تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۴/ شماره ۸۶/تابستان ۱۴۰۲/ص ۴۰-۲۱
سایت مجله: https://www.amsr.areeo.ac.ir

مقاله علمی– پژوهشی

بررسی وضعیت موجود و تعیین شاخص‌های مکانیزاسیون برنج در استان گیلان

روح‌اله یوسفی[1*] و محمد یونسی الموتی[2]

۱- استادیار موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۲- دانشیار مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۹

چکیده

مطالعهٔ شاخص‌های مکانیزاسیون برنج هر منطقه برای انتخاب درست ماشین‌های برنج و استفادهٔ بهینه از آنها و اجرای به موقع عملیات کشاورزی دارای اهمیت و ضروری است. برای تعیین وضعیت موجود مکانیزاسیون برنج و ارائهٔ راهکارهای مکانیزاسیون در مراحل تولید این محصول مطالعه‌ای در استان گیلان به اجرا درآمد. اطلاعات و داده‌ها از طریق تکمیل پرسشنامه و با مراجعه به منابع آماری موجود و بررسی‌های میدانی جمع‌آوری شد. از اطلاعات به دست آمده، شاخص‌های تعیین کنندهٔ وضعیت مکانیزاسیون زراعت برنج محاسبه شدند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که درجهٔ مکانیزاسیون عملیات خاک‌ورزی، کاشت با نشاکار، سمپاشی، وجین و برداشت (دروگر و کمباین) به ترتیب ۱۰۰، ۷۲/۵۵، ۲۳/۵۷، ٤/٦۲ و ۸٤/۸۳ درصد است. بیشترین سطح مکانیزاسیون مربوط به شهرستان رودبار با ۹/۱۲ اسب بخار در هکتار و کمترین برای شهرستان شفت با ۱/۷۵ اسب بخار در هکتار به دست آمد. کمترین بازده اقتصادی مربوط به شهرستان رودبار با ۰/۲۲ و بیشترین آن برای شهرستان شفت با ۱/۵۱ تن بر اسب‌بخار محاسبه شد. بیشترین ضریب بهره‌وری مربوط به عملیات نشاکاری با نشاکار چهار ردیفه و کمترین آن مربوط به عملیات شخم اول (زمستانه) با گاوآهن برگردان‌دار تراکتوری است. متوسط ظرفیت مکانیزاسیون برنج در استان گیلان ٤۰٤/۵ اسب‌بخار-ساعت بر هکتار به دست آمد. به طور متوسط در استان به ازای هر ۲۷ هکتار یک تراکتور، به ازای هر ٤ هکتار یک تیلر، به ازای هر ۳۰ هکتار یک نشاکار و به ازای هر ٦۰ هکتار یک کمباین مخصوص برنج موجود است. پایین بودن تعداد ماشین‌های خودگردان در استان، نسبت به تعداد بهره‌برداران، باعث شده تا قدرت تصمیم‌گیری بهره‌برداران در اجرای عملیات در زمان مناسب پایین باشد.

واژه‌های کلیدی

بازده اقتصادی، توان اجرایی، درجهٔ مکانیزاسیون، سطح مکانیزاسیون، ظرفیت مکانیزاسیون

مقدمه

برنج یکی از مهم‌ترین، حساس‌ترین و استراتژیک‌ترین محصولات کشاورزی کشور محسوب می‌شود که در رژیم غذایی مردم کشور اهمیت بسیار زیادی دارد و در ردیف کالاهای راهبردی جای گرفته است. برنج، پس از گندم، دومین مادهٔ غذایی اکثر مردم کشور محسوب می‌شود و سطح زیر کشت آن حدود ۷۹۲ هزار هکتار است. در بین ۲۱ استان کشت‌کنندهٔ برنج، استان‌های مازندران، گیلان، خوزستان و گلستان بیشترین سطح زیرکشت این محصول را دارند. سطح برداشت محصولات زراعی استان گیلان حدود ۲۷۵ هزار هکتار است که حدود ۹۹/۳ درصد آن برنج است. این استان به تنهایی حدود ۲۷ درصد کل تولید برنج و در حدود ۳۱ درصد از کل سطح زیر کشت برنج کشور را دارد (Anon, 2023).

*نگارنده مسئول: Email: r.yousefi1348@gmail.com
http://doi: 10.22092/amsr.2024.364240.1470

توسعهٔ مکانیزاسیون برنج یکی از الزام‌های اصلی و از مشخصه‌های توسعهٔ بخش کشاورزی محسوب می‌گردد و در واقع با مکانیزاسیون می‌توان از کشاورزی سنتی پا به عرصهٔ کشاورزی صنعتی و تجاری گذاشت و به تولید انبوه و پایدار این محصول دست یافت. لازمهٔ برنامه‌ریزی صحیح در مورد مکانیزاسیون برنج استان گیلان، شناخت کافی از وضعیت موجود مکانیزاسیون کشاورزی آن است. به منظور مشخص کردن وضعیت موجود، عرضهٔ مدل و برنامهٔ مناسب و توسعهٔ مکانیزاسیون و همچنین برای مقایسهٔ وضعیت مکانیزاسیون، به شاخص‌ها و معیارهای تعریف شده و معنی‌داری نیاز است.

رسولی شربیانی و رنجبر (Rasooli Sarabiani & Ranjbar, 2008) با مطالعهٔ تعیین شاخص‌های درجهٔ مکانیزاسیون کشاورزی، سطح و ظرفیت مکانیزاسیون کشاورزی در منطقهٔ سراب در استان آذربایجان شرقی، تعداد تراکتورها و انواع ادوات کشاورزی و شاخص‌های مورد نظر را با توجه به روش‌های علمی موجود محاسبه کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین سطح مکانیزاسیون در منطقه ۰/۸۳ اسب بخار بر هکتار است. سهم انرژی مصرف شده از منابع انسانی، دامی و ماشینی بر واحد سطح نیز به ترتیب ۱/۲۴، ۲/۲۳ و ۹۶/۳۵ درصد برآورد شد. این نتایج نشان‌دهندهٔ نقش مهم ماشین در تولید محصولات کشاورزی است. اگرچه میانگین سطح مکانیزاسیون این منطقه نسبت به متوسط آن در کل کشور بیشتر است ولی درجهٔ مکانیزاسیون بسیاری از عملیات کشاورزی در سطح پایینی قرار دارد. در این تحقیق، تعداد تراکتورهای لازم برای رسیدن به سطح مکانیزاسیون ۱/۵ اسب بخار بر هکتار، ۷۷۵ دستگاه محاسبه شد. حسین‌زاد و همکاران (Hosseinzad *et al.*, 2009) در پژوهشی به بررسی تعیین اندازهٔ بهینه شالیزارهای برنج در استان گیلان پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد اندازهٔ بهینه شالیزارهای برنج در استان گیلان ۲/۱۷ هکتار است. این اندازه، در مقایسه با میانگین اندازهٔ سطح زیر کشت فعلی مزارع که حدود ۱/۰۳ هکتار است، بزرگ‌تر است.

مقایسهٔ شاخص‌های مکانیزاسیون کشاورزی ترکیه و اتحادیه اروپا نشان می‌دهد، درجهٔ مکانیزاسیون ترکیه کمتر از درجهٔ مکانیزاسیون اتحادیه اروپاست. سرانهٔ توان تراکتوری برای هر هکتار در ترکیه ۲/۲۸ و در اتحادیه اروپا ۸/۱۶ اسب بخار است. در ترکیه به ازای هر ۲۴/۸ هکتار یک تراکتور و در اتحادیه اروپا به ازای هر ۱۱/۳۰ هکتار یک تراکتور در دسترس است (Gokdogan, 2012).

امامی و یاسوری (Emami & Yasouri, 2014) در خصوص مکانیزاسیون و نقش آن در کشاورزی پایدار کشت برنج در استان گیلان مطالعاتی کردند که هدف اصلی آن بررسی تأثیر استفاده از فناوری نوین و ماشینی (مکانیزاسیون) در وضعیت توسعهٔ پایدار روستا در بخش کشاورزی بود. بررسی‌ها در سطح استان گیلان نشان می‌دهد چیزی حدود ۵۴۰۸۶ هکتار از کل ۲۳۸۰۱۲ هکتار، یعنی حدود ۲۳ درصد از زمین‌ها در سطح استان به شیوهٔ مکانیزه کشت می‌شود.

فیروزی (Firouzi, 2014) وضعیت توان موتوری و ماشین‌آلات خودگردان کشت برنج را در شهرستان لنگرود استان گیلان بررسی کرد و گزارش داد: متوسط توان در واحد سطح برابر ۱/۳۷ اسب‌بخار در هکتار است. نیاز مکانیزاسیون کل برای آماده‌سازی زمین، نشاکاری، وجین و برداشت به ترتیب صفر، ۸۵/۵۰، ۹۴/۹۷ و ۴۳/۲۰ درصد تعیین گردید. مساحت به ازای هر تراکتور چهارچرخ، نشاکار،

وجین‌کن و کمباین برنج به ترتیب ۱۷۶/۴۲، ۴۱۶/۳۶، ۲۰۸۱/۸۰ و ۸۸/۲۱ هکتار محاسبه شد.

