

## معرفی سامانه توصیه‌های هواشناسی کشاورزی شالیکاری در مناطق شمالی کشور

ابراهیم اسعدی اسکویی<sup>۱\*</sup>، مجتبی شکوهی<sup>۱</sup>، محمدرضا محمدپور پنجاه<sup>۲</sup>، ابراهیم اکبرزاده کاشانی<sup>۳</sup>

۱- استادیار، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو

۲- مشاور پژوهشی پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو

۳- مدیر امور زراعت سازمان جهاد کشاورزی گیلان

\* نویسنده مسئول: e.asadi.o@gmail.com

### چکیده

برنج یکی از محصولات کشاورزی استراتژیک کشور است که بعد از گندم غذای اصلی مردم ایران را تشکیل می‌دهد. با توجه به تاثیر زیاد وضعیت جوی در مراحل مختلف رشد و تولید برنج در این پژوهش سعی شده است با در نظر گرفتن تأثیر وضعیت جوی در بازه‌های زمانی مختلف فصل کشت برنج، این بازه زمانی به مراحل مختلف تقسیم شده و الگوریتمی برای صدور توصیه به کشاورزان جهت آسیب کمتر به شالیزها و حتی خود کشاورزان صادر شود. برای این منظور، از تلفیق سری داده‌های مشاهداتی سه روز گذشته ۴۰ ایستگاه هواشناسی و نتایج مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا برای سه روز آینده استفاده شده است. در هر مرحله از تولید برنج، آستانه‌هایی برای کمیت‌های جوی اثرگذار شامل دما، بارش و باد، تعیین و سپس با برنامه‌نویسی در محیط R این شرایط در قالب یک فرآیند خودکار به نقشه‌های توصیه برای شالیکاران در منطقه شمالی کشور تبدیل شد. در این نقشه‌ها این توصیه‌ها به صورت گرافیکی در پهنه‌های مختلف که هر رنگ بیانگر یک توصیه عملیاتی به کشاورزان در مراحل مختلف تولید برنج است در آمده است. ارزیابی توصیه‌های صادر شده نشان از مطابقت بالای ۷۵ درصدی توصیه‌های صادر شده با واقعیت را دارد.

**واژگان کلیدی:** برنج، پیش‌بینی وضع هوا، خودکار

### مقدمه

تمامی محصولات کشاورزی در مراحل تولید خود (کشت، داشت و برداشت) بدون شک تحت تأثیر پارامترهای آب‌وهوایی مانند دما، بارش، رطوبت، باد و غیره هستند و عملاً وضعیت آب‌وهوایی تأثیر مستقیم در روند مراحل فنولوژی و تولید آن‌ها دارد. به عنوان مثال، تغییرات پارامترهای آب و هوایی باعث بروز تغییراتی در برداشت محصول می‌شود (مساح بوانی و مرید، ۱۳۸۶؛ علیجانی و دیگران، ۱۳۹۰). همچنین، نوسانات جوی بازده کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به عنوان تهدید اصلی در تولید جهانی محصولات زراعی تلقی می‌شود (میل و دیگران، ۲۰۰۰؛ رزنویگ و دیگران، ۲۰۰۱؛ السن و کارت، ۲۰۰۷؛ مین و دیگران، ۲۰۱۱؛ اربان و دیگران، ۲۰۱۲ و لوبل و دیگران، ۲۰۱۳).

