Review Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 14
No. 2 (54)

Received:
2024-01-07

Accepted:
2024-04-24

Pages: 127-141

An Overview of Meteorological Services, Challenges and Solutions in the Agricultural Sector to Reduce Vulnerability in Climate Change Conditions

Saeedeh Kamali[1], Ebrahim Asadi Oskouei[2*] and Morteza Pakdaman[2]

1) Ph. D Student in Agrometeorology, Department of Irrigation &amp, University of Tehran, Karaj, Iran.
2) Assistant Professor, Atmospheric Science and Meteorological Research Center (RIMAS), Climate Research Institute (CRI), Mashhad, Iran.
3) Assistant Professor, Atmospheric Science and Meteorological Research Center (RIMAS), Climate Research Institute (CRI), Mashhad, Iran.
*Corresponding author email: e.asadi.o@gmail.com

Abstract:
Background and Aim: In order to adapt the agricultural systems to increased climate variability, meteorological information needs to be combined with management recommendations before the start of the cropping season. There are solutions to reduce the vulnerability of agriculture to increasing climate change through agro-meteorological advisories based on weather forecasts. Therefore, the purpose of this study is to review the services provided by agricultural meteorology to reduce the vulnerability of agriculture in climate change conditions. For this purpose, we attempt to use successful experiences from different countries, from developed countries with advanced technologies to less developed countries with local knowledge, in adapting to climate change. This includes various types of agricultural meteorological services, major obstacles, and gaps in providing them. Climatic services provide solutions to offer better climatic services to farmers, climatic services used in agricultural meteorology, as well as approaches to accelerate the adoption of agricultural meteorological technologies and consulting services by farmer.
Results and Conclusion: To be resilient against the negative effects of natural disasters and events, there is a need for resilience programs and policies to be accompanied by civic participation, the development of indigenous knowledge, and the use of technology in line with indigenous knowledge and regional infrastructures, according to the geographical, social, and cultural characteristics of each region. Additionally, the decisions of governments and policymakers, in line with the establishment of laws and regulations and resilience policies, can strengthen or limit the ability of other actors to adapt to the effects of climate change. In the same vein, the results of the review of sources include a list of existing barriers and gaps, such as the lack of real climate forecasts, lack of information on crop growth and development, low participation of agricultural producers in the production and use of services, unfair access to communication channels, and insufficient adaptation of agricultural meteorological services to needs. It also highlights the need to move towards the transformation of digital agriculture, targeted training in Agro-meteorology, strengthening the role of information and communication technology in providing accurate information, increasing investment in installing automatic weather stations and radar, and holding seminars and training workshops to overcome obstacles and improve the quality of climate services in the agricultural sector.
Keywords: climate change, vulnerability of agriculture, Agro-meteorological services, digital agriculture

مقاله مروری

مروری بر خدمات هواشناسی، چالش‌ها و راهکارها در بخش کشاورزی جهت کاهش آسیب‌پذیری در شرایط تغییر اقلیم

سعیده کمالی[۱]، ابراهیم اسعدی اسکویی[۲*] و مرتضی پاکدامن[۳]

۱) دانشجوی دکترا هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲) استادیار، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو کشور، پژوهشکده اقلیم شناسی، مشهد، ایران.
۳) استادیار، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو کشور، پژوهشکده اقلیم شناسی، مشهد، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: e.asadi.o@gmail.com

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال چهاردهم
شماره ۲ (۵۴)

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۱۰/۱۷

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۲/۰۵

صفحات: ۱۴۱-۱۲۷

چکیده

زمینه و هدف: به‌منظور انطباق سیستم‌های کشاورزی با افزایش تنوع اقلیمی نیاز است که اطلاعات هواشناسی با توصیه‌های مدیریتی قبل از شروع فصل زراعی ترکیب شوند. راهکارهایی برای کاهش آسیب‌پذیری کشاورزی در برابر افزایش تغییرات آب و هوایی از طریق مشاوره‌های هواشناسی کشاورزی مبتنی بر پیش‌بینی آب و هوایی وجود دارد. بنابراین، هدف از این مطالعه مروری بر خدمات ارائه‌شده توسط هواشناسی کشاورزی جهت کاهش آسیب‌پذیری کشاورزی در شرایط تغییر اقلیم است. به همین منظور سعی می‌شود تا تجارب موفق کشورهای مختلف، اعم از کشورهای توسعه‌یافته و برخوردار از فناوری‌های پیشرفته تا کشورهای کمتر توسعه‌یافته و برخوردار از دانش بومی ـ محلی، در سازگاری با تغییرات اقلیمی که شامل انواع خدمات هواشناسی کشاورزی، موانع و شکاف‌های عمده در ارائه خدمات اقلیمی، راهکارهای ارائه بهتر خدمات اقلیمی به کشاورزان، سرویس‌های اقلیمی مورداستفاده در هواشناسی کشاورزی و همچنین رویکردهایی برای تسریع پذیرش فناوری‌ها و خدمات مشاوره‌ای هواشناسی کشاورزی توسط کشاورز را ارائه نماید.

یافته‌ها و نتایج: در راستای تاب‌آوری در برابر آثار منفی رخدادها و بلایای طبیعی نیاز است با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی و اجتماعی و فرهنگی هر منطقه برنامه‌ها و سیاست‌های تاب‌آوری با مشارکت مدنی، توسعه‌ی دانش بومی و به‌کارگیری فناوری در راستای دانش بومی و زیرساخت‌های منطقه‌ای همراه باشد. همچنین تصمیم‌گیری‌های دولت‌ها و سیاستگذاران، در راستای وضع قوانین و مقررات و سیاست‌های تاب‌آوری، می‌تواند توانایی بازیگران دیگر را برای سازگاری با تأثیرات تغییرات اقلیمی تقویت یا محدود کند. در همین راستا نتایج بررسی منابع لیستی از موانع و شکاف‌های موجود شامل فقدان پیش‌بینی‌های اقلیمی واقعی، فقدان اطلاعات در مورد رشد و نمو محصول، مشارکت کم تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در تولید و استفاده از خدمات، دسترسی ناعادلانه به کانال‌های ارتباطی، تطبیق ناکافی خدمات هواشناسی کشاورزی با نیازهای کشاورزان را نشان داد. نتایج بیانگر لزوم حرکت به سمت تحول کشاورزی دیجیتال، آموزش هدفمند هواشناسی کشاورزی، تقویت نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در ارائه اطلاعات دقیق، افزایش سرمایه‌گذاری در نصب ایستگاه‌های هواشناسی خودکار و رادار و برگزاری سمینارها و کارگاه‌های آموزشی جهت غلبه بر موانع و افزایش کیفیت خدمات اقلیمی ارائه‌شده در بخش کشاورزی است.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، آسیب‌پذیری کشاورزی، خدمات هواشناسی کشاورزی، کشاورزی دیجیتال

