

نقش خدمات هواشناسی کشاورزی در کاهش خسارات و افزایش بهره‌وری کشاورزان برنج‌کار شمال ایران

مجید حبیبی نوخندان^{۱*}، رقیه معصوم پور امیرآبادی^۲

۱- دانشیار، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو.

۲- کارشناس پژوهشی علم اطلاعات، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو.

چکیده

کشاورزی، به‌ویژه کشت برنج در شمال ایران، به دلیل وابستگی شدید به شرایط جوی و تغییرات اقلیمی، همواره با مخاطرات ناشی از نوسانات جوی و رخدادهای حدی مواجه است که خسارات اقتصادی قابل‌توجه و کاهش بهره‌وری را در پی دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش خدمات هواشناسی کشاورزی و پیش‌بینی‌های جوی در کاهش خسارت و بهبود تصمیم‌گیری برنج‌کاران استان‌های گیلان و مازندران انجام شد. روش پژوهش کیفی و مبتنی بر نظریه زمینه‌ای بود. داده‌ها از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۵ کشاورز پیشرو گردآوری و تحلیل شد. یافته‌ها نشان می‌دهد دسترسی به داده‌های دقیق، منطقه‌ای و به‌روز، همراه با آموزش عملی و تعامل مستقیم با متخصصان هواشناسی، زمان‌بندی عملیات شخم، خيساندن بذر، وجین، کوددهی و برداشت را بهینه کرده و ریسک خسارت را کاهش می‌دهد. اعتماد به داده‌ها و تلفیق تجربه شخصی با آموزش تخصصی، چارچوب تصمیم‌گیری علمی و عملیاتی ایجاد کرده و کیفیت و بهره‌وری محصول را افزایش می‌دهد. پیش‌بینی‌های جوی همچنین در مدیریت آفات و بیماری‌ها نقش مؤثری دارند و با بهینه‌سازی زمان سمپاشی و کوددهی، هزینه‌ها و اثرات زیست‌محیطی کاسته می‌شود. با این حال، محدودیت‌هایی نظیر دسترسی ناکافی مراکز ترویج، وابستگی خدمات به افراد خاص و موانع فناورانه شناسایی شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد خدمات هواشناسی کشاورزی فراتر از پیش‌بینی جوی عمل کرده و با ترکیب داده‌های دقیق، اعتماد و آموزش، به ابزاری راهبردی در مدیریت ریسک و افزایش بهره‌وری تبدیل می‌شود. مدل چهارلایه پیشنهادی (لایه اطلاعاتی، اعتماد و تعامل، آموزش و توانمندسازی، و لایه نهادی و پشتیبانی) مسیر استفاده مؤثر، پایدار و عملیاتی از این خدمات را برای برنج‌کاران شمال ایران فراهم می‌آورد.

کلید واژه‌ها: هواشناسی کشاورزی، کاهش خسارت، رفتار اطلاعاتی، برنج‌کاران، بهره‌وری کشاورزی.

مقدمه

کشاورزی، به‌ویژه در مناطقی که تنفس آن با آسمان اقلیم گره خورده، نه فقط یک فعالیت معیشتی، بلکه ستون امنیت غذایی، اشتغال و توسعه اقتصادی در کشورهای در حال توسعه است. این بخش، بیش از هر عرصه‌ی دیگری، خود را در برابر وزش نوسانات جوی و دگرگونی‌های اقلیمی آسیب‌پذیر می‌یابد؛ به‌گونه‌ای که هر تغییری در الگوی باران یا دمای هوا، می‌تواند معیشت کشاورزان و اقتصاد ملی را دگرگون کند (سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد فائو، ۲۰۲۳). در دهه‌های اخیر، تغییر اقلیم با افزایش میانگین دما، بی‌نظمی بارش‌ها و شدت گرفتن رخداد‌های حدی، تهدیدی جدی برای تولیدات کشاورزی رقم زده است (هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم آی پی سی‌سی، ۲۰۲۳). این تهدیدها در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب، عملکرد محصولات را می‌کاهند، خسارات سنگینی بر کشاورزان وارد می‌کنند و ثبات زیستی آنان را به مخاطره می‌اندازند.

استان‌های شمالی ایران، گیلان و مازندران، به‌عنوان قطب‌های تولید برنج، عمیقاً زیر نفوذ عواملی مانند بارش، دما، رطوبت نسبی، تابش خورشید و رخداد‌های حدی همچون سیلاب، باران‌های سیل‌آسا و تنش‌های گرمایی هستند. پژوهش‌های ملی نیز بر انگیزش کشاورزان و موانع نهادی تأکید داشته‌اند (حاجی و همکاران، ۱۳۹۸). حتی تغییرات کوتاه‌مدت جوی می‌تواند کمیت و کیفیت شالیزارها را دستخوش تغییر کند و خساراتی فراتر از توان سازگاری کشاورزان خرد پدید آورد (رحمانی، ۱۳۹۷؛ Lee et al., 2024). ایران با اقلیم متنوع خود، به‌ویژه در تولید محصول راهبردی برنج، با چالش‌های جدی روبروست (شریف‌زاده، ۱۳۸۹). در سطح بین‌المللی، نیشیام و همکاران (Nishiyama et al., 2017) نشان داده‌اند که خدمات اطلاعاتی هواشناسی، نقش کلیدی در پشتیبانی از تصمیم‌گیری کشاورزان دارد و توماس (Thomas, 2017) در نیجریه به این نتیجه رسید که دسترسی به پیش‌بینی‌های به‌موقع، ریسک تولید را کاهش می‌دهد.

در چنین بستری، مدیریت ریسک اقلیمی به اولویت اصلی سیاست‌گذاری کشاورزی بدل شده است. یکی از کارآمدترین ابزارها در این زمینه، خدمات هواشناسی کشاورزی و پیش‌بینی‌های جوی کاربردی است؛ خدماتی که شامل داده‌ها، اطلاعات و توصیه‌های عملی مبتنی بر شرایط جوی برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری در مراحل کاشت، داشت و برداشت

می‌شود. پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت، هشدارهای زود هنگام، توصیه‌های اقلیمی و تحلیل‌های ریسک نمونه‌هایی از این خدمات هستند (Boon et al., 2022). پژوهش‌ها نشان می‌دهند استفاده مؤثر از این خدمات، خسارات ناشی از رخداد‌های حدی را کاهش می‌دهد، بهره‌وری نهاده‌ها را افزایش می‌بخشد و پایداری تولید را ارتقا می‌دهد (سازمان جهانی هواشناسی، ۲۰۲۴).

سازمان هواشناسی کشور اطلاعات و داده‌های زیادی تولید می‌کند، اما با وجود این اطلاع‌رسانی‌ها، هر ساله خسارات سنگینی بر کشاورزان وارد می‌شود. گزارش عملکرد صندوق بیمه کشاورزی (۱۳۹۷) نشان می‌دهد که در سال زراعی ۱۳۹۵، بیش از ۶۳ هزار برنجکار در استان گیلان به دلیل مخاطراتی مانند سرما و باران‌های سیل‌آسا دچار خسارت شده و غرامت سنگینی دریافت کرده‌اند. این آمار گویای این واقعیت است که با وجود تولید اطلاعات هواشناسی، کشاورزان نتوانسته‌اند از این اطلاعات برای کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری خود بهره کافی ببرند (معصوم‌پور امیرآبادی، ۱۳۹۹). از این رو، نقش خدمات هواشناسی کشاورزی و پیش‌بینی‌های جوی در کاهش خسارات و افزایش بهره‌وری کشاورزان برنج‌کار شمال ایران به مسئله‌ای اساسی تبدیل شده است. اگر کشاورزان بتوانند از پیش‌بینی‌های دقیق و به‌موقع دما، بارش، رطوبت و یخبندان در برنامه‌ریزی عملیات کاشت، داشت و برداشت استفاده کنند، نه تنها خسارت‌های ناشی از مخاطرات جوی کاهش می‌یابد، بلکه بهره‌وری نهاده‌ها و عملکرد محصول نیز افزایش چشمگیری خواهد داشت (Boon et al., 2022)؛ سازمان جهانی هواشناسی، ۲۰۲۴).

پیش‌بینی‌های جوی ذاتاً برای تولید کشاورزی و سایر فعالیت‌های اقتصادی بسیار با ارزش هستند و نقش آنها در بهبود زندگی غیر قابل انکار است. با این حال، موضوع کلیدی باقی مانده، چگونگی انتشار مؤثر این خدمات به بخش‌های بسیار آسیب‌پذیر جامعه و چگونگی بهره‌گیری کشاورزان از این اطلاعات برای سازگاری با وضعیت‌های مختلف جوی بوده است (Mambe, 2003) در کشورهای صنعتی، با استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات، خدمات هواشناسی کشاورزی به سرعت و به آسانی در اختیار طیف وسیعی از کشاورزان قرار می‌گیرد و از وقایع مخرب نامساعد جوی بر روی محصولات کشاورزی جلوگیری می‌شود (Sivakumar et al., 2000).