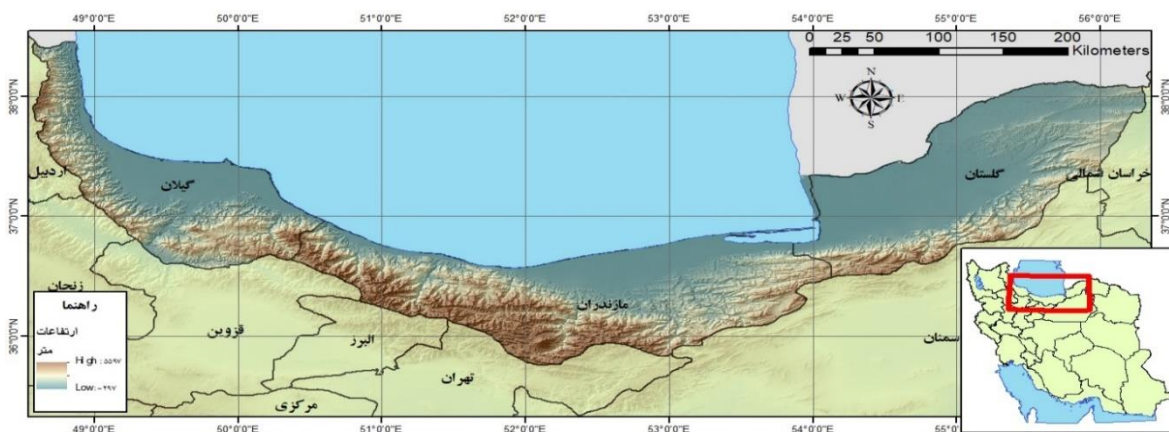
برنج (*Oryza sativa* L.) یک محصول غذایی اصلی در جهان است و ۱۵ درصد از کل سطح زیر کشت جهان را تشکیل می‌دهد (شن و دیگران، ۲۰۰۹؛ باندومولا، ۲۰۱۸). در آسیا که ۹۴ درصد برنج جهان تولید می‌شود، برنج نیز منبع مهمی از درآمد است (ماکلین و دیگران، ۲۰۰۲؛ چوهان و دیگران، ۲۰۱۷ و زانگ، ۲۰۱۸). در ایران (به غیر از استان‌های شمالی کشور)، برنج بعد از گندم غذای اصلی مردم ایران را تشکیل می‌دهد. از این رو، بررسی عوامل تأثیرگذار بر تولید این محصول و افزایش سطح دانش کارشناسان و کشاورزان در این حوزه می‌تواند به افزایش بهره‌وری محصول و کاهش خسارات آن بکاهد. یکی از عوامل تأثیرگذار بر تولید برنج تغییرات وضعیت جوی است (رمضان‌پور، ۱۳۹۷). به دلیل آن‌که گیاهان توانایی جابجایی و فرار از شرایط نامساعد آب و هوایی را ندارند، همواره در معرض انواع مخاطرات جوی قرار دارند. کشت برنج مراحل مختلفی را شامل شده

شده که در هر یک از این مراحل تغییرات آب و هوایی به‌طور مستقیم می‌تواند اثرگذار باشد. به‌عنوان مثال، زمانی که برنج درو نشود و باران ببارد محصول برنج آسیب چندانی نمی‌بیند، به محض اینکه این محصول درو شود و باران ببارد، برنج مرغوبیت خود را از دست داده و با قیمت کمتر قابل عرضه بوده و کشاورز با زیان قابل ملاحظه‌ای مواجه خواهد شد. بنابراین، شناخت متغیرهای هواشناسی موثر در هر مرحله و پیش‌آگاهی از این متغیرها می‌تواند راهی برای جلوگیری از آسیب‌های جدی در کشت برنج و اقتصاد مردم در شمال کشور باشد.

امروزه کشاورزان و کارشناسان به کمک مدل‌های عددی پیش‌بینی جوی، قادرند پارامترهای جوی را با دقت مناسب پیش‌بینی کنند. از پیش‌بینی‌های عددی وضع هوا می‌توان به‌منظور صدور پیش‌آگاهی و هشدار به کشاورزان استفاده کرد. مدل‌های عددی مختلف در مقیاس‌های جهانی و منطقه‌ای در کشورهای مختلف برای پیش‌بینی شرایط جوی ایجاد شده‌اند که از جمله بهترین و پرکاربردترین‌های آن در سال‌های اخیر مدل پیش‌بینی و تحقیقات جو<sup>۱</sup> WRF (اسکاماروک و دیگران، ۲۰۰۵) می‌باشد. از این‌رو در این پژوهش سعی شده است با برگزاری جلسات متعدد و بهره‌گیری از نقطه نظرات کارشناسان و استفاده از مطالعات و تجربیات کشورهای پیشرو به طراحی و تدوین سامانه‌ای تحت عنوان تهک (توسعه هواشناسی کاربردی) کشاورزی برای محصول برنج با هدف اطلاع‌رسانی به کاربر نهایی و کاربردی کردن داده‌های هواشناسی برای بخش‌های مختلف جامعه هدف، به‌ویژه کشاورزان، اقدام شود. در بخش‌های بعدی این پژوهش به مراحل تهیه الگوریتم صدور توسعه برای شالیکاران پرداخته می‌شود.

## بیان مساله

۱- منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه (شکل ۱)، شامل استان‌های شمالی کشور با مساحت ۵۸/۱۶ هزار کیلومتر مربع می‌باشد که بر طبق آمار سال ۱۳۹۵ جمعیت ۷۶۸۳۰۹۷ نفر در این استان‌ها زندگی می‌کنند. این منطقه شامل مناطق برنجکاری در استان‌های گیلان، مازندران و نیز گلستان در محدوده جغرافیایی ۴۸،۵۰۸۹۱۶° تا ۵۶،۲۳۵۰۱۱° شرقی و ۳۶،۹۱۴۵۷۲° تا ۳۷،۹۵۹۷۵۳° شمالی است.