فیروزی (Firouzi, 2015) وضعیت توان موتوری و ماشین‌آلات خودگردان ویژهٔ کشت برنج در استان گیلان را بررسی و اعلام کرد: متوسط توان در واحد سطح برای سه منطقهٔ شرق، مرکز و غرب استان گیلان به ترتیب ۲/۲۲، ۲/۰۷ و ۳/۰۹ اسب‌بخار در هکتار است. در این بررسی، نیاز مکانیزاسیون کل برای آماده‌سازی زمین، نشاکاری، وجین و برداشت به ترتیب صفر، ۷۳/۳۹، ۹۹/۲۸ و ۵۲/۴۷ درصد تعیین گردیده است. مساحت به ازای نشاکار، وجین‌کن و کمباین برنج به ترتیب ۱۱۱/۳۸، ۳۷۷۷/۹۷ و ۳۵۸/۹۹ هکتار محاسبه شده است.

یوسفزاده و فیروزی (Yousefzadeh & Firouzi, 2016) به منظور شناسایی پیش‌برنده‌ها و بازدارنده‌های مکانیزاسیون کشت برنج در استان گیلان، به روش دلفی در سه مرحله تحقیقاتی کردند و نشان داد اعتمادسازی در راستای تأمین کلیهٔ خدمات بعد از فروش، اهتمام به تجمیع شالیزارهای کوچک و سیاست‌گذاری مناسب برای خرید تضمینی برنج با قیمت متناسب با نرخ تورم، از اقدامات مهمی است که باید مورد توجه متولیان وزارت جهاد کشاورزی قرار گیرد.

شریفی و تاکی (Sharifi & Taki, 2016) در پژوهشی در خصوص تعیین شاخص‌های مکانیزاسیون برای کشت برنج در ایران (مطالعهٔ موردی در استان اصفهان) نشان دادند که درجهٔ مکانیزاسیون خاک‌ورزی اولیه با گاوآهن برگردان‌دار ۱۰۰ درصد، عملیات خاک‌ورزی ثانویه با کولتیواتور مزرعه ۴۱ درصد، پادلر و روتیواتور ۴۵ درصد و ماله ۹۶ درصد، عملیات کاشت با نشاکار ۱۰ درصد، عملیات داشت با سمپاش پشتی موتوری ۶۸ درصد و عملیات برداشت با کمباین مخصوص برنج ۷۸ درصد است. سطح مکانیزاسیون در شهرستان اصفهان با ۲/۴ اسب بخار به ازای هر هکتار و در شهرستان فلاورجان با ۵/۴ اسب بخار به ازای هر هکتار به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار است. کمترین بازدهٔ اقتصادی مربوط به شهرستان فلاورجان با مقدار ۰/۹۷ تن به ازای اسب بخار و بیشترین آن برای شهرستان اصفهان با مقدار ۲/۱۹ تن به ازای اسب بخار است. بیشترین توان اجرایی بالقوه مربوط به عملیات سمپاشی پشتی موتوری و کمترین آن مربوط به عملیات پادلینگ است. برای توسعهٔ مکانیزاسیون استان اصفهان نیاز به ماشین‌های مناسب پادلینگ، نشاکار، سمپاش و کمباین مخصوص برداشت برنج محسوس است.

واحدی و همکاران (Vahedi *et al.*, 2018) در پژوهشی در خصوص بررسی وضعیت موجود و تعیین شاخص‌های مکانیزاسیون برنج (مطالعهٔ موردی در استان مازندران) گزارش دادند که درجهٔ مکانیزاسیون خاک‌ورزی اولیه و ثانویه در استان مازندران ۹۹/۷ و ۹۹/۳ درصد، کاشت با نشاکار ۲۱/۶۹ درصد، و برداشت مکانیزهٔ برنج با دروگر و کمباین برنج ۷۲/۸ درصد است. کمترین درجهٔ مکانیزاسیون تولید برنج برای وجین ۸ درصد به دست آمد. سطح مکانیزاسیون محاسبه شده برای برنج‌کاری در استان مازندران ۲/۶۳ اسب‌بخار بر هکتار محاسبه شد. میانگین بازده اقتصادی مکانیزاسیون تولید برنج در استان مازندران ۱/۸۷ تن بر اسب‌بخار و متوسط ظرفیت مکانیزاسیون برنج استان ۲۳۵ اسب‌بخار-ساعت بر هکتار تعیین شد. کل ساعت کار مفید ماشین‌های شالیزاری در تولید برنج استان ۲۱۳۰ ساعت بر هکتار محاسبه شده است.

مقایسهٔ شاخص‌های مکانیزاسیون کشاورزی مناطق غرب و شرق ایالت اوتار پرادش هند نشان داد، شاخص‌های سطح و ظرفیت مکانیزاسیون در منطقهٔ غرب، نسبت به منطقهٔ شرق بالاتر اما انرژی انسانی در منطقهٔ شرق بیشتر از منطقهٔ غرب است. درجهٔ مکانیزاسیون در منطقه غرب، در مقایسه با منطقهٔ شرق، در اکثر امور بیشتر بوده است (Maheshwari & Tripathi, 2019).

شناخت و ارزیابی شاخص‌ها و ضریب‌های مکانیزاسیون برنج برای انتخاب درست و استفادهٔ بهینه از ماشین‌های مرتبط با برنج‌کاری و اجرای به موقع عملیات کشاورزی از ضروریات است تا به عنوان اطلاعات بنیادی در محاسبهٔ پروژه‌های مکانیزاسیون برنج و تحلیل‌های اقتصادی استفاده شود. هدف از اجرای این پژوهش، تعیین وضعیت موجود مکانیزاسیون برنج در استان گیلان و ارائه راهکارهای لازم برای بهبود آن است.

مواد و روش‌ها

استان گیلان در ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار قرارگرفته است. استان گیلان ۱۷ شهرستان، ۵۲ شهر و ۴۳ بخش، ۱۰۹ دهستان و ۲۵۸۳ آبادی مسکونی دارد.

روش میدانی یا مطالعهٔ میدانی، که روش‌های پهنانگر (کل‌گرا) و ژرفانگر (عمق‌نگر) زیرمجموعه‌های آن و پرسش و مشاهده ابزار آن است، اساس بررسی‌ها و گردآوری داده‌ها در این پژوهش بوده است. به دلیل دسترسی نداشتن به همهٔ روستاهای هر یک از شهرستان‌ها، از روستاهای تحت پوشش مراکز خدمات کشاورزی، روستاهایی به صورت تصادفی انتخاب و بعد از بررسی وضعیت آنها، همگنی نسبی منطقهٔ تعیین شده و اطلاعات به دست آمده به نقاط دیگر تعمیم داده شده است.

برای تعیین وضعیت موجود مکانیزاسیون، ارائهٔ راهکارهای مکانیزاسیون برنج در مراحل تولید، و تعیین شاخص‌های تعیین‌کنندهٔ روند توسعهٔ مکانیزاسیون در استان گیلان، این مطالعه طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰در استان گیلان به اجرا در آمد. اطلاعات و داده‌های مورد نیاز از طریق تکمیل پرسشنامه و با مراجعه به منابع آماری موجود و با بررسی‌های میدانی و مصاحبه با بهره‌برداران جمع‌آوری گردید. جامعهٔ آماری این تحقیق شالی‌کاران استان گیلان بودند. در استان گیلان بیش از ۱۹۰ هزار بهره‌بردار هر ساله برنج‌کاری می‌کنند (Anon, 2017). حجم نمونه برای شالی‌کاران با استفاده از فرمول کوکران ۳۹۱ کشاورز تعیین شد. پرسشنامه از دو بخش ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای شالیکاران و مکانیزاسیون تشکیل شده است. روش نمونه‌گیری چند مرحله‌ای بود که پس از انتخاب روستاها، افراد نمونه به صورت تصادفی از هر یک از روستاها انتخاب شدند.

در بخش ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای شالیکاران، متغیرها شامل جنسیت، سن، سطح سواد، سابقهٔ فعالیت کشت برنج، نوع برنج کشت شده، مساحت زمین زیر کشت، مقادیر مصرفی کود و سم، متوسط اندازهٔ قطعات، نوع مالکیت زمین و تعداد اعضای خانوار بودند. در بخش ویژگی‌های مکانیزاسیون، متغیرها شامل نوع عملیات، مشخصات ماشین مورد استفاده در عملیات، مالکیت ماشین، ساعت شروع و پایان عملیات، تعداد دفعات، تاریخ شروع و پایان عملیات و تعداد نیروی انسانی لازم برای عملیات است. برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به سطح زیر

کشت ارقام برنج در شهرستان‌ها، ماشین‌های خودگردان و ماشین‌های کشاورزی فعال در برنج‌کاری هر شهرستان، مشخصات فنی ماشین‌های کشاورزی مورد استفاده، تقویم فعالیت‌های زراعی برنج و عملکرد برنج در هر شهرستان، از آمار مراکز معتبری مانند سازمان جهاد کشاورزی استان (اداره فناوری مکانیزه کشاورزی، مدیریت امور زراعت و اداره آمار و فناوری اطلاعات و تجهیز شبکه)، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان‌ها، مراکز خدمات جهاد کشاورزی و از آمارنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی استفاده گردید.