مقدمه

تغییر اقلیم تهدیدی جهانی برای پایداری نظام‌های محیط‌زیستی و اجتماعی و اقتصادی و همچنین یکی از چالش‌های اساسی و تعیین‌کننده قرن بیست‌ویکم محسوب می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که ممکن است ۸۰درصد از مساحت زمین که ۸۵درصد از جمعیت جهان در آن ساکن‌اند تحت‌تأثیر تغییرات اقلیمی قرار بگیرد. (Callaghan et al., 2021) آثار گرم‌شدن زمین و رخدادهای اقلیمی شدید و مکرر همراه با کاهش منابع، سبب افزایش آسیب‌پذیری جوامع در زمین، امنیت غذایی، امنیت آب، و مسائل بهداشتی و امنیتی می‌شود. (Edalat Moghadam, 2022) به همین علت در بسیاری از کشورها، رویکرد سازگاری و تاب‌آوری برای کاهش آثار مخرب پدیده‌های اقلیمی و افزایش توان محیط زندگی و افراد به کار گرفته می‌شود. در واقع تاب‌آوری رویکردی مثبت به موضوع تغییرهای اقلیمی است که در سال‌های اخیر به جای مفهوم آسیب‌پذیری در مطالعات به‌کارگرفته می‌شود. منظور از سازگاری، ایجاد توازن در نظام‌های بوم‌شناختی، اجتماعی، یا اقتصادی در پاسخ به محرک‌های اقلیمی و آثار آنها است. این اصطلاح به تغییرات در فرایندها، رویه‌ها، یا ساختارها برای تعدیل یا جبران خسارت‌های احتمالی یا استفاده از فرصت‌های مرتبط با تغییرات اقلیمی اشاره دارد. (Smit and Pilifosova, 2003)

تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی جهانی است که بشریت با پیامدهای آن برای تولید مواد غذایی، اکوسیستم‌های طبیعی، تامین آب شیرین، سلامت و غیره مواجه هستند. درواقع شرایط اقلیم عامل اصلی تولید محصولات کشاورزی است. در مقیاس منطقه‌ای تنوع زیاد و توزیع ضعیف بارندگی در طول فصل رشد از دیگر ویژگی‌های مهمی است که منجر به عدم اطمینان در کشاورزی می‌شود. (Singh et al., 2004) اطلاعات اقلیم نقش عمده‌ای را در کل چرخه تولید محصول از انتخاب مناسب‌ترین محصول تا عملیات پس از برداشت ایفا می‌کنند و کشاورز را قادر می‌سازد تا بهترین استفاده را از منابع طبیعی باهدف بهبود تولیدات کشاورزی داشته باشد. و ازنظر کمیت و کیفیت، منجر به کشاورزی پایدار می‌شود. تنوع گسترده در میانگین پارامترهای اقلیمی، بخش کشاورزی را دچار مشکل می‌کند. مطالعات نشان می‌دهد که پارامترهای آب‌وهوا (۶۷٪) در مقایسه با سایر پارامترهای تأثیرگذار بر کشاورزی مانند، مدیریت خاک، مواد مغذی و غیره به‌شدت بر سودآوری سیستم‌های زراعی تأثیر می‌گذارند. (Ponnusamy, 2018) از طرفی کاربرد فناوری و دانش در کشاورزی با در دسترس بودن و دقت پیش‌بینی‌های آب‌وهوا در مقیاس‌های مکانی و زمانی مناسب در ارتباط است. جزئیات دقیق آب‌وهوا در مقیاس زمانی روزانه تا مقیاس‌های زمانی فصلی متغیر است. مقیاس‌های زمانی اصلی پیش‌بینی‌های آب و هوایی به شرح زیر می‌باشند:۱- پیش‌بینی کوتاه‌مدت (۱-۳ روز)، ۲- پیش‌بینی میان‌مدت یا برد متوسط (۴-۱۰ روز) و ۳- پیش‌بینی‌های طولانی‌مدت (هر دوره بیش از ۱۰ روز). دو محدوده زمانی دیگر نیز اخیراً استفاده می‌شود: الف) پیش‌بینی‌های با برد بسیار کوتاه (۱-۶ ساعت) و ب) پیش‌بینی با دامنه گسترده (بیش از ۱۰ روز تا یک ماه). (Bhan, 2018) پیش‌بینی‌ها در مقیاس گسترده در حال حاضر کاربرد محدودی در کشاورزی دارند. بااین‌حال، این پیش‌بینی‌ها، در صورت ابلاغ به‌موقع، می‌توانند تحت شرایط خاصی مانند برداشت محصول یا انتقال محصولات کشاورزی از داخل زمین و مزارع به بازار به‌طور سودمند مورداستفاده قرار گیرند.

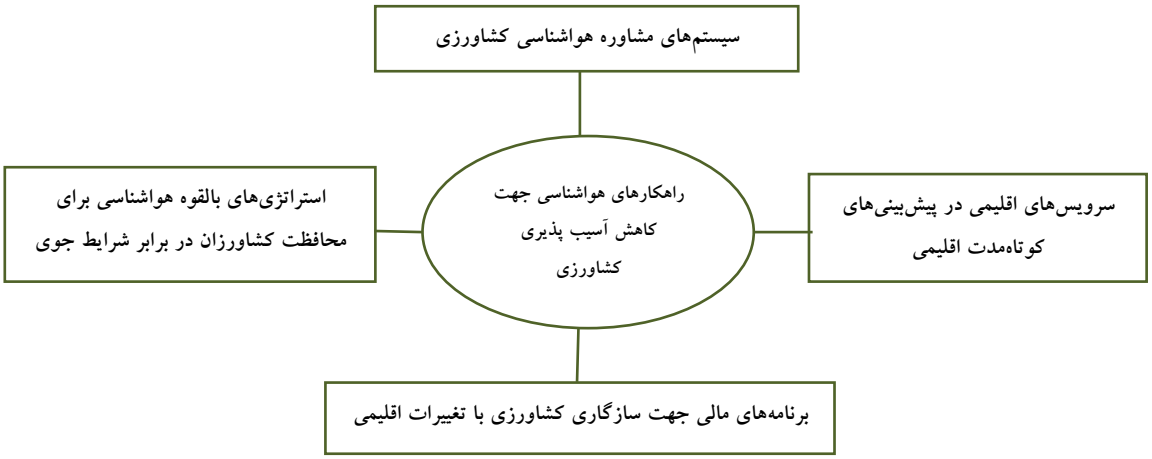
پیش‌بینی‌های کوتاه و متوسط آب‌وهوا در فعالیت‌های عملیاتی روزانه مفید هستند. پیش‌بینی‌های دامنه متوسط برای اتخاذ تدابیری برای بهره‌گیری از مزایای هوای مطلوب مورد انتظار یا جبران اثرات نامطلوب آب‌وهوای نامساعد بر محصولات زراعی و برای برنامه‌ریزی فعالیت‌های عملیات زراعی مفید هستند. پیش‌بینی‌های بلندمدت به برنامه‌ریزی سیستم کشت آتی و تنظیم نهاده‌های موردنیاز کمک می‌کند. پیش‌بینی‌های دامنه متوسط مفیدترین پیش‌بینی‌ها در بین تمام محدوده‌های زمانی در نظر گرفته می‌شوند. (Sighn, 2018) بنابراین، تجهیز کشاورزان به ابزار و تکنیک‌های مناسب برای مقابله با ناهنجاری‌های اقلیمی و آب و هوایی ضروری است. به‌منظور انطباق دستگاه‌های کشاورزی با افزایش تنوع آب‌وهوایی نیاز است که اطلاعات هواشناسی با توصیه‌های مدیریتی قبل از شروع فصل زراعی ترکیب شوند. راهکارهایی برای کاهش آسیب‌پذیری کشاورزی در برابر افزایش تغییرات آب و هوایی و اقلیمی از طریق مشاوره‌های هواشناسی کشاورزی مبتنی بر پیش‌بینی آب و هوایی وجود دارد. هواشناسی کشاورزی شاخه‌ای از هواشناسی کاربردی است که به بررسی شرایط هواشناسی، اقلیمی و هیدرولوژیک که برای کشاورزی (ازجمله محصولات زراعی و دام) مهم هستند، می‌پردازد. تئوری و عمل هواشناسی کشاورزی ارتباط نزدیکی با برخی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن بیست و یکم از جمله : امنیت غذایی، سازگاری با تغییرات اقلیمی، بیماری‌های منتقله از طریق ناقلین، وزندگی هوشمند شهری از طریق شهرهای سبزتر و کشاورزی شهری پیشرفته دارد. (WHO, 2021)