شکل ۱- منطقه جغرافیایی استان‌های شمالی

۲- داده‌های استفاده شده: برای پیاده‌سازی الگوریتم هشدار کشاورزی، علاوه بر داده‌های دیدبانی، به پیش‌بینی جوی در روزهای آینده نیاز است. امروزه به‌دلیل ضرورت انجام پیش‌بینی‌های دقیق، مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا به‌طور گسترده در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مطالعه نیز برای تهیه پیش‌بینی کمیت‌های مورد نیاز از مدل منطقه‌ای WRF که هم

اکنون به صورت روزانه و خ و دکار در پژوهشکده هواشناسی به کار گرفته می شود، استفاده شده است. داده های مشاهداتی مورد نیاز در این مطالعه شامل داده های روزانه دما، بارش و سرعت باد، از حدود ۴۰ ایستگاه همدیدی واقع در سه استان گیلان، مازندران و گلستان از سازمان هواشناسی ایران تهیه شدند. جدول ۱ نشان دهنده آستانه های استاندارد سازمان هواشناسی برای کمیت های بارش و سرعت باد است.

جدول ۱- محدوده دسته بندی بارش و باد ۲ متری

سرعت باد	مجموع بارش روزانه	
کمتر از ۲ متر بر ثانیه	تا ۱ میلی متر	خفیف
بین ۲ تا ۵ متر بر ثانیه	۱ تا ۵ میلی متر	ملایم
بین ۵ تا ۱۰ متر بر ثانیه	۵ تا ۲۰ میلی متر	متوسط
بین ۱۰ تا ۱۵ متر بر ثانیه	۲۰ تا ۵۰ میلی متر	شدید
بالتر از ۱۵ متر بر ثانیه	بالای ۵۰ میلی متر	خیلی شدید

**۳- مراحل تولید برنج:** در این پژوهش با در نظر گرفتن عوامل هواشناسی موثر بر مراحل کشت برنج، توصیه هایی برای کاهش خسارت به کشت این محصول ارائه شده است. مراحل کشت برنج با توجه به عوامل هواشناسی اثرگذار در هر مرحله دسته بندی شده و مورد بررسی قرار گرفته و توصیه مناسب کشاورزان با توجه به وضعیت جوی منطقه صادر می شود. در دسته بندی مراحل کشت برنج و تعیین آستانه ی اثرگذار پارامترهای جوی در هر مرحله، از نظرات کارشناسان جهاد کشاورزی و کشاورزان مختلف استفاده شده است. بر این اساس مراحل تولید برنج در ۱۱ مرحله به صورت زیر دسته بندی شده است: ۱- شخم زمستانه، ۲- لایروبی کانال های آبیاری، ۳- شخم و مرزگیری (کرت بندی) زمین اصلی، ۴- خیساندن بذر، ۵- آماده سازی خزانه و بذرپاشی، ۶- نگهداری نشا در خزانه، ۷- نشاکاری، ۸- وجین (اول یا دوم)، ۹- زایشی (آبستنی تا رسیدن دانه) ۱۰- مرحله محلول پاشی (از وجین تا قبل از برداشت)، ۱۱- برداشت

**۴- نرم افزار پیاده سازی الگوریتم:** برای پیاده سازی الگوریتم توصیه برنج برای کشاورزان از نرم افزار R استفاده شده است. R، یک زبان متن باز برنامه نویسی و محیط نرم افزاری برای پردازش داده ها است که به صورت رایگان در دسترس عموم قرار داده شده است. این نرم افزار قادر به انجام تجزیه های آمار کاربردی و تولید اشکال گرافیکی و نمودارها و همچنین تحلیل های رستری است. فرایند اخذ و دریافت اطلاعات دیدبانی های جوی از بانک اطلاعات برخط سازمان هواشناسی کشور و اطلاعات پیش بینی های رقومی از سرور پیش بینی سازمان هواشناسی کشور در نرم افزار ایجاد و برای پیاده سازی الگوریتم های صدور توصیه تمامی شروط و آستانه ها در نرم افزار پیاده سازی شدند تا به صورت خودکار و روزانه پس از اخذ، مرتب سازی و ترکیب داده ها، معیارها و شروط هر مرحله از عملیات زراعی در قالب الگوریتم های توصیه بر داده ها اعمال شود. بخش های مربوط به تولید خروجی نهایی و نقشه ها نیز در نرم افزار توسعه داده شد.

### معرفی دستاورد

در این بخش با در نظر گرفتن مراحل مختلف کشت برنج و وضعیت جوی موثر بر هر مرحله، توصیه هایی تهیه شده که در جدول های ۲ تا ۶ نشان داده شده است. به دلیل حجم بالای توصیه ها و محدودیت حجم مقاله چند نمونه از جداولی که مبنای صدور توصیه های هواشناسی کشاورزی برنج بوده اند در ذیل بیان می گردند. مرحله پنجم از عملیات تقویم کشت برنج (پس از

شخم زمستانه، لایروبی کانال‌ها و ... شامل آماده‌سازی خزانه و بذریابی است. در این مرحله پارامترهای بارندگی و دما تأثیر زیادی بر روی بذر داشته و در آستانه‌های مختلف می‌تواند در از بین رفتن بذر موثر باشد. بنابراین توصیه‌هایی از قبیل استفاده از پوشش پلاستیکی برای جلوگیری از سرمازدگی و یا خالی کردن آب کرت‌ها به کشاورزان صادر می‌شود (جدول ۲).

