نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۳/ شماره ۳/ پیاپی ۳۲/ پاییز ۱۴۰۳ (۱۵-۲۸)
https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2024.14637.691

مقاله پژوهشی

برآورد تعداد ماشین‌های کشاورزی مورد نیاز تولید برنج بر پایه شاخص‌های مکانیزاسیون در استان گیلان

روح‌اله یوسفی[۱*] و علیرضا علامه[۲]

چکیده

مکانیزاسیون کشاورزی به عنوان یک رویکرد اساسی در تولید محصولات کشاورزی مطرح است. مکانیزاسیون موجب انجام به موقع عملیات کشاورزی، کاهش هزینه‌های تولید، کاهش سختی‌کار، مدیریت مصرف نهاده‌های کشاورزی، ایجاد جذابیت در فعالیت‌های کشاورزی، ارتقاء کمی و کیفی تولید و اقتصادی نمودن تولید محصولات کشاورزی را فراهم می‌سازد. لازمه برنامه‌ریزی صحیح کشاورزی برنج در استان گیلان، شناخت کافی از وضعیت موجود مکانیزاسیون آن است. از شاخص‌های مکانیزاسیون برنج، می‌توان در برآورد صحیح تعداد ماشین و انجام به موقع عملیات کشاورزی استفاده کرد. در این مطالعه، با جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها از طریق تکمیل پرسشنامه و با مراجعه به منابع آماری موجود، شاخص‌های تعیین کننده وضعیت مکانیزاسیون برنج استان (شامل درجه، سطح و ظرفیت مکانیزاسیون، توان اجرایی واقعی و بالقوه)، روزهای کاری و بازده مزرعه‌ای محاسبه شد. تعداد ماشین‌های کشاورزی مورد نیاز برای انجام عملیات مکانیزه در مراحل مختلف از تولید برنج با استفاده از روش فرصت زمانی برآورد گردید. نتایج نشان داد درجه مکانیزاسیون عملیات خاک‌ورزی، کاشت با نشاکار، سمپاشی، وجین و برداشت (دروگر و کمباین) برنج به ترتیب در استان ۱۰۰، ۷۲/۵۵، ۲۳/۵۷، ۴/۶۲ و ۸۴/۸۳ درصد، سطح مکانیزاسیون ۳/۵۵ اسب بخار بر هکتار، متوسط ظرفیت مکانیزاسیون ۴۰۴/۴۸ اسب‌بخار-ساعت بر هکتار است. همچنین به ازای هر ۲۷ هکتار یک تراکتور، ۴ هکتار یک تیلر، ۳۰ هکتار یک نشاکار، ۵۶۳ هکتار یک وجین کن و هر ۶۰ هکتار یک کمباین برنج وجود دارد. به علاوه برای هر ۱۰۰ بهره‌بردار ۲ تراکتور و ۲ نشاکار موجود است. با توجه به نتایج، تعداد ماشین‌های موجود استان در خاک‌ورزی، داشت و برداشت به ترتیب ۱۹/۸۵، ۳۳/۲۳ و ۵۵/۶۹ درصد بیش‌تر و در نشاکاری ۲/۶۱ درصد کم‌تر از تعداد برآورد شده است. مقایسهٔ شرایط کنونی استان با برآورد انجام شده، بیان‌گر ضعف در برنامه‌ریزی جامع برای تأمین و توزیع ماشین‌های کشاورزی است.

واژه‌های کلیدی: بازده مزرعه‌ای، برنج، تعداد ماشین، روزهای کاری، شاخص مکانیزاسیون، فرصت زمانی.

ارجاع: یوسفی ر. و علامه ع. ر. ۱۴۰۳. برآورد تعداد ماشین‌های کشاورزی مورد نیاز تولید برنج بر پایه شاخص‌های مکانیزاسیون در استان گیلان. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۳۲: ۱۵-۲۸. https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2024.14637.691

۱- استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.
۲- مربی پژوهشی، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.
*** نویسنده مسئول: r.yousefi1348@gmail.com**
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۴

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 زیرکشت 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.

برنج به عنوان یکی از مهم‌ترین، حساس‌ترین و استراتژیک‌ترین محصولات کشاورزی کشور محسوب می‌گردد. برنج در رژیم غذایی مردم کشور از اهمیت بسیاری برخوردار بوده و در ردیف کالاهای راهبردی جای گرفته و دومین ماده غذایی اکثر مردم کشور پس از گندم با سطح زیرکشت حدود ۷۹۲ هزار هکتار مهم‌ترین محصول زراعی محسوب می‌شود (Anonymous, 2023).

در بین ۲۱ استان کشت کننده برنج، استان‌های مازندران، گیلان، خوزستان و گلستان دارای بیش‌ترین سطح زیرکشت این محصول هستند (Anonymous, 2023).

سطح برداشت محصولات زراعی استان گیلان حدود ۲۷۵ هزار هکتار بوده که حدوداً ۹۹/۳ درصد به کشت برنج اختصاص دارد. این استان به تنهایی حدود ۲۷ درصد کل تولید برنج و در حدود ۳۱ درصد از کل سطح زیرکشت برنج کشور را دارد (Anonymous, 2023).

مکانیزاسیون یکی از عوامل اصلی در توسعه کشاورزی و اساساً به مثابه رویکردی است که نیل بخش کشاورزی به مرحلهٔ تولید صنعتی و تجاری را ممکن می‌سازد.

یکی از اهداف مکانیزاسیون، افزایش تولید و کسب سود بیش‌تر است. ماشین یکی از ابزارهای مهم در فرآیند تولید محصولات کشاورزی و مکانیزاسیون به شمار می‌رود و برای رسیدن به تولید بهینه و پایدار باید آن را درست و مناسب انتخاب کرد. انتخاب نوع و اندازه مناسب ماشین‌های کشاورزی و سرمایه‌گذاری صحیح در این زمینه از مسائل اصلی مکانیزاسیون کشاورزی است. توسعه مکانیزاسیون کشاورزی تا حدود زیادی تابع تعداد و چگونگی به کارگیری و استفاده از ماشین‌های کشاورزی است. اگر برآورد تعداد ماشین به درستی انجام شود، می‌توان عملیات‌ها را در محدوده زمانی مناسب با کم‌ترین هزینه اجرا نمود (Shorkpor & Asakereh, 2021).