از اطلاعات به دست آمده، شاخص‌های مکانیزاسیون شامل درجهٔ مکانیزاسیون، سطح مکانیزاسیون، ظرفیت مکانیزاسیون، توان اجرایی ماشینی، سطح بهره‌وری ماشین، بازده اقتصادی مکانیزاسیون و بازده مزرعه‌ای ماشین محاسبه شدند. روش محاسبه هر یک از شاخص‌های مکانیزاسیون به شرح زیر است (Almassi *et al.*, 2015):

درجه مکانیزاسیون

این شاخص بیانگر کمیت استفاده از ماشین در عملیات است و از نسبت سطح عملیات اجرا شده توسط ماشین به کل سطح زیر کشت آن محصول به دست می‌آید. درجهٔ مکانیزاسیون با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد (Almassi *et al.*, 2015).

$$MD = \frac{A_m}{A_t} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن،

MD = درجهٔ مکانیزاسیون (درصد)؛ A_m = سطح کار شده با ماشین (هکتار)؛ و A_t = کل سطح زیر کشت محصول (هکتار).

سطح مکانیزاسیون

این شاخص کیفیت مکانیکی را در مکانیزاسیون بررسی می‌کند و از نسبت مجموع کل توان کششی موجود فعال در کشاورزی هر منطقه به مجموع کل سطح زمین‌های زراعی قابل کشت مکانیزه در آن منطقه به دست می‌آید. سطح مکانیزاسیون بر حسب اسب‌بخار بر هکتار است. سطح مکانیزاسیون با استفاده از رابطهٔ ۲ محاسبه شد (Almassi *et al.*, 2015).

$$ML = \frac{P_t}{A_t} \times r \qquad (۲)$$

که در آن،

ML= سطح مکانیزاسیون (اسب‌بخار بر هکتار)؛ P_t= مجموع کل توان‌های کششی موجود در کشاورزی منطقه (اسب‌بخار)؛ A_t = کل سطح زیر کشت (هکتار)؛ و r= ضریب تبدیل (این ضریب برای تراکتورها کمتر از ۱۳ سال عمر ۷۵ درصد و برای تراکتورهای بیش از ۱۳ سال عمر ۵۰ درصد در نظر گرفته شد).

ظرفیت مکانیزاسیون

ظرفیت مکانیزاسیون ترکیبی از کمیت و کیفیت کار در اجرای عملیات مکانیزه است. ظرفیت مکانیزاسیون، مقدار انرژی مکانیکی مصرف شده در واحد سطح را بیان می‌کند. واحد آن اسب‌بخار ساعت بر هکتار یا کیلووات ساعت بر هکتار است. این شاخص در تفسیر و تحلیل مسائل مکانیزاسیون کارآیی بیشتری دارد. مقدار این شاخص از رابطهٔ ۳ محاسبه شد (Almassi *et al.*, 2015).

$$MC = \frac{P_T \times h}{A} \qquad (۳)$$

که در آن،

MC = ظرفیت مکانیزاسیون (اسب‌بخار ساعت بر هکتار)؛ P_T = مجموع توان‌های واقعی مصرفی (اسب‌بخار)؛ h = ساعات کارکرد منابع توان (ساعت)؛ و A= سطح زیر کشت (هکتار).

توان اجرایی ماشینی

این شاخص نشان می‌دهد که تراکتورها یا ماشین‌های کشاورزی موجود در منطقه آیا پاسخگوی نیاز واقعی مکانیزاسیون منطقه برای آن عملیات خاص هستند یا نه، و با توجه به سطح زیر کشت، روزهای کاری و ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر با چه تعداد تراکتور یا ماشین دیگر می‌توان این کمبود را جبران کرد. به عبارت دیگر، توان اجرایی ماشینی شاخصی است که ظرفیت و توانایی اجرایی را به صورت هکتار برای تراکتورها و انواع ماشین‌های کشاورزی در عملیات زراعی در مقاطع مختلف زمانی در فصل زراعی بیان می‌کند. در تجزیه و تحلیل این شاخص دو موضوع مطرح است:

۱- توان اجرایی واقعی (عملی) ماشین

توان اجرایی واقعی ماشین میزان مساحت زیر کشت موجود منطقه است که عملیات ماشینی در آن پیش می‌رود.

۲- توان اجرایی بالقوه

این شاخص مفهوم عملی و ارزیابی توان اجرایی هر منطقه است که می‌تواند به صورت شاخص سنجش، ظرفیت اجرای عملیات منطقه یا مزرعه را با توجه به عوامل تعداد تراکتور، زمان موجود یا در اختیار برای کار و زمان لازم برای کار در یک هکتار، مشخص کند. توان اجرایی بالقوه ماشین عبارت است از بیشترین میزان سطحی که یک ماشین یا مجموعهٔ ماشین‌های موجود در منطقه با توجه به فرصت زمانی برای اجرای عملیات و روزهای کاری با در نظر گرفتن عوامل محدودکننده، توانایی انجام دادن آن کار را دارند. توان اجرایی بالقوه از رابطهٔ ۴ بر حسب هکتار محاسبه شد (Almassi *et al.*, 2015).

$$P_{ep} = \frac{T_N \times T_O}{T_{ha}} \qquad (۴)$$

که در آن،

P_{ep} = توان اجرایی بالقوه (هکتار)؛ T_N = تعداد تراکتور؛ T_O = زمان موجود یا در اختیار برای عملیات (ساعت)؛ و T_{ha}= زمان مورد نیاز برای اجرای عملیات در یک هکتار (ساعت بر هکتار).

زمان مورد نیاز برای اجرای عملیات در یک هکتار با استفاده از رابطهٔ ۵ محاسبه شد.

$$T_{ha} = D_h \times W_d \qquad (۵)$$

که در آن،

T_{ha} = زمان مورد نیاز برای اجرای عملیات در یک هکتار (ساعت بر هکتار)؛ D_h= تعداد ساعات کار در هر روز (ساعت در روز)؛ و W_d= تعداد روزهای کاری مناسب (روز).

تعداد روزهای کاری مناسب با استفاده از رابطهٔ ۶ محاسبه شد.

$$W_d = WD_c - WND_C \qquad (۶)$$

که در آن،

W_d= تعداد روزهای کاری مناسب (روز)؛ WD_c= تعداد روزهای‌کاری طبق تقویم زراعی؛ و WND_C = تعداد روزهای غیر قابل کارکردن در محدودهٔ تقویم زراعی.

تعداد روزهای غیر قابل کار کردن در محدودهٔ تقویم زراعی با استفاده از رابطهٔ ۷ محاسبه شد.

$$WND_C = W_{nr} + (n \times W_{nn}) \qquad (۷)$$

که در آن،
WND_C = تعداد روزهای غیر قابل کارکردن در محدودهٔ تقویم زراعی؛ W_{nr} = تعداد روزهای محدود شده با عوامل محدود کنندهٔ مؤثر (بارندگی/باد/گرما و ...) در محدودهٔ تقویم زراعی؛ n= تعداد دفعات بارندگی/ باد/ گرما و ... مؤثر در محدودهٔ تقویم زراعی؛ و W_{nn}= تعداد روزهای قابل کارکردن پس از هر بار بارندگی/ باد/ گرما و ... در محدودهٔ تقویم زراعی.

روزهای کاری

برای انجام دادن کار در زمان معین، مهم‌ترین فاکتور تخمین تعداد روزهای کار است. تعداد روزهای کاری در هر منطقه با توجه به عوامل محدودکننده یا بازدارنده متفاوت است، با توجه به این عوامل در هر منطقه روزهای کاری باید مشخص گردد. به منظور تخمین تعداد روزهای‌کاری محتمل[1] به منابع اطلاعاتی مانند آمار هواشناسی و نظر افراد باتجربه نیاز است. برای اجرای عملیات کشاورزی در هر منطقه، محدودهٔ زمانی مناسبی به منظور اجرای آن عملیات وجود دارد. عملیات مربوط چنانچه به دلیل عوامل محدودکننده در آن محدودهٔ زمانی مناسب اجرا نشود افت در میزان عملکرد ایجاد خواهد شد (Yousefi, 2015).