جهان دارای ۵۷۰ میلیون مزرعه است که ۸۴٪ آن شامل زمین‌های کوچک کمتر از دو هکتار هستند. (Lowder et al., 2016) برخلاف شرکت‌های بزرگ با کارکنان متخصص که در حوزه‌های مختلف مانند فناوری و اقلیم‌شناسی کار می‌کنند،

اکثریت قریب به‌اتفاق مزارع جهان به‌عنوان کسب‌وکارهای کوچک اداره می‌شوند و شاید تنها یک یا دو نفر مسئول وظایف کلی و گوناگونی باشند. تصمیم‌گیرندگان در بخش هواشناسی کشاورزی و بخش کشاورزی باید خطرات را پیش‌بینی کنند. برای دستیابی به این هدف، آن‌ها باید از ارائه‌دهندگان خدمات آب و هوایی اطلاعات به‌موقع، قابل‌درک، قابل‌استفاده و قابل‌اعتماد بر اساس آخرین یافته‌های علمی دریافت کنند. خدمات هواشناسی کشاورزی شامل تولید، ارتباط، درک و استفاده از دانش و اطلاعات هواشناسی کشاورزی در تصمیم‌گیری کشاورزی مبتنی بر اقلیم است. ارزیابی اخیر سازمان جهانی هواشناسی[۱](WMO) از وضعیت جهانی خدمات اقلیمی، پیشرفت‌های فنی قابل‌توجهی را در دهه‌های گذشته نشان می‌دهد، اما همچنین نشان می‌دهد که ارتباطات مؤثر و عادلانه خدمات اقلیمی به دلیل ارتباطات و تعامل ضعیف بین کارشناسان هواشناسی و کاربران همچنان محدود است. (WMO, 2020) خدمات هواشناسی کشاورزی زیرمجموعه‌ای از خدمات اقلیمی است که برای حمایت از تصمیمات تاکتیکی و استراتژیک کشاورزان، با پتانسیل حمایت از کشاورزان برای رویارویی با تغییرات آب و هوایی و تغییرات اقلیمی است. در سال‌های اخیر، سازمان جهانی هواشناسی و شرکا تلاش خود را بر بهبود ارتباطات از طریق این خدمات متمرکز کرده‌اند. درواقع، خدمات هواشناسی کشاورزی اغلب کشاورزان خرده مالکی که در نواحی دوردست زندگی می‌کنند، را پوشش نمی‌دهد یا اطلاعات به آن‌ها نمی‌رسند، یا به آن‌ها اعتماد نمی‌کنند. (FAO, 2021) بنیاد S. W. Tromp با شرکای WMO و سازمان خواربار و کشاورزی [۲](FAO) برای کمک به پر کردن این شکاف، یک کارگاه آموزشی سه‌روزه در سال ۲۰۱۶ در لیوبلیانا، اسلوونی، به نام " Agromoteorologists for Farmers in Hotter, Drier" برگزار کرد که هدف از آن گردآوری هواشناسان کشاورزی متمرکز بر منطقه مدیترانه و اروپا برای تبادل اطلاعات در مورد خدمات هواشناسی کشاورزی فعلی ارائه‌شده توسط خدمات ملی هواشناسی و هیدرولوژیک [۳](NMHS)، مؤسسات تحقیقاتی و شرکت‌های خصوصی برای شناسایی بهترین راه‌ها برای تنظیم اطلاعات برای کاربران نهایی به‌خصوص کشاورزان خرده‌پا بود. نتیجه کارگاه این بود که دانش موجود به این سؤال پاسخ نمی‌دهد که تغییرات اقلیمی آینده چگونه بر تولید محصولات کشاورزی تأثیر می‌گذارد. همچنین شرکت‌کنندگان در کارگاه به این نتیجه رسیدند که برای درک تأثیر آب‌وهوای آینده بر محصولات و حیوانات اهلی به اطلاعات بیشتری نیاز است. به‌طور خاص، اطلاعات موجود در آن زمان کافی نبود و برای حمایت از تصمیمات بسیار مبهم بود، زیرا عدم قطعیت‌های زیادی وجود داشت و ابزار تصمیم‌گیری مناسبی وجود نداشت. (Ministry of the Environment and Spatial Planning, 2016)

امنیت غذایی در بسیاری از کشورهای اروپایی به یک نگرانی بزرگ تبدیل‌شده است. ارتباط بین تولید غذا و اقلیم در حال درک بهتری است و اثرات تغییر اقلیم تأثیر منفی بر کشاورزی در اروپا داشته است. (European Environment Agency, 2019) این نوع رویدادها انگیزه برگزاری کارگاه‌های زیادی را فراهم می‌کند، یکی دیگر از این کارگاه‌ها که به‌عنوان یک رویداد جانبی ترکیبی در نشست سالانه انجمن هواشناسی اروپا [۴](EMS) در بن، آلمان، در سپتامبر ۲۰۲۲ برگزار شد. این کارگاه با عنوان "ارتباط مؤثر خدمات هواشناسی کشاورزی" بود. و تلاش مشترک Met Éireann، انجمن بین‌المللی زیست هواشناسی، کمیته رسانه و ارتباطات EMS، آژانس محیط‌زیست اسلوونی، انجمن هواشناسی اسلوونی، و بنیاد S. W. Tromp بود. نتایج این کارگاه نشان داد که بسیاری از NMHS در حال تقویت فعالیت‌های خود در ارتباط با خدمات هواشناسی کشاورزی هستند، اما تفاوت‌هایی از کشوری به کشور دیگر مشاهده می‌شود که عمدتاً به ساختار بخش کشاورزی هر کشور بستگی دارد. به‌طور خاص، این کارگاه به چهار دیدگاه اصلی پرداخت: خدمات ارائه‌شده، ارتباطات، به اشتراک‌گذاری داده‌ها و اطلاعات و آموزش. (WMO, 1972) پیش‌بینی می‌شود که تغییرات اقلیمی اثرات قابل‌توجهی بر کشاورزی داشته باشد، نه‌تنها به دلیل تأثیرات مستقیم بر محصولات و حیوانات (مانند زمستان‌های ملایم‌تر، خشک‌سالی بیشتر، افزایش غلظت دی‌اکسید کربن)، بلکه به دلیل اثرات غیرمستقیم، مانند بیماری‌ها و ویروس‌های جدید، آفات و طاعون، تقاضا برای محصولات مختلف (به‌عنوان‌مثال، سوخت‌های زیستی)، و خطرات مدیریت کسب‌وکار (به‌عنوان مثال، ثبات عملکرد، سلامت حیوانات).