جدول ۲- شرایط جوی حاکم و توصیه مربوط به آن در مرحله آماده‌سازی خزانه و بذریابی

توصیه	شرایط جوی
شرایط آب و هوایی برای آماده‌سازی خزانه مساعد نیست.	الف: پیش‌بینی: بارش بیشتر از ملایم، یا پیش‌بینی: دمای زیر ۱۳ درجه سلسیوس
شرایط آب و هوایی برای آماده‌سازی خزانه مساعد است.	ب: عدم وجود شروط بند الف و پیش‌بینی: وجود دماهای ۱۵-۱۸ درجه سلسیوس و پیش‌بینی: عدم وقوع بارش و پیش‌بینی: باد کمتر از ملایم
آب داخل کرت کنترل شود و پوشش پلاستیکی استقرار یابد. کشاورزان از پوشش مناسب برای هوای سرد و بارانی استفاده کنند.	پ: عدم برقراری شرط‌های بند الف و پیش‌بینی: وقوع بارش ملایم یا خفیف و دمای از ۱۳-۱۵ درجه سلسیوس
استحکام خزانه و پوشش پلاستیکی مدنظر قرار گیرد. سم‌پاشی و کوددهی خزانه با تأخیر انجام شود.	ت: عدم وجود شروط بند الف و پیش‌بینی: وجود دماهای ۱۵-۱۸ درجه سلسیوس و پیش‌بینی: عدم وقوع بارش و (پیش‌بینی: وزش باد شدید و بیشتر)
در صورت استفاده از پوشش پلاستیکی هوادهی انجام پذیرد.	ث: عدم برقراری شرط الف و (پیش‌بینی: دمای بیش از ۱۸ درجه سلسیوس یا پیش‌بینی: وقوع باد گرم)
خزانه‌گیری با استفاده از پوشش پلاستیکی قابل انجام است.	ج: عدم وجود شروط بند الف و پیش‌بینی: وجود دماهای ۱۳ تا ۱۵ درجه سلسیوس و پیش‌بینی: عدم وقوع بارش

مرحله هفتم مرحله نشاکاری می‌باشد که در این مرحله بارندگی می‌تواند یکی از عوامل تاثیرگذار باشد. شرایط مختلف جوی و توصیه‌های مربوط به این مرحله را می‌توان در جدول ۳ مشاهده کرد. در این مرحله هم از وضعیت جوی گزارش شده در چند روز گذشته و هم از پیش‌بینی‌های مدل عددی WRF برای صدور توصیه استفاده شده است.

جدول ۳- شرایط جوی حاکم و توصیه مربوط به آن در مرحله نشاکاری

توصیه	شرایط جوی
شرایط جوی برای انتقال نشا به زمین اصلی مناسب نیست.	پیش‌بینی: وقوع بارندگی متوسط و بیشتر در روز انتقال نشا به زمین اصلی، یا هوای گذشته: وجود دو روز متوالی باد شدید و بیشتر قبل از انتقال نشا به زمین اصلی، یا پیش‌بینی: وقوع دمای زیر ۱۳ درجه سانتیگراد در روز انتقال نشا به زمین اصلی یا دو روز پس از آن، یا پیش‌بینی: وقوع باد شدید در روز انتقال نشا به زمین اصلی
در صورت انتقال نشا به زمین اصلی از پوشش مناسب برای محافظت خود و ادوات نشاکاری استفاده فرمایید.	عدم شرایط الف، و پیش‌بینی: وقوع بارش خفیف و ملایم در روز انتقال نشا به زمین اصلی.
شرایط جوی برای انتقال نشا به زمین اصلی مناسب است.	عدم برقراری شروط بند الف و پیش‌بینی: وقوع دمای بالای ۱۳ درجه سلسیوس در روز انتقال و دو روز پس از آن، و پیش‌بینی: عدم بارش یا بارش کمتر از ملایم
با توجه احتمال وقوع باد گرم، تمهیدات لازم نسبت به مدیریت آبیاری مزرعه را مد نظر قرار دهید. مسئله ایجاد موج و خواباندن نشا در عمق غرقابی زیاد مورد توجه قرار گیرد.	عدم برقراری شرایط الف و پیش‌بینی: وزش باد شدید تا ۳ روز پس از نشاکاری
شرایط جوی برای انتقال نشا به زمین اصلی مناسب است.	عدم برقراری شروط بند الف، و پیش‌بینی: وقوع دمای بالای ۱۳ درجه سلسیوس در روز انتقال، و پیش‌بینی: عدم بارش یا بارش کمتر از ملایم

جدول ۴ نشان‌دهنده‌ی شرایط جوی و توصیه‌های مربوط به مرحله وجین می‌باشد. در این مرحله، پیش‌بینی بارش تعیین‌کننده‌ی توصیه‌های مربوط به شالی‌کاران می‌باشد. انجام وجین، کوددهی و باز کردن آب کرت‌ها از جمله توصیه‌هایی است که به کشاورزان می‌شود.