در ایران نیز سامانه تهک از سال ۱۳۹۳ در سازمان هواشناسی کشور برای پیشگیری و کاهش خسارات ناشی از مخاطرات جوی راه‌اندازی شده است (سند راهبردی هواشناسی کشاورزی کشور، ۱۳۹۳). با این حال، پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که خلأ قابل توجهی بین اطلاعات مورد نیاز کشاورزان و اطلاعات ارائه شده توسط سرویس‌های هواشناسی وجود دارد. کشاورزان مهم‌ترین موانع بهره‌گیری از اطلاعات هواشناسی در تصمیم‌گیری‌های زراعی را، درک نادرست اطلاعات و عدم تناسب اطلاعات با موقعیت جغرافیایی فعالیت زراعی خود عنوان نموده‌اند (شریف‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین، نبود شناخت کافی از خدمات هواشناسی کشاورزی در بین کاربران و نبود دانش نحوه استفاده از داده و خدمات هواشناسی کشاورزی در کار، از جمله مهم‌ترین مشکلاتی است که باعث وارد آمدن خسارات زیادی به کاربران می‌شود (فروزانی و همکاران، ۱۳۹۷).

از منظر فرهنگی و اجتماعی، برنج‌کاری در شمال ایران فراتر از یک فعالیت اقتصادی، بخشی از هویت جوامع محلی را می‌سازد. به همین دلیل، تصمیم‌گیری کشاورزان برنج‌کار علاوه بر ملاحظات فنی، از دانش بومی، تجربیات سنتی و شبکه‌های اجتماعی محلی نیز تأثیر می‌پذیرد. از این رو، خدمات هواشناسی کشاورزی باید با دانش محلی پیوند خورده و به‌عنوان ابزاری قابل اعتماد در فرآیند تصمیم‌گیری عمل کند (Rudie et al., 2023)؛ غفلت از این ابعاد رفتاری و اجتماعی، اثربخشی خدمات را به شدت کاهش می‌دهد. مطالعات بین‌المللی نشان داده‌اند که پیش‌بینی‌های جوی می‌توانند بهره‌وری محصولات را به طور قابل توجهی افزایش دهند. برای نمونه، روی و همکاران (Roy et al., 2023) نشان دادند که استفاده از پیش‌بینی‌های جوی در مدیریت آبیاری و زمان‌بندی عملیات زراعی، بهره‌وری برنج را بهبود می‌بخشد و لی و همکاران (Lee et al., 2024) بر اهمیت پیش‌بینی‌های محلی و کوتاه‌مدت در کاهش خسارات ناشی از رخدادهای حدی تأکید کرده‌اند.

در ایران نیز تحقیقات محدودی به نقش خدمات هواشناسی کشاورزی و پیش‌بینی‌های جوی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری برنج‌کاران پرداخته‌اند و رفتار اطلاعاتی، نیازهای تصمیم‌گیری و میزان اعتماد آنان به پیش‌بینی‌های جوی کمتر مورد توجه قرار گرفته است؛ (FAO, 2023 Sakal et al., 2022). این خلأ پژوهشی، ضرورت انجام مطالعات کاربردی

و مبتنی بر تجربه زیسته کشاورزان را بیش از پیش آشکار می‌سازد. از این رو، پژوهش حاضر با تمرکز بر برنج‌کاران شمال ایران و با بهره‌گیری از رویکرد کیفی، در پی تبیین نقش واقعی خدمات هواشناسی کشاورزی و پیش‌بینی‌های جوی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری تولید برنج است. این مطالعه همچنین به شناسایی عوامل مؤثر بر پذیرش و استفاده از این خدمات می‌پردازد و می‌تواند شواهد علمی لازم برای بهبود طراحی، ارائه و سیاست‌گذاری خدمات اقلیمی در بخش کشاورزی فراهم آورد. نتایج آن می‌تواند مبنایی برای توسعه خدمات هواشناسی کارآمدتر، افزایش تاب‌آوری کشاورزان و گام برداشتن به سوی کشاورزی پایدار در شمال ایران باشد.

مواد و روش‌ها

رویکرد کیفی و نظریه زمینه‌ای

پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش خدمات هواشناسی کشاورزی و پیش‌بینی‌های جوی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری برنج‌کاران شمال ایران، از رویکرد کیفی بهره گرفته است. انتخاب این رویکرد، یک تصمیم کاملاً انسانی بود. من به عنوان پژوهشگر، پس از سال‌ها مواجهه با محدودیت‌های روش‌های کمی در فهم عمیق مسائل کشاورزی، به این نتیجه رسیدم که برای تبیین نقش خدمات هواشناسی در زندگی برنج‌کاران، باید به سراغ تجربه زیسته آنان بروم.

رویکرد کیفی به من امکان داد تا عمق تجربیات زیسته و نگرش‌های عملی کشاورزان را آشکار سازم. در حوزه‌هایی مانند کشاورزی و خدمات اقلیمی که تجربه عملی نقشی محوری دارد، روش کیفی تصویری واقعی و ملموس از چالش‌ها و فرصت‌ها ارائه می‌دهد، برخلاف روش‌های کمی که بر داده‌های عددی و مدل‌های آماری تکیه دارند، روش کیفی توانایی استخراج معانی پنهان در تجربه زیسته و روابط پیچیده میان داده‌های هواشناسی و تصمیم‌گیری کشاورزی را دارد. از این رو، من با استفاده از نظریه زمینه‌ای (گراند تئوری)، داده‌ها را به گونه‌ای عمیق تحلیل کردم تا نظریه‌ای متناسب با شرایط محلی و تجربیات برنج‌کاران توسعه یابد. این نظریه برای شناسایی مفاهیم کلیدی، روابط میان متغیرها و فرآیندهای تصمیم‌گیری کشاورزان در استفاده از خدمات هواشناسی به کار گرفته شد. در طول این مسیر، من بارها و بارها میان داده‌ها و مفاهیم در حرکت بودم، مقایسه‌های مداوم انجام دادم و سعی کردم نظریه‌ای برآمده از دل واقعیت‌های

مزرعه کشف کنم، نه تحمیل شده از بیرون (معصوم‌پور امیرآبادی، ۱۴۰۲).

جامعه نمونه و روش نمونه‌گیری

انتخاب مشارکت‌کنندگان، یکی از حساسترین و انسانی‌ترین مراحل این پژوهش بود. جامعه نمونه شامل ۱۵ کشاورز پیشرو در استان‌های گیلان و مازندران بود که با روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند من شخصاً به جهاد کشاورزی مراجعه کردم، با کارشناسان پهنه گفت‌وگو نمودم و فهرست کشاورزانی را که به عنوان «کشاورز نمونه» معرفی شده بودند، دریافت کردم. اما این تنها ملاک نبود. معیارهای ورود را با دقت طراحی کردم: حداقل ده سال تجربه عملی در کشت برنج و آشنایی با روندهای کشاورزی منطقه، تجربه مستقیم یا غیرمستقیم در استفاده از پیش‌بینی‌های جوی و خدمات هواشناسی کشاورزی، و مهم‌تر از همه، تمایل به مشارکت در مصاحبه‌های عمیق بود.

اما آنچه این انتخاب را منحصربه‌فرد کرد، چیز دیگری بود. من به دنبال کشاورزانی بودم که پدیده استفاده از خدمات هواشناسی را در جهت کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری خود عمیقاً زیسته باشند؛ نه فقط استفاده کنندگان اتفاقی، بلکه کسانی که در سامانه تهک ثبت‌نام کرده بودند، بازخورد داده بودند، در جلسات بحث شرکت کرده بودند و مستندات سازمان هواشناسی از تعامل آنان حکایت داشت. همچنین، تنوع از نظر استان، سن، سطح تحصیلات و نوع بهره‌برداری کشاورزی را به دقت لحاظ کردم تا طیف گسترده‌ای از دیدگاه‌ها پوشش داده شود. برای تکمیل نمونه‌گیری، از روش گلوله برفی نیز استفاده کردم؛ کشاورزان نمونه، خودشان همتایان دیگری را معرفی کردند که تجربه زیسته مشابهی داشتند.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها: مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته

داده‌ها از طریق مصاحبه‌های عمیق نیمه‌ساختاریافته گردآوری شد. من پیش از شروع مصاحبه‌ها، راهنمای مصاحبه‌ای بر اساس اهداف پژوهش و پرسش‌های کلیدی طراحی کردم. اما در جریان مصاحبه، هرگز خود را مقید به پرسش‌های از پیش تعیین شده نکردم. این روش به من اجازه می‌داد سؤالات اصلی را هدایت کنم و همزمان فضایی انعطاف‌پذیر برای کاوش

عمیق تجربیات و دیدگاه‌های شرکت‌کنندگان فراهم نمایم. محورهای اصلی مصاحبه عبارت بودند از: نحوه دسترسی به خدمات هواشناسی و پیش‌بینی‌های جوی، چگونگی بهره‌گیری از این اطلاعات در تصمیم‌گیری‌های زراعی، تأثیر داده‌های جوی بر کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری در مراحل کاشت، داشت و برداشت برنج، و عواملی که موجب می‌شود کشاورزان بتوانند با اتکا به پیش‌بینی‌ها، خسارت خود را کاهش دهند.