در مطالعه‌ای، Rasooli Sharabiani & Ranjbar (2008) شاخص‌های درجه، سطح و ظرفیت مکانیزاسیون کشاورزی در منطقه سراب، واقع در استان آذربایجان شرقی را بررسی کردند. در این مطالعه تعداد تراکتورها، انواع ادوات کشاورزی و شاخص‌های مورد نظر با توجه به روش‌های علمی موجود محاسبه شد. نتایج نشان داد که میانگین سطح مکانیزاسیون در منطقه ۰/۸۳ اسب بخار بر هکتار است. هم‌چنین سهم انرژی مصرف شده از منابع انسانی، دامی و ماشینی بر واحد سطح به ترتیب ۱/۲۴، ۲/۲۳ و ۹۶/۳۵ درصد برآورد شد. این نتایج نشان دهنده نقش مهم ماشین در تولید محصولات کشاورزی است. اگرچه میانگین سطح مکانیزاسیون این منطقه نسبت به متوسط آن در کل کشور بیش‌تر است، ولی درجه مکانیزاسیون بسیاری از مراحل 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.

با توسعه مکانیزاسیون و افزایش تعداد و ظرفیت ماشین‌ها، زمین‌های بایر، سنگلاخی و فقیر احیا شده و سطح زیرکشت افزایش یافته است. همچنین با بهبود کیفیت و دقت‌کار ماشین‌ها و نیز بهبود سایر عوامل غیر ماشینی مانند مسائل خاک شناسی، بهبود کیفیت آبیاری، اصلاح بذر و بهینه سازی عملیات، تولید در واحد سطح نیز افزایش یافته است (Almasi *et al.*, 2008).

علی‌رغم اهمیتی که توسعه مکانیزاسیون کشاورزی در توسعه بخش کشاورزی داشته و دارد، به دلیل کمبود تحقیقات کاربردی لازم و عدم تبیین و شفاف سازی نقش مکانیزاسیون کشاورزی در تولید محصولات کشاورزی و میزان این اثرگذاری، تاکنون مکانیزاسیون کشاورزی نتوانسته از جایگاه واقعی و در خور شایسته خود در کشور برخوردار باشد (Abbasi *et al.*, 2014).

در میزان توسعه مکانیزاسیون کشاورزی نابرابری‌هایی وجود دارد که هر چند تا حدی متأثر از مؤلفه‌های طبیعی است، اما عوامل انسانی نیز سهم به سزایی در بروز آن دارند. میزان توسعه مکانیزاسیون کشاورزی رابطه تنگاتنگی با نابرابری‌های توسعه ناحیه‌ای دارد و سطح توسعه نواحی و تقاضای نیروی کار به شدت

بر توسعه مکانیزاسیون اثر می‌گذارند. در نواحی توسعه یافته‌تر، تقاضا برای نیروی کار افزایش یافته و مکانیزاسیون کشاورزی به عنوان یک اقدام ضروری و سودآور سریع‌تر توسعه یافته است (آزاد کردن نیروی کار کشاورزی). این در حالی است که در نواحی کمتر توسعه یافته، وجود نیروی کار فراوان و ارزان روند توسعه مکانیزاسیون را کندتر می‌کند (Singh *et al.*, 1972).

برنامه‌ریزی برای توسعه مکانیزاسیون از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در برنامه توسعه بخش کشاورزی است. لازمه برنامه‌ریزی صحیح در مورد مکانیزاسیون کشاورزی، شناخت کافی از وضعیت موجود آن است. به منظور مشخص نمودن وضعیت موجود، عرضه مدل و برنامه مناسب، توسعه مکانیزاسیون و همچنین مقایسه وضعیت مکانیزاسیون، به شاخص‌ها و معیارهای تعریف شده و معنی‌داری نیاز است که داشتن اطلاعات این شاخص‌ها مبنایی برای بررسی و مشخص نمودن وضعیت مکانیزاسیون است (Yousefi, 2012).

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

در پژوهشی، Firouzi (2014) وضعیت توان موتوری و ماشین‌آلات خودگردان کشت برنج در شهرستان لنگرود استان گیلان را بررسی کرد، متوسط توان در واحد سطح برابر ۱/۳۷ اسب‌بخار در هکتار به دست آمد. 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.

در مطالعه‌ای، Vahedi *et al.* (2018) شاخص‌های مکانیزاسیون برنج در استان مازندران بررسی کردند. درجه مکانیزاسیون؛ خاک‌ورزی اولیه و ثانویه ۹۹/۷ و ۹۹/۳ درصد، کاشت با نشاکار ۲۱/۶۹ درصد و برداشت مکانیزه برنج با دروگر و کمباین برنج ۷۲/۸ درصد است. کم‌ترین درجه مکانیزاسیون مربوط به عملیات وجین ۸ درصد به دست آمد. سطح مکانیزاسیون برنج در استان ۲/۶۳ اسب‌بخار بر هکتار، میانگین بازده اقتصادی ۱/۸۷ تن بر اسب‌بخار و متوسط ظرفیت مکانیزاسیون ۲۳۵ اسب‌بخار-ساعت بر هکتار بود. کل ساعات کار مفید ماشین‌های به کار گرفته شده در تولید برنج استان ۲۱۳۰ ساعت بر هکتار بوده است.

در پژوهشی، Ghanbari *et al.* (2022) عدالت و توازن منطقه‌ای در برخورداری از امکانات و خدمات کشاورزی در گروه شاخص‌های ابزارآلات و فناوری‌های کشاورزی در بین شهرستان‌های استان گیلان در سه سطح بررسی کردند. شهرستان‌های رشت، صومعه سرا، لاهیجان و طوالش در سطح اول، آستانه اشرفیه، رودسر، بندرانزلی، شفت و فومن در سطح دوم و لنگرود، املش، سیاهکل، رودبار، رضوانشهر، ماسال و آستارا در سطح سوم از توسعه یافتگی قرار دارند.

در مطالعه‌ای، Sharifi & Taki (2016) شاخص‌های مکانیزاسیون برنج در ایران (مطالعهٔ موردی در استان اصفهان) بررسی کردند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که درجه 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 مکانیزاسون در شهرستان اصفهان با ۲/۴ اسب بخار در هکتار و در شهرستان فلاورجان با ۵/۴ اسب بخار در هکتار به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار است. کم-ترین بازده اقتصادی مربوط به شهرستان فلاورجان با مقدار ۰/۹۷ تن بر اسب بخار و بیش‌ترین آن برای شهرستان اصفهان با مقدار ۲/۱۹ تن بر اسب بخار است. بیش‌ترین توان اجرایی بالقوه مربوط به عملیات سمپاشی پشتی موتوری و کم‌ترین آن مربوط به عملیات پادلینگ است. برای توسعه مکانیزاسیون استان اصفهان نیاز به ماشین‌های مناسب پادلینگ، نشاکار، سمپاش و کمباین مخصوص برداشت برنج محسوس است.

مقایسه شاخص‌های مکانیزاسیون کشاورزی ترکیه و اتحادیه اروپا نشان داد، درجه مکانیزاسیون ترکیه کم‌تر از میانگین اتحادیه اروپا بود. سرانه 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 بود (Gokdogan, 2012).