بنابراین بخش کشاورزی تحت‌فشار زیادی برای تولید غذای بیشتر و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق مصرف نهاده‌های کمتر مانند کودها و آفت‌کش‌ها، مقابله با حوادث شدید آب و هوایی و آب‌وهوا، ازجمله خشک‌سالی و کمبود آب؛ مدیریت تغییرات در توزیع و شدت آفات و شیوع بیماری؛ و غلبه بر نوسانات قیمت قرار دارد. (Tarchiani et al., 2018) به‌منظور ایجاد امنیت غذایی در کشورها، داده‌های هواشناسی و کاربرد آن‌ها در توسعه کشاورزی به‌خصوص در تولید محصولات راهبردی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، نیاز است تا در کشورها و جوامع راه‌حل‌های سازگاری را با تکیه بر دانش بومی و تجارب پیشینیان و همچنین اتخاذ فناوری‌های نوین مناسب توسعه دهند و اقداماتی را برای پاسخگویی آثار تغییرات اقلیمی کنونی و همچنین آثار آینده آن آماده کنند. با توجه به بررسی تحقیقات مختلف در سراسر جهان می‌توان به اهمیت تاب‌آوری یا سازگاری در مقابل پدیده تغییر اقلیم بخصوص بخش کشاورزی و نقش مهم هواشناسی کشاورزی در ارائه خدمات مناسب به کشاورزان پی برد. در همین راستا هدف از



شکل ۱. راهکارهای هواشناسی جهت کاهش آسیب پذیری کشاورزی در شرایط تغییر اقلیم

این مطالعه مروری بر خدمات ارائه‌شده توسط هواشناسی کشاورزی جهت کاهش آسیب‌پذیری کشاورزی در شرایط تغییر اقلیم است. در مطالعه حاضر سعی می‌شود تا تجارب موفق کشورهای مختلف، اعم از کشورهای توسعه‌یافته و برخوردار از فناوری‌های پیشرفته تا کشورهای کمتر توسعه‌یافته و برخوردار از دانش بومی ـ محلی، در سازگاری با تغییرات اقلیمی بررسی شود. بدین منظور این مطالعه مطابق (شکل ۱) که نشان‌دهنده راهکارهای هواشناسی جهت کاهش آسیب پذیری کشاورزی در شرایط تغییر اقلیم است، در چند بخش تنظیم شده است که شامل اثرات اقتصادی سیستم‌های مشاوره هواشناسی کشاورزی، سرویس‌های اقلیمی در پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت هواشناسی کشاورزی، استراتژی‌های بالقوه هواشناسی برای محافظت کشاورزان در برابر شرایط جوی، برنامه‌های مالی جهت تعدیل و سازگاری کشاورزی با تغییرات اقلیمی و همچنین نتیجه‌گیری نهایی تنظیم‌شده است.

اثرات اقتصادی سیستم‌های مشاوره هواشناسی کشاورزی

در سال ۲۰۰۸، بانک جهانی در یک وضعیت خدمات آب و هوایی در اروپا و آسیای مرکزی را بررسی کرد که نتایج تحلیل‌های آن‌ها نشان داد ۳۰ بخش اقتصادی در جهان از پیش‌بینی‌های آب و هوایی بهبودیافته مانند رویکرد یادگیری، مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی (ANN)[۵] و الگوریتم‌های جنگل تصادفی (RF)[۶] برای پس پردازش خروجی مدل‌های پیش‌بینی. (Pakdaman et al, 2022) و کاربرد رویکردهای مجموعه چند مدلی در پیش‌بینی‌های اقلیمی. (Pakdaman et al., 2022) برای بهینه‌سازی عملیات خود استفاده می‌کنند. همچنین کشاورزی و بخش‌های وابسته ازجمله بخش‌های کلیدی هستند که از طریق تصمیم‌گیری آگاهانه درزمینه‌ی کاشت به‌موقع، شخم زدن، آبیاری و برداشت محصولات، استفاده به‌موقع از کودها، اقدامات کنترل آفات و بیماری‌ها و خدمات اقلیمی بهبودیافته استفاده می‌کنند. پیش‌بینی‌های آب و هوایی همچنین منجر به استفاده مقرون‌به‌صرفه از اقدامات پیشگیرانه ویژه برای کاهش خسارات ناشی از یخبندان، تگرگ، خشکسالی، فرسایش ناشی از باد و بارش و در بهینه‌سازی ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل محصولات کشاورزی، کاهش تلفات پس از برداشت می‌شوند. اولین ارزیابی تأثیر خدمات مشاوره کشاورزی در مقیاس وسیع مبتنی بر پیش‌بینی اقلیم در هند توسط Rathore and Maini (2008) در ۱۵ واحد خدمات مشاوره‌ای هواشناسی کشاورزی (AAS)[۷] به‌عنوان نماینده مناطق مختلف کشاورزی-اقلیمی انجام شد. دوره مورد مطالعه سه سال انتخاب شد. مشخص شد که در بیشتر موارد، استفاده از توصیه‌های خدمات مشاوره‌ای هواشناسی کشاورزی منجر به کاهش هزینه کاشت تا ۲۵ درصد برای محصولات موردمطالعه می‌شود و در برخی موارد، هزینه کشت تا ۱۰٪ کاهش یافت.

مطالعه دیگری نشان داد که پیش‌بینی آب‌وهوا به دو روش به کشاورزان کمک می‌کند: ۱. کنترل هزینه‌های مزرعه (کاربرد بذر، کود و مواد شیمیایی گیاهی) و ۲. افزایش درآمد خالص مزرعه. همچنین نشان دادند کشاورزان از اطلاعات آب‌وهوا در تصمیم‌گیری در طول عملیات مختلف کشاورزی مانند به تعویق انداختن زمان کاشت، تغییر تنوع محصول، برنامه‌ریزی سم‌پاشی برای کنترل آفات/بیماری‌ها و مدیریت عملیات آبیاری و برداشت / پس از برداشت استفاده می‌کنند. (NCAER, 2015) همچنین در مطالعه‌ای دیگر نشان دادند استفاده از اطلاعات آب و هوایی در چهار محصول اصلی (گندم، شلتوک، نیشکر و پنبه) پتانسیل ایجاد سود اقتصادی سالانه ۴۲۰۰۰ کرور روپیه را دارد. (NCAER, 2010)

سرویس‌های اقلیمی در پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت هواشناسی کشاورزی