احتمال روز کاری نسبت روزهای قابل انجام دادن کار به کل روزهای موجود در طول فصل کاری برای عملیات مورد نظر است (Khani *et al*., 2019). مهم‌ترین کاربرد احتمال روز کاری در محاسبهٔ ظرفیت مزرعه‌ای مورد نیاز ماشین‌های کشاورزی است. برای ایجاد برآورد منطقی از کل زمان در دسترس برای اجرای عملیات زراعی، روش‌های مختلفی توسعه یافته‌اند. از دو روش استفاده از آمار واقعی روزهای کاری و برآورد امکان‌پذیری عملیات در سال‌های گذشته برای تعیین احتمال روزکاری در عملیات کشاورزی استفاده می‌شود (Khani *et al*., 2018).

در این مطالعه، تعداد روزهای کاری، با در نظر گرفتن آمار ۱۰ سالهٔ هواشناسی و عوامل محدودکننده برای اجرای هر عملیات در بازهٔ زمانی بر اساس تقویم فعالیت‌های مکانیزه محاسبه شد. برای محاسبه، ابتدا برای هر عامل محدودکننده تعداد روزهای کاری به صورت جداگانه تعیین شد. پس از آن تعداد روزهای کاری برای هر عملیات، برابر با کمترین تعداد روز به دست آمده از اِعمال انفرادی محدودیت‌ها به دست آمد. به منظور تجزیه وتحلیل اطلاعات فوق هر ماه به شش قسمت پنج روزه تقسیم گردید (ستون آخر ۶ روزه است) سپس، با توجه به محدوده مجاز عوامل محدودکننده تعداد روزهای کاری مناسب در هر ماه تعیین گردید. با توجه به نوع فرضیه وجنس متغیرها، از آزمون t برای تعیین حدود احتمالی میانگین‌ها استفاده شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، روزهای مناسب کاری به منظور اجرای عملیات با احتمال تخمین زده شد (Yousefi, 2001).

ضریب بهره‌وری ماشین

این شاخص میزان استفاده عملی از تراکتورها را نشان می‌دهد. این ضریب با توجه به زمان در اختیار برای اجرای عملیات طبق تقویم زراعی و روزهای قابل کار کردن به دست می‌آید. بالا بودن این سطح نشان‌دهندهٔ برنامه‌های آموزشی برای کاربران تراکتور و دیگر ماشین‌های کشاورزی، تعمیرگاه‌های محلی، تهیهٔ لوازم یدکی مناسب و خدمات پس از فروش، تقویم مناسب فعالیت‌های زراعی و ماشینی و در نهایت مدیریت بهره‌وری است. ضریب بهره‌وری ماشین از رابطهٔ ۸ بر حسب هکتار محاسبه شد

1- Probable Working Day (P.W.D)

(Almassi *et al*., 2015).

$$LM_P = \frac{A_{ep}}{P_{ep}} \quad (۸)$$

که در آن،

LM_p= سطح بهره‌وری ماشین؛ A_{ep}= توان اجرایی واقعی (هکتار)؛ و P_{ep} = توان اجرایی بالقوه (هکتار).

بازده اقتصادی مکانیزاسیون

بازده اقتصادی مکانیزاسیون نسبت متوسط عملکرد محصول (تن بر هکتار) هر منطقه به سطح مکانیزاسیون (اسب‌بخار بر هکتار) آن منطقه است که برحسب تن بر اسب‌بخار بیان می‌شود. این شاخص از رابطهٔ ۹ به دست آمد (Almassi *et al*., 2015).

$$E_e = \frac{Y}{LM} \quad (۹)$$

که در آن،

E_e = بازده اقتصادی مکانیزاسیون (تن بر اسب‌بخار)؛ Y= میانگین عملکرد محصول در منطقه (تن بر هکتار)؛ و LM= سطح مکانیزاسیون (اسب‌بخار بر هکتار).

سرعت پیشروی

برای اندازه‌گیری سرعت پیشروی ماشین‌های خودگردان و کاربر، مدت زمانی را که ماشین خودگردان یا کاربر مسافت ۳۰ متری را در زمان اجرای عملیات می‌پیماید با استفاده از کرنومتر در چهار تکرار اندازه‌گیری و سپس سرعت پیشروی بر حسب کیلومتر بر ساعت از رابطهٔ ۱۰ تعیین شد.

$$S = \frac{3.6\times30}{T} \quad (۱۰)$$

که در آن،

S = سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت)؛ و T= زمان صرف شده برای طی کردن مسافت ۳۰ متر (ثانیه).

ظرفیت مزرعه‌ای نظری

ظرفیت مزرعه‌ای نظری بیانگر ظرفیت کارکرد دستگاه بدون در نظر گرفتن وقت‌های تلف شده است. ظرفیت مزرعه‌ای نظری بر حسب هکتار بر ساعت از رابطهٔ ۱۱ به دست آمد (Almassi *et al*., 2015).

$$TFC = \frac{S\times W}{10} \quad (۱۱)$$

که در آن،

TFC = ظرفیت مزرعه‌ای نظری (هکتار بر ساعت)؛ S=سرعت حرکت (کیلومتر بر ساعت)؛ و w= عرض‌کار ماشین (متر).

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر بر حسب هکتار بر ساعت که ظرفیت کارکرد واقعی دستگاه را نشان می دهد از رابطهٔ ۱۲ تعیین شد (Almassi *et al*., 2015).

$$\boldsymbol{EFC = \frac{A}{T_t}} \quad (۱۲)$$

که در آن،

EFC= ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (هکتار بر ساعت)؛ A= مساحت کار شده (هکتار)؛ و T_t= کل مدت زمان اجرای کار (ساعت) که شامل مدت زمان‌های مفید و غیر مفید (تلف شده) نیز هست.

بازده مزرعه‌ای

بازده مزرعه‌ای عبارت است از نسبت ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر به ظرفیت مزرعه‌ای نظری. این بازده شامل آثار زمان تلف شده در مزرعه و کوتاهی در استفاده از عرض کامل ماشین می‌شود. بازده

مزرعه‌ای از رابطهٔ ۱۳ بر حسب درصد محاسبه شد (Almassi *et al.*, 2015).

$$\mathrm{F}E = \frac{\mathrm{EFC}}{\mathrm{TFC}} \times 100 \qquad (۱۳)$$

که در آن،
FE = بازده مزرعه‌ای (درصد)؛ EFC = ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (هکتار بر ساعت)؛ و TFC = ظرفیت مزرعه‌ای نظری (هکتار بر ساعت).

نتایج و بحث

درجهٔ مکانیزاسیون: در جدول ۱ درجهٔ مکانیزاسیون عملیات مختلف زراعی در کشت برنج استان گیلان نشان داده شده است. بالاترین درجهٔ مکانیزاسیون برنج استان برای خاک‌ورزی است. درجهٔ بالای خاک‌ورزی به دلیل سنگینی عملیات خاک‌ورزی و انرژی‌بر بودن آن است. نتایج بررسی‌ها نشان داد آماده‌سازی زمین و تهیهٔ بستر برای تمامی سطوح زیر کشت برنج به صورت نشاکاری در استان گیلان با ماشین صورت می‌گیرد و درجهٔ مکانیزاسیون برای عملیات خاک‌ورزی در این موارد ۱۰۰ درصد است: شخم اول (با گاوآهن برگردان‌دار تیلری و تراکتوری و روتیواتور تراکتوری)، شخم دوم (روتیواتور و گاوآهن تیلری و روتیواتور تراکتوری)، گلخرابی (با خاک همزن و روتیواتور تیلری و روتیواتور و پادلر تراکتوری) و تسطیح (با ماله تیلری و تراکتوری). پایین‌ترین درجهٔ مکانیزاسیون در کشت برنج در استان گیلان در وجین (۴/۶۲ درصد) دیده می‌شود. به علت شرایط خاص و باتلاقی بودن شالیزارها و نبود ماشین وجین‌کن، بیشتر وجین‌کاری در شالیزارهای استان به صورت دستی است.

جدول ۱- درجهٔ مکانیزاسیون زراعت برنج در استان گیلان
Table 1- The degree of mechanization of rice cultivation in Guilan province

عملیات operation	خاک‌ورزی Tillage	نشاکاری Transplanting	سمپاشی spraying	وجین Weeding	برداشت harvesting
درجه مکانیزاسیون (درصد) Degree of mechanization (%)	100	72.55	23.57	4.62	84.83

درجهٔ مکانیزاسیون عملیات کاشت با نشاکار در شهرستان شفت ۵۴/۱۲ درصد و در شهرستان رضوان‌شهر با ۹۰/۴۴ درصد به ترتیب کمترین و بیشترین است. کمترین درجهٔ مکانیزاسیون سمپاشی مربوط به شهرستان صومعه‌سرا با ۱/۶۲ درصد و بیشترین آن مربوط به شهرستان رودبار با ۸۰/۸۹ درصد است. سمپاشی اغلب با سمپاش‌های پشتی موتوری، زنبه‌ای و پشت تراکتوری است که در بین آنها از سمپاش پشتی موتوری بیشتر استفاده می‌شود. درجهٔ مکانیزاسیون عملیات برداشت با دروگر برنج و کمباین مخصوص برنج در شهرستان آستارا ۶۵/۷۱ درصد و در شهرستان سیاهکل ۱۰۰ درصد به ترتیب کمترین و بیشترین است. برداشت با کمباین‌های برنج هول‌کراپ و هدفید و دروگر برنج صورت می‌گیرد. که در بین آنها از کمباین برنج هول کراپ (تغذیهٔ کامل) بیشتر استفاده می‌شود.