مرحله پایانی، مرحله برداشت می‌باشد، که مهم‌ترین موضوع در این مرحله پیش‌بینی بارش می‌باشد. اگر بعد از درو، برنج در معرض بارندگی قرار گیرد، مرغوبیت خود را از دست می‌دهد. بنابراین، در این مرحله نباید پیش‌بینی بارش در روز و یا فردای روز درو داشته باشیم. توصیه‌های مربوط به این مرحله در جدول ۵ نشان داده شده‌اند.

**نقشه‌های توزیع مکانی توصیه به شالی‌کاران:** در اینجا نمونه‌هایی از نقشه‌های توزیع مکانی توصیه به شالی‌کاران در منطقه شمال کشور آورده شده است. برای تهیه‌ی این نقشه‌ها از پیش‌بینی‌های مدل عددی پیش‌بینی جوی در نقاط شبکه استفاده شده است. این نقشه‌ها در هر روز تولید شده و توصیه‌هایی را برای سه روز آینده به کشاورزان منطقه صادر می‌کند. لازم به ذکر است با توجه به تعداد بالای مراحل تنها نقشه‌های مربوط به دو مرحله نشان داده شده است. با توجه به اینکه این نقشه‌ها به صورت روزانه و برخط تهیه می‌شوند، علاقه‌مندان می‌توانند برای دسترسی به نقشه‌های بیشتر به وبسایت پژوهشگاه هواشناسی و علوم جوی به نشانی [www.hamerc.com](http://www.hamerc.com) مراجعه فرمایند.

جدول ۴- شرایط جوی حاکم و توصیه‌ی مربوط به آن در مرحله وجین (اول یا دوم)

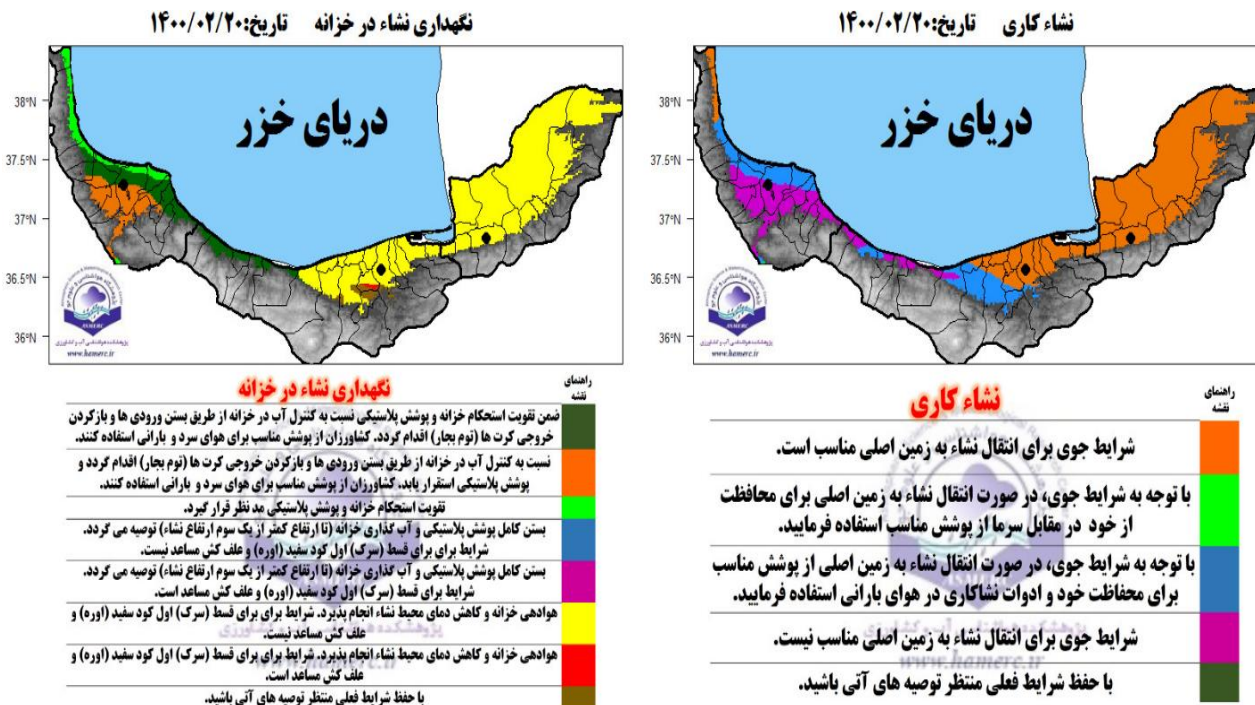
شرایط جوی	توصیه
الف	پیش‌بینی: وقوع بارندگی متوسط و بیشتر شرایط برای انجام عملیات وجین علف‌های هرز مهیا نمی‌باشد. قسط (سرک) دوم کود سفید توصیه نمی‌شود.
ب	عدم برقراری شرایط بند الف، یا پیش‌بینی: بدون باران رابط برای انجام عملیات وجین علف‌های هرز و دادن قسط دوم کود سفید مهیا است.
ج	عدم برقراری شرایط بند الف و (هوای حاضر: وقوع بارندگی متوسط و بیشتر دو روز قبل از عملیات وجین علف‌های هرز، یا پیش‌بینی: وقوع بارش بیش از ملایم همراه دمای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در طول دوره پیش‌بینی (دو روز بعد از عملیات)
د	عدم برقراری شرایط بند الف، یا پیش‌بینی: بارندگی خفیف و کمتر از ملایم شرایط برای انجام عملیات وجین علف‌های هرز مهیا می‌باشد. در حین انجام عملیات، از پوشش مناسب برای محافظت خود، در برابر باران استفاده فرمایید.