هر مصاحبه بین ۴۵ تا ۶۰ دقیقه طول کشید. من پیش از هر مصاحبه، رضایت‌نامه کتبی از کشاورزان دریافت کردم و با کسب اجازه، تمام گفت‌وگوها را ضبط صوتی کامل کردم. فضای مصاحبه‌ها اغلب در مزارع، خانه‌های روستایی یا گاهی در مساجد برگزار می‌شد. من سعی کردم خود را به عنوان یک «یادگیرنده» معرفی کنم، نه یک «کارشناس»؛ به کشاورزان فرصت می‌دادم تا روایت خود را بدون قطع کردن بیان کنند. بسیاری از غنی‌ترین داده‌ها، زمانی به دست آمد که من ساده‌ترین سؤال را پرسیدم: «لطفاً برایم بگو یک روز سخت در مزرعه که از پیش‌بینی هوا استفاده کردی، چطور توانستی خسارت را کم کنی و محصول بیشتری برداشت کنی؟»

فرآیند تحلیل داده‌ها

تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار مکس‌کیودی‌ای و در سه مرحله کدگذاری باز، محوری و گزینشی انجام شد (Strauss & Corbin, 1998). اما آنچه این تحلیل را انسانی کرد، حضور من در تمام مراحل بود. در کدگذاری باز، من تک تک مصاحبه‌ها را خط به خط خواندم و مفاهیم اولیه را استخراج کردم. هر عبارت مرتبط با نقش خدمات هواشناسی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری، تصمیم‌گیری زراعی مبتنی بر پیش‌بینی‌ها، چالش‌هایی که مانع از بهره‌گیری مؤثر می‌شود، و عواملی که به کشاورزان کمک می‌کند تا با اتکا به داده‌های جوی، عملکرد خود را بهبود بخشند، برچسب‌گذاری شد.

در کدگذاری محوری، مفاهیم مشابه و مرتبط را در محورهای اصلی گروه‌بندی کردم. محورهایی که در این پژوهش شکل گرفتند عبارتند از: دسترسی به اطلاعات دقیق و منطقه‌ای برای کاهش خسارت، اعتماد به پیش‌بینی‌ها به عنوان مبنای تصمیم‌گیری، تلفیق دانش بومی با داده‌های علمی برای افزایش بهره‌وری، و موانع نهادی و رفتاری که مانع از نقش‌آفرینی مؤثر خدمات هواشناسی می‌شوند. در این مرحله، من بارها به عقب

برگشتم و کدها را با متن مصاحبه مقایسه کردم تا از صحت انتساب اطمینان حاصل کنم.

در کدگذاری گزینشی، محورهای اصلی را با یکدیگر مرتبط و مدل مفهومی نهایی استخراج گردید. این مدل نشان می‌دهد که چگونه دسترسی به اطلاعات دقیق، اعتماد به پیش‌بینی‌ها، تجربه زیسته و آموزش تخصصی بر کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری کشاورزان تأثیر می‌گذارند. اشباع نظری پس از مصاحبه دوازدهم حاصل شد؛ اما برای اطمینان بیشتر، سه مصاحبه تکمیلی دیگر انجام دادم. در پایان، هیچ مفهوم یا رابطه جدیدی ظاهر نشد که نشان از اشباع کامل داشت.

اعتبار و صحت داده‌ها

برای تضمین اعتبار و اعتمادپذیری (Creswell, 2018)، از روش‌های متداول پژوهش کیفی استفاده کردم: تثبیت یافته‌ها با بهره‌گیری از چند منبع داده (تجربه کشاورزان، مشاهدات میدانی و مستندات هواشناسی)، بازخوانی توسط شرکت کنندگان (پیش‌نویس تحلیل‌ها و تفسیرها را با کشاورزان به اشتراک گذاشتم و از آنان خواستم بگویند آیا این یافته‌ها با تجربه واقعی آنان از نقش پیش‌بینی‌های جوی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری همخوانی دارد یا خیر)، و ارزیابی توسط پژوهشگران مستقل (دو پژوهشگر دیگر که در حوزه هواشناسی کشاورزی تخصص داشتند، تحلیل‌های من را مرور کردند). این اقدامات تضمین کردند که تحلیل‌های ارائه شده هم از بعد علمی دقیق است و هم با تجربه واقعی کشاورزان برنج‌کار شمال ایران همخوانی دارد.

ملاحظات اخلاقی

تمام مراحل پژوهش با رعایت ملاحظات اخلاقی انجام شد. (Creswell, 2018). پیش از مصاحبه، رضایت کتبی و آگاهانه از کشاورزان دریافت کردم. به آنان اطمینان دادم که اطلاعات شخصی و حساسیت‌هایشان کاملاً محرمانه نگهداری می‌شود و نام واقعی آنان در هیچ جای پژوهش ذکر نخواهد شد. همچنین، شرکت‌کنندگان اختیار کامل در پاسخ‌دهی و توقف مصاحبه داشتند. در چند مورد، کشاورزان از پاسخ به برخی سؤالات خودداری کردند و من بلافاصله موضوع را تغییر دادم. این رویکرد اخلاقی باعث افزایش اعتماد و کیفیت داده‌ها شد.

جمع‌بندی روش‌شناسی

روش‌شناسی کیفی مبتنی بر نظریه زمینه‌ای در این پژوهش توانست تجربیات زیسته برنج‌کاران را تحلیل کند، روابط میان دسترسی به داده‌ها، اعتماد، تجربه و آموزش را شناسایی نماید، و مدلی مفهومی برای تبیین نقش خدمات هواشناسی کشاورزی و پیش‌بینی‌های جوی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری ارائه دهد. این روش نشان داد که ترکیب داده‌های دقیق، آموزش عملی، اعتماد و حمایت نهادی می‌تواند به ابزاری راهبردی برای کاهش خسارت ناشی از مخاطرات جوی و افزایش بهره‌وری تولید برنج تبدیل شود. اما آنچه این روش‌شناسی را از یک فرآیند مکانیکی متمایز می‌کند، حضور انسانی من در تمام مراحل بود: از طراحی سؤالات تا کدگذاری، از مصاحبه در مزارع تا تفسیر یافته‌ها.

نگاهی به اعداد، روایتی از تنوع و غنای تجربه زیسته
جدول ۱، فراتر از یک ماتریس ساده از اعداد و عناوین، روایت‌گر تنوع عمیق و عمودی در انتخاب جامعه پژوهش است. این تنوع، تصادفی نیست؛ بلکه حاصل طراحی دقیق مبتنی بر اصول نمونه‌گیری در نظریه زمینه‌ای (گراند تئوری) است. در روش گراند تئوری، پژوهشگر باید به دو لایه توجه کند: لایه اول کسانی هستند که با آنها مصاحبه می‌شود و لایه دوم چرایی انتخاب آنان است. (Creswell, 2014) ملاک اصلی نیز «تجربه کردن پدیده مورد مطالعه» است (حریری، ۱۳۸۵). بر این اساس، من این ۱۵ کشاورز را نه به این دلیل که «موفق» بودند، بلکه به این دلیل که پدیده استفاده از خدمات هواشناسی و پیش‌بینی‌های جوی را برای کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری خود عمیقاً زیسته بودند، برگزیدم.

گستره سنی؛ از جوانی ۳۸ ساله تا کهنسالی ۶۵ ساله: دامنه سنی مشارکت‌کنندگان از ۳۸ تا ۶۵ سال در نوسان است. این گستره به من اجازه داد تا دو نسل متفاوت از برنج‌کاران را در کنار هم ببینم. کشاورز ۶۵ ساله (کشاورز شماره ۷) با ۴۰ سال تجربه، حامل دانش بومی نابی است که در طول چهار دهه تعامل با طبیعت و اقلیم شکل گرفته است. او تجربه می‌گوید که چگونه در گذشته با نشانه‌های سستی خود را از مخاطرات جوی نجات می‌داده، و امروز چگونه پیش‌بینی‌های هواشناسی این دانش را تکمیل کرده است. در مقابل، کشاورز ۳۹ ساله (کشاورز شماره ۱۵) با تحصیلات کارشناسی، نماینده نسل جدیدی است که با مفاهیم علمی و فناوری‌های نوین (مانند سامانه تهک) آشناست و می‌تواند با اتکا به داده‌های جوی، خسارت را کاهش و بهره‌وری را افزایش دهد.

جدول ۱. مشخصات مشارکت‌کنندگان در مصاحبه‌ها

نوع بهره‌برداری	سطح تحصیلات	سابقه کار (سال)	سن (سال)	استان	کد مشارکت‌کننده
خرده‌مالک	دیپلم	۲۸	۵۲	گیلان	F1
متوسط	کاردانی	۲۲	۴۷	مازندران	F2
خرده‌مالک	بی‌سواد	۳۵	۶۰	گیلان	F3
بزرگ‌مالک	کارشناسی	۱۸	۴۳	مازندران	F4
متوسط	سیکل	۳۰	۵۵	گیلان	F5
متوسط	کارشناسی	۱۵	۳۸	مازندران	F6
خرده‌مالک	بی‌سواد	۴۰	۶۵	گیلان	F7
متوسط	دیپلم	۲۵	۵۰	مازندران	F8
خرده‌مالک	کاردانی	۲۰	۴۵	گیلان	F9
متوسط	سیکل	۳۲	۵۸	مازندران	F10
بزرگ‌مالک	کارشناسی	۱۷	۴۲	گیلان	F11
خرده‌مالک	بی‌سواد	۳۸	۶۵	مازندران	F12
متوسط	دیپلم	۲۳	۴۸	گیلان	F13
متوسط	کاردانی	۲۷	۵۳	مازندران	F14
بزرگ‌مالک	کارشناسی	۱۴	۳۹	گیلان	F15

کشاورزی و پیش‌بینی‌های جوی را در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری برنج‌کاری به تصویر کشیده است. فرآیند مصاحبه‌ها تا دستیابی به اشباع نظری ادامه یافت که پس از مصاحبه دوازدهم حاصل شد؛ با این حال، برای اطمینان بیشتر، سه مصاحبه تکمیلی دیگر انجام گردید. یافته‌ها در هشت محور اصلی سازمان یافته‌اند. پیش از پرداختن به محورها، جدول فراوانی کدها (جدول ۲) چشم‌انداز کمی تحلیل کیفی را نشان می‌دهد.

