



# به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۴۰۱

صفحه‌های ۲۱۷-۲۰۵

DOI: 10.22059/jci.2022.320259.2527

مقاله پژوهشی:

## بررسی عوامل مؤثر در خلأ عملکرد برنج استان مازندران

وجیهه امینی‌ماندی<sup>۱\*</sup>، علی نخزری مقدم<sup>۲</sup>، علی راحمی‌کاریزی<sup>۲</sup>، معصومه نعیمی<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

۲. استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۰۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵

### چکیده

این مطالعه به منظور بررسی عوامل تأثیرگذار بر خلأ عملکرد برنج در منطقه جویبار واقع در استان مازندران با استفاده از دو روش آنالیز خط مرزی و نیز تحلیل مقایسه کارکرد در سال‌های زراعی ۱۳۹۶-۹۷ و ۱۳۹۷-۹۸ به صورت میدانی و مصاحبه حضوری با کشاورزان اجرا شد. در این راستا، به صورت کلی ۱۲۰ مزرعه برنج واقع در محدوده جغرافیایی مورد مطالعه در هر سال زراعی به گونه‌ای تعیین شدند که از نظر مکانی و زمانی دارای تنوع کافی باشند. در روش تحلیل مقایسه عملکرد، رابطه موجود بین عملکرد با متغیرهای کمی و کیفی اندازه‌گیری شده، با استفاده از روش رگرسیون چندگانه مورد بررسی قرار گرفت. در روش آنالیز خط مرزی، براساس پروتکل پیشنهاد شده، یک خط مرزی به داده‌ها در نمودار پراکنش داده‌ها برازش داده شد. نتایج نشان داد که براساس تحلیل مقایسه کارکرد، خلأ عملکرد مزارع برنج در منطقه جویبار ۱۸۴۲ کیلوگرم در هکتار و تاریخ برداشت مهم‌ترین عامل خلأ عملکرد برنج بود. همچنین، براساس تجزیه و تحلیل خط مرزی، خلأ عملکرد مزارع برنج در این منطقه، به میزان ۸۷۴ کیلوگرم در هکتار و مبارزه زیستی مهم‌ترین عامل خلأ عملکرد برنج بود. بنابراین، نظارت و ارزیابی مداوم مدیریت محصولات زراعی در مزارع کشاورزان و شناسایی و از بین بردن یا کاهش خلأ عملکرد و عوامل مدیریتی ایجادکننده آن ضروری است.

**کلیدواژه‌ها:** افزایش عملکرد، تحلیل مقایسه کارکرد، روش خط مرزی، شلتوک برنج، عملکرد بالقوه.

## Investigating the Effective Factors on Yield Gap of Rice in Mazandaran Province

Vajihah Amini Mandi<sup>1\*</sup>, Ali Nakhzari Moghaddam<sup>2</sup>, Ali Rahemi Karizaki<sup>2</sup>, Masoumeh Naemi<sup>2</sup>

1. Ph.D. Student, Department of Plant Production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

Received: May 15, 2021

Accepted: October 26, 2021

### Abstract

This study is conducted to investigate the influential factors on rice yield gap in the Joibar Region, located in Mazandaran Province, by means of two methods of boundary line analysis and comparative performance analysis, in the cropping years of 2017-18 and 2018-19. It is carried out through fieldwork and face-to-face interviews with farmers, for which purpose, totally 120 rice fields located in the studied geographical area in each crop year have been selected in such a way that they had sufficient diversity in terms of location and time. In the comparative performance analysis method, the relation between yield and all measured quantitative and qualitative variables are examined, using multiple regression method. According to the suggested protocol in the boundary line analysis method, a boundary line is fitted to the data in the data distribution diagram. Results show that according to the yield comparative performance analysis model, the yield gap of Joibar rice fields has been 1842 kg/ha, and the harvest date has played the most important role in rice yield gap. Also, according to the findings of border line analysis, the yield gap of rice fields in this region has been 874 kg/ha with the biological control being the most important factor in rice yield gap. Therefore, continuous monitoring and evaluation of crop management on farmers' fields and its identification is essential to eliminate yield gaps along with the management factors causing them.

**Keywords:** Boundary line analysis, comparative performance analysis, paddy rice, potential yield, yield improve.

## ۱. مقدمه

برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز برای تغذیه تقریباً نه میلیارد نفری جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰، باید افزایش عملکرد در واحد سطح در اراضی زراعی موجود، مورد توجه قرار گیرد (FAO, 2019). با این وجود، غالباً مازاد غلات غذایی در کشورهای توسعه‌یافته و کسری در کشورهای در حال توسعه وجود دارد. به‌عنوان مثال، بیش از ۸۰ درصد محصول تولیدشده در کشورهای عمده تولیدکننده غلات از جمله استرالیا به کشورهایی مانند اندونزی، عراق، کره، ایران و ویتنام صادر می‌شود (Ward & Siddique, 2015). با توجه به این که مصرف‌کنندگان در کشورهای در حال توسعه احتمالاً قادر به پرداخت قیمتی نیستند که کشاورزان کشورهای توسعه‌یافته می‌توانند با سودآوری بپذیرند، مشکل امنیت غذایی به‌جای تولید تبدیل به توزیع می‌شود. لذا اگر تمرکز روی مناطقی باشد که تأمین مواد غذایی در آن‌ها کمبود دارد، پژوهش‌ها در مورد بهبود عملکرد سهم بیشتری به امنیت غذایی خواهد داد (Guilpart et al., 2017). نمونه بارز آن باقیمانده حبوبات دانه‌ای در آسیای جنوبی است، جایی که تقاضا در حال انجام است یا در حال افزایش است، اما با تولید محلی قابل تحقق نیست و بنابراین واردات، به‌طور عمده از کشورهای توسعه‌یافته الزامی است (Beza et al., 2017).

متوسط نرخ افزایش عملکرد دانه عمده محصولات زراعی دیم از حدود دهه ۱۹۹۰ کند شده است، به‌طوری‌که تا قبل از دهه ۱۹۹۰، نرخ افزایش متوسط عملکرد محصول، به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال بوده اما بعد از آن، این نرخ، به دو کیلوگرم در هکتار در سال رسیده است، که این کاهش عملکرد ممکن است به دلیل تخریب خاک و کاهش مواد مغذی، تغییرات آب‌وهوایی و عدم تعدیل شیوه‌های مدیریت با متغیر شرایط فصلی و یا برداشت کشاورزان باشد (Anderson