سطح مکانیزاسیون: در جدول ۲، توان ماشین‌های نیروی محرکه شالیزاری به کار رفته، تعداد ماشین‌ها و سطح مکانیزاسیون برنج در استان گیلان نشان داده شده است. برای تبدیل توان اسمی تراکتورهای بالای ۱۳ سال به توان کششی از ضریب

تبدیل ۵۰ درصد و سایر موارد از ضریب تبدیل ۷۵ درصد استفاده شده است (Vahedi *et al*., 2018). سطح مکانیزاسیون در شهرستان شفت با ۱/۷۵ اسب بخار در هکتار و در شهرستان رودبار با ۹/۱۲ اسب بخار در هکتار به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار به دست آمده است. میانگین سطح مکانیزاسیون برای برنج‌کاری استان گیلان ۳/۵۵ اسب‌بخار در هکتار محاسبه شده است. از دلایل به دست آمدن این عدد می‌توان به استفادهٔ مشترک توان ماشین‌های نیروی محرکه برای شالیزار و دیگر محصولات اشاره کرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد تراکتور و تیلر که مهم‌ترین منبع تأمین توان است در شهرستان‌های استان گیلان به صورت یکنواخت توزیع نشده است. توزیع تراکتور و دیگر ماشین‌های خودگردان بدون در نظر گرفتن مساحت سطوح زیر کشت و شرایط اقتصادی، اقلیمی و فرهنگی بهره‌برداران بوده است. تمایل کشاورزان خرده‌مالک به داشتن ماشین خودگردان شخصی باعث شده است توان بیش از اندازهٔ نیاز در مناطق روستایی بدون استفاده بماند و تنها در مدت زمان کمی از سال از آن استفاده شود و گاهی از تراکتورها و تیلرها استفاده‌های غیر مرتبط (مانند جابه‌جایی) شود.

بازده مزرعه‌ای: در جدول ۳، بازده مزرعه‌ای عملیات مختلف ماشینی در تولید برنج در استان گیلان نشان داده شده است. بازده مزرعه‌ای روتیواتور تراکتوری در پادلینگ با ۴۳/۷۵ درصد و تسطیح با مالهٔ تیلری با ۷۸/۲۶ درصد به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار است.

جدول ۲- تعداد و توان ماشین‌های مورد استفاده در زراعت برنج و سطح مکانیزاسیون استان گیلان

Table 2- The number and power of machines used in rice cultivation and the level of mechanization in Gilan province

مشخصات Specification		
تعداد ماشین Number machine	توان (اسب‌بخار) Power (hp)	
3973	40	تراکتور سبک (کمتر از ۵۰ اسب‌بخار) Light tractor (less than 50 hp)
2291	75	تراکتور متوسط زیر ۱۳ سال Medium tractor under 13 years old
1176	75	تراکتور متوسط از ۱۳ تا ۲۰ سال Medium tractor from 13 to 20 years
1250	65	تراکتور متوسط بالای ۲۰ سال Average tractor over 20 years
44	90	تراکتور نیمه سنگین (۸۰ تا ۱۱۰ اسب‌بخار) Semi-heavy tractor (80 to 110 hp)
3818	75	کمباین برنج هول کراپ Whole crop rice harvester
154	60	کمباین برنج هد فید Head feed rice harvester
3348	5	دروگر برنج rice harvester
423	1.5	وجین کن موتوری Motor weeder
7380	4	نشاکار ۴ ردیفه برنج 4 row rice transplanter
489	5	نشاکار ۶ ردیفه برنج- نوع راه‌رونده 6 row walking-type rice transplanter
88	17	نشاکار ۶ ردیفه برنج- نوع سوارشونده 6 row riding-type rice transplanter
15250	3	سمپاش پشتی موتوری Motorized backpack sprayer
1860	5.5	سمپاش زنبه‌ای Stationary spraye
19655	5.5	تیلر (کمتر از ۷ اسب‌بخار) Tiller (less than 7 hp)
38023	7.5	تیلر از ۷ تا ۸ اسب‌بخار Tiller from 7 to 8 hp
1971	9.5	تیلر از ۹ تا ۱۲ اسب‌بخار Tiller from 9 to 12 hp
320	13	تیلر ۱۳ اسب‌بخار Tiller 13 hp
845638		مجموع توان موتوری (اسب‌بخار) Total engine power (hp)
237974		سطح زیر کشت برنج (هکتار) Area under rice cultivation (ha)
3.55		ضریب مکانیزاسیون (اسب‌بخار بر هکتار) level of mechanization (hp/ha)

جدول ۳- بازده مزرعه‌ای عملیات مختلف ماشینی در تولید برنج استان گیلان

Table 3- Field efficiency of different machine operations in rice production in Guilan province

بازده مزرعه‌ای (درصد) Field efficiency (%)	ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (هکتار بر ساعت) Effective field capacity (ha/hr)	سرعت (کیلومتر بر ساعت) Speed(km/hr)	عرض کار (متر) (m) Working width	ماشین Machine		نوع عملیات Type of operation	
69.44	0.060	2.16	0.4	گاوآهن‌برگردان‌داریکطرفه One-way reversible plow	تیلر Tiller	شخم اول Primary tillage	آماده سازی زمین (خاکورزی) Tillage
72.23	0.325	5	0.9	گاوآهن برگردان‌دار Reversible plow	تراکتور Tractor		
73.32	.0285	2.78	1.4	روتیواتور Rotivator			
70.12	0.097	2.3	0.6	روتیواتور Rotivator	تیلر Tiller	شخم دوم Secondary tillage	
70.65	0.068	2.41	0.4	گاوآهن‌تک‌خیش(کاول) Single bottom plow			
75.12	0.318	3.02	1.4	روتیواتور Rotivator	تراکتور Tractor		
75.00	0.690	6	0.6	مرزکش Border	تراکتور Tractor	مرزبندی Lister	
74.67	0.056	3	0.25	خیش دوطرفه Furrower			
58.00	0.087	3	0.5	روتیواتور Rotivator	تیلر Tiller	گلخرابی (پادلینگ) Puddling	
43.75	0.315	4	1.8	روتیواتور Rotivator	تراکتور Tractor		
45.00	0.540	4	3	پادلر Puddler			
78.26	0.180	2.3	1	ماله leveler	تیلر Tiller	تسطیح Leveling	
74.44	0.670	3	3	ماله leveler	تراکتور Tractor		
63.91	0.102	1.33	1.2	نشاکار ۴ ردیفه برنج 4 row rice transplanter		کاشت Transplanting	
63.75	0.140	1.22	1.8	نشاکار ۶ ردیفه برنج- نوع راه‌رونده 6 row walking type rice- transplanter			
73.33	0.330	2.5	1.8	نشاکار ۶ ردیفه برنج- نوع سوارشونده 6 row riding-type rice transplanter			
69.80	0.209	1.5	2	سمپاش پشتی موتوری Motorized backpack sprayer		داشت Plant protection	
48.80	0.366	1.5	5	سمپاش زنبه‌ای Stationary sprayer			
48.80	0.293	1.5	4	سمپاش پشت تراکتوری Tractor rear-mounted sprayer			
73.34	0.073	1.67	0.6	دو ردیفه 2-row	وجین‌کن موتوری Powerr weeder		
71.67	0.117	1.82	0.9	سه ردیفه 3-row			
70.10	0.127	1.21	1.5	پنج ردیفه 5-row			
77.30	0.243	2.62	1.2	دروگر خودگردان برنج Rice self-propelled reaper		برداشت Harvester	
71.13	0.373	2.28	2.3	کمباین مخصوص برنج (کل محصول) Whole-crop rice combine harvester			
73.21	0.247	2.41	1.4	کمباین مخصوص برنج (هد فید) Head-feed rice combine harvester			
70.20	0.579	5	1.65	Baler	بیلر		

در جدول ۴، تقویم فعالیت‌های مکانیزه به همراه فرصت زمانی و روزهای کاری در استان گیلان نشان داده شده است. عوامل محدود کنندهٔ عملیات کشاورزی به طور مستقیم (مانند باران، دما، باد و رطوبت نسبی) یا غیرمستقیم (مانند رطوبت خاک)، تحت تأثیر شرایط آب و هوایی هستند، از این‌رو برای تعیین تعداد روزهای کاری عملیات کشاورزی برنج، با استفادهٔ مستقیم از آمار هواشناسی امکان‌پذیری عملیات قضاوت گردید. برای تعیین روزهای کاری هر فعالیت، موانع عملیات مشخص می‌شود، برای هر عامل محدودکننده، تعداد روزهای کاری به صورت جداگانه تعیین می‌شود و تعداد روزهای کاری برای هر عملیات برابر با کمترین تعداد روز به دست آمده از اعمال انفرادی محدودیت‌هاست.

