کوچک، کمترین است. زمین‌های متوسط چه از نظر تعداد و چه از نظر سهم مساحت، بینابین زمین‌های کوچک و بزرگ هستند.

در جدول ۲، سهم مزارعی که با روش سنتی عملیات نشاکاری را انجام داده‌اند و مزارعی که با روش‌های به‌روز این عملیات را انجام داده‌اند به تفکیک مزارع کوچک، متوسط و بزرگ و نیز بر اساس تعداد و مساحت مشاهده می‌شود. در زمین‌های کوچک، اکثر زمین‌ها به صورت سنتی و بدون استفاده از ماشین، نشاکاری می‌شوند ولی در زمین‌های بزرگ، تعداد زمین‌هایی که به صورت مکانیزه این عملیات را انجام می‌دهند از زمین‌هایی که به صورت دستی نشاکاری می‌کنند بیش‌تر است.

چگونگی رابطه مساحت مزرعه و میزان استفاده از ماشین، از دو جنبه قابل‌بررسی است: ابتدا امکان و احتمال خرید ماشین توسط مالک مزرعه و دوم نرخ دریافت خدمات ماشینی. مسلم است که با افزایش اندازه مزرعه، توجیه اقتصادی و توان تأمین مالی زارع برای تهیه ماشین افزایش می‌یابد که این جنبه مورد تأکید *Sheng et al.* (2015) بوده است. اما حتی در حالت استفاده از ماشین به صورت خدماتی نیز، اندازه کوچک مزرعه مشکلاتی ایجاد می‌کند. در مزارع کوچک‌تر، بازده مزرعه‌ای انواع ماشین‌ها و به‌ویژه ماشین‌های با عرض زیاد، پایین‌تر است و در نتیجه با کاهش ظرفیت عملی ماشین‌ها، زمان موردنیاز برای تکمیل عملیات، بسیار بیش‌تر از مقدار نظری آن خواهد بود. همچنین زمان صرف‌شده برای

جابجایی ماشین میان زمین‌های مختلف نیز عامل دیگری است که کل زمان لازم برای انجام عملیات یک مزرعه را افزایش می‌دهد. با توجه به مساحت کم‌تر زمین‌های کوچک، اثر این افزایش زمان و هزینه در واحد سطح، برای این زمین‌ها بیش‌تر از زمین‌های بزرگ است. تمامی این هزینه‌های اضافی به صورت افزایش در نرخ خدمات ماشینی به مالک مزرعه منتقل می‌شود که در نتیجه آن، رقابت‌پذیری انجام عملیات به صورت ماشینی، در مقابل روش‌های سنتی کاهش می‌یابد.

در مطالعه حاضر به منظور تحلیل اقتصادی سیستم‌های به‌روز و سنتی نشاکاری در تولید محصول برنج، ابتدا نمرات کارایی فنی شالی‌کاران با استفاده از روش ناعاملی تصادفی فراگیر داده‌ها محاسبه شد. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، میانگین کارایی فنی کل مزارع ۸۰/۵ درصد است. با توجه به این جدول، اگرچه میانگین کارایی فنی با افزایش اندازه مزرعه در حال افزایش است اما این مقایسه از نظر فنی صحیح نبوده و نمرات کارایی فنی محاسبه‌شده در هر گروه، نسبی‌اند و قابل مقایسه نیستند.

نتایج بررسی نرمال‌بودن توزیع مزارع با استفاده از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک در جدول ۴ نشان داده شده است. طبق داده‌های این جدول، در سطح ۱ درصد ثابت می‌شود که توزیع کارایی فنی در مزارع کوچک، نرمال نیست. برای مزارع متوسط و بزرگ هم نتایج این بررسی نشان داد که به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد، کارایی فنی مزارع، از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند. بنابراین لازم است از آزمون‌های ناعاملی برای بررسی اثرگذاری استفاده از نشاکار بر کارایی فنی مزارع استفاده شود.

در مطالعه حاضر همچنین نقش نشاکار برای تمامی مزارع، فارغ از مساحت به صورت یک دسته نیز بررسی شد. نتایج نشان داد نرمال‌بودن توزیع مزارع بر اساس کارایی فنی، در سطح ۱ درصد رد می‌شود.

بنابراین تصمیم گرفته شد در تمامی این چهار حالت (مزارع کوچک، متوسط، بزرگ و کل مزارع)، یک آزمون ناعاملی، اساس بررسی اثرگذاری نشاکار بر کارایی فنی باشد.