et al., 2016). اگرچه روند افزایش عملکرد دانه در طی یک دوره طولانی در یک منطقه، به‌ندرت یکسان یا خطی بوده است، اما ضروری است که در راستای افزایش عملکرد کنونی محصولات (با استفاده از راهبردهای مختلف)، سطح فعلی عملکرد دانه، با عملکردهای بالقوه برآورد شده و امکان‌سنجی‌های فیزیکی و اقتصادی-اجتماعی، مورد مقایسه قرار گیرند (Beza et al., 2017). برنج (*Oryza sativa* L.) از مهم‌ترین گیاهان زراعی است و در ایران، تأمین‌کننده حدود ۶۶ درصد غذای سالانه است و باید هر ساله برای تأمین حدود ۳۳ درصد مصرف سالانه، واردات برنج انجام شود (Ahmadi et al., 2020). با توجه به رشد جمعیت در ایران و محدودیت‌های منابع تولید، باید در جهت افزایش عملکرد این گیاه زراعی اقدامات جدی صورت گیرد. از جمله این‌ها، انجام پژوهش‌ها در جهت بررسی عوامل مؤثر در خلأ عملکرد و شناسایی روش‌هایی در جهت افزایش تولید برنج می‌باشد. استراتژی‌های مختلفی برای غلبه کردن بر نیاز بشر به مواد غذایی، که در سطح جهان در حال افزایش است، معرفی شده‌اند (Fischer, 2015). در اکثریت این راهبردها، یک بحث مورد تأکید بیشتری قرار گرفته و آن بهبود عملکرد در یک واحد سطح مشخص است و در این بین به‌نظر می‌رسد، کاهش یا از بین بردن خلأ عملکرد گیاهان زراعی، استراتژی امیدوارکننده‌تری است؛ به‌ویژه در کشورهای جهان سوم که دارای خلأ عملکرد بیشتری هستند (Nalley et al., 2016). کاستن از خلأ عملکرد در نظام‌های کشاورزی نیاز به رویکرد یکپارچه برای رفع محدودیت‌های زراعی، بیوفیزیکی و اجتماعی و اقتصادی دارد و در اغلب موارد، عوامل مدیریتی مزرعه، در مقایسه با عواملی نظیر شرایط مزرعه، عوامل اجتماعی و اقتصادی، تأثیر بیشتری بر خلأ عملکرد دارند (Beza et al., 2017). خلأ عملکرد گیاهان زراعی، به

درصد از کشت آن معادل ۹۷۰۰ هکتار در منطقه جویبار انجام می‌شود (Ahmadi et al., 2020) که در این پژوهش حدود ۲۳۰ هکتار از مزارع معادل ۲۳/۷ درصد از سطح زیر کشت منطقه جویبار بررسی شد. برای گردآوری اطلاعات و کمی‌کردن فرایند تولید برنج و تعیین خلأ عملکرد آن، این مطالعه به صورت میدانی و مصاحبه چهره به چهره با شالی‌کاران انجام شد. برای این منظور، تعداد ۱۲۰ مزرعه برنج واقع در محدوده جغرافیایی مورد مطالعه در هر سال زراعی مورد پایش قرار گرفت و برای تعیین تعداد مزارع (نمونه) از فرمول کوکران استفاده شد. انجام پایش مزارع، در طول فصل رشد برنج به صورت هفته‌ای و با دقت صورت گرفت و اطلاعات حاصل از پایش آن‌ها ثبت شدند. این مزارع، جهت پایش، به طوری تعیین شدند که از نظر مکانی (مشخصات مزرعه مانند وضعیت خاک و مساحت مزرعه) و زمانی (مانند زمان عملیات تهیه بستر و تاریخ نشاءکاری) دارای تنوع کافی باشند و همچنین از لحاظ سطح اطلاعات و میزان درآمد کشاورز و در آخر از نظر نحوه انجام عملیات زراعی، دارای تنوع باشند و در این شرایط، تنوع موردنیاز در روش‌های مختلف زراعی مانند کاشت، داشت و برداشت حاصل شده و از روش‌های مختلفی در این مراحل استفاده شده باشد.

با توجه به این‌که مزارع انتخاب‌شده از لحاظ مدیریتی و همچنین عملکرد دارای تنوع بودند، اطلاعات گردآوری‌شده در مورد مزرعه (مکان، جهت شیب، مشکل زهکشی و جاری‌شدن سیل در مزارع)، مدیریت مزرعه از جمله عملیات آماده‌سازی زمین (نوع تجهیزات، نوع، تعداد و زمان انجام شخم و دیسک)، رقم برنج موردکشت (نحوه ضد عفونی و تیمار بذر، مقدار و روش کاشت)، زمان کشت در خزانه و نشاءکاری، تیمارهای کودی (نوع کود، مقدار کود و زمان استفاده از کودهای پایه و سرک)، نحوه کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز (مقدار و

اختلاف موجود بین عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه (یا عملکرد پتانسیل، عملکردی که در شرایط مطلوب مدیریت مزرعه حاصل می‌شود) اطلاق شده است (Nezamzadeh et al., 2019). آنالیز خلأ عملکرد، یک روش پراهمیت در تعیین استراتژی‌های تأمین مواد غذایی در سطح منطقه، کشور و جهان می‌باشد (Reidsma & Jeuffroy, 2017).

بنابراین براساس مطالب فوق، چندین عامل، باعث عدم موفقیت کشاورز در رسیدن به عملکرد دست‌یافتنی محصولات مختلف می‌شوند که می‌توان با بررسی میزان تأثیر هر یک از عوامل مدیریت مزرعه بر مقدار خلأ عملکرد و ارتقای آگاهی کشاورزان، فاصله بین عملکرد واقعی مزرعه و عملکرد دست‌یافتنی را به حداقل کاهش داد. از این‌رو، هدف از این پژوهش مطالعه خلأ عملکرد مرتبط با مدیریت زراعی تولید برنج در منطقه جویبار بود.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲.۱. موقعیت جغرافیایی و اقلیم منطقه

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر بررسی عوامل مؤثر در خلأ عملکرد برنج در منطقه جویبار واقع در استان مازندران با استفاده از دو روش آنالیز خط مرزی و نیز تحلیل مقایسه کارکرد به صورت دوساله و در سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ به صورت میدانی و مصاحبه حضوری با کشاورزان اجرا شد. شهرستان جویبار یکی از شهرستان‌های مرکزی در استان مازندران بوده که ۲/۶ درصد جمعیت استان را دارا است. مختصات جغرافیایی آن ۵۲ درجه و ۴۷ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدأ و ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی می‌باشد.

### ۲.۲. جمع‌آوری داده‌ها

براساس آخرین آمار، سطح زیر کشت برنج در استان مازندران برابر ۲۱۴ هزار هکتار است که حدود ۴/۵۵

عملکرد است. برای محاسبه میزان خلأ عملکرد ایجاد شده برای یک متغیر، تفاوت حاصل از ضرب مقدار میانگین واقعی برای هر متغیر در ضریب آن در معادله تولید، با عدد حاصل از ضرب بهترین مقدار مشاهده شده برای همان متغیر در ضریب همان متغیر، تعیین شد. نسبت خلأ عملکرد محاسبه شده برای هر متغیر به خلأ عملکرد کل، برابر با سهم آن متغیر (به صورت درصد) در ایجاد خلأ عملکرد برنج است (Xu et al., 2016).