جدول ۴- تقویم فعالیت‌های مکانیزهٔ برنج به همراه روزهای کاری در استان گیلان

Table 4- Calendar of mechanized rice activities along with working days in Guilan province

عملیات Operation	شروع عملیات The start of operation		پایان عملیات The end of operation		فرصت زمانی Time opportunity (day)		روزهای کاری Working days (day)	
	سایر شهرستان‌ها Other cities	رودبار Rudbar	سایر شهرستان‌ها Other cities	رودبار Rudbar	سایر شهرستان‌ها Other cities	رودبار Rudbar	سایر شهرستان‌ها Other cities	رودبار Rudbar
شخم اول (زمستانه) Primary tillage (Winter)	۱ دی 22 December	-	۲۹ اسفند 19 March	-	89	-	80	-
شخم اول (بهاره) Primary tillage (Spring)	۱ فروردین 21 March	۱اردیبهشت 21 April	۳۱ فروردین 20 April	۳۱ اردیبهشت 21 May	31	31	28	30
شخم دوم Secondary tillage	۲۵ فروردین 14 April	۲۵ اردیبهشت 15 May	۲۰ اردیبهشت 10 May	۲۱ خرداد 11 June	27	28	26	28
مرزکشی Bounding	۲۶ فروردین 15 April	۲۶ اردیبهشت 16 May	۲۱ اردیبهشت 11 May	۲۷ خرداد 17 June	27	33	27	33
گلخرابی و تسطیح Puddling and leveling	۲۸ فروردین 17 April	۳ خرداد 24 May	۲۳ اردیبهشت 13 May	۱۸ خرداد 8 June	27	16	26	16
نشاکاری Transplanting	۱ اردیبهشت 21 April	۵ خرداد ۲۶ May	۵ خرداد 26 May	۲۰ خرداد 10 June	36	16	35	16
کنترل علف‌های هرز weeds control	۱۰ اردیبهشت 30 April	۷ خرداد ۲۸ May	۳۰ اردیبهشت 20 May	۱ تیر 22 June	21	25	16	24
وجین‌کردن weeding	۲۰ اردیبشهت 10 May	۲۰ خرداد 10 June	۳۰ خرداد 20 June	۳۰ تیر 21 July	42	41	42	40
کنترل آفات و بیماری ها Control of Pests and Diseases	۱۰ خرداد 31 May	۱۰ تیر 1 July	۳۰ تیر 21 July	۳۰ مرداد 22 August	52	52	44	41
برداشت Harvesting	۱ مرداد 23 July	۶ شهریور 28 August	۱۰ شهریور 1 September	۱۸ شهریور 9 September	32	13	24	9

توان اجرایی ماشینی: در جدول ۵، توان اجرایی بالقوه و واقعی عملیات ماشینی برای کشت برنج در استان گیلان ارائه شده است. برای محاسبهٔ شاخص توان اجرایی بالقوه، روزهای کاری با توجه به عوامل محدودکننده به منظور اجرای هر عملیات مشخص شده است. ساعات کار روزانه برای اجرای هر یک از عملیات‌ها به غیر سمپاشی (۴ ساعت در روز) ۸ ساعت در روز در نظر گرفته شده است. با توجه به ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر، ساعت لازم برای اجرای عملیات در هکتار تعیین شده است. توان اجرایی واقعی میزان مساحت زیر کشت موجود منطقه است که عملیات ماشینی در آن اجرا می‌شود.

جدول ۵- توان اجرایی بالقوه و واقعی عملیات ماشینی در استان گیلان (به غیر از شهرستان رودبار)

Table 5- The potential and actual executive power of machine operations in Guilan province (except for Rudbar city)

نوع عملیات Type of operation		ماشین Machine		تعداد روزهای کاری Number of working days	تعداد ماشین فعال Number of active machines	ساعت لازم برای اجرای عملیات (ساعت در هکتار) Hours required for operation (hr/ha)	توان اجرایی بالقوه (هکتار) Potential executive ability (ha)	توان اجرایی واقعی (هکتار) Actual executive power (ha)
آماده سازی زمین (خاک‌ورزی) Tillage	شخم اول (زمستانه) Primary tillage (Winter)	تیلر Tiller	گاوآهن‌برگردان‌داریکطرفه One-way reversible plow	80	1952	16.7	74956.8	53371
		تراکتور Tractor	گاوآهن برگردان‌دار Reversible plow	80	787	3.1	163696.0	19824
			روتیواتور Rotivator	80	1170	3.5	213408.0	79294
	شخم اول (بهاره) Primary tillage (Spring)	تیلر Tiller	گاوآهن‌برگردان‌داریکطرفه One-way reversible plow	28	9760	16.7	131174.4	35190
		تراکتور Tractor	گاوآهن برگردان‌دار Reversible plow	28	5245	3.1	381836.0	39882
			روتیواتور Rotivator	28	5848	3.5	373336.3	159527
	شخم دوم Secondary tillage	تیلر Tiller	روتیواتور Rotivator	26	11936	10.3	240820.7	56304
			گاوآهن‌تک‌خیش(کاول) Single bottom plow	26	5848	14.7	82714.1	37536
		تراکتور Tractor	روتیواتور Rotivator	26	5848	3.1	386810.1	140759
	مرزبندی Lister	تراکتور Tractor	مرزکش Border	27	60	1.4	8942.4	4692
	گلخرابی (پادلینگ) Puddling	تیلر Tiller	خیش دوطرفه Furrower	26	11936	17.9	139030.5	39413
			روتیواتور Rotivator	26	11936	11.5	215993.9	42697
		تراکتور Tractor	روتیواتور Rotivator	26	5848	3.2	383161.0	137240
			پادلر Puddler	26	444	1.9	49870.1	15249
	تسطیح Leveling	تیلر Tiller	ماله leveler	26	23872	5.6	893767.7	82110
		تراکتور Tractor	ماله leveler	26	2604	1.5	362893.4	152489
	کاشت Transplanting		نشاکار ۴ ردیفه برنج 4 row rice transplanter	35	7288	9.8	208145.3	152965
			نشاکار ۶ ردیفه برنج- نوع راه‌رونده 6 row walking type rice- transplanter	35	485	7.1	19012.0	13597
			نشاکار ۶ ردیفه برنج- نوع سوارشونده 6 row riding-type rice transplanter	35	75	3.0	6930.0	3399
	داشت Plant protection		سمپاش پشتی موتوری Motorized backpack sprayer	44	15190	4.8	558749.0	34679
			سمپاش زنبه‌ای Stationary sprayer	44	1845	2.7	118847.5	10671
			سمپاش پشت تراکتوری Tractor rear-mounted sprayer	44	281	3.4	14490.6	8003
			وجین‌کن موتوری Power weeder	42	0	13.7	16629.0	10804
	برداشت Harvester		دروگر خودگردان برنج Rice self-propelled reaper	24	3301	4.1	154011.5	22349
			کمباین مخصوص برنج (کل محصول) Whole-crop rice combine harvester	24	3758	2.7	269132.9	171124
			کمباین مخصوص برنج (هد فید) Head-feed rice combine harvester	24	154	4.0	7303.3	5292
			بیلر Baler	24	1223	1.7	135958.5	93840

ضریب بهره‌وری: بیشترین ضریب بهره‌وری (۷۴/۲۳) به نشاکاری با نشاکار ۴ ردیفهٔ راه‌رونده اختصاص دارد و کمترین ضریب بهره‌وری (۱/۸۲) در شخم اول (زمستانه) با گاوآهن برگردان‌دار تراکتوری دیده می‌شود. ضریب بهره‌وری پایین این ماشین نشان از کاربرد کمتر این گاوآهن در شالیزارها به دلیل نوع بافت خاک و بقایای موجود در آن است، این موضوع باعث شده تا بهره‌برداران بیشتر از روتیواتور در شالیزارها استفاده کنند. برای ماشین‌هایی با کارآیی مناسب در شالیزار در صورت پایین بودن ضریب بهره‌وری، می‌توان با مدیریت صحیح ماشینی و بالا بردن ضریب بهره‌وری، با همین تعداد ماشین موجود در ناوگان ماشینی، سطح بیشتری از عملیات را اجراء کرد. ضریب بهره‌وری بالاتر نشان‌دهندهٔ مدیریت بهتر ماشینی برای اجرای آن عملیات است.