یکی از اهداف مکانیزاسیون، افزایش تولید و کسب سود بیش‌تر است. ماشین یکی از ابزارهای مهم در فرآیند تولید محصولات کشاورزی و مکانیزاسیون به شمار می‌رود و برای رسیدن به تولید بهینه و پایدار باید آن را درست و مناسب انتخاب کرد. انتخاب نوع و اندازه مناسب ماشین‌های کشاورزی و سرمایه‌گذاری صحیح در این زمینه از مسائل اصلی مکانیزاسیون کشاورزی است. توسعه مکانیزاسیون کشاورزی تا حدود زیادی تابع تعداد و چگونگی به کارگیری و استفاده از ماشین‌های کشاورزی است. اگر برآورد تعداد ماشین به درستی انجام شود، می‌توان عملیات‌ها را در محدوده زمانی مناسب با کم‌ترین هزینه اجرا نمود (Shorkpor & Asakereh, 2021).

برای تعیین تعداد ماشین‌های کشاورزی مورد نیاز پیشنهاد شد ابتدا سطح زیرکشت هر محصول و زمان اجرای عملیات مشخص گردد و پس از آن ظرفیت اجرای عملیات با ماشین‌های مختلف محاسبه و سپس ماشین مناسب انتخاب شود (Modarres Razavi, 2008).

در صورتی که تعداد ماشین پیش‌بینی شده برای انجام عملیات در محدوده زمانی، کافی نباشد، هزینه‌های به موقع انجام نشدن کار را خواهیم داشت و در صورتی که تعداد محاسبه شده بیش‌تر از نیاز عملیات مورد نظر باشد منجر به تحمیل هزینه‌های اضافی خواهد گردید (Oghbaey *et al.*, 2018).

اگر تعداد و ظرفیت ماشین‌های زراعی کافی نباشند عملیات کشاورزی به موقع انجام نخواهند گرفت. هزینه به موقع انجام نشدن عملیات متأثر از زمان‌بندی عملیات زراعی است. با تعیین دقیق هزینه‌های به موقع انجام نشدن عملیات کشاورزی با استفاده از روابطی در شرایط واقعی، سامانه ماشینی مناسب‌تری انتخاب می‌شود (Khani *et al.*, 2013).

در شرایط کنونی در صورت مکانیزه بودن کشاورزی، کلیه عملیات زراعی با برنامه‌ریزی صحیح ماشینی به‌موقع انجام شده و زمان‌بندی دقیقی از توقف ماشین‌ها در دسترس خواهد بود (Afsharnia, 2018).

برخی از محققین بر این باور هستند که تعداد ماشین مورد نیاز برای عملیات کشاورزی بستگی مستقیم به اندازه قطعات زمین زراعی دارد. بدین ترتیب چنان‌چه ابعاد زمین بزرگ باشد، می‌توان از ماشین با عرض کار بیش‌تر و تعداد کم‌تر استفاده نمود و بالعکس (Hosseinzad *et al.*, 2009).

دولت می‌تواند با سازوکارهای تشویقی مانند تسهیلات کم بهره به کشاورزان و یا تعاونی‌ها جهت خرید ماشین‌های به روز، گامی در جهت افزایش تولید و حرکت به سمت خودکفایی بردارد (Khani *et al.*, 2023).

شناخت و ارزیابی شاخص‌های توسعه مکانیزاسیون برنج برای انتخاب صحیح و استفاده بهینه از ماشین‌های برنج و انجام به موقع و با کیفیت عملیات کشاورزی از ضروریات است تا به عنوان اطلاعات مبنا و بنیادی در محاسبه پروژه‌های مکانیزاسیون برنج و تحلیل‌های اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق شاخص‌های مکانیزاسیون برنج در استان گیلان با هدف برآورد تعداد ماشین مورد نیاز در کشت برنج مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

استان گیلان یکی از استان‌های شمالی کشور با مساحت ۱۴۷۱۱ کیلومترمربع است. این استان با دارا بودن ۳۱ درصد سطح برداشت برنج در جایگاه دوم کشور قرار دارد (Anonymous, 2023). بر اساس آخرین تقسیمات کشوری، این استان دارای ۱۷ شهرستان، ۵۲ شهر و ۴۳ بخش، ۱۰۹ دهستان و ۲۵۸۳ آبادی دارای سکنه است.

برای تعیین شاخص‌های تعیین کننده روند توسعه مکانیزاسیون در استان گیلان با هدف برآورد تعداد ماشین مورد نیاز در کشت برنج مطالعه‌ای طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ انجام شد.

روش میدانی یا مطالعه میدانی، که روش‌های پهنان‌گر (کل‌گرا) و ژرفانگر (عمق‌نگر) زیر مجموعه‌های آن، و پرسش و مشاهده ابزار آن است، اساس بررسی‌ها و گردآوری داده‌ها در این پژوهش بود. جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز از طریق تکمیل پرسشنامه و با

مراجعه به منابع آماری موجود و بررسی‌های میدانی و مصاحبه با بهره‌برداران انجام گردید. جامعه آماری این تحقیق، شالی‌کاران استان گیلان بودند. در استان گیلان بیش از ۱۹۰ هزار بهره‌بردار هرساله برنج‌کاری می‌کنند (Anonymous, 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 هریک از روستاها انتخاب شدند. در بخش ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای شالی‌کاران، متغیرها شامل جنسیت، سن، سطح سواد، سابقه فعالیت کشت برنج، نوع برنج کشت شده، مساحت زمین زیرکشت، مقادیر مصرفی کود و سم، متوسط اندازه قطعات، نوع مالکیت زمین و تعداد اعضای خانوار بودند. در بخش ویژگی‌های مکانیزاسیون متغیرها شامل نوع عملیات، مشخصات ماشین مورد استفاده در عملیات، نوع مالکیت ماشین، ساعت شروع و خاتمه عملیات، تعداد دفعات، تاریخ شروع و خاتمه عملیات و تعداد نیروی انسانی لازم برای انجام عملیات است. برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به؛ سطح زیرکشت 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 همچون 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؛ درجه مکانیزاسیون، سطح مکانیزاسیون، ظرفیت مکانیزاسیون، توان اجرایی ماشینی به همراه ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر، بازده مزرعه‌ای ماشین و روزهای کاری محاسبه شدند.

روش محاسبه هر یک از شاخص‌های مکانیزاسیون به شرح ذیل است (Almasi *et al.*, 2008):

درجه مکانیزاسیون

این شاخص بیان‌گر کمیت استفاده از ماشین در عملیات است و از نسبت سطح عملیات انجام شده توسط ماشین به کل سطح زیرکشت آن محصول به دست می‌آید. درجه مکانیزاسیون با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد (Almasi *et al.*, 2008).

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

که در آن: MD درجه مکانیزاسیون بر حسب درصد؛ A_m سطح کار شده با ماشین بر حسب هکتار؛ A_t کل سطح زیرکشت محصول بر حسب هکتار است.