مدیریت خطرات آب‌وهوا و اقلیم در کشاورزی به دلیل تغییرات اقلیمی به یک موضوع مهم تبدیل‌شده است. هیئت بین دولتی تغییرات اقلیمی (IPCC)[۸] خطرات اقلیمی متعدد را برای کشاورزی و امنیت غذایی مهم دانسته و دستگاه‌های هشدار اولیه آب‌وهوا و اقلیم را برای کمک به کشاورزان معرفی کرده است. استفاده خردمندانه از اطلاعات آب‌وهوا و اقلیم می‌تواند به اتخاذ تصمیمات بهتر و آگاهانه در سیاست‌ها، نهادها و جامعه کمک کند که خطرات مرتبط را کاهش داده و فرصت‌ها را افزایش می‌دهد، استفاده کارآمد از منابع محدود را بهبود می‌بخشد و تولید محصولات کشاورزی، دام و شیلات را افزایش می‌دهد. به همین جهت خدمات ملی هواشناسی و هیدرولوژیک نقش مهمی در ارائه این اطلاعات به کشاورزان، بزرگ و کوچک دارند. کمیسیون هواشناسی کشاورزی سازمان هواشناسی جهانی جهت راهنمایی کلی کشاورزان برنامه هواشناسی کشاورزی (AgMP)[۹] را ارائه می‌دهد. (www.public.wmo.int) این برنامه به‌منظور کمک به تولید و فعالیت‌های غذایی و کشاورزی کشورها با استفاده از خدمات هواشناسی و آب‌شناسی در تأمین نیازهای کشاورزان، دامداران و ماهیگیران از طریق توسعه سیستم‌های کشاورزی پایدار، بهبود تولید و کیفیت محصول، کاهش تلفات و خطرات، کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری در استفاده از آب، حفظ منابع طبیعی، کاهش آلودگی ناشی از مواد شیمیایی که باعث تخریب محیط‌زیست می‌شود، عمل می‌کند. هدف اصلی از این برنامه تقویت قابلیت خدمات ملی هواشناسی و هیدرولوژیک برای ارائه خدمات هواشناسی مرتبط برای کشاورزی و سایر بخش‌های مرتبط به‌منظور ارتقای تولید مواد غذایی باصرفه اقتصادی و کیفیت بالا که پایدار و سازگار با محیط‌زیست باشند، است.

برای تقویت درک بهتر کشاورزان و سایر کاربران نهایی در کشاورزی، جنگلداری و بخش‌های مرتبط از اطلاعات هواشناسی و اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی‌ها و فعالیت‌های عملیاتی استفاده می‌شود. این برنامه توسط کمیسیون هواشناسی کشاورزی (CAgM)[۱۰] اداره می‌شود که به بررسی مطالعات مربوط به کشاورزی در این زمینه می‌پردازد. این کمیسیون یکی از هشت کمیسیون سازمان هواشناسی جهانی است که گزارشات مرتبط با موضوعات هواشناسی و اقلیم‌شناسی کشاورزی را در اختیار محققان قرار می‌دهد. این گزارشات شامل موضوعات مختلفی در زمینه کشاورزی، آفات و بیماری‌های گیاهی، جنگل و مرتع، ماهیگیری و غیره می‌باشد. این کمیسیون جلسات خود را هر چهار سال یک‌بار اجرا می‌کند. که آخرین جلسه چهارساله خود را در سال ۲۰۱۸ از ۱۸ تا ۲۰ آوریل در اینچئون، کره جنوبی به میزبانی اداره هواشناسی کره برگزار کرد. تمرکز این جلسه بر بهبود خدمات آب‌وهوا و اقلیم برای کشاورزان و بخش کشاورزی به‌منظور تقویت امنیت غذایی و توسعه پایدار بود. کمیسیون اولویت‌های خود را برای چهار سال آینده تعیین کرد که شامل نیاز به خدمات بهتر برای کشاورزان، شامل پیش‌بینی‌های آب و هوایی، چشم‌انداز آب‌وهوای فصلی، و مدیریت بهتر آب‌وهوا و خطرات اقلیمی است. این سازمان بر نیاز به تحقیق و توسعه فناوری بیشتر در زمینه هواشناسی کشاورزی، اطلاعات آب‌وهوا و اقلیم برای امنیت غذایی تأکید کرد. همچنین از دیگر جنبه‌های برنامه هواشناسی کشاورزی و کمیسیون هواشناسی کشاورزی که نیازمند همکاری بیشتر با نهادهای مرتبط در زمینه مدیریت خشکسالی و انتشار بولتن‌های هواشناسی کشاورزی است، می‌توان به برنامه مدیریت یکپارچه خشکسالی (IDMP)[۱۱] که بیش از ۳۰ عضو دارد و سرویس جهانی اطلاعات هواشناسی کشاورزی (WAMIS)[۱۲] بولتن‌هایی را در بیش از ۷۰ کشور صادر می‌کند، اشاره کرد. همچنین سیستم هشدار اولیه و اطلاعات جهانی در مورد غذا و کشاورزی (GIEWS) وضعیت محصولات غذایی عمده در سراسر جهان را برای ارزیابی چشم‌انداز تولید پایش می‌کنند. برای پشتیبانی از تجزیه‌وتحلیل و تکمیل اطلاعات زمینی، GIEWS[۱۳] از داده‌های سنجش‌ازدور استفاده می‌کند که می‌تواند درک ارزشمندی در مورد در دسترس بودن آب و سلامت پوشش گیاهی در طول فصول زراعی ارائه دهد.

علاوه بر تخمین‌های بارندگی و شاخص تفاوت نرمال شده گیاهی (NDVI)[۱۴]، GIEWS و بخش OCB فائو، شاخص تنش کشاورزی (ASI)[۱۵] را توسعه داده‌اند که یک شاخص سریع برای شناسایی زودهنگام مناطق کشاورزی که تحت تأثیر دوره‌های خشک یا خشکسالی هستند. سیستم شاخص تنش کشاورزی (ASIS)[۱۶] بر مبنای شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI)[۱۷] ارائه شده است. (Kogan et al, 1995) این شاخص شدت (شدت، مدت و وسعت مکانی) خشکسالی کشاورزی را ارزیابی می‌کند. این شاخص در سال ۲۰۱۶ برنده جایزه جهانی برتری جغرافیایی شد. اداره هواشناسی هند (IMD)[۱۸]، وزارت علوم زمین (MOES)[۱۹] یک سرویس مشاوره یکپارچه کشاورزی و هواشناسی (AAS) را در سطح منطقه هند اجرا کرده‌اند که نشان‌دهنده گامی مثبت به سمت مدیریت کشاورزی متناسب با آهنگ تغییرات آب‌وهوا و اقلیم است که منجر به تولید مکانیزمی برای ادغام اطلاعات پیش‌بینی آب‌وهوا و اطلاعات اقلیمی به همراه اطلاعات هواشناسی کشاورزی برای تهیه مشاوره‌های کشاورزی در سطح منطقه ایجادشده است که اقدامات مدیریت مزرعه را برای کاهش اثرات نامطلوب اقلیم و برای برقراری ارتباط و انتشار مستقیم توصیه‌ها به بخش کشاورزی و کشاورزان ارائه می‌کند. در همین راستا از سازمان‌ها و نهادهای دولتی و غیردولتی مانند انجمن کشاورزان، سازمان‌های غیردولتی مردم‌نهاد (NGOs)[۲۰] ، تأمین‌کنندگان نهاده نیز به کار گرفته می‌شوند.