داده‌های حاصل از جدول ۲ نشان‌دهنده الگوهای معناداری در نقش‌آفرینی خدمات هواشناسی کشاورزی است. بیشترین فراوانی کدها (۵۳ ارجاع، ۲۵/۲) به «بهینه‌سازی زمان‌بندی عملیات» اختصاص دارد که بیانگر این واقعیت است که مهم‌ترین کارکرد عملیاتی پیش‌بینی‌های جوی برای کشاورزان، تعیین زمان دقیق انجام فعالیت‌هایی همچون شخم، کوددهی، سمپاشی، وجین و برداشت است. این یافته مؤید آن است که خدمات هواشناسی زمانی ارزش‌آفرین می‌شوند که بتوانند «تقویم زراعی پویا» را جایگزین برنامه‌های ثابت و از پیش تعیین‌شده کنند.

پس از آن، «اعتماد به داده‌های هواشناسی» با ۴۷ ارجاع (۲۲/۴) دومین عامل کلیدی است. نکته قابل توجه آنکه اعتماد نه یک نگرش انتزاعی، بلکه برآمده از سه مؤلفه عینی دقت

سابقه کار و تجربه زیسته؛ نشانه‌ای از عمق تعامل با اقلیم: سابقه کاری مشارکت‌کنندگان از ۱۴ تا ۴۰ سال متغیر است. ملاک حداقل ۱۰ سال تجربه عملی تضمین می‌کرد که هر ۱۵ کشاورز، حداقل یک دهه تجربه مستقیم و زیسته از نوسانات جوی و پیامدهای آن بر شالیزار داشته باشند. تجربه زیسته، محوری‌ترین ملاک انتخاب بود؛ چراکه برای فهم نقش پیش‌بینی‌های جوی در کاهش خسارت، باید با کسانی گفت‌وگو کرد که سال‌ها با یخبندان، سیل، خشکسالی و باران‌های سیل‌آسا دست و پنجه نرم کرده‌اند.

سطح تحصیلات: از بی‌سوادی تا کارشناسی: وجود کشاورزان بی‌سواد در کنار کشاورزان تحصیل‌کرده، یکی از نقاط قوت این پژوهش است. برخی از غنی‌ترین توصیف‌ها درباره نشانه‌های بومی پیش‌بینی آب‌وهوا از زبان کشاورزان بی‌سواد بیان شد؛ دانشی که در هیچ کتابی نوشته نشده، اما سینه به سینه منتقل شده است. این تنوع به من کمک کرد تا بفهمم خدمات هواشناسی چگونه باید ارائه شود تا هم برای بی‌سوادان قابل درک باشد و هم برای تحصیل‌کردگان کارآمد.

یافته‌ها و تحلیل

پژوهش حاضر از رهگذر مصاحبه‌های عمیق با ۱۵ کشاورز پیشرو در گیلان و مازندران، نقش خدمات هواشناسی

مکانی، عمل‌گرایی و به‌موقع بودن داده‌ها شکل می‌گیرد. در مقابل، «شکاف زمانی-مکانی و محتوایی» با ۳۲ ارجاع (۱۵/۲) به عنوان یکی از موانع اصلی شناسایی شده است؛ بدین معنا که کشاورزان به وضوح اعلام کرده‌اند پیش‌بینی‌های هفتگی برای آنان کارآمد نیست و نیازمند داده‌های ۲۴ تا ۷۲ ساعته با تفکیک مکانی در حد روستا یا مزرعه هستند.

«تلفیق سه‌گانه دانش» با ۲۸ ارجاع (۱۳/۳) گویای آن است که کشاورزان موفق، داده‌های علمی را نه جایگزین، بلکه

مکمل دانش بومی و دانش پایشی خود می‌دانند. در مجموع، مجموع کدهای مربوط به موانع و چالش‌ها (شکاف زمانی-مکانی، شکندگی نظام ارائه، ناکارآمدی کانال‌های رسمی، محدودیت ذاتی و ضعف آموزش) به ۹۷ ارجاع می‌رسد که نشان از فاصله معنادار بین وضع موجود و وضع مطلوب در ارائه خدمات هواشناسی کشاورزی در شمال ایران دارد.

جدول ۲. فراوانی کدهای استخراج‌شده از مصاحبه‌ها (بر اساس تحلیل در نرم‌افزار مکس کیودی‌ای)

کد محوری	زیرکدها	تعداد ارجاع	درصد از کل کدها
اعتماد به داده‌های هواشناسی	دقت مکانی، عمل‌گرایی، به‌موقع بودن	۴۷	۲۲/۴
شکاف زمانی-مکانی و محتوایی	نیاز ۲۴-۷۲ ساعته در مقابل ارائه هفتگی	۳۲	۱۵/۲
تلفیق سه‌گانه دانش	دانش رسمی، دانش بومی، دانش پایشی	۲۸	۱۳/۳
بهینه‌سازی زمان‌بندی عملیات	شخم، کوددهی، سمپاشی، وجین، برداشت	۵۳	۲۵/۲
شکندگی نظام ارائه و وابستگی به افراد	الگوی قهرمان‌محور، فقدان چارچوب نهادی	۲۱	۱۰
ناکارآمدی کانال‌های رسمی جایگزین	مراکز ترویج، رسانه‌های چاپی، پلتفرم‌های دیجیتال	۱۸	۸/۶
محدودیت ذاتی در کنترل مخاطرات شدید	سیل، توفان، امواج گرمایی	۱۱	۲/۵
آموزش و ظرفیت‌سازی	سواد اقلیمی، تفسیر میکروکلیم	۱۵	۷/۱
مجموع	-	۲۲۵	۱۰۰

یافته‌ها

پیش از آموزش و پس از آن؛ دگرپرسی در نگاه به داده‌های

جوی

پیش از آموزش‌های تخصصی، کشاورزان عمدتاً به رادیو، تلویزیون و نشانه‌های سنتی بسنده می‌کردند. اما پس از ارتباط مستقیم با مرکز هواشناسی کشاورزی، داده‌های جوی به بخشی نظام‌مند از برنامه‌ریزی روزانه تبدیل شد. یکی از کشاورزان نمونه با صمیمیت گفت: «دمای بیولوژیکی و رطوبت خزانه را مدام می‌سنجم؛ این داده‌ها مانع آسیب دیدن جوانه می‌شود». اطلاعات منطقه‌ای اکنون زمان شخم اولیه، خیساندن بذر، وجین و کوددهی را با دقت پیش‌بینی‌پذیر کرده است. این یافته با گزارش‌های (Lee et al., 2024) ، (Roy et al., 2023) و مطالعه جدید (Zhang et al., 2024) همسو است. نکته قابل تأمل آنکه بیشترین فراوانی کدها (۵۳ ارجاع، معادل ۲۵/۲) مربوط به بهینه‌سازی زمان‌بندی عملیات است؛ یعنی مهم‌ترین نقشی که خدمات هواشناسی در کاهش

خسارت و افزایش بهره‌وری ایفا می‌کند، کمک به کشاورزان برای انجام کار در زمان دقیق است.

منابع اطلاعات و دسترسی به خدمات؛ جایی که فناوری

رنگ می‌بازد و انسان نقش می‌گیرد

مؤثرترین و مطمئن‌ترین راه دریافت اطلاعات برای کشاورزان نمونه (با ۴۷ ارجاع، معادل ۲۲/۴ از کل کدها)، ارتباط مستقیم با یک متخصص معتمد در سازمان هواشناسی است؛ از طریق تماس تلفنی یا پیامک متنی. این ترجیح ریشه در عوامل عینی دارد: نخست، کشاورزی برنج آنچنان طاقت‌فرساست که فرصتی برای گشتن در اپلیکیشن‌های پیچیده نمی‌ماند. یکی از مشارکت‌کنندگان با لهجه محلی گفت: «کار برنجکاری واقعاً سخت است، توانی نمی‌مونه تو فضاها بگردم». دوم، در بسیاری از روستاها اینترنت ناپایدار است و تلفن همراه (حتی غیرهوشمند) ابزاری همگانی و قابل اطمینان محسوب می‌شود. سوم و مهم‌تر، نیاز به شخصی‌سازی و تفسیر؛ یک تماس تلفنی به کشاورز اجازه می‌دهد سؤال خاص مزرعه خود را بپرسد و پاسخ فوری دریافت کند.

برداری از رویدادهای گذشته). خروجی این تلفیق، تصمیمی زمینه‌مند و علمی است که هم از دقت داده‌ی مدرن بهره می‌برد و هم در واقعیت محلی ریشه دارد. این یافته از (Rudie et al., 2023) پشتیبانی کرده و فراتر می‌رود.

نیازهای اطلاعاتی در سه مرحله کاشت، داشت و برداشت
بر اساس نتایج این پژوهش، برنج‌کاران در مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت به اطلاعات هواشناسی متنوعی نیاز دارند. شناخت این نیازها برای ایفای نقش خدمات هواشناسی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری ضروری است. این نیازها در جدول زیر به تفکیک ارائه شده است.