بازده اقتصادی مکانیزاسیون: بازده اقتصادی در شهرستان شفت با ۱/۵۱ تن بر اسب بخار و در شهرستان رودبار با ۰/۲۲ تن بر اسب بخار به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار به دست آمده است. میانگین بازده اقتصادی برای تولید برنج در استان گیلان برابر ۰/۷۰ تن بر اسب‌بخار است. عدد مربوط به سطح مکانیزاسیون، بالاتر از حد معمول است. دلیل این امر کاهش سطح زیر کشت برنج و وجود تعداد زیاد ماشین‌های مخصوص برنج به ویژه تیلر و تراکتور به دلیل کم بودن سطوح مالکیت (کوچک بودن قطعات زراعی)، نبود شرکت‌های ارائه‌دهندهٔ خدمات مکانیزه، زمان اندک در اختیار کشاورزان برای تهیهٔ زمین، کاشت، داشت و برداشت در این استان است. عواملی مانند شرایط اقلیمی، حاصلخیزی خاک، کیفیت و نوع نهاده‌ها و مدیریت زراعی بر بازده اقتصادی مکانیزاسیون مؤثر هستند. عوامل انسانی و مدیریتی مانند انتخاب درست منابع توان از نظر نوع و تعداد، تنظیم و به کارگیری درست آنها و استفادهٔ حداکثر و بهینه از ظرفیت کاری منابع توان از عوامل مهم و اثرگذار بر افزایش بازده اقتصادی مکانیزاسیون هستند.

ظرفیت مکانیزاسیون: در جدول ۶، ظرفیت مکانیزاسیون عملیات ماشینی برای کشت برنج در استان گیلان ارائه شده است. بیشترین مقدار ظرفیت مکانیزاسیون مربوط به شخم اول (بهاره) با گاوآهن برگردان‌دار تراکتوری برابر با ۲۲۰۹/۴۲ اسب‌بخار- ساعت بر هکتار و کمترین انرژی ماشینی صرف شده برای وجین‌کاری با وجین‌کن برابر با ۱۹/۷۳ اسب‌بخار - ساعت بر هکتار به دست آمده است. این موضوع از این بابت منطقی به نظر می‌رسد که شخم با گاوآهن برگردان‌دار انرژی‌بر و وجین‌کردن برنج کاربر است. متوسط ظرفیت مکانیزاسیون برنج استان گیلان ۴۰۴/۴۸ اسب‌بخار- ساعت بر هکتار محاسبه شده است. این شاخص نشان می‌دهد به طور میانگین در هر هکتار از شالیزارهای استان گیلان (به غیر از شهرستان رودبار)، ۴۰۴/۴۸ اسب‌بخار-ساعت انرژی مکانیکی مصرف می‌شود.

جدول ٦- ظرفیت مکانیزاسیون عملیات مختلف ماشینی برای تولید برنج در استان گیلان (به غیر از شهرستان رودبار)

Table 6- The capacity of mechanization of various machine operations for rice production in Guilan province (except for Rudbar city)

نوع عملیات Type of operation		ماشین Machine		تعداد روزهای کاری Number of working days	تعداد ماشین فعال Number of active machines	ساعت کار در روز Working hours per day (hr/day)	توان مورد نیاز (اسب بخار) Required power (hp)	توان اجرایی واقعی (هکتار) Actual executive power (ha)	ظرفیت مکانیزاسیون (اسب بخار-ساعت بر هکتار) Mechanization capacity (hp.hr/ha)
آماده سازی زمین (خاک‌ورزی) Tillage	شخم اول (زمستانه) Primary tillage (Winter)	تیلر Tiller	گاوآهن‌برگردان‌داریکطرفه One-way reversible plow	80	1952	8	8	53371	187.26
		تراکتور Tractor	گاوآهن برگردان‌دار Reversible plow	80	787	8	75	19824	1905.57
			روتیواتور Rotivator	80	1170	8	45	79294	424.95
	شخم اول (بهاره) Primary tillage (Spring)	تیلر Tiller	گاوآهن‌برگردان‌داریکطرفه One-way reversible plow	28	9760	8	8	35190	497.01
		تراکتور Tractor	گاوآهن برگردان‌دار Reversible plow	28	5245	8	75	39882	2209.42
			روتیواتور Rotivator	28	5848	8	45	159527	369.52
			روتیواتور Rotivator	26	11936	8	8	56304	352.75
	شخم دوم Secondary tillage	تیلر Tiller	گاوآهن‌تک‌خیش(کاول) Single bottom plow	26	5848	8	8	37536	259.25
		تراکتور Tractor	روتیواتور Rotivator	26	5848	8	45	140759	388.87
	مرزبندی Lister	تراکتور Tractor	مرزکش Border	27	60	8	45	4692	124.30
	گلخرابی (پادلینگ) Puddling	تیلر Tiller	خیش دوطرفه Furrower	26	11936	8	8	39413	503.93
			روتیواتور Rotivator	26	11936	8	8	42697	465.17
		تراکتور Tractor	روتیواتور Rotivator	26	5848	8	45	137240	398.84
			پادلر Puddler	26	444	8	45	15249	272.53
	تسطیح Leveling	تیلر Tiller	ماله leveler	26	23872	8	8	82110	483.78
		تراکتور Tractor	ماله leveler	26	2604	8	45	152489	159.84
کاشت Transplanting		نشاکار ۴ ردیفه برنج 4 row rice transplanter		35	7288	8	4	152965	53.36
		نشاکار ۶ ردیفه برنج- نوع راه‌رونده 6 row walking type rice- transplanter		35	485	8	5	13597	49.94
		نشاکار ۶ ردیفه برنج- نوع سوارشونده 6 row riding-type rice transplanter		35	75	8	17	3399	105.03
داشت Plant protection		سمپاش پشتی موتوری Motorized backpack sprayer		44	15190	4	1.5	34679	115.64
		سمپاش زنبه‌ای Stationary sprayer		44	1845	4	5.5	10671	167.37
		سمپاش پشت تراکتوری Tractor rear-mounted sprayer		44	281	4	75	8003	463.48
		وجین‌کن موتوری Power weeder		42	0	8	1.5	10804	19.73
برداشت Harvester		دروگر خودگردان برنج Rice self-propelled reaper		24	3301	8	5	22349	141.79
		کمباین مخصوص برنج (کل محصول) Whole-crop rice combine harvester		24	3758	8	75	171124	316.23
		کمباین مخصوص برنج (هد فید) Head-feed rice combine harvester		24	154	8	60	5292	335.24
		بیلر Baler		24	1223	8	60	93840	150.14

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد درجهٔ مکانیزاسیون عملیات خاک‌ورزی با توجه به انرژی‌بر بودن این عملیات، به صورت ماشینی است و در تمام شهرستان‌های استان ۱۰۰درصد است. درجهٔ مکانیزاسیون عملیات کاشت با ماشین نشاکار ۷۲/۵۵ درصد به دست آمده است که نسبت به آنچه برای پایان برنامهٔ ششم در نظر بوده (۵۴ درصد) روند خوبی داشته است. درجهٔ مکانیزاسیون عملیات برداشت ۸۴/۸۳ درصد است که برای رسیدن به آنچه در برنامه ششم پیش‌بینی شده (۹۰ درصد) نیاز به تقویت و ورود ماشین‌های بیشتری برای ارتقای درجهٔ مکانیزاسیون است درجهٔ مکانیزاسیون عملیات سمپاشی ۲۳/۵۷ درصد و وجین ۴/۶۲ است که نسبت به آنچه برای پایان برنامه ششم پیش‌بینی شده (۱۱ درصد) نیاز مبرم خواهد بود به برنامه‌ریزی برای ورود ماشین‌های مناسب با توجه به سطوح زیر کشت و توزیع آنها بین شهرستان‌های استان برای ارتقای درجه مکانیزاسیون (Anon, 2018).