یکی دیگر از سرویس‌های اقلیمی ارائه‌شده WAMIS می‌باشد که هدف اصلی آن ارائه یک وب سرور اختصاصی برای انتشار محصولات هواشناسی کشاورزی که توسط اعضای WMO ارائه‌شده است. که با ارائه یک مکان مرکزی برای اطلاعات هواشناسی کشاورزی، به کاربران کمک می‌کند تا به‌سرعت و به‌آسانی بولتن‌های مختلف را ارزیابی کنند و درک لازم برای بهبود بولتن‌های خود به دست آورند. این وب سایت همچنین میزبان بخش ابزارها و منابع خواهد بود تا به اعضا کمک کند تا کیفیت و ارائه بولتن‌های هواشناسی کشاورزی خود را بهبود بخشند. وب سایت هواشناسی کشاورزی سازمان هواشناسی ایران چندین محصول هواشناسی کشاورزی و اقلیم‌شناسی را به زبان فارسی ارائه می‌دهد. این محصولات شامل: توصیه‌های هواشناسی کشاورزی، بارش مؤثر، پیش‌بینی ۷ روزه، کل درجه روزرشد و دمای فصلی و پیش‌بینی بارش را ارائه می‌دهد. کاربران می‌توانند برای دریافت پیش‌بینی، توصیه‌های هواشناسی کشاورزی و داده‌های پیش‌بینی‌شده کاشت و برداشت انتخاب کنند به وب سایت سازمان هواشناسی کشور مراجعه نمایند. همچنین نرم‌افزارهایی برای محاسبه تبخیر و تعرق، شاخص خشکسالی، تبخیر و تعرق کل ارائه می‌دهد .(www.irimo.ir)

مرکز منطقه‌ای اقلیم شمال آفریقا (RCC-NA))[۲۱] خدمات و محصولات اقلیمی را در الجزایر، مصر، لیبی، مراکش و تونس ارائه می‌دهد. خدمات اصلی اقلیمی RCC شامل (پیش‌بینی دما و بارش) است که به‌صورت فصلی ارائه می‌شود. (SEBBARI and Morocco, 2016) در مراکش، مؤسسه ملی تحقیقات زراعی (INRA)[۲۲] پیش‌بینی محصول را برای حمایت از تصمیم‌گیرندگان برای آماده شدن از قبل جهت مواجه‌شدن با انحرافات غیرعادی در اقلیم توسعه داده است. به‌عنوان مثال، از رویکردهای ناپارامتریک و پارامتریک مبتنی بر بارش، دما و شاخص NDVI برای پیش‌بینی عملکرد غلات استفاده می‌شود. (Balaghi et al, 2013) درنتیجه، INRA می‌تواند بولتن‌هایی را در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار دهد که رویکردهای مختلف را جهت پیش‌بینی عملکرد ادغام کنند. به‌عنوان مثال با استفاده از بارش و شاخص NDVI مدل‌های رگرسیون برای پیش‌بینی عملکرد استفاده می‌شود و یا با استفاده از مدل‌های رشد محصول و مدل شبیه‌سازی مطالعات جهانی غذا (WOFOST)[۲۳]. نمونه‌های دیگری از همکاری مؤثر و ایجاد ظرفیت در دستگاه‌های نظارتی و اطلاعاتی کشاورزی بین کشورهای شمال آفریقا و اروپا وجود دارد. از اواخر دهه ۸۰، مرکز تحقیقات مشترک (JRC)[۲۴] اتحادیه اروپا (EU)[۲۵] از طریق سیستم پیش‌بینی عملکرد محصول نظارت بر منابع کشاورزی (MARS)[۲۶] از کشورهای منطقه شمال آفریقا حمایت سیاست کشاورزی را ارائه کرده است. چندین کشور شمال آفریقا (الجزایر، مراکش و تونس) از این اطلاعات برای تقویت نظارت بر کشاورزی و ظرفیت نهادهای ملی و منطقه‌ای استفاده کرده‌اند. در سال‌های اخیر، آژانس توسعه بین‌المللی ایالات‌متحده (USAID)[۲۷] و اداره ملی هوانوردی و فضایی (NASA)[۲۸] نیز پایش خشکسالی را در سراسر منطقه تقویت کرده‌اند. بهبود در پایش خشکسالی با تجهیز کارشناسان ملی از اردن، لبنان و مراکش به ابزارها، داده‌ها و مهارت‌های برنامه‌ریزی برای راهنمایی بهتر هیدرولوژیست‌ها تا و تصمیم‌گیرندگان در سراسر سازمان‌های دولتی با اقدامات کاهش به‌موقع و مؤثر برای مبارزه با خشکسالی حاصل شده است. (https://www.usaid.gov/)

در کشور ایران برای پیشگیری از افت کمی و کیفی محصولات کشاورزی، کاهش خسارات ناشی از بلایای طبیعی جوی، برطرف کردن ضعف سیستم‌های اطلاع‌رسانی، پیشگیری از اتلاف زمان، انرژی و منابع مالی به دلیل سهل‌انگاری یا نداشتن کارایی کارکنان مؤثر در تولید محصولات هواشناسی کشاورزی، سامانه مدیریتی تهک راه‌اندازی شده و در اختیار کاربران قرار گرفته است. و نقش فراوانی در کاهش خسارت و همچنین افزایش تولید محصولات کشاورزی داشته است. (Abdul Manafi and Mazaheri, 2019) همچنین یکی دیگر از خدمات هواشناسی کشاورزی در ایران بولتن‌های هفتگی هواشناسی کشاورزی است. که شامل خدمات، توصیه‌ها و پیش‌آگاهی‌های بخش هواشناسی کشاورزی می‌باشد. (www.irimo.ir)

استراتژی‌های بالقوه هواشناسی برای محافظت کشاورزان در برابر شرایط جوی

خطرات مرتبط با آب‌وهوا در کشاورزی متعدد و متنوع هستند ازجمله: محدودیت منابع آب، خشکسالی، بیابان‌زایی، تخریب زمین، فرسایش، تگرگ، سیل، یخبندان‌های زودرس و بسیاری موارد دیگر. ارائه اطلاعات به‌موقع و دقیق آب و هوایی به کشاورزان توسط سازمان هواشناسی می‌تواند به کشاورزان برای برنامه‌ریزی بهتر استراتژی‌های مزرعه کمک کند. و مدیریت آن‌ها را در مورد خطرات کشاورزی بهبود بخشد. چنین خدماتی می‌تواند به توسعه سیستم‌های کشاورزی پایدار و اقتصادی، بهبود تولید و کیفیت، کاهش تلفات و خطرات، کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری در استفاده از آب، نیروی کار و انرژی، حفظ منابع طبیعی و کاهش آلودگی توسط مواد شیمیایی کشاورزی یا سایر عوامل کمک کند. که به تخریب محیط‌زیست کمک می‌کند. بنابراین، بیانگر اهمیت خدمات مشاوره‌ای هواشناسی کشاورزی است. این خدمات نیازهای کشاورزان را