#### ۴.۲. آنالیز خط مرزی

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها با روش آنالیز خط مرزی، از توزیع فراوانی تجمعی یا نسبی استفاده شد. در این روش، دامنه تغییرات و روش انجام هر عمل زراعی انجام شده در مزارع برنج و نسبت کشاورزانی که از روش‌های متفاوت هر یک از این عملیات زراعی استفاده کرده بودند، تعیین شد. رابطه بین عوامل مورد مطالعه با عملکرد برنج، با استفاده از تجزیه و تحلیل خط مرزی و نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (Soltani et al., 2016). براساس پروتکل پیشنهاد شده برای تجزیه و تحلیل خط مرزی، پژوهش‌گران، خط مرزی را به صورت فرضی در داده‌ها جای می‌دهند، در مجموع، پنج گام برای استفاده از تجزیه و تحلیل خط مرزی در نظر گرفته شده است (Silva et al., 2017). در گام اول، نمودار توزیع داده بررسی می‌شود. برای انجام این کار، ابتدا باید یک نمودار پراکندگی XY بین عملکرد (متغیر وابسته) و مدیریت محصول خاص (متغیر مستقل هدف) ترسیم شود. این نمودار پراکندگی، با دید کلی‌تری روابط بین دو مجموعه داده را شناسایی می‌کند، که می‌تواند در مراحل بعدی برای حدس عملکرد مناسب برای خط مرزی بسیار مفید باشد. در گام دوم، نقطه-داده‌ها، طبقه‌بندی و گروه‌بندی می‌شوند. در این مرحله، با توجه به توزیع نقطه-داده‌ها و

نوع سموم دفع آفات، تعداد، مقدار و زمان آبیاری (سیستم‌های آبیاری سنتی و تحت فشار و غیره) و اطلاعات مربوط به برداشت شالی (نوع تجهیزات، زمان برداشت شالی و سطح عملکرد)، ویژگی‌های مربوط به خاک و محصولات و مسائل تولید محصول برنج از جمله خوابیدگی بوته‌های برنج در هر مزرعه از طریق مشاهده و یا سؤال از شالی‌کاران بود. تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده با استفاده از توزیع‌های فراوانی نسبی و تجمعی انجام شد و بیش‌ترین نسبت‌ها از روش‌های مختلف که کشاورزان از آن‌ها استفاده کرده‌اند، دامنه متغیرهای مختلف مدیریتی و نهاده‌ها و خصوصیات خاک و ارقام مورد استفاده در مناطق و فراوانی‌های مربوط به آن‌ها مشخص شد (Gorzizad et al., 2019b).

#### ۳.۲. تحلیل مقایسه عملکرد

برای بررسی رابطه بین هر متغیر کمی با عملکرد از تجزیه رگرسیون و برای متغیرهای کیفی از تجزیه واریانس استفاده شد. در مرحله بعد، تجزیه داده‌ها با استفاده از روش‌های مناسب آماری انجام شد. یکی از روش‌های مناسب آماری، به تحلیل مقایسه عملکرد مشهور است. در این روش، رابطه بین همه متغیرهای کمی و کیفی بررسی شده با عملکرد برنج، با استفاده از رگرسیون چندگانه بررسی شد. اولین بخش، انتخاب می‌کند که چه متغیرهایی باید در معادله نهایی تولید عملکرد برنج آورده شوند. انتخاب متغیر با روش گام‌به‌گام انجام شد (Soltani et al., 2016).

با قراردادن میانگین واقعی متغیرها (x) در ۱۲۰ مزرعه مورد بررسی در مدل عملکرد، میانگین عملکرد با استفاده از مدل محاسبه شد. در مرحله بعد، با جایگذاری بهترین میزان واقعی متغیرهای مورد بررسی در معادله به دست آمده، محاسبه حداکثر عملکرد قابل حصول انجام شد. اختلاف بین عملکرد واقعی و عملکرد قابل دستیابی، برابر با خلأ

در هر کپه، تراکم کاشت و کاربرد نیتروژن قبل از نشاکاری عملکرد خطی با شیب منفی را دنبال می‌کنند. یافته‌ها نشان می‌دهد که عملکرد نقاط زیر خط مرزی توسط عوامل دیگر محدود می‌شود.

### ۳.۱.۱. مقدار مصرف بذر در خزانه و تاریخ نشاکاری

براساس یافته‌ها عملکرد متوسط مزرعه ۴۶۷۶ کیلوگرم در هکتار بود. پتانسیل عملکرد تحت تأثیر مقدار متغیر مصرف بذر در خزانه برابر با ۵۲۸۲ کیلوگرم در هکتار با حداقل ۷۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۱). این نتایج نشان می‌دهد که با مصرف ۷۹ کیلوگرم بذر در خزانه به عملکرد مطلوب رسیده و مصرف بیش‌تر بذر در خزانه منجر به کاهش عملکرد می‌شود. هم‌چنین، ۱۶ درصد از مزارع به دلیل متغیر مصرف بذر در خزانه، در محدوده بهینه قرار نداشتند (شکل ۱-الف). عملکرد نسبی مربوط به متغیرهای میزان بذر در خزانه برابر با ۸۵/۱ کیلوگرم در هکتار و خلأ عملکرد به میزان ۷۸۷ کیلوگرم در هکتار بود که دارای خلأ نسبی ۱۴/۹ کیلوگرم در هکتار (۶/۹۲ از درصد کل) بود (جدول ۱). تجزیه و تحلیل عملکرد خط مرزی مربوط به متغیر تاریخ نشاکاری نشان داد که ۹۵ درصد از مزارع از حالت مطلوب یا بهینه برخوردار نبودند (شکل ۱-ب). عملکرد براساس حد مطلوب برای این متغیر ۵۴۳۰ کیلوگرم در هکتار بود و خلأ عملکرد به مقدار ۹۳۵ کیلوگرم در هکتار (۸/۲۳ درصد از کل) به دست آمد.

### ۳.۱.۲. تعداد نشا در کپه و تراکم کاشت

نتایج مربوط به متغیر تعداد نشا در کپه نشان داد که ۶۲ درصد از مزارع، از حد مطلوب خارج و حداقل بهینه تعداد نشا در کپه برابر با چهار نشا به دست آمد. عملکرد براساس حد مطلوب برای متغیر تعداد نشا در کپه، حدوداً ۵۳۱۰ کیلوگرم در هکتار بود که دارای خلأ عملکرد ۸۶۵

هم‌چنین با کمک کارشناسان مربوطه (در اینجا کشاورزی) و اطلاعات زراعی قبلی، متغیر مستقل (عملیات زراعی) به گروه‌هایی با فواصل منظم یا نامنظم (بسته به نظر کارشناس و کیفیت داده‌ها) گروه‌بندی می‌شود. در برخی موارد، مانند تعداد کوددهی به‌عنوان یک متغیر مدیریت مزرعه، داده‌ها به‌طور طبیعی جداگانه گروه‌بندی می‌شوند. در مرحله سوم، داده‌های خارج از محدوده و خارج از مرزها حذف می‌شوند. در این مرحله، پژوهش‌گر باید از دانش کافی و اطلاعات قبلی مناسب در مورد داده‌های جمع‌آوری شده برخوردار باشد تا داده‌های مهم را از قلم نیندازد. در مرحله چهارم، بالاترین عملکرد در هر زیرگروه مشخص می‌شود. این مرحله در مطالعات مختلف، متفاوت است. در مطالعه حاضر، بالاترین عملکرد انتخاب شد و برخی از گروه‌ها حاوی داده‌هایی با مقادیر غیرقابل قبول از نظر کشاورزی بودند. مرحله پنجم برازش یک تابع مناسب است. برازش این تابع براساس داده‌های به دست آمده در مرحله چهارم است. پارامترهای این تابع با استفاده از نرم‌افزار SAS و با استفاده از رویه  $nlin$  به دست آمده است (Rezvnalab et al., 2019).