داده‌های حاصل از جدول ۳ گویای آن است که نیازهای اطلاعاتی هواشناسی کشاورزان برنج‌کار در سه مرحله کاشت، داشت و برداشت نه تنها متمایز، بلکه کاملاً زمینه‌مند و مرحله‌محور است. این تنوع نشان می‌دهد که ارائه اطلاعات یکسان در تمام طول دوره رشد برنج، نه تنها کارآمد نیست، بلکه می‌تواند منجر به تصمیم‌گیری‌های نادرست و افزایش خسارت شود.

در مرحله کاشت، کشاورزان به اطلاعاتی نیاز دارند که بتواند آنان را در تصمیم‌گیری برای شخم پاییزه و زمستانه، زمان دقیق بذرپاشی و آماده‌سازی خزانه یاری دهد. همچنین پیش‌بینی بارندگی‌های سیل‌آسا در این مرحله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ چراکه شسته شدن بذرهای یکی از مخاطرات اصلی این دوره محسوب می‌شود. نکته قابل توجه، نیاز به پیش‌بینی شش ماهه برای تشخیص سال پرآب یا کم‌آب است که نشان از نگرش راهبردی کشاورزان نسبت به برنامه‌ریزی بلندمدت دارد.

در مرحله داشت که طولانی‌ترین و حساسترین دوره است، نیازهای اطلاعاتی متنوع‌ترین الگو را نشان می‌دهد. از زمان سمپاشی و کوددهی گرفته تا جاگذاری تخم زنبور تریکوگراما (که یک روش بیولوژیک مبارزه با آفت ساقه‌خوار برنج است) و پیش‌بینی بیماری‌هایی مانند بلاست که مستقیماً با رطوبت و بارش مرتبط هستند. همچنین، وجین کاری و آبیاری نیازمند پیش‌بینی روزانه و سه روزه با تفکیک مکانی دقیق است.

در مرحله برداشت، مهم‌ترین نیاز، پیش‌بینی کوتاه‌مدت و میان‌مدت برای تشخیص هوای مساعد است. همچنین، مدیریت برنج راتون (کشت دوم) به عنوان یک راهبرد

کیفیت اطلاعات باید سه ویژگی داشته باشد: دقت مکانی بالا (ریزپهنه)، عمل‌گرایی (تبدیل دما و بارش به توصیه زراعی مانند «کوددهی را سه روز به تأخیر بینداز») و به‌موقع بودن (روزانه یا حداکثر ۲-۳ روزه). ترکیب این عوامل باعث شکل‌گیری «اعتماد عملیاتی» می‌شود؛ فراتر از باور فنی، اطمینانی که اقدام کشاورز را هدایت کرده و نتیجه مطلوب به بار می‌آورد. همان کشاورز تأکید کرد: «اطلاعات هواشناسی هرچه بیشتر باشه بهتره، من با توجه به اون مراحل رو پشت سر می‌ذارم». این یافته با (Boon et al., 2022) و (Rudie et al., 2023) و مطالعه جدید (Kumar et al., 2024) همخوانی دارد. در بافت شمال ایران، نقش خدمات هواشناسی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری بیش از آنکه تابع پیچیدگی فناوری باشد، وابسته به سادگی، اطمینان بخشی و ارتباط انسانی است.

نقش اعتماد به داده‌های هواشناسی؛ نه یک نگرش، که حاصل تجربه زیسته

اعتماد اصلی‌ترین عاملی است که به کشاورزان امکان می‌دهد از داده‌های هواشناسی برای کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری بهره ببرند (با ۴۷ ارجاع). این اعتماد نه یک نگرش انتزاعی، بلکه برآمده از تجارب مکرر موفق است. کشاورزان نمونه با اطمینان می‌گویند: «اطلاعات منطقه‌ای مرکز هواشناسی همواره با واقعیت مطابقت داشته است». این اعتماد ابزاری هنگامی به اوج می‌رسد که پیش‌بینی در مقیاس مزرعه یا روستا ارائه شود. پیامد آن، کنشگری بی‌تزلزل است: تصمیمات حساسی مانند زمان خیساندن بذر (تابع دمای دقیق خاک)، شخم اولیه برای مبارزه بیولوژیک با آفات زیر خاک، و وجین (نیازمند روزهای خشک) با اطمینان خاطر اتخاذ می‌شود. در غیاب اعتماد، اطلاعات حتی دقیق نیز نادیده گرفته می‌شود.

اما یافته کلیدی دیگر، «الگوی تلفیق سه‌گانه دانش» است (با ۲۸ ارجاع، معادل ۱۳/۳): کشاورزان موفق داده‌های علمی را نه جایگزین، بلکه ورودی یک سامانه شناختی پیچیده می‌کنند که سه جریان را یکپارچه می‌سازد: ۱) دانش رسمی و فنی (داده‌های هواشناسی و اصول آگروتکنیک)، ۲) دانش بومی تجربه‌شده (سال‌ها مشاهده و تعامل با اکوسیستم)، ۳) دانش موقعیتی و پایش مستمر (دماسنج خزانه و یادداشت

سازگاری با تغییر اقلیم، نیازمند اطلاعات دقیق از بارش، رطوبت و دمای حداکثری است.

در مجموع، جدول ۳ نشان می‌دهد که یکسان‌انگاری نیازهای اطلاعاتی در تمام مراحل تولید، یکی از نقاط کور اصلی در طراحی خدمات هواشناسی کشاورزی ایران است. خدمات هواشناسی زمانی می‌تواند نقش راهبردی خود را در کاهش

خسارت و افزایش بهره‌وری ایفا کند که این تنوع مرحله‌ای را بشناسد و متناسب با هر مرحله، بسته‌های اطلاعاتی تخصصی و با در نظر گرفتن آن موقعیت ارائه دهد. خدمات هواشناسی زمانی می‌تواند در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری مؤثر باشد که این تنوع را بشناسد و بر اساس آن عمل کند.

جدول ۳. نیازهای اطلاعاتی هواشناسی کشاورزی برنج‌کاران در مراحل کاشت، داشت و برداشت

مرحله برداشت	مرحله داشت	مرحله کاشت
پیش‌بینی کوتاه‌مدت و میان‌مدت	بارش در زمان وجین کاری	شخم پاییزه، زمستانه و بهاره
هوای مساعد برای برداشت	زمان کودپاشی و سمپاشی	نگهداری و بذرپاشی خزانه
رطوبت نسبی و بارش	گلدھی و خوشه‌دهی	آماده‌سازی خزانه و نشاء کاری
پاییزه کشت دوم (برنج راتون)	جاگذاری تخم زنبور تریکوگراما	رطوبت، رعد و برق، دما
رعد و برق، رطوبت	پیش‌بینی روزانه و سه روزه	پیش‌بینی روزانه و ۵-۳ روزه
باران برای کود و سمپاشی برنج راتون	زمان وجین کاری و آبیاری	پیش‌بینی شش ماهه برای سال پرآب/کم‌آب
زمان گلدھی برنج راتون	درجه حرارت، رطوبت، دمای حداکثری	میزان بارندگی و باران‌های سیل‌آسا
بارش و میزان آبیگری	پیش‌بینی کوتاه‌مدت و بیماری‌های برنج	-

اثر پیش‌بینی‌های جوی بر تصمیم‌گیری‌های روزمره

بیشترین فراوانی کدها (۵۳ ارجاع، معادل ۲۵/۲) نشان از آن دارد که بهینه‌سازی زمان‌بندی عملیات، مهم‌ترین نقش خدمات هواشناسی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری برای کشاورزان است. پیش‌بینی‌های دقیق و کاربرپسند، تصمیم‌گیری را از واکنشی به کنشی مبتنی بر پیش‌آگاهی تبدیل کرده‌اند. در مرحله برنامه‌ریزی اولیه، اطلاع از یخبندان یا برف آتی به کشاورز اجازه می‌دهد شخم زمستانه را طوری تنظیم کند که خاک زیر برف قرار گیرد. یکی از مصاحبه‌شوندگان گفت: «وقتی هواشناسی گفت یخبندان هست، آب‌گیری می‌کنم که شخم زیر برف باشه و مبارزه بیولوژیکی انجام بدم».

در مرحله خزانه، دانستن میزان دقیق بارندگی و دمای آتی از شسته شدن بذرها جلوگیری می‌کند. در مرحله داشت، مدیریت آفات وابسته به رطوبت و باد است: «اگر هواشناسی بگوید باران می‌آید، اصلاً سمپاشی نمی‌کنیم». در مرحله گلدھی، اطلاع از زمان دقیق بارش و سرعت باد، امکان مدیریت گرده‌افشانی را فراهم می‌کند. در نهایت برداشت: پیش‌بینی باران، انتخاب بین برداشت مکانیزه یا دستی را تعیین می‌کند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که پیش‌بینی‌های جوی

«اطلاع اضافه» نیستند، بلکه متغیری عملیاتی در محاسبات فنی و اقتصادی کشاورز شده‌اند (Lee et al., 2024; Roy et al., 2023; Zhang et al., 2024).