برآورده می‌کند و به استراتژی‌ها و عملیات مدیریت محصول/دام بر اساس آب‌وهوا کمک می‌کند تا به افزایش تولید محصول و امنیت غذایی دست یابند. همچنین می‌توانند به کشاورزان در استفاده از آب‌وهوای خوب و به حداقل رساندن اثرات نامطلوب آب و هوایی کمک کند. به طوریکه سازمان هواشناسی هند خدمات آب و هوایی منظم را برای کمک به کشاورزان در سال ۱۹۴۵ در قالب "بولتن هواشناسی کشاورزان" آغاز کرد و از طریق رادیو در سراسر هند پخش می‌کرد. در سال ۱۹۷۱، به توصیه کمیسیون ملی کشاورزی [۲۹](NCA)، خدمات مشاوره هواشناسی کشاورزی را راه‌اندازی کرد، که ابزاری جامع ، متناسب با نیاز کشاورزان است. سپس در سال‌های ۱۹۷۵-۱۹۷۶، سازمان ملی هوانوردی و فضایی ایالات‌متحده (ناسا)، یک آزمایش آموزشی و تلویزیونی ماهواره‌ای [۳۰](SITE) با آژانس‌های IMD[۳۱] انجام داد که منجر به تولید توصیه‌های زراعی مبتنی بر آب‌وهوای خاص محصول برای مناطق مختلف این کشور شد. این خدمات مشاوره‌ای یکپارچه هواشناسی کشاورزی در سال ۲۰۰۷ توسعه یافتند و از آن زمان به‌طور پیوسته بهبودیافته و در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد. از دیگر راهکارهای مقاوم‌سازی کشاورزان در برابر شرایط آب و هوایی توصیه‌های کشت بر اساس پیش‌بینی‌های فصلی، تلاش آبخیزداری برای برداشت صحیح آب و بهره‌برداری مؤثر از آن، رویکرد فناوری‌های دیجیتال از طریق ترکیب اطلاعات آب‌وهوا و فناوری‌های حفاظت از محیط‌زیست می‌باشند.

در آفریقا و در سطح منطقه‌ای، چندین موسسه و برنامه از ارائه خدمات هواشناسی کشاورزی متناسب با نیاز کشاورزان حمایت می‌کنند. به‌عنوان‌مثال، مرکز کاربردها و توسعه هواشناسی آفریقا [۳۲](ACMAD) پیشرفت قابل‌توجهی در ارائه اطلاعات اقلیمی به کاربران مختلف درزمینهی های کشاورزی، منابع آب، بهداشت، ایمنی عمومی و انرژی‌های تجدید پذیر داشته است. به‌طور مشابه، IGAD[۳۳] در آفریقا و ICPAC[۳۴] به پایش اقلیم کمک می‌کنند. (ICPAC, 2021) در غرب آفریقا، کمیته دائمی بین ایالتی برای کنترل خشکسالی ساحل [۳۵](CILSS)، از طریق مرکز AGRHYMET[۳۶]، مسئول ارائه بولتن‌های فصلی کشاورزی-هیدرولوژیک اقلیمی است. (CILSS, 2020) علاوه بر این، مرکز توسعه خدمات اقلیمی جامعه آفریقای جنوبی [۳۷](SADC-CSC) خدمات عملیاتی و منطقه‌ای را برای پایش و پیش‌بینی رخدادهای شدید اقلیمی ارائه می‌دهد. SADC-CSC محصولات هواشناسی، زیست‌محیطی و آب و هواشناسی را توسعه و منتشر می‌کند و تضمین می‌کند که ۱۰ کشور عضو آن آمادگی بهتری برای خطرات اقلیمی در چندین کشور آفریقایی، NMHS ها، NGO ها که به‌طور فعال در تولید و طراحی مشترک خدمات اقلیمی همکاری می‌کنند، داشته باشند.

کشاورزی دیجیتال باعث ترویج فناوری در همه اجزا می‌شود و مانند جایگزین نیروی انسانی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای پایش سلامت خاک، و الگوریتم یادگیری ماشین جهت پیش‌بینی آب‌وهوا می‌شود. درواقع کشاورزی دیجیتال از روش‌های مختلف داده‌کاوی، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و روش‌های دیگر برای کمک به کشاورزان جهت تصمیم‌گیری دقیق استفاده می‌کند. این یک روش نوین برای انجام عملیات کشاورزی است که از فناوری برای افزایش میزان و کیفیت تولیدات کشاورزی استفاده می‌کند. کشاورزی دیجیتال هزینه‌های مبادلات را کاهش می‌دهد، ارتباطات را بهبود می‌بخشد و پتانسیل ایجاد تحول در کشاورزی و صنایع غذایی را دارد. قابلیت پیش‌بینی را بهبود می‌بخشد، عملیات از راه دور را فعال می‌کند و به میزان قابل توجهی به امنیت غذایی کمک می‌کند. دیجیتالی شدن بخش کشاورزی نشان‌دهنده یک تغییر پارادایم است که منجر به پیشرفت در مزرعه و خارج از مزرعه خواهد شد. (Lajoie-O'Malley et al., 2020: Escamilla-García et al., 2020: Manlio et al., 2021)

اینترنت اشیا و تکنیک‌های کشاورزی دقیق برای تشکیل شبکه‌ای از دستگاه‌های کشاورزی جدید به هم پیوسته با یکدیگر ترکیب خواهند شد. کشاورزی دقیق می‌تواند با استفاده از اینترنت اشیا، مشکلات کشاورزی را به طرق مختلف مدیریت کند. کشاورزان می‌توانند اطلاعات مربوط به مزارع خود را با سرعت بیشتری جمع‌آوری کنند و به آن‌ها اجازه می‌دهد تا برنامه ریزی متناسب با زمین خود و سال جاری ایجاد کنند. هدف از کشاورزی دقیق ارزیابی داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط حسگرها و پاسخگویی مناسب است. کشاورزی دقیق کشاورزان را قادر می‌سازد تا با استفاده از حسگرهای مختلف داده تولید کنند و از آن داده‌ها برای تصمیم‌گیری بهتر استفاده کنند. ساختار اینترنت اشیا شامل حسگرهایی است که قادر به تشخیص متغیرهای هواشناسی در زمان واقعی مانند رطوبت، بارندگی، دما و غیره هستند. این حسگرها سلامت محصولات کشاورزی و شرایط هواشناسی اطراف آن‌ها را بررسی می‌کنند. (Pinto et al., 2021: Ciruela-Lorenzo et al., 2020: Narinbaeva et al., 2021)

همچنین Agriculture 4.0 یک استراتژی کارآمد از نظر منابع است که راه‌های جدیدی را برای کشاورزی پایدارتر و مولدتر بازکرده است. فناوری موقعیت‌یابی مانند GPS می‌تواند اطلاعات آب و هوایی را از طریق ارائه مکان دقیق و همچنین عملیات از راه دور پهپادها از طریق حسگرهایی که در آن‌ها تعبیه شده است امکان پیش‌بینی دقیق آب‌وهوا و سایر متغیرهای محیطی را فراهم می‌کند. این فناوری‌ها به «درخت تصمیم» در سراسر مزرعه کمک می‌کنند. در نتیجه کشاورزان تصمیمات آگاهانه تری می‌گیرند و بهره‌وری را افزایش می‌دهد. (Javaid et al., 2022)