جدول ۵- شرایط جوی حاکم و توصیه مربوط به آن در مرحله برداشت

شرایط جوی	توصیه
الف	هوای حاضر و پیش‌بینی: وقوع بارندگی بسیار شدید و بیشتر در روز قبل از برداشت، یا پیش‌بینی: وقوع بارندگی متوسط و بیشتر در روز برداشت. عملیات برداشت امکان‌پذیر نمی‌باشد، در صورت لزوم باز کردن خروجی کرت‌های مزرعه توصیه می‌گردد.
ب	عدم وجود شرایط بند الف، و عدم بارندگی بیش از خفیف در فردای روز توصیه انجام عملیات برداشت و جمع‌آوری محصول امکان‌پذیر می‌باشد.
ج	عدم برقراری شرط الف و پیش‌بینی: بارندگی بیش از خفیف در فردای روز توصیه نسبت به جمع‌آوری محصول برداشت شده اقدام و از ادامه عملیات دروی برنج خودداری شود.
د	پیش‌بینی: وقوع بارندگی خفیف و ملایم در روز برداشت. به دلیل احتمال وقوع بارش شرایط برداشت مساعد نیست، با این حال، در صورت ضروری بودن عملیات برداشت، ضمن مدنظر داشتن وضعیت بارندگی، جهت هماهنگی بیشتر با کارشناسان هواشناسی مشورت فرمایید.
ه	عدم وقوع الف تا د و پیش‌بینی: وقوع باد شدید و بیشتر در روز برداشت. به دلیل وجود احتمال باد شدید، انجام عملیات برداشت با محدودیت مواجه است.



شکل ۲ نتایج به دست آمده برای دو مرحله‌ی نگهداری نشا در خزانه و نشاکاری را در یک روز مشخص (۲۰ اردیبهشت ۱۴۰۰) در منطقه شمال کشور را نشان می‌دهد که هر کدام با رنگ‌های مختلف نشان داده شده است.



شکل ۲- توزیع مکانی توصیه‌های صادر شده برای مراحل نگهداری نشا در خزانه و نشاکاری

### ارزیابی توصیه‌های صادر شده

برای این منظور از کارشناسان هواشناسی همدیدی رشت در هر روز خواسته شد تا با مشاهده وضعیت جوی موجود، توصیه‌های صادر شده برای مراحل مختلف کشت برنج را ارزیابی کرده و درصد درستی توصیه را مشخص کنند، به این ترتیب که در صورت درستی تمامی قسمت‌های توصیه‌ی صادر شده امتیاز ۱۰۰ درصد و در صورت اشتباه در هر قسمت از توصیه‌ها امتیاز پایین‌تری به آن‌ها داده شود. به‌عنوان نمونه، نتایج ارزیابی در فصل بهار برای پنج مرحله‌ی قابل انجام در این بازه‌ی زمانی در جدول ۶ نشان داده شده است.

همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، در مرحله وجین تا قبل از برداشت، در روز اول پیش‌بینی، توصیه‌های صادر شده ۷۵ درصد درست بوده، در روز دوم نیز مطابقت ۷۵ درصدی توصیه با واقعیت به وقوع پیوسته و در روز سوم پیش‌بینی، توصیه صادر شده ۱۰۰ درصد با واقعیت مطابقت داشته است. در سه مرحله‌ی نگهداری نشا در خزانه، نشاکاری و وجین (اول یا دوم)، در هر سه روز توصیه‌ها با واقعیت مطابقت ۱۰۰ داشته است. در مرحله آماده‌سازی خزانه و بذر پاشی در دو روز اول پیش‌بینی، توصیه‌ها مطابقت خوبی با واقعیت نداشته و امتیاز صفر گرفته‌اند اما در روز سوم توصیه درست بوده و امتیاز ۱۰۰ کسب کرده است.