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 معادله (۲) محاسبه شد (Almasi *et al.*, 2008).

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

که در آن: ML سطح مکانیزاسیون بر حسب اسب‌بخار بر هکتار؛ P_t مجموع کل توان‌های کششی موجود در کشاورزی منطقه بر حسب اسب‌بخار؛ A_t کل سطح زیرکشت بر حسب هکتار؛ 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) (Vahedi *et al.*, 2018) است.

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 برهکتار است. مقدار این شاخص از معادله (۳) محاسبه شد (Almasi *et al.*, 2008).

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

که در آن: MC ظرفیت مکانیزاسیون بر حسب اسب‌بخار ساعت بر هکتار؛ P_T مجموع توان‌های واقعی

مصرفی بر حسب اسب‌بخار؛ h ساعات کارکرد منابع توان بر حسب ساعت؛ A سطح زیرکشت بر حسب هکتار است.

توان اجرایی ماشینی

این شاخص نشان می‌دهد که آیا تراکتورها و یا ماشین‌های کشاورزی موجود در منطقه پاسخگوی نیاز واقعی مکانیزاسیون منطقه برای آن عملیات خاص است یا خیر، 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 نمود. به عبارت، دیگر شاخصی که ظرفیت و توانایی اجرایی به صورت هکتار برای تراکتورها و انواع ماشین‌های کشاورزی در انجام عملیات زراعی در مقاطع مختلف زمانی را در یک فصل زراعی بیان می‌کند. در تجزیه و تحلیل این شاخص دو موضوع مطرح است:

- **توان اجرایی واقعی(عملی) ماشین:** توان اجرایی واقعی ماشین میزان مساحت زیر کشت موجود منطقه است که عملیات ماشینی در آن انجام می‌گیرد.

- **توان اجرایی بالقوه:** این شاخص مفهوم عملی و ارزیابی توان اجرایی هر منطقه است که می‌تواند به صورت یک شاخص سنجش، ظرفیت اجرای عملیات یک منطقه یا مزرعه را با توجه به عوامل تعداد تراکتور، زمان موجود یا دراختیار برای کار و زمان لازم برای کار در یک هکتار، مشخص نماید. توان اجرایی بالقوه ماشین عبارت است از بیش‌ترین میزان سطحی که یک ماشین یا مجموعه ماشین‌های موجود در یک منطقه با توجه به فرصت زمانی برای اجرای عملیات و روزهای کاری با در نظر گرفتن عوامل محدود کننده، توانایی انجام آن را دارند. توان اجرایی بالقوه از معادله (۴) بر حسب هکتار محاسبه شد (Almasi *et al.*, 2008).

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

که در آن: P_{ep} توان اجرائی بالقوه بر حسب هکتار؛ T_N تعداد تراکتور؛ T_O زمان موجود یا در اختیار برای عملیات بر حسب ساعت؛ T_{ha} زمان مورد نیاز برای اجرای عملیات در یک هکتار بر حسب ساعت بر هکتار (معادله (۵)) است.

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

که در آن: D_h تعداد ساعات کار در هر روز بر حسب ساعت در روز؛ W_d تعداد روزهای کاری مناسب بر حسب روز (معادله (۶)) است.

$$W_d = WD_c - WND_C \qquad (۶)$$

که در آن: WD_c تعداد روزهای‌کاری طبق تقویم زراعی؛ WND_C تعداد روزهای غیر قابل انجام‌کار در محدوده تقویم زراعی (معادله (۷)) است.

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

که در آن: W_{nr} تعداد روزهای محدود شده با عوامل محدود کننده مؤثر (بارندگی / باد / حرارت و ...) در محدوده تقویم زراعی؛ n تعداد دفعات بارندگی/ باد/ حرارت و ... مؤثر در محدوده تقویم زراعی؛ W_{nn} تعداد روزهای غیر قابل کار پس از هر بار بارندگی / باد / حرارت و ... در محدوده تقویم زراعی است.

روزهای کاری

برای انجام دادن کار در زمان معین، مهم‌ترین عامل تخمین تعداد روزهای کاری 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 روزهای کاری محتمل به منابع اطلاعاتی مانند آمار هواشناسی و نظر افراد باتجربه نیاز است. برای انجام عملیات کشاورزی در هر منطقه، محدودهٔ زمانی مناسبی جهت اجرای آن عملیات وجود دارد.

احتمال روزکاری؛ نسبت روزهای قابل انجام کار به کل روزهای موجود در طول فصل کاری برای عملیات مورد نظر است (Khani *et al.*, 2019). مهم‌ترین کاربرد احتمال روزکاری در محاسبهٔ ظرفیت مزرعه‌ای مورد نیاز ماشین‌های کشاورزی است. روش‌های مختلفی برای ایجاد یک برآورد منطقی از کل زمان در دسترس برای انجام عملیات زراعی توسعه یافته‌اند.

در این مطالعه تعداد روزهای کاری، با درنظر گرفتن آمار ده ساله هواشناسی و عوامل محدود کننده جهت اجرای هر عملیات در بازهٔ زمانی براساس تقویم فعالیت‌های مکانیزه محاسبه شد. برای محاسبه، ابتدا برای هر عامل محدودکننده، تعداد روزهای کاری به صورت جداگانه تعیین شد. سپس تعداد روزهای کاری برای هر عملیات، برابر با کمترین تعداد روز به دست آمده

از اِعمال انفرادی محدودیت‌ها به دست آمد. جهت تجزیه وتحلیل اطلاعات فوق هرماه به شش قسمت پنج روزه تقسیم گردید (ستون آخر در جدول تهیه شده ۶ روزه است). سپس با توجه به محدوده مجاز عوامل محدود کننده تعداد روزهای کاری مناسب در هر ماه تعیین گردید. با توجه به نوع فرضیه و جنس متغیرها از آزمون t جهت تعیین حدود احتمالی میانگین‌ها استفاده شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، روزهای مناسب کاری جهت اجرای عملیات با احتمال تخمین زده شد (Yousefi, 2001).

سرعت پیشروی

برای اندازه‌گیری سرعت پیشروی ماشین‌های خودگردان و کاربر، مدت زمانی که ماشین خودگردان یا کاربر مسافت ۲۰ متری را در زمان اجرای عملیات می‌پیماید را با استفاده از کرنومتر در چهار تکرار اندازه‌گیری و سپس سرعت پیشروی بر حسب کیلومتر بر ساعت از معادله (۸) تعیین شد.

$$\boldsymbol{S = \frac{3.6\times 20}{T}} \qquad (۸)$$

که در آن: S سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت)؛ و T زمان صرف شده برای طی کردن مسافت ۲۰ 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 معادله (۹) به دست آمد (Almasi *et al.*, 2008).

$$TFC = \frac{\mathrm{S\times W}}{10} \qquad (۹)$$

که در آن: TFC ظرفیت مزرعه‌ای نظری بر حسب هکتار بر ساعت؛ S سرعت حرکت بر حسب کیلومتر بر ساعت؛ W عرض کار ماشین بر حسب متر است.