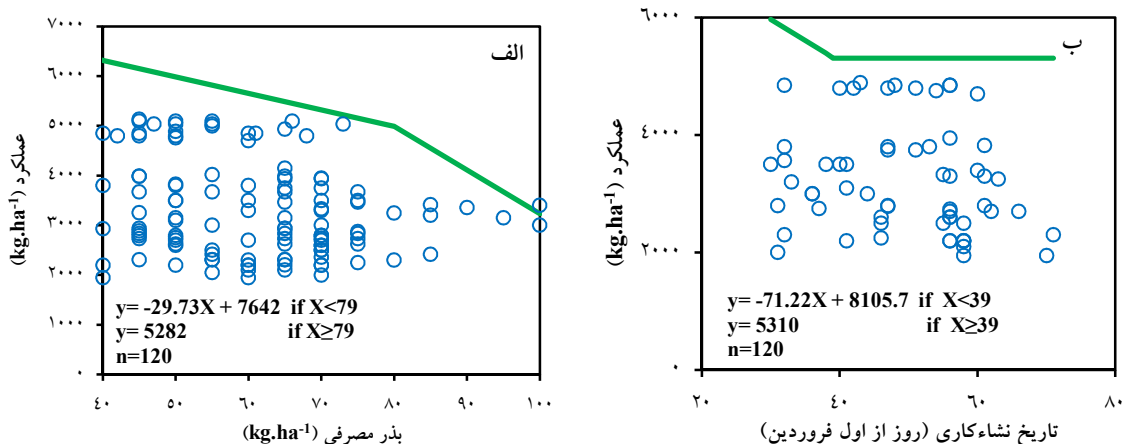
## ۳. نتایج و بحث

### ۳.۱. نتایج آنالیز خط مرزی

پس از رسم توزیع داده‌های عملکرد شلتوک برنج در برابر مهم‌ترین متغیرهای مربوط به مدیریت (عوامل مدیریتی مؤثر بر عملکرد)، بالاترین عملکرد در سطوح مختلف هر ورودی یا مدیریت خاص برای هر متغیر انتخاب شد. با قراردادن یک خط در لبه بالایی داده‌ها (بالاترین توابع انتخاب شده در هر محدوده)، پاسخ عملکرد به‌عنوان یک متغیر وابسته به متغیرهای مستقل (مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد) تعیین شد. براساس یافته‌ها، بیش‌تر متغیرهای مصرف بذر، سن نشا، تعداد نشا

نشان‌دهنده حداکثر پاسخ ممکن به عامل مورد استفاده به‌عنوان متغیر مستقل است و نقاط زیر خط مرزی وضعیتی را نشان می‌دهد که عوامل دیگر، پاسخ متغیر مستقل را محدود کرده‌اند (Yousefian et al., 2018).

کیلوگرم در هکتار (۷/۶۱ درصد از کل) و عملکرد نسبی حدود ۸۶/۸۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. خلأ نسبی عملکرد برای متغیر تعداد نشاء در کپه، ۱۶/۱۴ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲-الف). کران بالایی (بالاترین عملکرد)



شکل ۱. پراکنش داده‌های عملکرد در متغیرهای میزان بذر مصرفی در خزانه و تاریخ نشاء کاری

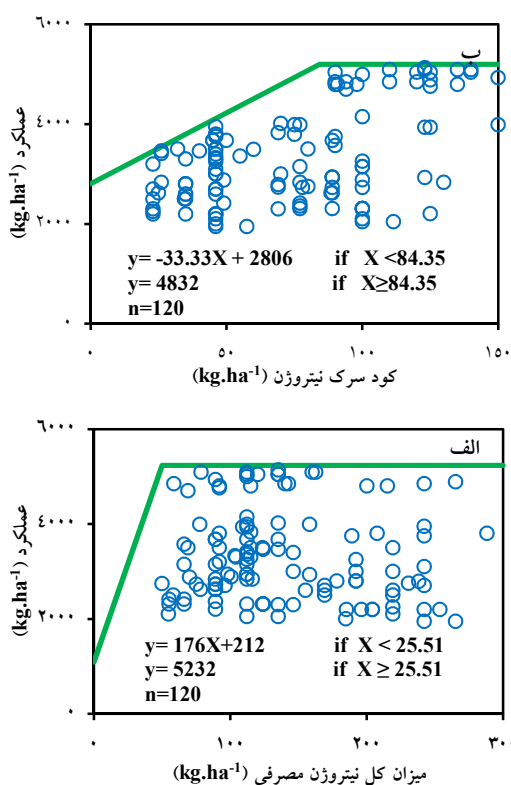
جدول ۱. نتایج مربوط به آنالیز خط مرزی همراه با محاسبات عملکرد بالقوه و خلأ عملکرد محصول برنج

متغیر	واحد	حداقل حد بهینه	از حد بهینه (%)	مزارع خارج	حد بهینه (kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد براساس	عملکرد نسبی (kg.ha <sup>-1</sup> )	خلأ عملکرد (kg.ha <sup>-1</sup> )	خلأ نسبی (kg.ha <sup>-1</sup> )	خلأ عملکرد (%)
مقدار بذر در خزانه	kg.ha <sup>-1</sup>	۶۰	۱۶	۵۲۸۲	۸۵/۱۰	۷۸۷	۱۴/۹۰	۶/۹۲		
تاریخ نشاء کاری	از اول فروردین	۵۴	۹۵	۵۴۳۰	۸۲/۷۸	۹۳۵	۱۷/۲۲	۸/۲۳		
سن نشاء	روز	۳۹	۱۱	۵۳۱۰	۸۴/۶۵	۸۱۵	۱۵/۳۵	۷/۱۷		
نشاء در کپه	تعداد	۴	۶۲	۵۳۶۰	۸۳/۸۶	۸۶۵	۱۶/۱۴	۷/۶۱		
تراکم کاشت	بوته در مترمربع	۲۰	۴	۵۲۴۷	۸۵/۶۷	۷۵۲	۱۴/۳۳	۶/۶۲		
نیتروژن	kg.ha <sup>-1</sup>	۱۵۵/۵۱	۵	۵۲۳۲	۸۵/۹۱	۷۳۷	۱۴/۰۹	۶/۴۸		
فسفر	kg.ha <sup>-1</sup>	۴۵	۴	۵۲۸۹	۸۴/۹۹	۷۹۴	۱۵/۰۱	۶/۹۹		
نیتروژن قبل از نشاء کاری	kg.ha <sup>-1</sup>	۸۴/۳۵	۱۲	۵۲۵۵	۸۵/۵۴	۷۶۰	۱۴/۴۶	۶/۶۹		
تاریخ برداشت	از کاشت	۸۶	۹۶	۵۵۰۰	۸۱/۷۳	۱۰۰۵	۱۸/۲۷	۸/۸۴		
خوابیدگی بوته	*	۰	۶۳	۵۴۹۳	۸۱/۸۳	۹۹۸	۱۸/۱۷	۸/۷۸		
مشکل آفات	*	۰	۷۴	۵۴۹۳	۸۱/۸۳	۹۹۸	۱۸/۱۷	۸/۷۸		
مشکل بیماری‌ها	*	۰	۶۹	۵۴۷۳	۸۲/۱۳	۹۷۸	۱۷/۸۷	۸/۶۱		
مشکل علف‌های هرز	*	۰	۹۱	۵۴۳۶	۸۲/۶۹	۹۴۱	۱۷/۳۱	۸/۲۸		
میانگین	-	-	-	۵۳۶۹	۸۳/۷۵	۸۷۴	۱۶/۲۵	۱۰۰		

نمره‌دهی برای خوابیدگی بوته، مشکلات آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز براساس وقوع: هیچ (۰)، کم (۱)، متوسط (۲)، زیاد (۳) و خیلی زیاد (۴).