جدول ۲- سهم کشت‌های سنتی و به‌روز بر حسب تعداد مزارع و مجموع مساحت

دسته مزارع	بر حسب تعداد مزارع				بر حسب مساحت مزارع			
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
کوچک	۱۸۹	۷۱/۸۶	۷۴	۲۸/۱۴	۷۰/۴۴	۷۱/۲۰	۲۸/۴۹	۲۸/۸۰
متوسط	۹۲	۵۷/۱۴	۶۹	۴۲/۸۶	۸۵/۶۵	۵۴/۱۷	۷۲/۴۵	۴۵/۸۳
بزرگ	۵۱	۴۷/۶۶	۵۶	۵۲/۳۴	۱۷۰/۴۰	۴۵/۶۵	۲۰۲/۹۰	۵۴/۳۵
جمع	۳۳۲	۶۲/۵۲	۱۹۹	۳۷/۴۸	۳۲۶/۴۹	۵۱/۸۰	۳۰۳/۸۴	۴۸/۲۰

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار (شاخص‌های تمایل مرکزی و پراکندگی) کارایی فنی دسته‌های مختلف مزارع

دسته مزارع	کارایی فنی			
	میانگین	میانه	انحراف معیار	کمینه
کوچک	۰/۷۹۳۷	۰/۷۷۴۰	۰/۱۲۱۸۱	۰/۵۵
متوسط	۰/۷۸۹۹	۰/۷۸۱۰	۰/۱۰۵۶	۰/۵۷
بزرگ	۰/۸۵۶۹	۰/۸۵۱۰	۰/۱۱۴۸	۰/۶۱
جمع	۰/۸۰۵۳	۰/۷۸۷۰	۰/۱۱۸۴	۰/۵۵

جدول ۴- آزمون نرمال بودن توزیع مزارع بر اساس بازده فنی

دسته مزارع	درجه آزادی	کولموگروف-اسمیرنوف		شاپیرو-ویلک	
		آماره	سطح معنی‌داری	آماره	سطح معنی‌داری
کوچک	۲۶۳	۰/۱۰۴	۰/۰۰۰	۰/۹۳۴	۰/۰۰۰
متوسط	۱۶۱	۰/۰۷۶	۰/۰۲۵	۰/۹۶۴	۰/۰۰۰
بزرگ	۱۰۷	۰/۱۱۶	۰/۰۰۱	۰/۹۲۳	۰/۰۰۰
جمع	۵۳۱	۰/۰۷۸	۰/۰۰۰	۰/۹۴۶	۰/۰۰۰

با توجه به این‌که در تمامی دسته‌ها، کارایی فنی شالی‌کاران از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند، به‌جای آزمون t، از آزمون من-ویتنی استفاده شد. این آزمون بر اساس رتبه واحدها عمل می‌کند و نتایج آن در جدول ۵ گزارش شده است.

در بررسی نرمال بودن توزیع مزارع با آزمون شاپیرو-ویلک نیز دوباره فرض نرمال بودن توزیع مزارع کاملاً (در سطح ۱ درصد) رد شد. هرچند با توجه به این‌که تعداد مزارع در هر دسته بیش از ۱۰۰ عدد است، همان آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، معیار اصلی این مطالعه برای بررسی این موضوع بود.

جدول ۵- نتایج آزمون من-ویتنی برای بررسی نقش استفاده از نشاکار در کارایی فنی

دسته مزارع	میانگین رتبه		Z	سطح معنی‌داری
	سنتی	به‌روز		
کوچک	۱۲۸/۵۱	۱۴۰/۹۱	-۱/۱۹۰	۰/۲۳۴
متوسط	۷۴/۵۵	۸۹/۶۰	-۲/۰۲۸	۰/۰۴۳
بزرگ	۴۷/۵۰	۵۹/۹۲	-۲/۰۷۷	۰/۰۳۸
جمع	۲۴۶/۹۴	۲۹۷/۸۰	-۳/۷۰۲	۰/۰۰۰

از دسته مزارع کوچک، در تمامی آن‌ها این تفاوت معنی‌دار بود. بنابراین می‌توان ابراز داشت که استفاده از نشاکار تأثیر مستقیم و معنی‌داری بر نمرات کارایی فنی شالی‌کاران، مخصوصاً در مزارع متوسط و بزرگ دارد.