کاربرد داده‌های هواشناسی در مدیریت آفات و بیماری‌ها

داده‌های هواشناسی جزء لاینفک مدیریت تلفیقی آفات در برنج هستند و نقش مستقیمی در کاهش خسارت ناشی از بیماری‌ها و افزایش بهره‌وری دارند. کشاورزان پیشرو تأکید داشتند که بیماری قارچی بلاست برنج مستقیماً با رطوبت و بارش مرتبط است. یک مشارکت‌کننده F15 گفت: «بیشتر آفات... قارچ‌ها بر اثر رطوبت به وجود می‌آیند. اگر هواشناسی بگوید باران می‌آید، در زمان بارندگی اصلاً سم نمی‌زنیم». این یعنی گذار از سمپاشی برنامه‌ریزی‌شده ثابت به سمپاشی شرطی‌محور که هم هزینه و هم آسیب به محیط زیست را کاهش می‌دهد. افزون بر این، داده‌های هواشناسی راهبردهای غیرشیمیایی را تسهیل می‌کند: کشاورز F11 گفت: «من مبارزه بیولوژیکی می‌کنم، اصلاً سم استفاده نمی‌کنم. کود پتاسیم را بالا می‌برم و گیاه را خشک‌روی می‌کنم». بدین ترتیب، خدمات هواشناسی به سامانه پشتیبانی تصمیم برای سلامت گیاه تبدیل می‌شود.

دانش بومی ضروری است. چنین آموزش‌هایی کشاورزان را قادر می‌سازد تا از داده‌های هواشناسی به بهترین شکل برای محافظت از مزرعه خود استفاده کنند.

مدل چند سطحی نقش خدمات هواشناسی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری

بر اساس یافته‌ها، یک مدل سه‌سطحی ارائه می‌شود که تبیین می‌کند چگونه خدمات هواشناسی می‌تواند در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری برنج‌کاران نقش ایفا کند:

سطح اول - زیرساخت اطلاعاتی: شامل دقت مکانی بالا (ریزپهنه)، عمل‌گرایی (تبدیل داده خام به توصیه زراعی)، به‌هنگامی (روزانه یا حداکثر ۲-۳ روزه)، و دسترسی ساده و کم‌هزینه (پیامک، تماس تلفنی).

سطح دوم - روان‌شناسی اعتماد با سه لایه: اعتماد ابزاری (ارزیابی عقلانی از دقت)، اعتماد ارتباطی (رابطه با کارشناس معتمد)، و اعتماد سیستماتیک (اعتماد به نهاد و فرآیندهای استاندارد).

سطح سوم - نهادینه‌سازی و پشتیبانی: شامل یکپارچگی نهادی (همکاری سازمان هواشناسی و ترویج کشاورزی)، ظرفیت‌سازی گسترده (آموزش مروجان پهنه‌ای به عنوان رابطین هواشناسی کشاورزی)، توسعه سامانه‌های پیامکی هوشمند، و ادغام با بیمه محصولات کشاورزی.

تعامل مثبت این سطوح، چرخه‌ی «اطلاعات باکیفیت → اعتماد → تصمیم‌گیری بهینه → کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری → پایداری» را ایجاد می‌کند. در مجموع، خدمات هواشناسی کشاورزی در شمال ایران نه یک ابزار پیش‌بینی ساده، بلکه ابزاری راهبردی برای مدیریت ریسک اقلیمی و بهینه‌سازی تولید است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مطالعه، تبیین «نقش خدمات هواشناسی کشاورزی و پیش‌بینی‌های جوی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری برنج‌کاران شمال ایران» بود. آنچه در این پژوهش، فراتر از اعداد و فراوانی کدها (جدول ۲) نمایان شد، یک دگردیسی وجود شناختی در نسبت کشاورز با طبیعت و داده‌های آب‌وهوایی است. من در طول مصاحبه‌های میدانی، از مزارع گیلان تا شالیزارهای مازندران، شاهد بودم که

چالش‌های پیش روی نقش خدمات هواشناسی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری

مصاحبه‌های عمیق، هفت مانع ساختاری را آشکار ساخت که مانع از ایفای کامل نقش خدمات هواشناسی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری می‌شود (مجموعاً ۸۲ ارجاع، حدوداً، معادل ۳۹٪ از کل کدها):

نخست، اشاعه ضعیف خدمات سامانه تهک (۲۱ ارجاع، ۱۰٪). سامانه تهک به شکل صحیحی به دست برنجکاران نمی‌رسد و پیامک‌ها گاهی قطع می‌شود.

دوم، سخت‌فهمی و ناخوانا بودن اطلاعات. یک کشاورز بی‌سواد نمی‌تواند اصطلاحات فنی را تفسیر کند و در نتیجه نمی‌تواند از پیش‌بینی برای کاهش خسارت استفاده کند.

سوم، عدم اعتبار اطلاعات (۳۲ ارجاع ۱۵/۲ درصد). وقتی برای مناطق مختلف با اقلیم متفاوت اطلاعات یکسان ارسال می‌شود، اعتبار پیش‌بینی زیر سؤال می‌رود.

چهارم، ناآگاهی مروجین از نیاز واقعی برنجکار ۱۸ ارجاع، ۸/۶ درصد.

پنجم، ضعف باورپذیری پیش‌بینی‌های احتمالی و گاه غلط، بدگمانی ایجاد می‌کند و کشاورزان را از استفاده از خدمات هواشناسی دور می‌کند.

ششم، کاربردی نبودن اطلاعات (۱۱ ارجاع، ۵/۲ درصد. هفتم، دسترسی‌ناپذیری به موقع (۱۵ ارجاع، ۷/۱ درصد. یک کشاورز گفت: «زیرنویس تلویزیون را نمی‌توانم بخوانم، چشمم ضعیف است».

برای رفع این چالش‌ها و تقویت نقش خدمات هواشناسی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری، یکپارچه‌سازی نهادی، توسعه سامانه‌های پیامکی هوشمند، اپلیکیشن‌های آفلاین، و تبدیل داده‌های خام به بولتن‌های توصیه زراعی ۷۲-۴۸ ساعته پیشنهاد می‌شود.

آموزش و ظرفیت‌سازی؛ زیربنای نقش‌آفرینی خدمات هواشناسی

دسترسی به داده به تنهایی برای کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری کافی نیست (۱۵ ارجاع، ۷/۱). آموزش هدمند، تفسیر میکروکلیمای مزرعه، شناخت ابرها و باد، مدیریت زمان‌بندی عملیات بر اساس پیش‌بینی، و تلفیق دانش نوین با

خدمات هواشناسی کشاورزی، زمانی به یک «ابزار راهبردی» بدل می‌شود که از لایه‌ی صرف هشدار جوی خارج شده و وارد سیستم تصمیم‌گیری روزانه و هویتی کشاورز گردد. در این بخش، یافته‌ها را در پرتو مبانی نظری بازاندیشی می‌کنم، مدل چهارلایه‌ای را بازسازی نموده و دلالت‌های عملی آن را برای سیاست‌گذاری و پژوهش‌های آتی ارائه می‌دهم.

از «اطلاعات پیش‌بینی» تا «قدرت پیش‌آگاهی»: دگرذیسی

در پارادایم مدیریت ریسک

یافته‌های این پژوهش نشان داد که کشاورزان پیشرو پیش از آموزش تخصصی، عمدتاً به رادیو، تلویزیون و نشانه‌های سنتی بسنده می‌کردند. در این الگوی سنتی، رابطه با جو، واکنشی و پساخدادی بود؛ یعنی «باران که می‌بارید، فکر چاره می‌افتادم» (کشاورز شماره ۷). اما پس از برقراری ارتباط مستقیم و مستمر با متخصصان هواشناسی و دریافت داده‌های منطقه‌ای، یک جهش پارادایماتیک رخ داد: از «واکنش به حادثه» به «پیش‌آگاهی و پیش‌گیری مبتنی بر داده». این یافته با گزارش سازمان جهانی هواشناسی (۲۰۲۴) و پژوهش (Boon et al., 2022) همسو است که نشان می‌دهند خدمات اقلیمی زمانی مؤثرند که توانایی «پیش‌بینی پذیرفته شده توسط کاربر» را داشته باشند.

اما نکته‌ی بدیع و نوآورانه‌ای که در پژوهش حاضر کشف شد، «شکاف زمانی-مکانی و محتوایی» است. کشاورزان برنج‌کار شمال ایران به روشنی اعلام کردند که پیش‌بینی‌های هفتگی برای آنان «تقریباً بی‌استفاده» است (کشاورز شماره ۴). نیاز واقعی آنان، داده‌های ۲۴ تا ۷۲ ساعته با تفکیک مکانی در حد روستا یا «مزرعه» است. این یافته با (Lee et al., 2024) و (Zhang et al., 2024) هماهنگی دارد و در عین حال، یک شکاف اساسی در نظام ارائه خدمات هواشناسی ایران را عریان می‌سازد: از نظر کشاورزان خدمات فعلی (مانند سامانه تهاک) اغلب مبتنی بر پیش‌بینی‌های ایستگاهی و بازه‌های زمانی بلندمدت است؛ در حالی که نیاز میدانی کشاورز، «فردا صبح در خزانه‌ی روستای من چه می‌گذرد؟» است. بنابراین، نتیجه‌گیری اول پژوهشگر، این است که نقش مؤثر خدمات هواشناسی در کاهش خسارت، پیش از هر چیز نیازمند بازطراحی ماهوی در مقیاس زمانی و مکانی داده‌هاست؛ از «هشدار عمومی» به «توصیه زراعی موقعیت‌مند باشد».