### ۳.۱.۳. کود نیتروژن مصرفی کل و قبل از نشاکاری

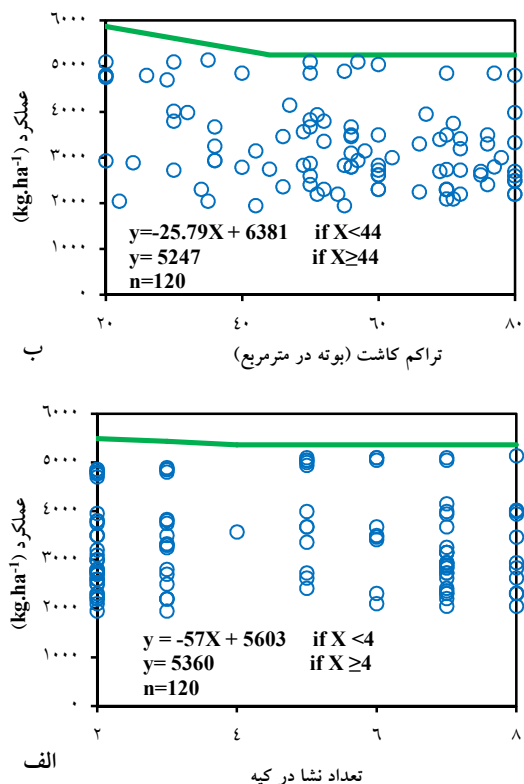
با توجه به یافته‌های جدول (۱)، ملاحظه می‌شود که حداقل حد مطلوب مصرف کود نیتروژن ۲۵/۵۱ کیلوگرم در هکتار و درصد خارج از حد مطلوب این متغیر ۵ درصد بوده است. عملکرد براساس عملکرد بهینه و خلأ عملکرد به ترتیب ۵۲۳۲ و ۷۳۷ کیلوگرم در هکتار با خلأ عملکرد ۶/۴۸ درصد بود (شکل ۳-الف). به عبارت دیگر، در پنج درصد از این مزارع، کاربرد کود نیتروژن کم‌تر از حد مطلوب بود که این عامل، یکی از عواملی است که مانع دستیابی به عملکرد بالقوه می‌شود.



شکل ۳. پراکنش داده‌های عملکرد در متغیرهای مصرف کود نیتروژن کل و قبل از نشاکاری

نتایج مربوط به تجزیه و تحلیل خط مرزی برای متغیر کاربرد نیتروژن قبل از انجام نشاکاری (کود نیتروژن پایه)

نتایج مربوط به متغیر تراکم کاشت نیز نشان داد که در مزارع مورد مطالعه حداقل تراکم مطلوب کاشت ۴۴ بوته در متر مربع و ۴ درصد مزارع در محدوده مطلوب و بهینه قرار نداشتند (جدول ۱ و شکل ۲-ب). عملکرد براساس حد بهینه تحت تأثیر متغیر تراکم کاشت برابر حدود ۵۲۴۷ کیلوگرم در هکتار با خلأ عملکرد ۷۵۲ کیلوگرم در هکتار (۶/۶۲ درصد کل) بود. عملکردی که در هر یک از تراکم‌های بوته، در قسمت زیر خط مرزی قرار دارد توسط عواملی غیر از تراکم گیاه محدود می‌شود. اگر تمام عوامل مدیریتی در آن مزرعه مشابه مزارعی باشد که به عملکرد بالقوه رسیده بودند، دلیلی نخواهد داشت که عملکرد حاصل از آن‌ها، از بیشینه عملکرد حاصل از یک تراکم معین، پایین‌تر باشد (Thenmozhi et al., 2018).



شکل ۲. پراکنش داده‌های عملکرد در متغیرهای تعداد نشا در کپه و تراکم کاشت



موردمطالعه بستگی دارد و می‌توان گفت که این عملکرد بالقوه قابل دستیابی است.

### ۳. ۱. ۵. خوایدگی بوته، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز

عملکرد براساس حد مطلوب برای این چهار متغیر خوایدگی بوته برنج، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز به‌ترتیب ۵۴۹۳، ۵۴۹۳، ۵۴۷۳ و ۵۴۳۶ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و خلأ عملکرد حاصل از آن‌ها به‌ترتیب ۹۹۸، ۹۹۸، ۹۷۸ و ۹۷۱ کیلوگرم در هکتار برابر با ۷/۷۸، ۷/۷۸، ۸/۶۱ و ۸/۲۸ درصد (از کل خلأ عملکرد موردمشاهده) بود (جدول ۱). هدف بسیاری از پژوهش‌گران، بالا بردن عملکرد تا یک سطح قابل‌قبول جهت حفظ قیمت مواد غذایی است که هم برای مصرف‌کننده مطلوب باشد و هم هزینه محصول بتواند هزینه‌های کشاورز را تأمین کند و به‌نظر می‌رسد عملکرد به میزان ۸۰ درصد عملکرد بالقوه، در اکثر سیستم‌های کاشت محصول، آستانه تقریبی مطلوب اقتصادی باشد (Yadi et al., 2017). دستیابی به عملکردهای بالاتر از ۸۰ درصد عملکرد بالقوه، اگرچه ممکن است، اما احتمال دارد به‌دلیل قیمت ابزار کشاورزی، کودهای شیمیایی و غیرشیمیایی، سموم دفع آفات و نیز هم‌پوشانی فصل رشد از نظر اقتصادی برای کشاورزان مقرون‌به‌صرفه نباشد (Yousefian et al., 2019).

به‌صورت کلی، نتایج مربوط به تجزیه و تحلیل خط مرزی نشان داد که استفاده از این روش در مطالعات خلأ عملکرد می‌تواند با شناسایی سهم هر متغیر، پاسخ عملکرد گیاه زراعی به عوامل مدیریتی را مشخص کند. جهت دستیابی به بیشینه عملکرد گیاهان زراعی، با استفاده از این روش می‌توان بهترین استراتژی و برنامه‌ریزی را تعیین کرد. مطالعه‌ای توسط Dastan et al. (2017) مستندسازی روند تولید ارقام مختلف برنج در استان مازندران گزارش کردند که متوسط عملکرد شلتوک برنج در کاشت و کار

نشان داد که حداقل بهینه این کود، ۸۴/۳۵ کیلوگرم در هکتار و حدود ۱۲ درصد از مزارع، خارج از حد مطلوب بودند (شکل ۳-ب). هم‌چنین، خلأ عملکرد مربوط به کاربرد نیتروژن قبل از انجام نشاکاری ۷۶۰ کیلوگرم در هکتار، حاصل شد. کشت‌وکار رایج منطقه به‌علت عدم درک صحیح از نیازمندی‌های گیاه برنج، با مشکلات زیادی روبه‌رو است، به‌طوری‌که مصرف بی‌رویه آب، کودها و سموم شیمیایی نه تنها به افزایش هزینه تولید منجر شده، بلکه موجب کاهش عملکرد شده و باعث تخریب منابع و محیط زیست در درازمدت می‌شود (Dastan et al., 2017).