در جدول ۵، میانگین رتبه‌های مزارعی که از روش به‌روز برای نشاکاری استفاده کردند با مزارع سنتی مقایسه می‌شود. در هر چهار دسته، مزارع به‌روز به طور متوسط رتبه‌های بهتری نسبت به مزارع سنتی داشتند که به غیر

نتایج آزمون t هم مؤید آزمون من-ویتنی بود و به غیر از مزارع کوچک، در باقی دسته‌ها نقش استفاده از نشاکار بر کارایی فنی مزارع، محرز بود. البته معنی‌دارنشدن تفاوت مزارع سنتی و به‌روز در دسته زمین‌های کوچک، دلیلی بر بی‌تأثیر بودن استفاده از نشاکار در بازده فنی مزارع نیست و با مطالعات پیش‌تر و با تمرکز بر این دسته از زمین‌ها، درک بهتری از چگونگی نقش نشاکار بر پارامترهای اقتصادی زمین‌های کوچک به‌دست می‌آید.

نتایج آزمون t، در جدول ۶ نشان داده شده است. همچنین در این جدول، میانگین کارایی فنی مزارع سنتی و به‌روز، در تمامی دسته‌ها ارائه شده است. در تمامی دسته‌ها، مزارع به‌روز به‌طور متوسط کارایی فنی بیشتری داشتند.

لازم به ذکر است که آزمون t با فرض یکسان‌بودن پراکندگی مزارع در دو حالت سنتی و به‌روز اجرا شد. زیرا بر اساس آزمون یون، در هیچ کدام از دسته‌ها، تفاوت میان واریانس‌های مزارع سنتی و به‌روز، معنی‌دار نبودند.

جدول ۶- نتایج آزمون t برای بررسی نقش استفاده از نشاکار در کارایی فنی

معنی‌داری	t	بازده فنی					دسته مزارع
		آزمون برابری واریانس		انحراف معیار			
		معنی‌داری	F	به‌روز	سنتی	میانگین	
کوچک	۰/۲۲۹	۰/۳۳۸	۰/۹۲۱	۰/۱۳۰۲۳	۰/۱۱۸۲۳	۰/۸۰۸۱	۰/۷۸۸۰
متوسط	۰/۰۴۱	۰/۷۲۵	۰/۱۲۴	۰/۱۰۲۲۳	۰/۱۰۶۲۴	۰/۸۱۰۱	۰/۷۷۵۸
بزرگ	۰/۰۳۳	۰/۸۲۳	۰/۰۵۰	۰/۱۰۹۴۵	۰/۱۱۷۳۲	۰/۸۷۹۸	۰/۸۳۲۵
جمع	۰/۰۰۰	۰/۵۹۵	۰/۲۸۳	۰/۱۱۹۱۴	۰/۱۱۵۹۲	۰/۸۲۸۵	۰/۷۹۱۴

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، با افزایش مساحت زمین‌ها گرایش به استفاده از ماشین برای انجام عملیات کشاورزی افزایش می‌یابد که نشاکار نیز از قاعده مستثنی نیست. اما تشخیص کشاورز برای انجام عملیات با روش‌های سنتی یا به‌روز، دلیلی بر انتخاب بهینه نیست. گواه این مسئله همین تفاوت قابل توجه کارایی فنی میان مزارع به‌روز و سنتی در دسته‌های مختلف است. بسیاری از کشاورزان مخصوصاً در زمین‌های متوسط و بزرگ می‌توانستند با به‌کارگیری ماشین نشاکار، کارایی فنی و به‌دنبال آن سود اقتصادی مزرعه خود را بهبود بخشند، ولی برخی عوامل مانند اشتباهات محاسباتی و مسائل روانی و اجتماعی مانع از کنارگذاشتن روش‌های قدیمی می‌شوند. بنابراین برای بررسی دلایل ترجیح کشاورزان به ادامه روش‌های سنتی با وجود مزایای اقتصادی تغییر سیستم کشت، نیاز به مطالعات دقیق‌تری است.