سطح مکانیزاسیون برنج در استان گیلان ۳/۵۵ اسب بخار بر هکتار است که کمترین سطح مکانیزاسیون را شهرستان شفت با ۱/۷۵ اسب بخار بر هکتار و بیشترین را شهرستان رودبار با ۹/۱۲ اسب بخار در هکتار دارد. از دلایل به دست آمدن این عدد می‌توان به استفادهٔ مشترک توان ماشین‌های نیروی محرکه برای شالیزار و اراضی دیگر برای کشت سایر محصولات ذکر کرد. بیشترین مقدار ظرفیت مکانیزاسیون مربوط به شخم اول در زمستان و بهار با گاوآهن برگردان‌دار تراکتوری به ترتیب برابر با ۱۹۰۵/۵۷ و ۲۲۰۹/۴۲ اسب بخار-ساعت بر هکتار و کمترین انرژی ماشینی صرف شده برای عملیات داشت (وجین) و کاشت با نشاکار ۶ ردیفه نوع راه‌رونده و ۴ ردیفه به ترتیب برابر با ۱۹/۷۳، ۴۹/۹۴ و ۵۳/۳۶ اسب بخار -ساعت بر هکتار به دست آمده است. دلیل این موضوع انرژی‌بر بودن عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار و کاربر بودن عملیات وجین برنج و کاشت با نشاکار است. متوسط ظرفیت مکانیزاسیون برنج در شهرستان‌های استان (به غیر از شهرستان رودبار) ۴۰۴/۵ اسب بخار-ساعت بر هکتار است. کمترین بازده اقتصادی مربوط به شهرستان رودبار با مقدار ۰/۲۲ و بیشترین آن برای شهرستان شفت با ۱/۵۱ تن بر اسب‌بخار محاسبه شد. بیشترین ضریب بهره‌وری مربوط به عملیات نشاکاری با نشاکار ۴ ردیفه و کمترین آن برای عملیات شخم اول (زمستانه) با گاوآهن برگردان‌دار تراکتوری است. نحوهٔ توزیع ماشین‌های خودگردان با توجه به سطوح زیر کشت در برخی از شهرستان‌ها درست نبوده است، به طوری‌که در شهرستان رودبار به ازای هر ۵ هکتار و در شهرستان شفت به ازای هر ۷۰ هکتار یک تراکتور موجود است. در خصوص تیلر، در شهرستان رودبار به ازای هر ۱۱ هکتار و در آستانه‌اشرفیه به ازای هر ۲ هکتار یک تیلر موجود است. به طور متوسط در استان به ازای هر ۲۷ هکتار یک تراکتور، به ازای هر ۴ هکتار یک تیلر، به ازای هر ۳۰ هکتار یک نشاکار، و به ازای هر ۶۰ هکتار یک کمباین مخصوص برنج موجود است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد تعداد ماشین‌های خاک‌ورزی و نشاکار موجود استان مناسب است و فقط با بهتر کردن مدیریت ماشینی باید سطح اجرای عملیات مکانیزهٔ نشاکاری را افزایش داد. در مورد

ماشین‌های برداشت، نیاز به تقویت و ورود ماشین‌های بیشتری برای ارتقای درجهٔ مکانیزاسیون است و در مورد عملیات وجین، با توجه به درجهٔ مکانیزاسیون پایین، نیاز مبرم به برنامه‌ریزی برای ورود ماشین‌های مناسب است.

قدردانی

این مقاله از یافته‌های پروژه تحقیقاتی به شماره مصوب: ۹۹۰۶۹۰-۰۵۳-۰۴-۰۴-۲ در موسسه تحقیقات برنج کشور تهیه شده است. نویسندگان مراتب قدردانی خود را بابت حمایت‌های اداری و مالی این موسسه ابراز می‌نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان در خصوص مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

Almassi, M., Kiani, S., & Loveimi, N. (2015). *Principles of agricultural mechanization*. Gofteman Andishieh Maaser Press. Iran. (in Persian)

Anon. (2017). *Summary of the results of the agriculture statistics plan*. Presidency, Organization of Program and Budget of the country. Iran Statistics Center. (in Persian)

Anon. (2018). The sixth five-year plan for the quantitative and qualitative improvement of the state of agricultural mechanization (agricultural products, horticulture and medicinal plants, livestock and poultry, fisheries and aquatics, forests, pastures and natural resources). Agricultural Mechanization Development Center. (in Persian)

Anon. (2023). *Statistics reports of agriculture*. Vol. 1. *Crop products* (2021-22). Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. Department of Planning and Economy. Statistics and Information Technology Office. Available at: http://dpe.agri-jahad.ir. (in Persian)

Emami, S. F. & Yasouri, M. (2015). *Mechanization and its role in sustainable agriculture (case study: rice cultivation in Guilan province). International Conference on Sustainable Development, Strategies and Challenges with a Focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism.* Feb. 25, Tabriz, Iran. (in Persian)

Firouzi, S. (2014). An assessment of rice cultivation mechanization in Northern Iran (Langarud county in Guilan province). *International Journal of Bioscience (IJB)*, *5*(3), 110-115.

Firouzi, S. (2015). A survey on the current status of mechanization of paddy cultivation in Iran: case of Guilan province. *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD), 5*(2), 117-124. http://dx.doi.org/10.5455/ijamd.169832.

Gokdogan, O. (2012). Comparison of indicators of agricultural mechanization level of Turkey and the European Union. *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty*, *9*(2), 1-4.

Hosseinzad, J., Aref Eshgi, T., & Dashti, G. (2009). Determining the optimal size of rice fields in Guilan province. *Journal of Economics and Agricultural Development*, *23*(2), 117-127. http://doi.org/10.22067/jead2.v1388i2.2541. (in Persian)

Khani, M., Payman, S. H., & Pirmoradian, N. (2019). *Compilation and calibration of a computer model to determine the probability of a working day for rice harvesting operations. Sixth International Conference on Applied Research in Agricultural Sciences.* Feb. 15. Tehran, Iran. (in Persian)

Khani, M., Payman, S. H., & Pirmoradian, N. (2018). *An overview of methods for determining the probability of a working day for agricultural operations. The First National Conference on Modern Ideas in Agriculture and Natural Resources.* Nov. 14. Faculty of Agriculture and Natural Resources (Moghan), University of Mohaghegh Ardabili, Iran. (in Persian)

Maheshwari, T. K., & Tripathi, A. (2019). Comparison of agricultural mechanization indicators between western and eastern region of Uttar Pradesh, India. *International Journal of Agricultural Engineering*, 12(2), 208-216. https://doi.org/10.15740/HAS/IJAE/12.2/208-216.

Rasooli Sharabiani, V., & Ranjbar, I. (2008). Determination of the degree, level and capacity indices for agricultural mechanization in Sarab region. *Journal of Agricultural Sciences and Technology*, 10, 215-223.

Sharifi, A., & Taki, O. (2016). Determination of agricultural mechanization indices for rice cultivation in Iran: A case study of Isfahan province, Iran. *Ecology Environment and Conservation,* 22(3), 41-47.

Vahedi, A., Younesi Alamouti, M., & Sharifi Malvajerdi, A. (2018). Assessment of current status and determination of rice mechanization indices (Case study in Mazandaran province). *Journal of Agricultural Mechanization and Systems Research, 70*(19), 25-40. https://doi.org/10.22092/erams.2017.106975.1114. (in Persian)

Yousefi, R. (2015). A model for determination of tillage probability working day (pwd) (Case study: Ghazvin province) (Ph. D. Thesis), Islamic Azad University, Science and Research Branch Tehran, Iran. (in Persian)

Yousefi, R. (2001). Determining the number of work days suitable for mechanize spraying operations of wheat crop in Ghazvin (M. Sc. Thesis), Islamic Azad University, Sciense and Research Branch Tehran, Iran. (in Persian)

Yousefzadeh, S., & Firouzi, S. (2016). The study of the factors affecting the development of mechanization of rice cultivation in Guilan province by Delphi technique. *Iranian Journal of Biosystem Engineering, 47*(1), 83-92. https://doi.org/10.22059/IJBSE.2016.58480. (in Persian)

Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.24/No.86/summer 2023/P:21-40
Journal Home Page: https://amsr.areeo.ac.ir

Research Paper

Determination of Rice Mechanization Indices in Guilan Province

R. Yousefi* and M. Younesi Alamouti

*Corresponding Author: Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. Email: r.yousefi1348@gmail.com
Received: 26 November 2023, Accepted: 28 April 2024
http://doi: 10.22092/amsr.2024.364240.1470

Abstract

Investigating the indices of mechanization in paddy fields in each area is important and also is necessary to select correct rice machines and to use them properly. A study has been conducted in Guilan province to determine the current status of mechanization in paddy fields and to provide solutions for the problems the farmers are facing with. The indices determining the status of mechanization of rice farming were calculated from information and data in questionnaires, statistical sources, and field surveys. The results showed that the degree of mechanization of tillage, planting with transplanter, spraying, weeding and harvesting (reaper and combine) were 100%, 72.55%, 23.57%, 4.62% and 84.83% respectively. The highest level of mechanization was found in Rudbar with 9.12 hp/ha and the lowest level of mechanization was found in Shaft city with 1.75 hp/ha. The lowest economic efficiency found in Rudbar city with a value of 0.22 ton/hp and the highest economic efficiency found in Shaft city with 1.51 ton/hp. The average of rice mechanization capacity in Guilan province was 404.5 hp.hr/ha. On the average, in the province of Guilan there is one tractor for every 27 hectares of paddy land, one tiller for every 4 hectares of paddy land, one transplanter for every 30 hectares of paddy land, and one harvester for every 60 hectares of paddy land. Low number of self-propelled machines in the province of Guilan comparing to the number of farmers, caused decision-making at the right time for farmers becomes difficult.

Keywords: Economic Efficiency, Executive Power, Mechanization Capacity, Mechanization Degree, Mechanization Level

© 2023 Agricultural Mehanization and Systems Research, Karaj, Iran. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license)