### ۳. ۱. ۴. تاریخ برداشت

تجزیه و تحلیل عملکرد براساس خط مرزی مربوط به متغیر تاریخ برداشت نشان می‌دهد که ۹۳ درصد مزارع، خارج از محدوده مطلوب بودند و حداقل حد مطلوب برای این متغیر ۸۶ روز پس از نشاکاری بود (جدول ۱). جهت تعدیل و یا کم‌کردن خلأ عملکرد گیاهان زراعی، لازم است محدودیت‌های عملکرد در یک منطقه خاص مشخص شود. روش تجزیه و تحلیل خط مرزی مورداستفاده در این مطالعه و برآورد خلأ عملکرد، عوامل ایجاد این خلأ یا محدودیت‌های عملکرد گیاه زراعی برنج در منطقه جویبار استان مازندران را نشان می‌دهد. یکی از مزیت‌های این روش تجزیه و تحلیل، عدم نیاز به فرایند انتخاب متغیر اولیه است (برعکس روش‌های مبتنی بر مدل‌های رگرسیون چند متغیره). هم‌چنین تفسیر نتایج روش تجزیه و تحلیل خط مرزی نسبت به مدل‌های رگرسیون چندمتغیره راحت‌تر است. با توجه به اینکه عملکرد بالقوه محاسبه‌شده در این تجزیه و تحلیل در منطقه موردمطالعه، با استفاده از داده‌های واقعی هر مزرعه به‌دست می‌آید، عملکرد بالقوه به‌دست‌آمده، به منطقه



## بررسی عوامل مؤثر در خلأ عملکرد برنج استان مازندران

تریکوگراما (صفر = عدم کاربرد، ۱ = کاربرد)،  $X_4$  معادل برداشت دستی محصول (صفر = عدم کاربرد، ۱ = کاربرد) و  $X_5$  معادل مشکل آفات (براساس میزان شیوع از صفر تا چهار) هستند که در ادامه، براساس میزان تأثیر آنها بر خلأ عملکرد پرداخته خواهد شد. در یک مطالعه، Gorjizad et al. (2019) پتانسیل و خلأ عملکرد مرتبط با مدیریت محصول ارقام مختلف برنج را در منطقه نکا ارزیابی کردند. آنها از بین ۱۵۰ متغیر مورد مطالعه، مدل نهایی تحلیل مقایسه عملکرد برنج در منطقه نکا را با هشت متغیر مستقل تعیین کردند. در مدل عملکرد، میانگین و بیشینه عملکرد ۷۱۹۴ و ۹۲۴۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. خلأ عملکرد کل ۲۰۴۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام جهت مشخص نمودن مهم ترین متغیرهای مدیریتی مؤثر بر عملکرد شلتوک برنج و مدل عملکرد و مقادیر کمینه، بیشینه و متوسط هر یک از این ویژگی های در جدول (۲) ارائه شده است.

بهترین شرایط برای متغیرهای رقم، مصرف پتاسیم و کنترل زیستی با استفاده از آزادسازی زنبور تریکوگراما، بیشینه مقدار آنها با تأثیر مثبت انتخاب شد.

معمولی و نیمه مکانیزه برنج به ترتیب ۴۱۰۰ و ۴۴۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد.

### ۲.۳. تحلیل مقایسه کارکرد

در این مطالعه، در مدل رگرسیونی حاصل، عملکرد شلتوک در واحد سطح، یک متغیر وابسته فرض شد و سایر متغیرها به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. این متغیرهای مستقل به دست آمده از مدل رگرسیونی، در معادله نهایی ارائه شده است. در نهایت، با استفاده از معادله (۱) (معادله تولید)، عملکرد واقعی، عملکرد قابل دستیابی و سهم هر یک از متغیرها در کاهش عملکرد تعیین شد. لذا، از تعداد بالای ۱۳۰ متغیر مورد مطالعه، مدل (معادله نهایی رگرسیون گام به گام) با پنج متغیر مستقل انتخاب شد. معادله عملکرد نهایی به شرح زیر است:

رابطه (۱)

$$Y = 4580 + 246X_1 + 6X_2 + 823X_3 - 2X_4 - 182X_5$$

که در معادله فوق،  $Y$  معادل عملکرد شلتوک برحسب کیلوگرم در هکتار،  $X_1$  معادل رقم طارم هاشمی (صفر = عدم کاشت، ۱ = کاشت این رقم)،  $X_2$  معادل مصرف کود پتاسیم (صفر تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)،  $X_3$  معادل کاربرد زنبور

جدول ۲. کمی کردن خلأ عملکرد برنج و سهم هر یک از متغیرهای وارد شده در معادله تولید

متغیر	ضریب در مدل	مشخصات متغیرهای مستقل				مقادیر پیش بینی شده		خلأ عملکرد (kg.ha <sup>-1</sup> )	خلأ عملکرد (%)
		کمینه	متوسط	بیشینه	بهترین	متوسط	بهترین		
عرض از مبدأ	۴۵۸۰	-	-	-	-	۴۵۸۰	۴۵۸۰	-	
رقم برنج	۲۴۶	۰	۰/۵۸	۱	۱	۲۴۶	۱۴۳	۶	
پتاسیم خالص	۶	۰	۲۷/۵۴	۱۵۰	۱۵۰	۸۶۹	۱۵۹	۳۹	
مبارزه زیستی	۸۲۳	۰	۰/۰۲	۱	۱	۸۲۳	۱۶	۴۴	
برداشت دستی	-۲	۰	۰/۳۵	۱	۰	۰	-۱	۰	
مشکل آفات	-۱۸۲	۰	۱/۲۲	۳	۰	۰	-۲۲۲	۱۲	
عملکرد شلتوک	-	۳۱۰۰	۴۴۸۵	۵۴۳۰	-	۶۵۱۸	۴۶۷۶	۱۰۰	

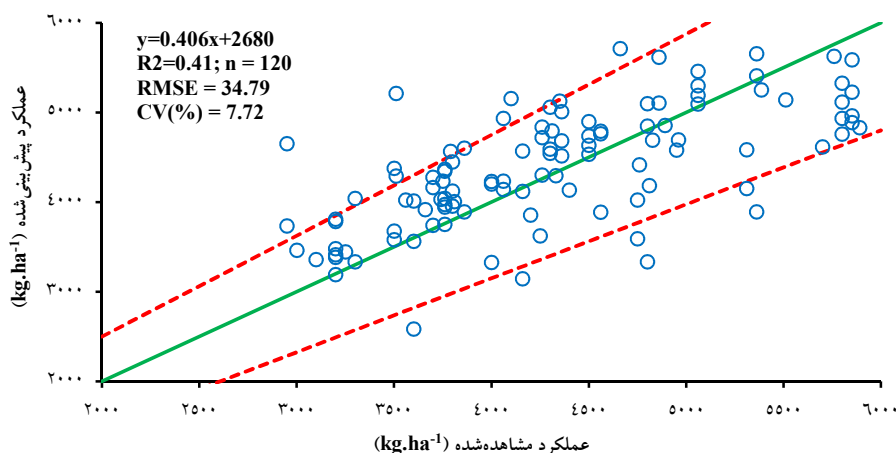
۶۷۶ و ۶۵۱۸ کیلوگرم در هکتار برآورد شد و این مقادیر به‌دست‌آمده قابل‌مقایسه با متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده‌شده (۴۸۵ و ۵۴۳۰ کیلوگرم در هکتار) در مزارع موردبررسی است. خلأ عملکرد کل ۱۸۴۲ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. این مقدار به معنی فاصله ۱۸۴۲ کیلوگرم در هکتار بین عملکرد واقعی کشاورزان و آنچه که آن‌ها می‌توانند برداشت کنند وجود دارد که با مدیریت صحیح از بین رفته یا کاهش می‌یابد (جدول ۲).