نتایج حاصل از برآورد کارایی فنی نسبت به تابع مرزی و فرامرزی در جدول ۷ گزارش شده است. میانگین کارایی فنی نسبت به تابع مرزی (TE) گروه سنتی در مزارع کوچک، متوسط و بزرگ به ترتیب ۷۸/۸، ۷۷/۶ و ۸۳/۳ درصد است. یعنی این واحدها به طور متوسط به ترتیب

۷۸/۸، ۷۷/۶ و ۸۳/۳ درصد از مقدار محصولی را تولید می‌کنند که با استفاده از سیستم کاشت سنتی می‌توانست تولید شود. به عبارت دیگر شالی‌کاران گروه سنتی در صورت پر کردن شکاف فنی خود با واحدهای مرجع<sup>۱</sup> می‌توانند تولید خود را به طور متوسط به ترتیب ۲۱/۲، ۲۲/۴ و ۱۶/۷ درصد افزایش دهند.

میانگین کارایی فنی نسبت به تابع مرزی (TE\*) گروه به‌روز در مزارع کوچک، متوسط و بزرگ به ترتیب ۸۰/۸، ۸۱ و ۸۸ درصد است. یعنی این واحدها به طور متوسط به ترتیب ۸۱، ۸۸ و ۸۸ درصد مقدار محصولی را تولید می‌کنند که با استفاده از سیستم کاشت به‌روز می‌توانست تولید شود. به عبارت دیگر شالی‌کاران در گروه سیستم کاشت به‌روز در صورت پر کردن شکاف فنی خود با واحدهای مرجع می‌توانند تولید خود را به طور متوسط به ترتیب ۱۹/۲، ۱۹ و ۱۲ درصد افزایش دهند.

میانگین کارایی فنی نسبت به تابع فرامرزی (TE\*) شالی‌کاران در گروه سامانه کاشت سنتی به ترتیب ۶۳/۳، ۶۴/۹ و ۷۲/۱ درصد و در گروه سامانه کاشت به‌روز به ترتیب ۶۶/۴، ۷۱/۲ و ۸۰/۷ درصد است. همان‌طور که

مشاهده نکردند ولی در این مطالعه شاهد تأثیر انکارناپذیر روش به‌روز کاشت بر بهبود کارایی فنی تولید برنج بودیم. احتمالاً تفاوت در مکان و مخصوصاً زمان انجام این دو مطالعه را بتوان توجیه‌گر اختلاف در نتایج آن‌ها قلمداد کرد. در اوایل معرفی هر روش، فناوری و یا الگوی کاری جدید، برخی موانع و مشکلات باعث کاهش امکان استفاده از قابلیت‌های آن فناوری می‌شوند و حتی قدرت رقابتی آن را در مقایسه با روش‌های مرسوم تقلیل می‌دهند. اما به‌مرور با افزایش میزان تولید یا واردات یک ماشین، قیمت تمام‌شده و بسیاری از هزینه‌ها از قبیل تأمین قطعات، تعمیر و نگهداری آن‌ها سرشکن شده و رقابت‌پذیری فناوری جدید افزایش می‌یابد. همچنین برخی از مشکلات فنی و اجتماعی یک روش جدید، نیاز به زمان برای حل دارند. کشت کلزا مثال بارز این مسئله است. ریزش بالای دانه کلزا در هنگام برداشت با استفاده از کمباین‌های گندم، از چالش‌های اصلی مزیت اقتصادی این محصول روغنی بوده است. ولی به‌مرور با طراحی و ساخت سرخوشه‌چین مخصوص کلزا، زمینه برای گسترش کشت این محصول فراهم شد. بنابراین ناپخته‌بودن فناوری نشاکار در دهه هفتاد شمسی در ایران می‌تواند منشاء بسیاری از مشکلات فنی و به‌دنبال آن کاهش بهره‌وری و مزیت اقتصادی حاصل از به‌کارگیری آن باشد. البته وجود خطاهای نمونه‌برداری و اشتباه در روش انجام تحقیق و تحلیل آن، امری نامحتمل در هیچ تحقیقی نیست. بنابراین افزایش تحقیقات در یک زمینه توسط محققین مختلف در شرایط متفاوت، امکان ایجاد یک دید جامع، قابل اطمینان و به‌دور از خطا را فراهم می‌کند.

### نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که استفاده از تابع مرزی پوششی می‌تواند تأثیر زیادی بر محاسبات کارایی فنی بگذارد. از این‌رو نیاز است که این مسئله، در تحقیقات آتی مربوط به اندازه‌گیری کارایی فنی، مورد توجه محققین قرار گیرد. در این مطالعه، با تخمین تابع تولید مرزی گروهی، کارایی فنی روش‌های کاشت نشا (سیستم کاشت به‌روز و سنتی) در تولید محصول برنج برآورد گردید. نتایج نشان داد که امکان افزایش تولید، هم در گروه سیستم کاشت به‌روز و هم در گروه سیستم کاشت سنتی وجود دارد. البته قابلیت افزایش تولید، در گروه

مشاهده می‌شود شالی‌کاران در سیستم کاشت به‌روز عملکرد روشی بهتری داشته‌اند.

با توجه به میانگین نسبت شکاف فناورانه (TGR)، شالی‌کاران در گروه سیستم کاشت سنتی، با استفاده از عوامل و نهاده‌های تولید و فناوری موجود، به طور متوسط به ترتیب ۸۰/۳، ۸۳/۷ و ۸۶/۶ درصد مقدار محصولی را تولید می‌کنند که با بهره‌گیری از فناوری برتر می‌توانستند تولید نمایند. این درحالی است که میانگین نسبت شکاف فناورانه شالی‌کاران در گروه سیستم کاشت به‌روز به ترتیب ۸۲/۲، ۸۷/۹ و ۹۱/۷ درصد است. در واقع شالی‌کاران در گروه سیستم کاشت به‌روز در هر سه دسته از مزارع، به مراتب فاصله کمتری با فناوری فرامرزی دارند.

جدول ۷- نتایج انواع کارایی فنی و نسبت شکاف فناورانه مزارع

روش کاشت		دسته مزارع
مکانیزه	سنتی	
<b>مزارع کوچک</b>		
۰/۸۰۸	۰/۷۸۸	کارایی فنی نسبت به تابع مرزی
۰/۶۶۴	۰/۶۳۳	کارایی نسبت به تابع فرامرزی
۰/۸۲۲	۰/۸۰۳	نسبت شکاف فناورانه
<b>مزارع متوسط</b>		
۰/۸۱۰	۰/۷۷۶	کارایی گروهی
۰/۷۱۲	۰/۶۴۹	کارایی نسبت به تابع فرامرزی
۰/۸۷۹	۰/۸۳۷	نسبت شکاف فناورانه
<b>مزارع بزرگ</b>		
۰/۸۸۰	۰/۸۳۳	کارایی گروهی
۰/۸۰۷	۰/۷۲۱	کارایی نسبت به تابع فرامرزی
۰/۹۱۷	۰/۸۶۶	نسبت شکاف فناورانه

هر چند پژوهش حاضر، رویکرد متفاوتی برای مقایسه دو روش سنتی و به‌روز کشت برنج در پیش گرفت، ولی می‌توان نتایج آن را حداقل به‌صورت ضمنی مؤید تحقیقات Pakravan Charvadeh & Mohammadi (2019)، Naderi Maywan, Goswami et al. (2020)، Hormozi et al. (2012) و نیز (2011) اما نتایج این مطالعه در تعارض با پژوهش Shamsodini & Moradi (2000) است. ایشان برای استفاده از نشاکار، اثر معنی‌دار مثبتی بر شاخص‌های بهره‌وری کشت برنج

داشته باشند و برخی نیز از مشکلات فنی و اقتصادی نشأت گیرند. در هر صورت برای بررسی و رفع تمامی این موارد، نیاز به مطالعات جامعی است تا اشراف کافی برای تصمیم‌گیری صحیح و اتخاذ سیاست‌هایی در جهت رفع موانع به‌دست آید. در این صورت می‌توان برای نهادینه‌کردن کاربرد فناوری‌های نوین در راستای افزایش هرچه بیشتر کارایی و بهره‌وری، گام‌های مستحکم‌تری برداشت.

#### منابع

- Afriat, S. N. (1972). Efficiency estimation of production functions. *International Economic Review*, 13: 568-598.
- 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.* (In Persian).
- Alinia, F., Zaman Nouri Delavar, M., Hosseini Chaleshtari, M., & Ghodsi, M. (2015). Transformation in the country's rice production through the introduction of high-yield cultivars, Publications of the National Rice Research Institute of Iran. (In Persian).
- Amidi, A. (1999). Sampling theory and its applications (Vol. 1). *Academic publishing center.* (In Persian).
- 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.
- Boubacar, O., Hui-qiu, Z., Rana, M. A., & Ghazanfar, S. (2016). Analysis on technical efficiency of rice farms and its influencing factors in south-western of Niger. *Journal of Northeast Agricultural University (English Edition)*, 23(4): 67-77.
- Chandel, R. B. S., Khan, A., Li, X., & Xia, X. (2022). Farm-Level Technical Efficiency and Its Determinants of Rice Production in Indo-Gangetic Plains: A Stochastic Frontier Model Approach. *Sustainability*, 14(4): 2267.
- Delorit, J. D., Greub, L. J., & Ahlgren, H. L., (1984). Crop production. *Prentice Hall.* Englewood Cliffs, New Jersey.
- Eyvani, A., Safari, M., & Hedayatipoor, A. (2014). Comparison of Rice Direct Seeding Methods (Mechanical and Manual) with Transplanting Method. *Journal of Agricultural Machinery*, 4(1): 108-115. (In Persian).