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر، مقدار متوسط سطح کار شده در واحد زمان است. ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر یک ماشین تابعی از عرض‌کار نظری یک ماشین، درصد عرض‌کار استفاده شده از عرض نظری، سرعت حرکت در زمان کار و مقدار زمان تلف شده هنگام انجام عملیات در مزرعه است. ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (هکتار بر ساعت) از معادله (۱۰) محاسبه شد (Almasi *et al.*, 2008).

$$EFC = \frac{\mathrm{S\times W}}{10} \times \frac{FE}{\boldsymbol{100}} \qquad (۱۰)$$

که در آن: EFC ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر بر حسب هکتار بر ساعت؛ S سرعت حرکت بر حسب کیلومتر بر ساعت؛ W عرض کار ماشین بر حسب متر؛ FE بازده مزرعه‌ای بر حسب درصد است.

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 معادله (۱۱) بر حسب درصد محاسبه شد (Almasi *et al.*, 2008).

$$FE = \frac{\mathrm{EFC}}{\mathrm{TFC}} \times 100 \qquad (۱۱)$$

که در آن: FE بازده مزرعه ای بر حسب درصد؛ EFC ظرفیت مزرعه ای مؤثر بر حسب هکتار بر ساعت؛ TFC ظرفیت مزرعه ای نظری بر حسب هکتار بر ساعت است.

تخمین تعداد ماشین‌های مورد نیاز

برآورد تعداد و ظرفیت ماشین‌ها باید بر اساس جدول تراکم عملیاتی و روزهای قابل‌کار برای ماشین‌ها بنا شود. بنابراین با استفاده از جدول تراکم عملیاتی و روزهای کاری و نیز بر اساس فرصت زمانی و ظرفیت عملی ماشین‌های مورد استفاده در هر مرحله، می‌توان تعداد مورد نیاز هر ماشین را برآورد نمود. برای محاسبه تعداد مورد نیاز ماشین بر اساس فرصت زمانی از معادله ۱۱ استفاده می‌شود (Almasi *et al.*, 2008).

$$MN = \frac{A}{EFC\times W_d\times H_d} \qquad (۱۲)$$

که در آن: MN تعداد ماشین؛ A سطح کار بر حسب هکتار؛ w_d تعداد روزهای کاری ممکن بر حسب روز؛ H_d ساعات کاری در روز بر حسب ساعت بر روز؛ EFC ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر بر حسب هکتار بر ساعت است.

نتایج و بحث

در جدول ۱ درجه مکانیزاسیون عملیات مختلف زراعی در کشت برنج استان گیلان نشان داده شده است. بیش‌ترین درجه مکانیزاسیون برنج استان برای خاک‌ورزی است. درجه بالای خاک‌ورزی به دلیل سنگینی عملیات خاک‌ورزی و انرژی بر بودن آن است. نتایج نشان داد آماده سازی زمین و تهیه بستر برای تمامی سطوح زیرکشت برنج به صورت نشاکاری در استان گیلان با ماشین انجام شده و درجه مکانیزاسیون برای عملیات خاک‌ورزی در 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) ۱۰۰ درصد است. کم-ترین درجه مکانیزاسیون در کشت برنج در استان گیلان در وجین (۴/۶۲ درصد) دیده می‌شود. به علت شرایط خاص و باتلاقی بودن زمین‌های شالیزار و نبود ماشین وجین‌کن، بیشتر وجین‌کاری در شالیزارهای استان به صورت دستی انجام می‌شود.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که درجه مکانیزاسیون محصول برنج در استان ۶۷/۹ درصد است. برای محاسبه درجه مکانیزاسیون برنج، ابتدا درجه مکانیزاسیون مربوط به هر عملیات به صورت جداگانه با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (برای عملیات داشت، میانگین عملیات سمپاشی، کودپاشی و وجین در نظر گرفته شد) و در نهایت برای محاسبه درجه مکانیزاسیون کل محصول برنج از مقادیر عملیات خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت میانگین گرفته شد (Hardani *et al.*, 2020).

درجه مکانیزاسیون عملیات کاشت با نشاکار در شهرستان شفت ۵۴/۱۲ درصد و در شهرستان رضوان‌شهر با ۹۰/۴۴ درصد به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین هستند. درجه مکانیزاسیون عملیات کاشت در استان ۷۲/۵۵ درصد است.

کم‌ترین درجه مکانیزاسیون عملیات سمپاشی مربوطه به شهرستان صومعه‌سرا با ۱/۶۲ درصد و بیش-ترین مربوط به شهرستان رودبار با ۸۰/۸۹ درصد است. عملیات سمپاشی اغلب به وسیله سمپاش‌های پشتی موتوری، زنبه‌ای و پشت تراکتوری انجام می‌شود، که در بین آنها از سمپاش پشتی موتوری بیش‌تر استفاده می‌گردد. درجه مکانیزاسیون عملیات سمپاشی در استان ۲۳/۵۷ درصد است.

درجه 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 هستند. درجه مکانیزاسیون عملیات برداشت در استان ۸۴/۸۳ درصد است. عملیات برداشت با کمباین‌های برنج از نوع تغذیه‌کننده کل محصول[1]، نوع تغذیه کننده خوشه[2] و دروگر برنج انجام می‌شود. که در بین آنها از کمباین برنج تغذیه کننده کل محصول بیشتر استفاده می‌گردد.

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. سطح زیرکشت برنج و مجموع توان موتوری استان گیلان به ترتیب ۲۳۷۹۷۴ هکتار و ۸۴۵۶۳۸ اسب بخار است. میانگین سطح مکانیزاسیون برای برنج‌کاری استان گیلان، حدوداً ۳/۵۵ اسب‌بخار در هکتار است.

از دلایل بالا بودن سطح مکانیزاسیون برنج می‌توان به استفاده مشترک توان ماشین‌های نیروی محرکه برای شالیزار و سایر محصولات، سطح زیرکشت پایین برنج و تعداد زیاد تیلر و تراکتور، عدم وجود شرکت‌های ارائه خدمات مکانیزه، زمان اندک در اختیار کشاورزان برای انجام عملیات تهیه زمین، کاشت، داشت و برداشت اشاره نمود.