شکل (۴) نشان‌دهنده رابطه بین عملکرد واقعی و عملکرد برآورد شده توسط مدل تولید (معادله ۱) با ضریب تبیین ۰/۴۱ (غیرمعنی‌دار) است و جذر میانگین مربعات خطا و ضریب تغییرات مدل به‌ترتیب ۳۴/۷۹ کیلوگرم در هکتار و ۷/۷۲ درصد می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که دقت مدل مناسب بوده و می‌تواند برای مطالعات خلأ عملکرد برنج مورد استفاده قرار گیرد. سطح بالای خلأ عملکرد و سهم هر یک از عوامل مدیریت مزرعه بر آن نشان‌دهنده این است که با مدیریت صحیح مزرعه می‌توان قسمت قابل‌توجهی از این خلأ را جبران کرد و به پتانسیل عملکرد دست یافت. رسیدن به عملکرد بالقوه گیاهان زراعی به‌ندرت رخ می‌دهد و در واقع تنها قسمتی از آن به‌عنوان یک عملکرد محصول واقعی از مزارع حاصل می‌شود (Espe et al., 2016b).

آگاهی از عملکرد بالقوه و میزان و تأثیر هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی نقش تعیین‌کننده‌ای در تعیین استراتژی‌های مدیریت جایگزین برای رسیدن به بیشینه عملکرد گیاهان زراعی دارد (Espe et al., 2016a; Habibi et al., 2019a). استفاده از تجزیه و تحلیل خط مرزی در مطالعات خلأ عملکرد گیاهان زراعی می‌تواند پاسخ عملکرد به عوامل مدیریتی را به وضوح نشان دهد و عملکردهای بالقوه احتمالی را تعیین کند (Habibi et al., 2019b).

متغیرهای برداشت دستی شالی و مشکلات آفت متغیرهای منفی بودند و مقادیر پایین آن‌ها انتخاب شدند. بنابراین، مقدار بهینه برابر با کم‌ترین مقدار این دو متغیر در نظر گرفته شد (جدول ۲). افزایش عملکرد به‌دلیل تفاوت بین بهترین و میانگین عملکرد مربوط به دو متغیر برداشت دستی و مشکل آفات، به‌ترتیب صفر و ۱۲ درصد از کل افزایش عملکرد محصول برنج (معادل به‌ترتیب یک و ۲۲۲ کیلوگرم در هکتار) بود. افزایش عملکرد مربوط به اثر متغیر رقم، حدود ۱۰۳ کیلوگرم در هکتار، معادل شش درصد از کل افزایش عملکرد بود. مقدار افزایش عملکرد مربوط به تأثیر رقم، کاربرد کود پتاسیم و کنترل بیولوژیکی در برابر آزادسازی زنبور تریکوگراما به‌ترتیب برابر با حدود ۷۰۹ و ۸۰۶ کیلوگرم در هکتار، معادل ۳۹ و ۴۴ درصد از کل تغییر عملکرد به‌دست‌آمد (جدول ۲). از میان پنج متغیر موجود در مدل، تأثیر متغیر کاربرد کود پتاسیم و کنترل بیولوژیکی در برابر آزادسازی زنبور تریکوگراما قابل‌توجه است که با مدیریت کاربرد کود شیمیایی پتاسیم و کنترل تلفیقی مناسب آفات (مبارزه شیمیایی همراه با مبارزه زیستی یا بیولوژیک) می‌توان قسمت زیادی از خلأ عملکرد موجود در مزارع برنج منطقه جویبار استان مازندران را جبران کرد. در یک مطالعه، Gorjizad et al. (2019b) عوامل محدودکننده عملکرد برنج را در استان مازندران موردبررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها حاکی از آن بود که مدل تولید برنج، حدود ۵۸ درصد از اختلاف عملکرد واقعی برنج با عملکرد قابل‌حصول را با میانگین خلأ عملکرد حدود ۲۳۰۰ کیلوگرم در هکتار تعیین کرد و پنج عامل تعداد کاربرد کود، کاهش آبیاری، برداشت تأخیری، دو نوبت وجین دستی علف‌های هرز و نشاءکاری دیر هنگام سبب خلأ عملکرد برنج شده بود. در این مطالعه، میانگین و بیشینه عملکرد به‌ترتیب

## بررسی عوامل مؤثر در خلأ عملکرد برنج استان مازندران



شکل ۴. رابطه بین عملکرد پیش‌بینی شده و عملکرد واقعی. خطوط منقطع، اختلاف ۲۰ درصد بالایی و پایینی عملکرد واقعی و پیش‌بینی شده را نشان می‌دهند.

مقایسه کارکرد، عملکرد واقعی مزارع برنج مورد بررسی و عملکرد بالقوه تخمین زده شده توسط مدل به ترتیب ۴۶۷۶ و ۶۵۱۸ کیلوگرم در هکتار برآورد شد و خلأ عملکرد مزارع برنج مورد بررسی ۱۸۴۲ کیلوگرم در هکتار بود. با توجه به یافته‌های تجزیه و تحلیل خط مرزی، مشاهده شد که میانگین عملکرد براساس حد مطلوب برای ۱۳ متغیر مورد بررسی، ۵۳۶۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که خلأ عملکرد مزارع برنج مورد بررسی در منطقه جویبار استان مازندران، ۸۷۴ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. بنابراین، با توجه به نتایج این مطالعه، می‌توان بیان کرد که دقت مدل عملکرد (یا معادله تولید) در هر دو روش مطلوب است و می‌تواند جهت تخمین خلأ عملکرد برنج و تعیین سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد برنج مورد استفاده قرار گیرند و می‌توان بیان داشت که این عملکرد بالقوه، می‌تواند محقق شود. توصیه‌های این پژوهش براساس یافته‌های سال‌های مذکور در منطقه (در سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۹۷ و ۱۳۹۷-۹۸) است. این توصیه‌ها ممکن است در زمان‌های آتی با تغییر سیستم محصول (مانند کشاورزی حفاظتی و یا خشک‌کاری برنج)، مدیریت محصول و احتمالاً شرایط آب‌وهوایی (پدیده

تفسیر نتایج حاصل از این تجزیه و تحلیل ساده است و توصیه می‌شود تجزیه و تحلیل را روی یک مجموعه داده با چندین روش انجام شود و همراه با آن‌ها، از تجزیه و تحلیل خط مرزی باید به‌عنوان تجزیه و تحلیل کاربردی استفاده شود (Yousefian *et al.*, 2018). هم‌چنین ممکن است (با احتمال زیاد) این تجزیه و تحلیل نیاز به آزمایش‌های مزرع‌ای معمول را تقلیل داده و اطلاعات مناسبی را برای طراحی آزمایش‌های کشاورزی و زراعی برای پژوهش‌گر فراهم کند. اگر چنین مطالعات میدانی به‌طور فراگیر و در طول چندین سال (دوره‌های پنج ساله یا ده ساله) برای محصولات اساسی انجام شود، می‌توان از پتانسیل چنین تجزیه و تحلیل‌هایی برای یافتن راه‌هایی برای افزایش تولید این گیاهان زراعی استفاده کرد (Halalkhor *et al.*, 2018).