سامانه کاشت سنتی بیش‌تر است. از آنجایی که کارایی فنی گروهی غیرقابل‌مقایسه هستند، در این تحقیق از مفهوم تابع تولید فرامرزی برای تخمین نسبت شکاف فناوریانه و مقایسه روش‌های کاشت به‌روز و سنتی در تولید محصول برنج استفاده شد. نتایج نشان داد که در صورت انتقال سطح فناوری تولید به سطح فناوری فرامرزی، تولید واحدهای مورد مطالعه به مقدار قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. از آنجایی که در گروه سیستم کاشت به‌روز، نسبت شکاف فناوریانه به مراتب بالاتری در مقایسه با گروه سیستم کاشت سنتی وجود دارد، این امر نقطه امیدبخشی برای سیاست‌گذاران بخش کشاورزی است که با بهبود سامانه‌های کاشت و استفاده بهینه از ماشین‌ها و فناوری به‌روز، بتوان سطح تولید برنج را بدون افزایش سطح زیر کشت ارتقا بخشید.

یکی از مشکلات عمومی مکانیزاسیون کشاورزی و به‌ویژه ماشین‌های بزرگ‌تر و با ظرفیت بالاتر، کوچک‌بودن اندازه زمین‌هاست که باعث افزایش هزینه‌های مختلف عملیات کشاورزی در واحد سطح می‌شود. در زمین‌های کوچک‌تر سهم بیش‌تری از ساعات کاری ماشین‌ها، صرف دور زدن در انتهای زمین و دیگر کارهای غیرمفید می‌شود. بدین‌ترتیب با کاهش بازده و ظرفیت مزرعه‌ای ماشین، عملاً مزیت نسبی استفاده از ماشین‌های بزرگ‌تر کاهش می‌یابد که باعث گرایش به استفاده از ماشین‌های کوچک‌تر - که نسبت به ظرفیت‌شان، هزینه‌های ثابت و متغیر بیش‌تری در واحد سطح دارند - یا حتی انجام عملیات با نیروی کارگری می‌شود. نتایج این مطالعه نیز نشان داد که احتمال پذیرش سامانه کاشت به‌روز و نیز عملکرد فنی، در کشاورزانی که مزارع به نسبت بزرگ‌تری دارند بالاتر است. از این رو یکی دیگر از راه‌های تسهیل گسترش فناوری‌های نوین از جمله کاربرد ماشین‌نشاکار برنج، تأسیس شرکت‌های زراعی همگام با سیاست‌گذاری برای بزرگ‌تر شدن اندازه زمین‌ها و در نظر گرفتن مشوق‌هایی برای تغییر مدیریت مزارع از حالت خرده‌مالکی به مدیریت‌های یکپارچه است.

با وجود این‌که با رویکردهای مختلف، اثر مثبت استفاده از نشاکار در افزایش کارایی و سود اقتصادی تأیید شده، برخی عوامل باعث می‌شوند که هنوز بسیاری از کشاورزان انگیزه کافی و یا امکان به‌کارگیری آن را نداشته باشند. برخی از موانع ممکن است ریشه‌های فرهنگی و اجتماعی