بررسی به عمل آمده نشان می‌دهد، تراکتور و تیلر که مهم‌ترین منبع تأمین توان هستند، در شهرستان‌های استان به صورت یکنواختی توزیع نشده است. توزیع تراکتور و سایر ماشین‌های خودگردان بدون در نظر گرفتن مساحت سطوح زیرکشت و شرایط اقتصادی، اقلیمی، فرهنگی بهره‌برداران بوده است. در جدول ۳ آمار تعداد تراکتور و تیلر موجود در شهرستان‌های استان گیلان نشان داده شده است. تمایل کشاورزان خرد مالک به داشتن ماشین خودگردان شخصی باعث گردیده است که توان بیش از اندازهٔ نیاز در مناطق روستایی بدون استفاده مانده و تنها در مدت زمان کمی از سال از آن

1- Whole-crop rice combine harvester
2- Head-feed rice combine harvester

استفاده گردد و در بعضی از شرایط از تراکتورها و تیلرها در کارهای غیرمرتبط از قبیل حمل و نقل و جابجایی استفاده گردد.

در جدول ۲ توان ماشین‌های نیروی محرکه شالیزاری به کار رفته و سطح مکانیزاسیون برنج در استان گیلان نشان داده شده است.

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

جدول ۱- درجه مکانیزاسیون زراعت برنج در استان گیلان

عملیات	درجه مکانیزاسیون (درصد)
خاک‌ورزی	۱۰۰
کاشت	۷۲/۵۵
داشت (سمپاشی)	۲۳/۵۷
داشت (وجین)	۴/۶۲
داشت	۱۴/۱
برداشت	۸۴/۸۳۳
درجه مکانیزاسیون برنج	۶۷/۹

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

مشخصات	توان (اسب بخار)	تعداد ماشین
تراکتور سبک (کمتر از ۵۰ اسب بخار)	۴۰	۳۹۷۳
تراکتور متوسط زیر ۱۳ سال	۷۵	۲۲۹۱
تراکتور متوسط از ۱۳ تا ۲۰ سال	۷۵	۱۱۷۶
تراکتور متوسط بالای ۲۰ سال	۶۵	۱۲۵۰
تراکتور نیمه سنگین (۸۰ تا ۱۱۰ اسب بخار)	۹۰	۴۴
کمباین برنج نوع تغذیه کننده کل محصول	۷۵	۳۸۱۸
کمباین برنج نوع تغذیه کننده خوشه	۶۰	۱۵۴
دروگر برنج	۵	۳۳۴۸
وجین کن موتوری	۱/۵	۴۲۳
نشاکار ۴ ردیفه برنج	۴	۷۳۸۰
نشاکار ۶ ردیفه برنج- نوع راه رونده	۵	۴۸۹
نشاکار ۶ ردیفه برنج- نوع سوار شونده	۱۷	۸۸
سمپاش پشتی موتوری	۳	۱۵۲۵۰
سمپاش زنیه‌ای	۵/۵	۱۸۶۰
تیلر (کمتر از ۷ اسب بخار)	۵/۵	۱۹۶۵۵
تیلر از ۷ تا ۸ اسب بخار	۷/۵	۳۸۰۲۳
تیلر از ۹ تا ۱۲ اسب بخار	۹/۵	۱۹۷۱
تیلر ۱۳ اسب بخار	۱۳	۳۲۰

جدول ۳- تعداد تراکتور و تیلر در شهرستان‌های استان گیلان

نام شهرستان	سطح زیرکشت (هکتار)	تراکتور سبک (کمتر از ۵۰ اسب بخار)	تراکتور متوسط به بالا (۵۰ تا ۱۱۰ اسب بخار)	تیلر (کمتر از ۷ تا ۱۳ اسب بخار)
آستارا	۳۱۵۰	۴۰	۸۹	۱۰۶۶
آستانه اشرفیه	۲۳۵۷۰	۴۱۰	۶۹۰	۱۴۵۹۹
املش	۳۵۰۰	۶۸	۹۰	۱۰۸۸
بندر انزلی	۴۸۳۳	۱۱۵	۲۱۶	۵۶۴۶
تالش	۱۵۹۸۶	۲۳۷	۵۷۳	۵۶۴۶
خمام	۶۲۴۳۰	۲۸۸	۱۷	۴۳۳۹
رشت		۹۳۰	۶۱۱	۹۱۸۵
رضوانشهر	۱۰۰۰۱	۱۹۹	۳۲۳	۴۱۹۳
رودبار	۳۳۷۵	۳۵	۴۲۶	۳۰۶
رودسر	۱۰۷۰۰	۲۶۲	۶۰	۲۳۶۴
سیاهکل	۴۴۳۰	۹۳	۳۵۵	۵۷۰
شفت	۱۴۳۳۰	۱۰۷	۱۲۸	۲۸۱۰
صومعه سرا	۲۷۹۷۲	۴۶۶	۹۳۱	۶۶۱۷
فومن	۱۳۸۷۰	۱۱۸	۵۴۱	۱۷۳۴
لاهیجان	۲۳۸۱۶	۴۱۰	۲۹۳	۴۱۴۸
لنگرود	۹۰۵۰	۲۶۱	۷۲	۲۴۸۷
ماسال	۶۹۶۱	۷۶	۱۱۹	۱۰۰۹

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

عملیات	شروع عملیات		پایان عملیات		فرصت زمانی (روز)		روزهای کاری (روز)	
	سایر شهرستان‌ها	رودبار	سایر شهرستان‌ها	رودبار	سایر شهرستان‌ها	رودبار	سایر شهرستان‌ها	رودبار
شخم اول (زمستانه)	۱ دی	---	۲۹ اسفند	---	۸۹	---	۸۰	---
شخم اول (بهاره)	۱ فروردین	۱اردیبهشت	۳۱ فروردین	۳۱ اردیبهشت	۳۱	۳۱	۲۸	۳۰
شخم دوم	۲۵ فروردین	۲۵ اردیبهشت	۲۰ اردیبهشت	۲۱ خرداد	۲۷	۲۸	۲۶	۲۸
مرزکشی	۲۶ فروردین	۲۶ اردیبهشت	۲۱ اردیبهشت	۲۷ خرداد	۲۷	۳۳	۲۷	۳۳
گلخرابی و تسطیح	۲۸ فروردین	۳ خرداد	۲۳ اردیبهشت	۱۸ خرداد	۲۷	۱۶	۲۶	۱۶
نشاکاری	۱ اردیبهشت	۵ خرداد	۵ خرداد	۲۰ خرداد	۳۶	۱۶	۳۵	۱۶
وجین	۲۰ اردیبشهت	۲۰ خرداد	۳۰ خرداد	۳۰ تیر	۴۲	۴۱	۴۲	۴۰
کنترل آفات و بیماری‌ها	۱۰ خرداد	۱۰ تیر	۳۰ تیر	۳۰ مرداد	۵۲	۵۲	۴۴	۴۱
برداشت	۱ مرداد	۶ شهریور	۱۰ شهریور	۱۸ شهریور	۳۲	۱۳	۲۴	۹

در جدول ۵ بازده مزرعه‌ای عملیات مختلف ماشینی در تولید برنج در استان گیلان نشان داده شده است. بازده مزرعه‌ای روتیواتور تراکتوری در عملیات پادلینگ با حداکثر زمان غیر مفید ۴۳/۷۵ درصد و عملیات تسطیح با ماله تیلری با حداکثر زمان مفید ۷۸/۲۶ درصد را دارا هستند.