### ۴. نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های موجود در ۱۲۰ مزرعه برنج مورد مطالعه در منطقه جویبار استان مازندران، از حدود ۱۳۶ متغیر، مدل نهایی عملکرد برنج در این منطقه با استفاده از پنج متغیر مستقل تعیین شد. به‌عبارت دیگر، در مدل تجزیه و تحلیل

- D., Harrell, D., Linscombe, S., & McKenzie, K. (2016a). Yield gap analysis of US rice production systems shows opportunities for improvement. *Field Crops Research*, 196, 276-283.
- Beza, E., Silva, J. V. Kooistra, L., & Reidsma, P. (2017). Review of yield gap explaining factors and opportunities for alternative data collection approaches. *European Journal of Agronomy*, 82, 206-222.
- Espe, M. B., Yang, H., Cassman, K. G., Guilpart, N., Sharifi, H., & Linquist, B. A. (2016b). Estimating yield potential in temperate high-yielding, direct-seeded US rice production systems. *Field Crops Research*, 193, 123132.
- FAO. (2019). FAO rice market monitor (RMM). Retrieved from: <http://www.fao.org/economic/est/publications/ri-cepublications/rice-market-monitor-rmm/en/>.
- Gorjizad, A., Dastan, S., Soltani, A., & Norouzi, H. A. (2019a). Evaluation of potential yield and yield gap associated with crop management in improved rice cultivars in Neka region. *Agroecology Journal*, 11(1), 277-294.
- Gorjizad, A., Dastan, S., Soltani, A., & Norouzi, H. A. (2019b). Large scale assessment of the production process and rice yield gap analysis by comparative performance analysis and boundary-line analysis methods. *Italian Journal of Agronomy*, 14(2), 123-131.
- Guilpart, N., Grassini, P., Sadras, V.O., Timsina, J., & Cassman, K. G. (2017). Estimating yield gaps at the cropping system level. *Field Crops Research*, 206, 21-32.
- Habibi, E., Niknejad, Y., Fallah, H., Dastan, S., & Barari, D. (2019a). Estimation of yield gap of rice by comparative performance analysis (CPA) in the Amol and Rasht regions. *Journal of Plant Production*, 42(3), 551-562.
- Habibi, E., Niknejad, Y., Fallah, H., Dastan, S., & Barari, D. (2019b). Life cycle assessment of rice production systems in different paddy field size levels in north of Iran. *Environment, Monitoring and Assessment*, 191, 202-210.
- Halalkhor, S., Dastan, S., Soltani, A., & Ajam Norouzi, H. (2018). Documenting the process of rice production and yield gap associated with crop management in local cultivars of rice production (case study: Mazandaran province, Babol region). *Journal of Crops Improvement*, 20(2), 397-418. (In Persian).
- Nalley, L., Tack, J., Barkley, A., Jagadish, K., & Brye, K. (2016). Quantifying the agronomic and economic performance of hybrid and conventional rice varieties. *Agronomy Journal*, 108(4), 1514-1523.

تغییر جهانی اقلیم) تغییر کند. در این مطالعه، مواردی که به‌طور قابل‌توجهی بر خلاء عملکرد تأثیر می‌گذارند و در مرحله اول نیاز به تغییر و بهبود دارند، در میان مدیریت‌های رایج کشاورزی ذکر شده است. بنابراین، نتایج این مطالعه، مکمل سایر مدیریت‌های رایج توصیه‌شده توسط کارشناسان مراکز جهاد کشاورزی و فعال در زمینه کشت و کار و برنج است. در نهایت، احتمال می‌رود که اصلاح این عوامل محدودکننده عملکرد مطلوب برنج با استفاده از راهبردهایی می‌تواند اختلاف بین عملکرد واقعی و عملکرد قابل‌حصول را کاهش دهد.

## ۵. تشکر و قدردانی

از شالی‌کاران محترم منطقه جویبار که با دقت پرسشنامه را تکمیل نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## ۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

## ۷. منابع

- Ahmadi, K., Gholizade, H., Ebadzade, H. R., Hosseinpour, R., Hatami, F., Fazli, B., Kazemian, A., & Rafiei, M. (2020). Agricultural Statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy for Planning and Economy. Information and Communication Technology Center. First volume. Crops, 2019-2020 growing season. 117 p.
- Anderson, W., Johansen, C., & Siddique, K. H. (2016). Addressing the yield gap in rainfed crops: A review. *Agronomy and Sustainable Development*, 36(1), 18-26.
- Dastan, S., Soltani, A., & Alimagham, M. (2017). Documenting the process of local rice varieties production in two conventional and semi-mechanized planting methods in Mazandaran province. *Cereal Research*, 7(4), 485-502.
- Fischer, R. A. (2015). Definitions and determination of crop yield, yield gaps, and of rates of change. *Field Crops Research*, 182, 9-18.
- Espe, M. B., Cassman, K. G., Yang, H., Guilpart, N., Grassini, P., Van Wart, J., Anders, M., Beighley,

- Nezamzadeh, E., Dastan, S., Soltani, A., & Ajam Norouzi, H. (2019). Evaluation of yield gap associated with crop management in rapeseed production using comparative performance analysis (CPA) and boundary- line analysis (BLA) methods in Neka region. *Appl. Field Crops Research*, In Press. (In Persian).
- Reidsma, P., & Jeuffroy, M. H. (2017). Farming systems analysis and design for sustainable intensification: New methods and assessments. *European Journal of Agronomy*, 82, 203-205.
- Rezvntalab, N., Dastan, S., & Soltani, A. (2019). Identification of yield constraints and yield gap monitoring of local rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in Mazandaran province. *Iranian Journal of Crop Science*, 21(2), In Press (In Persian).
- Silva, J. V., Reidsma, P., Laborte, A. G., & van Ittersum, M. K. (2017). Explaining rice yields and yield gaps in Central Luzon, Philippines: An application of stochastic frontier analysis and crop modeling. *European Journal of Agronomy*, 82, 223-241.
- Soltani, A., Hajjarpoor, A., & Vadez, V. (2016). Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. *Field Crops Research*, 185, 21-30.
- Thenmozhi, S., Uma, D., & Vikram, K. (2016). Quantifying yield gap of rice production in various regions of Karnataka. In 2016 IEEE International Conference on Cloud Computing in Emerging Markets (CCEM) (pp. 136-140).
- Ward, P.R., & Siddique, K.H. (2015). Conservation agriculture in Australia and New Zealand. In *Conservation agriculture* (pp. 335-355). Springer, Cham.
- Xu, X., He, P., Zhao, S., Qiu, S., Johnston, A. M., & Zhou, W. (2016). Quantification of yield gap and nutrient use efficiency of irrigated rice in China. *Field Crops Research*, 186, 58-65.
- Yadi, R., Ebrahimi, M., & Dastan, S. (2017). Phenological traits and grain yield of rice genotypes in three cropping systems. *International Journal of Tropical Mediterean*, 12(1), 36-40.
- Yousefian, M., Dastan, S., Soltani, A., & Ajam Norouzi, H. (2018). Estimation of yield gap in local rice cultivars by using CPA and BLF methods (case study: Mazandaran province, Sari region). *Journal of Crop Management*, 10(3), 265-288.
- Yousefian, M., Soltani, A., Dastan, S., & Ajamnorozi, H. (2019). Documenting production process and the ranking factors causing yield gap in rice fields in Sari, Iran. *Iran Agricultural Research*, 38(1), 101-109.