- (*Biosystem*) and Mechanization of Iran, Mashhad. (In Persian).
- Motiei Langroudi, S. H. (2002). Economic Geography of Iran (Agriculture). University Jihad Publications. Tehran. (In Persian).
- Naderi Maywan, R. (2011). The effect of agricultural mechanization on yield and reduction of rice crop waste (Case study of rice farmers in Atrak rural district of Maneh and Samolghan counties of North Khorasan province). *Quarterly Journal of Human Geography*, 3(2): 1-16. (In Persian).
- Nandy, A., & Singh, P. K. (2020). Farm efficiency estimation using a hybrid approach of machine-learning and data envelopment analysis: Evidence from rural eastern India. *Journal of Cleaner Production*, 267: 122106.
- O'Donnell, C. J., Rao, D. S., & Battese, G. E. (2008). Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. *Empirical economics*, 34(2): 231-255.
- Pakravan Charvadeh, M. R., & Mohammadi, M., (2019). Investigating the effect of new technologies on the cost of rice cultivation, a case study of using transplanting machines in Noor county, *7th National Conference on Applied Research in Healthy Food Sciences from Farm to Table*, Tehran. (In Persian).
- Peng, S. B., Huang, J. L., Sheehy, J. E., Laza, R. C., Visperas, R. M., Zhong, X. H., Centeno, G.S., Khush, G.S., Cassman, K.G. (2004). Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101: 9971-9975.
- Rasool, F., Habib, R., & Bhat, M. I., (2013). Agronomic evaluation of rice (*Oryzasativa*L.) for plant spacing and seedlings per hill under temperate conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 9(2): 169-172.
- Shamsodini, A., Moradi, M., (2000). Investigation of the effects of transplanter on the technical efficiency of rice farmers in Fars province. Case study: Shiraz, Marvdasht and Mamasani. *Agricultural Economics and Development*, 8(32): 215-233.
- Shen, X., Lin, B., (2017). Total Factor Energy Efficiency of China's Industrial Sector: A Stochastic Frontier Analysis. *Sustainability*, 9(4): 646.
- Sheng, Y., Zhao, S., Nossal, K. and Zhang, D., (2015). Productivity and farm size in Australian agriculture: reinvestigating the returns to scale. *Australian Journal of*
- Gadanakis, Y., Bennett, R., Park, J., & Areal, F. J. (2015). Evaluating the Sustainable Intensification of arable farms. *Journal of Environmental Management*, 150: 288-298.
- Goswami, R., Dutta, M., & Borgohain, S. (2020). Economic Analysis of Mechanical and Manual Transplanting of Rice: A comparative study. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*, 9(7): 392-396.
- Heriqbaldi, U., Purwono, R., Haryanto, T., & Primanthi, M. R. (2015). An analysis of technical efficiency of rice production in Indonesia. *Asian Social Science*, 11: 91-102.
- Hormozi, M. A., Asoodar, M. A., & Abdeshahi, A. (2012). Impact of mechanization on technical efficiency: A case study of rice farmers in Iran. *Procedia Economics and Finance*, 1: 176-185.
- Jondro, J., Lovell, C. A. K., Materov, I. S., & Schmidt, P., (1982). On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *Journal of econometrics*, 19: 233-238.
- Kuosmanen, T., (2006) Stochastic nonparametric envelopment of data: combining virtues of SFA and DEA in a unified framework. MTT discussion paper, Agrifood Research Finland.
- Mahdavi Ismailabadi, M., & Mohammadrezaei, R. (2010). Comparative analysis of technical efficiency studies in the agricultural sector of Iran. *Commercial Surveys*, 8(40): 99-113. (In Persian).
- Maiti, P.K. & Bhattacharya, B. (2011). Effect of seedling rate and number of seedlings per hill on the growth and yield of hybrid rice (*Oryza sativa* L.) grown in dry (boro) season. *Crop Research*, 42(1, 2 & 3): 18-22.
- Meenasulochani, R., Rajendran, T., Pushpa, J., & Senthilnathan, S. (2018). Technical efficiency of paddy production and factors affecting the efficiency in Nagapattinam District, Tamil Nadu. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 6(6): 2319-1473.
- Ministry of Agriculture Jihad, Information and Communication Technology Center. (2022). Report on the area, production and yield of crops in the agricultural year 2020-2021. Retrieved Aug. 3, 2022, from (In Persian).
- Mohammadrazdari, A., Ismail Aval, M., and Kiani, H., (2013). Evaluation and role of rice farmers' awareness in using transplanting machine in rice cultivation (Case study: Chekuposht village - Guilan province), *The 8th National Congress of Agricultural Machinery Engineering*

- Agricultural and Resource Economics*, 59: 16–38.
- 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, Q., Alizadeh, M. (2006). Identification of Iranian rice - Characteristics, identification and conversion of different Iranian rice cultivars. *Ranginqalam*. (In Persian).