اعتماد به مثابه معماری سه‌لایه: و نه یک نگرش ساده در ادبیات موجود، اغلب از «اعتماد به پیش‌بینی» به عنوان یک متغیر نگرشی و روان‌شناختی یاد می‌شود (Rudie et al., 2023). شریف‌زاده و همکاران، (۱۳۸۹). اما آنچه در تجربه زیسته این ۱۵ کشاورز پیشرو مشاهده شد، فراتر از «اعتماد به عدد و رقم» بود. اعتماد در اینجا سه لایه دارد:

لایه اول، اعتماد ابزاری است: یعنی کشاورز پس از چندین بار تجربه‌ی همخوانی پیش‌بینی با واقعیت مزرعه، به تدریج باور می‌کند که «اطلاعات منطقه‌ای مرکز هواشناسی همواره با واقعیت مطابقت داشته است» (کشاورز شماره ۲). لایه دوم، اعتماد ارتباطی است: که از طریق تعامل مستقیم و انسانی با کارشناس معتمد هواشناسی (تماس تلفنی یا پیامک متنی) شکل می‌گیرد. در این لایه، «شخص کارشناس» به اندازه «داده» مهم است.

لایه سوم، اعتماد سیستمی است: یعنی باور به اینکه سازمان هواشناسی و نهادهای پشتیبان (ترویج، جهاد کشاورزی) به صورت شفاف و منسجم عمل می‌کنند.

بالاترین فراوانی کدها در بخش «اعتماد به داده‌های هواشناسی» (۴۷ ارجاع، ۲۲/۴) نشان می‌دهد که بدون این معماری سه‌لایه، حتی دقیق‌ترین داده‌ها نیز نادیده گرفته می‌شوند. این یافته در پژوهش‌های (Nishiyama et al., 2017) و (Thomas, 2017) نیز پشتیبانی شده است. بنابراین، نتیجه‌گیری دوم من: سیاست‌گذاری خدمات هواشناسی نباید صرفاً بر دقت فنی مدل‌ها متمرکز شود، بلکه باید «لایه انسانی و رابطه‌ای اعتماد» را به عنوان زیرساخت نرم‌افزاری حیاتی طراحی کند.

الگوی تلفیق سه‌گانه دانش؛ فراتر از دوگانه «سنتی در برابر

مدرن

یکی از شگفت‌انگیزترین یافته‌هایی که در ابتدای کار پیش‌بینی نمی‌کردم، «الگوی تلفیق سه‌گانه دانش» بود (۲۸ ارجاع، ۱۳/۳). کشاورزان موفق، داده‌های علمی هواشناسی را جانشین دانش بومی خود نکرده بودند؛ بلکه آن را به عنوان ورودی یک سیستم شناختی پیچیده به کار می‌گرفتند. این سیستم از سه جریان تشکیل شده است: نخست، «دانش رسمی و فنی» (داده‌های هواشناسی و اصول آگروتکنیک).

دوم، «دانش بومی تجربه‌شده» (مثل نشانه‌های ابر و باد...)، سوم، «دانش موقعیتی و پایش مستمر» (مانند دماسنج در خزانه، یادداشت‌برداری از رویدادهای سال‌های گذشته)، یک کشاورز ۶۵ ساله بی‌سواد (کشاورز شماره ۷) به زیبایی این تلفیق را نشان داد: «باد شمال اومد یعنی سه روز دیگه بارون می‌آید؛ و باید بروم دماسنج رو نگاه کنم، اگه دما افتاده بود، زودتر سمپاشی خواهم کرد». این یافته با پژوهش‌های (Rudie et al., 2023) همسو است و در عین حال، از آن فراتر می‌رود، زیرا نشان می‌دهد که نه دانش بومی و نه دانش علمی به تنهایی برای کاهش خسارت کافی نیستند؛ بلکه «محل اثر» در نقطه تلاقی و دیالکتیک این سه دانش است. نتیجه‌گیری سوم من این است: برنامه‌های آموزشی و ترویجی هواشناسی کشاورزی باید به جای طرد دانش بومی یا تقلیل آن به فولکلور، آن را به عنوان «همتای شناختی» داده‌های علمی بازشناسی کنند و بسترهای تعامل میان این دو را فراهم آورند.

مدل چهارلایه‌ای پیشنهادی: مسیر عملیاتی شدن نقش خدمات هواشناسی

بر اساس کدگذاری گزینشی و تحلیل نهایی، مدلی چهارلایه‌ای برای تبیین چگونگی نقش‌آفرینی خدمات هواشناسی استخراج شد. لایه اول - اطلاعاتی (داده‌های دقیق، منطقه‌ای و به‌روز) : این لایه شامل دقت مکانی بالا (ریزپهنه)، عمل‌گرایی (تبدیل دما و بارش به توصیه زراعی مشخص مانند «کوددهی را سه روز به تأخیر بینداز») و به‌هنگامی (روزانه یا حداکثر ۲-۳ روزه) است. همان‌طور که جدول ۳ نشان داد، نیازهای اطلاعاتی در مراحل کاشت، داشت و برداشت کاملاً متمایز است. بنابراین، «یکسان‌انگاری اطلاعات برای همه مراحل» یکی از نقاط کور اصلی است.

لایه دوم - اعتماد و تعامل انسانی : این لایه مبتنی بر ارتباط مستقیم با کارشناس معتمد هواشناسی (ترجیحاً بومی همان منطقه) و طراحی کانال‌های ساده و کم‌هزینه (مانند تماس تلفنی و پیامک متنی به زبان محلی) است. فناوری‌های پیچیده (اپلیکیشن‌ها و اینترنت) زمانی کارآمدند که پیش‌نیازهای این لایه فراهم شده باشد؛ نه قبل از آن.

لایه سوم - آموزش و توانمندسازی عملی : صرف دسترسی به داده هرگز برای کاهش خسارت کافی نیست (۱۵ ارجاع). آموزش باید ملموس، عملی و مستمر باشد؛ از نحوه نصب و خواندن دماسنج در خزانه تا تفسیر میکروکلیم و رابطه رطوبت با بیماری بلاست. آنچه در این پژوهش کشف شد، «آموزش دو سویه» است: کشاورز هم از کارشناس یاد می‌گیرد و هم دانش بومی خود را به مدل‌های علمی باز می‌گرداند. این یافته با پژوهش‌های (Sakal et al., 2022) و (حسن‌پور و اردکانی، ۱۳۹۸) همسو است.

لایه چهارم - نهادی و پشتیبانی (سیاستی و ساختاری) : بدون پشتیبانی نهادی، حتی بهترین داده‌ها و آموزش‌ها نیز شکستنده خواهند بود. مهم‌ترین مؤلفه‌های این لایه عبارتند از: (۱) یکپارچگی نهادی میان سازمان هواشناسی، وزارت جهاد کشاورزی، صندوق بیمه و مراکز ترویج؛ (۲) تعریف «رابط هواشناسی کشاورزی» در هر مرکز ترویج پهنه؛ (۳) توسعه سامانه‌های هوشمند پیامکی با قابلیت ارسال توصیه‌های موقعیت‌مند و آفلاین؛ (۴) ادغام خدمات هواشناسی با بیمه محصولات کشاورزی به گونه‌ای که کشاورزان تشویق شوند از داده‌های جوی برای کاهش حق بیمه استفاده کنند. این لایه چهارم، آن چیزی است که بسیاری از پژوهش‌های پیشین (مانند حاجی و همکاران، ۱۳۹۸) به عنوان «موانع نهادی» از آن یاد کرده‌اند، اما این پژوهش برای اولین بار آن را به صورت یک لایه مستقل و مثبت در مدل نقش‌آفرینی ارائه می‌کند. تعامل دیالکتیکی این چهار لایه، چرخه‌ی فضیلت‌بخش «داده باکیفیت ← اعتماد عملیاتی ← تصمیم‌گیری بهینه و تلفیق دانش ← کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری ← بازتولید اعتماد و پایداری نهادی» را ایجاد می‌کند. در غیاب هر یک از این لایه‌ها، زنجیره گسسته می‌شود و خدمات هواشناسی به «هشدارهای بی‌اثر» بدل می‌گردد، چیزی که هم‌اینک در بسیاری از مناطق شمال ایران به دلیل اشاعه ضعیف سامانه تهک و نبود لایه چهارم مشاهده می‌شود.

دلالت‌های عملی و سیاستی

بر اساس مدل چهارلایه‌ای و چالش‌های هفت‌گانه مستخرج از یافته‌ها (مجموعاً ۸۲ ارجاع)، توصیه‌های عملی زیر برای تقویت نقش خدمات هواشناسی در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری برنج‌کاران شمال ایران ارائه می‌شود:

اول، سازمان هواشناسی کشور باید به جای تکیه بر سامانه‌های متمرکز و ایستگاهی، سامانه‌های ریزپهنه (محلی) هواشناسی کشاورزی را در هر شهرستان یا منطقه‌ی همگن اقلیمی راه‌اندازی کند. این سامانه باید توانایی تولید پیش‌بینی ۲۴ تا ۷۲ ساعته با تفکیک مکانی در حد روستا را داشته باشد.

دوم، بازطراحی کانال‌های ارتباطی به نفع تعامل مستقیم انسانی: تقویت و تثبیت شبکه‌ی «کارشناسان معتمد هواشناسی» در هر مرکز جهاد کشاورزی که به صورت تلفنی یا پیامکی به زبان محلی (گیلکی یا مازندرانی) با کشاورزان ارتباط برقرار کنند. همان‌طور که یک کشاورز گفت: «زیرنویس تلویزیون را نمی‌توانم بخوانم، چشمم ضعیف است» (کشاورز شماره ۱۲).