جدول ۶- نمونه‌ی نتایج ارزیابی توصیه‌های صادر شده در مراحل مختلف تولید برنج.

مرحله	ردیف	توصیه صادر شده	درستی توصیه	درصد	واقعیت موجود
وجین تا قبل از برداشت	۱	به دلیل امکان وزش باد، در صورت لزوم سمپاشی علیه کرم ساقه‌خوار و یا بیماری بلاست و لکه‌قهوه‌ای، در ساعات اولیه و پایانی روز و با در نظر گرفتن وضعیت باد انجام پذیرد	۷۵	۷۵	وزش باد آرام بوده است. به دلیل دمای بالا قسمت دوم درست است.
	۲	شرایط برای سمپاشی جهت مقابله با کرم ساقه‌خوار و یا بیماری بلاست و لکه‌قهوه‌ای مساعد نیست.	۷۵	۷۵	با احتیاط مناسب است.
	۳	شرایط برای سمپاشی جهت مقابله با کرم ساقه‌خوار و یا بیماری بلاست و لکه‌قهوه‌ای مساعد نیست.	۱۰۰	۱۰۰	مساعد نیست به دلیل وزش باد ۱۸ متر بر ثانیه‌ای و رگبار.
نگهداری نشا در خزانه	۱	هوادهی خزانه و کاهش دمای محیط خزانه انجام پذیرد. شرایط برای قسط اول کود سفید و علف‌کش مساعد است.	۱۰۰	۱۰۰	مساعد است.
	۲	هوادهی خزانه و کاهش دمای محیط خزانه انجام پذیرد. شرایط برای قسط اول کود سفید و علف‌کش مساعد است.	۱۰۰	۱۰۰	مساعد است.
	۳	هوادهی خزانه و کاهش دمای محیط خزانه انجام پذیرد. شرایط برای قسط اول کود سفید و علف‌کش مساعد نیست.	۱۰۰	۱۰۰	هوادهی. انجام کوددهی به دلیل وزش باد ۱۸ متر بر ثانیه مساعد نیست.
نشاء کاری	۱	شرایط جوی برای انتقال نشا به زمین اصلی مساعد است.	۱۰۰	۱۰۰	مساعد است.
	۲	شرایط جوی برای انتقال نشا به زمین اصلی مساعد است.	۱۰۰	۱۰۰	مساعد است.
	۳	با توجه به شرایط جوی، در صورت انتقال نشا به زمین اصلی از پوشش مناسب برای محافظت خود و ادوات نشاکاری در هوای بارانی استفاده فرمایید.	۱۰۰	۱۰۰	توصیه درست.
آماده‌سازی خزانه و بذریابی	۱	شرایط جوی برای آماده‌سازی خزانه مناسب نیست.	۰	۰	مساعد است.
	۲	شرایط جوی برای آماده‌سازی خزانه مناسب نیست.	۰	۰	مساعد است.
	۳	در صورت استفاده از پوشش پلاستیکی هوادهی انجام پذیرد.	۱۰۰	۱۰۰	توصیه درست است.
وجین (اول یا دوم)	۱	شرایط برای انجام عملیات وجین علف‌های هرز و دادن قسط دوم کود سفید مهیا است	۱۰۰	۱۰۰	مساعد است.
	۲	شرایط برای انجام عملیات وجین علف‌های هرز و دادن قسط دوم کود سفید مهیا است.	۱۰۰	۱۰۰	مساعد است.
	۳	شرایط برای انجام عملیات وجین علف‌های هرز مهیا می‌باشد در حین انجام عملیات، از پوشش مناسب برای محافظت خود در برابر باران استفاده فرمائید.	۱۰۰	۱۰۰	توصیه درست است.



**نتیجه گیری**

برنج یکی از مهم ترین غلات در مناطق شمالی کشور به شمار می آید. شرایط مختلف جوی و وضعیت اقلیمی منطقه در بازده محصول بسیار اثرگذار است. بارندگی و دمای هوا دو عامل جوی مهم در رشد و تولید محصول برنج به شمار می آیند. در این پژوهش سعی شده است که با توجه به وضعیت جوی اثرگذار بر تولید محصول برنج طی دوره زراعت آن، مراحل مختلف تولید برنج دسته بندی شده و با توجه به پیش بینی های عددی به دست آمده، توصیه هایی برای کشاورزان صادر شود. برای صدور پیش بینی هواشناسی از مدل عددی پیش بینی وضعیت جوی WRF که در سازمان هواشناسی ایران در حال اجرا است استفاده شد. علاوه بر داده های پیش بینی، داده های اندازه گیری ایستگاهی، که از ایستگاه های هواشناسی هم دیدی واقع در استان های شمالی کشور به دست آمده نیز به کار گرفته شد.