در جدول ۵ توان اجرایی بالقوه و واقعی عملیات ماشینی برای کشت برنج در استان گیلان ارائه شده است. برای محاسبه شاخص توان اجرایی بالقوه، روزهای‌کاری با توجه به عوامل محدود کننده جهت اجرای هر عملیات مشخص شده و ساعات کار روزانه برای اجرای هریک 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 انجام می‌گیرد.

بیش‌ترین مقدار ظرفیت مکانیزاسیون مربوط به شخم اول (بهاره) با گاوآهن برگرداندار تراکتوری برابر با ۲۲۰۹/۴۲ اسب بخار- ساعت بر هکتار و کم‌ترین انرژی ماشینی صرف شده برای عملیات وجین 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 انرژی بر و وجین برنج کاربر است. متوسط ظرفیت مکانیزاسیون برنج استان گیلان ۴۰۴/۴۸ اسب‌بخار-ساعت بر هکتار محاسبه شده است. این شاخص نشان می‌دهد که به طور میانگین در هر هکتار از اراضی شالیزاری استان گیلان (به غیر از شهرستان رودبار) ۴۰۴/۴۸ اسب‌بخار-ساعت انرژی مکانیکی مصرف می‌شود.

جهت مشخص نمودن نحوه توزیع ماشین‌های خودگردان در سطوح مزارع، از شاخص نسبت هکتار بر ماشین‌های خودگردان استفاده می‌شود. در استان گیلان به ازای هر ۲۷ هکتار یک تراکتور، ۴ هکتار یک تیلر، ۳۰ هکتار یک نشاکار، ۵۶۳ هکتار یک وجین کن، و هر ۶۰ هکتار یک کمباین برنج وجود دارد.

برآورد تعداد ماشین‌های مورد نیاز در مراحل خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت با استفاده از روش فرصت زمانی و با توجه به جدول تراکم عملیاتی انجام گردید. بدین ترتیب تعداد ماشین برآورد شده برای هر مرحله، تعدادی است که عملیات مورد نظر می‌تواند با آن ماشین انجام شود. به عنوان مثال در مرحله خاک‌ورزی تعداد برآورد شده برای تراکتور و تیلر به صورت جداگانه بوده و برای استفادهٔ ترکیبی از هر دو ماشین باید درصد استفاده هر کدام لحاظ شود، که در محاسبه این درصد، باید عواملی چون سطح زیرکشت هر منطقه، تعداد راننده حرفه‌ای موجود در منطقه، جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی، وضعیت زمین‌شناختی در مزارع و نیز متوسط سطح واحدهای زارعی در نظر گرفته شود (Kougir Chegini, 2015).

در جدول ۵ همچنین تعداد ماشین‌های مورد نیاز برای محصول برنج به تفکیک عملیات‌های مختلف در استان گیلان نشان داده شده است.

جدول ۵- بازده مزرعه‌ای، توان اجرایی واقعی، توان اجرایی بالقوه و تعداد ماشین مورد نیاز برای محصول برنج در استان گیلان

نوع عملیات	ماشین مورد استفاده		بازده مزرعه‌ای (درصد)	توان اجرایی واقعی (هکتار)	توان اجرایی بالقوه (هکتار)	تعداد ماشین مورد نیاز
شخم اول (زمستانه)	تیلر	گاوآهن برگرداندار یک طرفه	۶۹/۴۴	۵۳۳۷۱	۳۷۴۷۸۴	۱۳۹۰
	تراکتور	گاوآهن برگرداندار	۷۲/۲۳	۱۹۸۲۴	۱۰۹۰۹۶۰	۹۵
		روتیواتور	۷۳/۳۲	۷۹۲۹۴	۱۰۶۶۶۷۵.۲	۴۳۵
شخم اول (بهاره)	تیلر	گاوآهن برگرداندار یک طرفه	۶۹/۴۴	۳۵۶۹۶	۱۳۱۸۳۶.۸	۲۶۵۳
	تراکتور	گاوآهن برگرداندار	۷۲/۲۳	۴۰۴۵۶	۴۱۳۸۱۶	۵۵۵
		روتیواتور	۷۳/۳۲	۱۶۱۸۲۲	۳۸۵۵۱۱.۵	۲۵۳۳
شخم دوم	تیلر	روتیواتور	۷۰/۱۲	۵۷۱۱۴	۲۴۲۱۰۲.۷	۲۸۳۱
		گاوآهن تک خیش (کاول)	۷۰/۶۵	۳۸۰۷۶	۸۳۶۱۲.۸	۲۶۹۲
	تراکتور	روتیواتور	۷۵/۱۲	۱۴۲۷۸۴	۳۹۹۴۸۹.۴	۲۱۵۹
مرزبندی	تراکتور	مرزکش	۷۵/۰۰	۴۷۶۰	۹۱۲۴.۶	۸۱

ادامه جدول ۵-

نوع عملیات	ماشین مورد استفاده		بازده مزرعه‌ای (درصد)	توان اجرایی واقعی (هکتار)	توان اجرایی بالقوه (هکتار)	تعداد ماشین مورد نیاز
گلخرابی (پادلینگ)	تیلر	خیش دوطرفه(خاک‌همزن)	۷۴/۶۷	۳۹۹۸۰	۱۳۹۴۵۳.۴	۳۴۶۳
	تراکتور	روتیواتور	۵۸/۰۰	۴۳۳۱۱	۲۱۶۶۵۰.۹	۲۴۱۴
		روتیواتور	۴۳/۷۵	۱۳۹۲۱۴	۳۹۰۳۳۸	۲۱۴۴
		پادلر (نیاز به تسطیح ندارد)	۴۵/۰۰	۱۵۴۶۸	۵۱۱۸۳.۴	۱۳۹
تسطیح	تیلر	ماله	۷۸/۲۶	۸۳۲۹۱	۸۹۶۴۸۶.۴	۲۲۴۴
	تراکتور	ماله	۷۴/۴۴	۱۵۴۶۸۳	۳۸۷۷۶۳.۸	۱۱۲۰
کاشت	نشاکار ۴ ردیفه راه رونده		۶۳/۹۱	۱۵۵۳۹۵	۲۰۹۳۴۶.۵	۷۶۲۶
	نشاکار ۶ ردیفه راه رونده		۶۳/۷۵	۱۳۸۱۳	۱۹۰۸۳.۷	۴۹۴
	نشاکار ۶ ردیفه سوار شونده		۷۳/۳۳	۳۴۵۳	۷۴۷۹.۱	۵۳
داشت	سمپاش پشتی موتوری		۶۹/۸۰	۳۶۴۵۴	۵۶۰۸۰۵.۶	۴۲۱۰
	سمپاش زنبه ای		۴۸/۸۰	۱۱۲۱۷	۱۱۹۷۴۷.۹	۷۳۹
	سمپاش پشت تراکتوری		۴۸/۸۰	۸۴۱۳	۱۴۹۲۳.۱	۶۹۳
	وجین کن موتوری		۷۱/۶۷	۱۱۰۰۴	۱۶۶۲۹	۲۸۰
برداشت	دروگر برنج		۷۷/۳۰	۲۲۶۳۴	۱۵۴۸۳۳.۸	۴۹۴
	کمباین برنج تغذیه‌کننده کل محصول		۷۱/۱۳	۱۷۳۸۶۴	۲۷۰۷۴۴.۳	۳۳۰۰
	کمباین برنج تغذیه کننده خوشه		۷۳/۲۱	۵۳۷۷	۷۳۰۳.۳	۱۵۴
	بیلر		۷۰/۲۰	۹۵۱۹۰	۱۴۱۰۴۴.۴	۸۷۶