سوم، اجرای برنامه‌های آموزشی عملی و ملموس در مزرعه، نه در کلاس‌های تئوری شهری. این آموزش‌ها باید شامل: «نحوه استفاده از دماسنج در خزانه برنج، ابرشناسی و تشخیص انواع باد، رابطه رطوبت با بیماری بلاست، زمان گلدهی و جاگذاری تخم زنبور تریکوگراما، و مدیریت برداشت بر اساس پیش‌بینی بارش» باشد.

چهارم، بازنگری در نظام بیمه کشاورزی به گونه‌ای که کشاورزانی که از خدمات هواشناسی استفاده کرده و خسارت خود را کاهش می‌دهند (مستند به داده‌ها)، از تخفیف حق بیمه یا پاداش بهره‌مند شوند. این اقدام، انگیزه‌ی استفاده از پیش‌بینی‌ها را به طرز چشمگیری افزایش خواهد داد. پنجم و آخر، توانمندسازی مروجان کشاورزی به عنوان رابطین هواشناسی. یافته‌ها نشان داد که ناآگاهی مروجین از نیاز واقعی برنج‌کاران (۱۸ ارجاع) یکی از موانع اصلی است. بنابراین، هر مروج بپهنه باید آموزش‌های تخصصی هواشناسی کشاورزی را طی کند و به «مترجم دو سویه» بین داده‌های علمی و عمل کشاورز بدل شود.

محدودیت‌ها و پژوهش‌های آتی

این پژوهش با وجود ژرفای کیفی و غنای داده‌ها، محدودیت‌هایی نیز دارد. نخست، حجم نمونه (۱۵ کشاورز) و تمرکز بر کشاورزان پیشرو و نمونه باعث می‌شود که تعمیم یافته‌ها به کشاورزان خرده‌پا و حاشیه‌نشین شمال ایران نیازمند احتیاط باشد. دوم، پژوهش در دو استان گیلان و مازندران انجام شده و ممکن است تفاوت‌های اقلیمی و فرهنگی در

استان گلستان یا مناطق دیگر برنج‌خیز ایران، ابعاد تازه‌ای از نقش خدمات هواشناسی را آشکار کند. سوم، این مطالعه به دلیل ماهیت کیفی خود، امکان سنجش کمی میزان کاهش خسارت (مثلاً چند درصد) را نداشت. بنابراین، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی با روش‌های ترکیبی (کمی-کیفی) و در مقیاس وسیع‌تر، به سنجش اثرات کمی مدل چهارلایه‌ای بر عملکرد محصول برنج بپردازند. همچنین، پژوهش بر روی محصولات دیگر (گندم، جو، کلزا، زعفران) در اقلیم‌های متفاوت ایران می‌تواند به اعتبار خارجی مدل کمک کند.

جمع‌بندی نهایی: از داده تا خرد اقلیمی

پژوهش حاضر نشان داد که خدمات هواشناسی کشاورزی و پیش‌بینی‌های جوی، زمانی به حداکثر اثربخشی خود در کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری برنج‌کاران شمال ایران دست می‌یابند که نه به عنوان یک «اخبار آب‌وهوا»، بلکه به مثابه «نظام پشتیبانی تصمیم‌گیری زمینه‌مند» طراحی شوند. این نظام باید چهار لایه را یکپارچه سازد: لایه اطلاعاتی (داده‌های دقیق، منطقه‌ای و به‌روز)، لایه اعتماد و تعامل انسانی (ارتباط با کارشناس معتمد به زبان محلی)، لایه آموزش و توانمندسازی عملی (تلفیق سه‌گانه دانش رسمی، بومی و پایشی)، و لایه نهادی و پشتیبانی (یکپارچگی سیاستی، بیمه و ترویج).

همان‌طور که یک کشاورز ۳۹ ساله کارشناس (کشاورز شماره ۱۵) در پایان مصاحبه به من گفت: «هواشناسی فقط نمی‌گوید فردا باران می‌آید یا نه؛ به من می‌گوید چه وقت بکارم، چه وقت سم بزنم، چه وقت درو کنم که هم خسارت نبینم و هم برنج بهتری بچینم. این یعنی کشاورز هوشمند». این جمله‌ی کوتاه، خلاصه‌ی تمام آن چیزی است که این پژوهش در پی تبیین آن بود: گذار از «کشاورز آسیب‌پذیر در برابر جو» به «کشاورز راهبر که با داده‌های جوی، آینده‌ی مزرعه خود را می‌نویسد». امید است یافته‌های این پژوهش، چراغ راه سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان و متخصصان هواشناسی کشاورزی در مسیر تحقق چنین کشاورزی هوشمند و تاب‌آوری در شمال ایران باشد.

سپاسگزاری: نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از تمامی کشاورزان گرانقدری که در این پژوهش مشارکت کردند و تجربیات ارزشمند خود را با صبر و حوصله در اختیار

- province). *Geographical Sciences*, 9(18), 45–62. (In Persian)
10. Agricultural Insurance Fund. (2018). Annual performance report of the Agricultural Insurance Fund in Gilan province. Rasht: Agricultural Insurance Fund. (In Persian)
 11. Forozani, M., Moradi, H., & Sadeghi, M. (2018). Analysis of farmers' knowledge and attitudes toward agro-meteorological services in Isfahan province. *Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 7(2), 135–146. (In Persian)
 12. Masoumpour Amirabadi, R. (2020). Designing a usability model for agro-meteorological services (Doctoral dissertation). University of Tehran, Iran. (In Persian)
 13. Masoumpour Amirabadi, R. (2023). Information needs of agricultural meteorology in rice farming. Tehran: Sobhe-Gol Publications. (In Persian)
 14. Boon, E. K., Aswani, S., & Cinner, J. E. (2022). The role of climate services in supporting agricultural decision-making: A review. *Climate and Development*, 14(3), 245–258.
 15. Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approach* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
 16. Creswell, J. W. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
 17. IPCC. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
 18. Kumar, V., Sharma, A., & Singh, R. (2024). Customizing weather forecasts for smallholder farmers: A study on usability and trust. *Agricultural Systems*, 215, 103–118.
 19. Lee, J., Kim, S., & Park, T. (2024). Short-term weather forecasts and their impact on rice yield stability in monsoon Asia. *Field Crops Research*, 298, 108–122.
 20. Mambe, T. M. (2003). *Dissemination of meteorological information to vulnerable communities in West Africa*. Dakar: WMO Publications.
 21. Nishiyama, T., Ito, S., & Yamada, H. (2017). Information services for rice farmers: The role of weather data in risk management. *Journal of Agricultural Informatics*, 8(2), 13–24.
 22. Roy, S., Kaur, H., & Patel, A. (2023). Optimizing irrigation and sowing dates
- پژوهشگران قرار دادند، صمیمانه سپاسگزاری نمایند. همچنین از مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی استان گیلان و مراکز جهاد کشاورزی استان‌های گیلان و مازندران به دلیل همکاری در تسهیل روند انجام مصاحبه‌ها تشکر می‌گردد.
- ### منابع
1. Haji, A., Rezvanfar, A., & Hosseini, S. M. (2019). Analysis of institutional barriers affecting farmers' adaptation to climate change in Mazandaran province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 50(2), 287–300. (In Persian)
 2. Hariri, N. (2006). *Principles and methods of qualitative research*. Tehran: Islamic Azad University, Science and Research Branch. (In Persian)
 3. Hassanpour, M., & Ardakani, T. (2019). Investigating factors affecting the use of agro-meteorological information by wheat farmers in Tehran province. *Journal of Agricultural Education Management Research*, 11(48), 67–82. (In Persian)
 4. Rahmani, R. (2018). *Climate change and food security in Iran: Challenges and solutions*. Tehran: Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR) Press. (In Persian)
 5. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). *The state of food security and nutrition in the world 2023*. Rome: FAO Publications. (In Persian)
 6. World Meteorological Organization (WMO). (2024). *State of climate services for agriculture 2024*. Geneva: WMO Publications. (In Persian)
 7. Iran Meteorological Organization. (2014). *Strategic document on agricultural meteorology of the country (TAHAK system)*. Tehran: Iran Meteorological Organization. (In Persian)
 8. Sharifzadeh, M. S. (2010). Investigating barriers to the use of meteorological information in crop decision-making (Case study: Wheat farmers in Fars province). *Journal of Research and Construction*, 23(4), 112–120. (In Persian)
 9. Sharifzadeh, M. S., Heydari, Gh., & Moazami, D. (2010). Assessing the suitability of agro-meteorological information to end-user needs (Case study: Farmers in Golestan

27. Thomas, A. (2017). Access to weather forecasts and its effect on farm productivity in Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, 12(34), 2675-2685.
28. Zhang, Y., Wang, L., & Chen, F. (2024). High-resolution climate services for rice pest management in subtropical china. *Computers and Electronics in Agriculture*, 218, 108-127
- using seasonal climate forecasts: A case study on rice productivity. *Agricultural Water Management*, 280, 108-123.
23. Rudie, F., Jensen, A., & Larsen, M. (2023). Indigenous knowledge and scientific forecasts: Bridging the gap for climate adaptation. *Global Environmental Change*, 78, 102-117.
24. Sakal, H., Jones, L., & Gannon, K. (2022). Capacity building for climate services: A review of good practices. *Climate Services*, 25, 100-115.
25. Sivakumar, M. V. K., Gommers, R., & Baier, W. (2000). Agrometeorology and sustainable agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 103(1-2), 11-26.
26. Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.