ابتدا دوره تولید برنج در ۱۱ مرحله دسته بندی شد و شرایط جوی اثرگذار بر هر مرحله به دست آمد. سپس آستانه هایی برای کمیت های جوی دما، بارش و باد برای هر مرحله تعیین شد. در مرحله بعد با استفاده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار R و در نظر گرفتن شرایط جوی در روزهای گذشته و پیش بینی های آینده، توصیه هایی برای کشاورزان صادر شد. در نهایت نقشه های توزیع مکانی توصیه های صادر شده رسم شد و مورد بررسی قرار گرفت. صدور توصیه های کشاورزی به شکل نقشه های گرافیکی اولین بار بوده که در کشور به صورت روزانه و خودکار انجام شده و در تارنمای [www.hamerc.ir](http://www.hamerc.ir) در دسترس کاربران قرار گرفته است.

نتایج ارزیابی توصیه ها نشان از عملکرد خوب الگوریتم صدور توصیه دارد، به طوری که در سه مرحله ی مورد ارزیابی، توصیه های صادر شده مطابقت ۱۰۰ درصدی با واقعیت داشته و در بقیه مراحل بیش از ۵۰ درصد توافق با مشاهدات دیده شده است. در پایان می توان عنوان کرد که سامانه طراحی شده قابلیت صدور توصیه های قابل قبولی برای کشاورزان برنج کار در مناطق شمالی را داشته و می تواند به عنوان ابزاری مفید برای مدیریت زراعی در مناطق شمالی کشور مورد استفاده قرار گیرد.

**فهرست منابع**

- Alijani, F., Karbasi, A., Mozafari Mosen, M. 2007. Survey of the Effects of Climate Change on Yield of Irrigated Wheat in Iran. *Agricultural economics and development*. 13(17): 17-31.
- Bandumula, N., 2018. Rice production in Asia: key to global food security. *Proc. Natl. Acad. Sci. India Sect. B Biol. Sci.* 88: 1323–1328.
- Chauhan, B.S., Jabran, K., Mahajan, G., 2017. *Rice production worldwide*. Springer.
- Lobell, D.B., Hammer, G.L., McLean, G., Messina, C., Roberts, M. J., Schlenker, W. 2013. The critical role of extreme heat formalize production in the United States. *Nat. Clim. Chang.* 3, 497–501.
- Maclean, Jay L, David Charles Dawe, Gene P Hettel, and B Hardy. 2002. *Rice Almanac: Source Book for the Most Important Economic Activity on Earth*. *Int. Rice Res. Inst.*
- Massah Bavani, A. R., Morid, S. 2006. Impact of Climate Change on the Water Resources of Zayandeh Rud Basin. *JWSS.* 9 (4): 17-28.
- Meehl, G.A., Zwiers, F., Evans, J., Knutson, T., Mearns, L., Whetton, P. 2000. Trends in extreme weather and climate events: issues related to modeling extremes in projections of future climate change. *Bulletin of the American Meteorological Society.* 81 (3): 427-436.
- Min, S., Zhang, X., Zwiers, F., Hegerl, G. 2011. Human contribution to more-intense precipitation extremes. *Nature*, 470: 378–381.
- Olesen, J.E., Carter, T.R. 2007. Uncertainties in projected impacts of climate change on European agriculture and terrestrial ecosystems based on scenarios from regional climate models. *Climatic Change.* 81, 123–143.
- Ramazanipour M. 2019. redict the Impact of Climatic Change on the Agro-climatic Indexes and Rice Yield Case study: North of Iran. *Journal of Planning.* 8(19): 69- 80.
- Rosenzweig, C., Iglesias, A., Yang, X.B., Epstein, P.R., Chivian, E. 2001. Climate change and extreme weather events – implications for food production, plant diseases, and pests. *Glob. Chang. Human Health*, 2(2): 90–104.

- Shen, ShuangHe, ShenBin Yang, BingBai Li, BingXiang Tan, ZengYuan Li, and Thuy Le Toan. 2009. "A Scheme for Regional Rice Yield Estimation Using ENVISAT ASAR Data." *Science in China Series D: Earth Sciences* 52 (8): 1183–94.
- Skamarock, W.C., et al., 2005. A description of the advanced research WRF version 2. National Center for Atmospheric Research Boulder Co Mesoscale and Microscale Meteorology Div.
- Urban, D., Roberts, M. J., Schlenker, W., Lobell, D. B. 2012. Projected temperature changes indicate significant increase in inter-annual variability of U.S. maize yields. *Clim. Chang.* 112(2): 525–533.
- Zhang, H., 2019. *Securing the 'Rice Bowl': China and Global Food Security*. Palgrave Macmillan.