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، درجهٔ مکانیزاسیون عملیات خاک‌ورزی کاشت نسبت به پایان برنامه ششم روند خوبی داشته‌اند و درجهٔ مکانیزاسیون عملیات داشت و برداشت جهت رسیدن به پیش‌بینی صورت گرفته در پایان برنامه ششم نیاز به تقویت و ورود ماشین‌های بیشتری برای ارتقای درجهٔ مکانیزاسیون است. از دلایل بالا بودن سطح مکانیزاسیون می‌توان به استفاده مشترک توان ماشین‌های نیروی محرکه برای شالی‌زار و سایر محصولات ذکر نمود. به دلیل بالا بودن هزینه خرید ماشین‌های خودگردان و کوچک بودن اراضی، متوسط نسبت ماشین خودگردان به بهره‌بردار مناسب نیست، به طوری که در استان برای هر ۱۰۰ بهره‌بردار ۲ تراکتور، و ۲ نشاکار موجود است و برای هر ۱۰۰۰۰ بهره‌بردار ۱۲ وجین‌کن و به ازای هر ۱۰۰۰ بهره‌بردار ۱۰ دروگر و ۱۰ کمباین موجود است. این باعث گردیده است تا قدرت تصمیم‌گیری بهره‌برداران در انجام عملیات در زمان مناسب پایین باشد.

با توجه به نتایج، تعداد ماشین‌های موجود استان در خاک‌ورزی، داشت و برداشت به ترتیب ۱۹/۸۵، ۳۳/۲۳ و ۵۵/۶۹ درصد بیش‌تر و در نشاکاری ۲/۶۱ درصد کم‌تر از تعداد برآورد شده است. مقایسهٔ شرایط کنونی استان با برآورد انجام شده، بیان‌گر عدم وجود برنامه‌ریزی صحیح در تأمین و توزیع ماشین‌های کشاورزی است. بر این مبنا ضرورت برنامه‌ریزی لازم برای برقراری تعادل و توازن بیش‌تر به منظور ایجاد شرایط مناسب و همگن توزیع ماشین‌های کشاورزی در سطح استان دیده می‌شود. نحوه توزیع ماشین‌های خودگردان با توجه به سطوح زیرکشت باید بررسی گردد و با توجه به متوسط استانی در برخی از شهرستان‌ها توزیع ماشین‌های خودگردان و ماشین‌های کشاورزی به درستی انجام نشده است.

سپاسگزاری

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

منابع

Abbasi, K., Almasi, M., Borghee, A. M., & Minaei, S. (2014). Modeling of Yield Estimation for The Main Crops in Iran Based on Mechanization Index. *Journal of Agricultural Machinery*, 4(2): 344-351. (In Persian).

Afsharnia.F. (2018). Selection the Suitable Model for Forecasting MF399 tractor failure rate for different maintenance policy. *Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery*. 7(1): 47-55. (In Persian).

Almasi, M., Kiani, S., & Loveimi, N. (2008). *Principles of Agricultural Mechanization*. Jungle, Tehran. (In Persian).

Anonymous, 2023. Agricultural statistics of crops, Vol. 1.Crop year 2021-22. *Statistics and Information Unit of the Ministry of Jihad Agriculture*. (In Persian).

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

Firouzi, S., (2014). An assessment of rice cultivation mechanization in Northern Iran (Langarud county in Guilan province). *International Journal of Biosci. (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.

Ghanbari, Y., Dalvandi, S., & Riyahi, M. (2022). Measuring the degree of development of the cities of Guilan province in the agricultural sector. *Journal: Development Strategy*. 3(71): 50-77.

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.

Hardani, S., Ghasemi Mobtaker, H., & Khanali, M., (2020). Investigating the Status of Some Mechanization Indicators in Strategic Crops using Fuzzy Logic (Case Study: Ahvaz City). *Iranian Journal of Biosystem Engineering*. 51(3): 527-538. (in Persian).

Hosseinzad, J., Aref, T., & Dashti, GH. (2009). Determination of Optimum Size for Rice Farms in Guilan Province. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 23(2): 117-127. (In Persian) .

Khani, M., Keyhani, A., Sharifnasab, H., & Alimardani, R. (2013). Development a planting operation scheduling model based on timeliness cost optimization. In: Proceedings of 8th National Congress on Agriculture Machinery Engineering (Biosystem) & Mechanization. *Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad. Iran*. 3662-3676 . (in Persian).

Khani, M., Esfanjari, R., & Payman, S. H., (2023). Economic analysis of modern and traditional transplanting systems in rice production (Case study: Rasht County. *Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery*, 12(1): 41-56. (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).

Kougir Chegini, Z., (2015). Management of agricultural mechanization development in Guilan province using geographical information system (Case study: mechanization of rice production) (*Master's thesis, FerdowsiUniversity of Mashhad Faculty of Agriculture*).

Modarres Razavi, M. (2008). Farm Machinery Management. *Ferdawsi University of Mashhad Pub. Mashhad. Iran*. (In Persian).

Oghbaey, L,. Keyhani, A., & Akram, A., (2018). Study of Mechanical Power Use in Shahriyar Agricultural Zone (Tehran Province). *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 4(49): 533-545. (in Persian).

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.

Shorkpor S., and Asakereh, A. (2021). Evaluation of Conventional Tractors in Terms of Agricultural and Climatic

Conditions in Saral Region in Divandarreh County. *Journal of Agricultural Mechanization*, 6(2): 21-29. (in Persian).

Singh, R. L., Kunwar, R., & Ram. S., (1972). Impact of new agricultural technology and mechanization on Labor employment. *Indian Journal of Agricultural Economics*. 27(4): 210-214.

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. (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).

Yousefi, R., (2012). *Agriculural Mechanization*. Tehran. Iran. *Agricultural Jihad Institute of Applied Scientific Higher Education*. (in Persian).