از دیگر موارد می‌توان به ظرفیت‌سازی و انتشار اطلاعات به کشاورزان از طریق آموزش‌های ساختاریافته برای ایجاد ظرفیت دپارتمان‌های مربوطه برای درک تأثیرات متنوع تغییرات اقلیمی جهانی حتی در سطوح محلی، برای حفظ تمرکز و ادغام فعالیت‌ها در طرح‌ها و برنامه‌های در حال انجام همسو با شیوه‌های کشاورزی پایدار اشاره کرد. یکی دیگر از موارد پیوند دادن کشاورزان به بازار از طریق مدل‌های کسب‌وکار که شامل تعاونی‌ها، شرکت‌های تولیدکننده و گروه‌های خودیار (SHGs)[۳۸] که به‌اندازه کافی این توانایی را دارند تا به کشاورزان برای دستیابی به بازده بالاتر کمک کنند. (Javaid et al., 2022: Roy and De, 2022: Hamed et al., 2021) از دیگر موارد می‌توان به بیمه محصولات اشاره کرد که باید به‌درستی اجرا شود تا شبکه‌ای ایمن برای کشاورزان به‌ویژه خرده کشاورزان که اغلب به‌عنوان بخشی از جامعه کشاورزی نادیده گرفته می‌شوند ایجاد شود. همچنین یکی دیگر از موارد مهم که اخیراً در سراسر جهان از آن استفاده می‌شود می‌توان به استفاده از برنامه‌های کاربردی هوشمند در کشاورزی اشاره کرد. ازجمله این برنامه‌ها می‌توان به نرم‌افزار DeHaaT اشاره کرد. برنامه DeHaat Farmer یک پلت فرم است که خدمات متعددی ازجمله یادآوری مکرر محصول، تماس‌های صوتی به زبان‌های منطقه‌ای، توصیه‌های مربوط به محصول، گزارش‌های آب‌وهوا، نرخ مندی های محلی و غیره را به بیش از ۱/۴ میلیون کشاورز در ۱۲ ایالت عمده کشاورزی در هند ارائه می‌دهد. (شکل ۲) کشاورزان می‌توانند از این برنامه برای دریافت مشاوره مستقیم از کارشناسان کشاورزی در مورد میزان مصرف دوز کودهای شیمیایی، توصیه‌های بهداشتی محصول و استفاده از محصولات ورودی و باکیفیت بالا استفاده کنند. خریدوفروش محصولات خود را نیز می‌توانند از طریق این اپلیکیشن به سهولت انجام دهند. Center یک فروشگاه کامل خدمات کشاورزی است. کشاورز به تمامی مواد با کیفیت دسترسی دارد، فروش محصولات خود را با خریداران نهادی هماهنگ می‌کند و مشاوره کشاورزی مبتنی بر علم را به‌موقع دریافت می‌کند، که اغلب بر اساس شرایط کشاورزی خاص آن‌ها شخصی‌سازی می‌شود. خدمات مالی خرد و بیمه کشاورزی نیز در اختیار کشاورزان قرار دارد. زنجیره‌ای از مراکز DeHaat در اطراف شهرها وجود دارند که اغلب آن‌ها توسط صاحبان محلی اداره می‌شوند. که "رابط انسانی" قابل‌اعتماد و دوستانه در زمین هستند. (https://agrevolution.in/)

شکل۲. ساختار شبکه DEHAAT (https://agrevolution.in/).

از دیگر این برنامه‌ها اپلیکیشن SESAME می‌باشد که یک سیستم مشاوره کشاورزی است که به‌منظور تهیه هشدار و مشاوره اولیه در اختیار کشاورزان برای مدیریت روزانه محصولات خود قرار می‌گیرد. این سیستم از خروجی‌های مرکز اروپایی پیش‌بینی میان‌مدت وضع هوا برای پیش‌بینی وضعیت هوا در دامنه متوسط (ECMWF)[۳۹] با دوره پیش‌بینی ۱۰ روزه و از پیش‌بینی وضعیت آب و هوایی (WRF)[۴۰] دوره پیش‌بینی ۳ روزه استفاده می‌کند. که پیش‌بینی شامل متغیرهایی همچون بارش، دما، رطوبت، پارامترهای احتمالی تبخیر و تعرق که برای کشاورزی ضروری است می‌باشد. (https://www.agmrc.org/) اپلیکیشن IOT[۴۱] (IOT smart farm) یکی دیگر از برنامه‌های کاربردی در زمینه پیش‌بینی‌های هواشناسی می‌باشند. IOT به‌سرعت و به‌طور گسترده در تمام محیط‌های بی‌سیم در حال توسعه است. که هدف اصلی آن جمع‌آوری داده‌هایی از محیط تولید کشاورزی است که دسترسی آسان را برای امکانات کشاورزی مانند هشدارهای زودهنگام از طریق سرویس پیام کوتاه (SMS)و توصیه‌هایی در مورد الگوهای آب و هوایی، گیاهان و غیره فراهم می‌کند. سیستم IOT از شش روش در بخش کشاورزی تشکیل شده است که عبارت‌اند از: سنجش پارامترهای کشاورزی محلی، شناسایی محل سنسور و جمع‌آوری داده‌ها، انتقال داده‌ها از مزارع برای تصمیم‌گیری، پشتیبانی تصمیم و هشدار زودهنگام گرم شدن بر اساس تحلیل داده‌ها، دانش حوزه و تاریخچه ایجادشده، فعال‌سازی و کنترل بر اساس تصمیم و پایش محصول از طریق ماژول دوربین. (Patil& Kale, 2016, December) از دیگر برنامه‌های کاربردی که در سراسر جهان استفاده می‌شود می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

Kisan Sanchar, Digital Mandi, MYRML by RML Information Services Private Limited (A Venture of Thomson Reuters), Shetkari Masik by Maharashtra State Agriculture Marketing Board, Agriportal, Gram Seva, Kisan, Mandi Prices, Agri Smart and Modern Kheti.

برنامه‌های مالی برای تعدیل و سازگاری کشاورزی با تغییرات اقلیمی

در مواجهه با چالش‌های تغییرات اقلیمی، جوامع بین‌المللی چندین صندوق در سطح جهانی برای «تأمین مالی اقلیم» در کشورهای درحال‌توسعه راه‌اندازی کرده‌اند. (NEPAD Secretariat 2009) تامین مالی اقلیم از طریق کانال‌های دوجانبه و چندجانبه تأمین شده است. بر اساس کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییر اقلیم (UNFCCC)[۴۲]، سه صندوق چندجانبه برای رفع نیازهای مرتبط با اقلیم ایجاد شده است و توسط تسهیلات جهانی محیط‌زیست (GEF)[۴۳] مدیریت می‌شود.

برنامه‌های مالی برای سازگاری کشاورزی با تغییرات اقلیمی چهار دسته اصلی را در برمی‌گیرد. که شامل موارد زیر می‌باشد: ۱-سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حفاظت از آب شامل توسعه و بهبود زیرساخت‌های آبیاری، پروژه‌های انتقال یا انحراف آب در بین مناطق مختلف در سطح کشور، کانتورینگ زمین، تراس بندی، ذخیره آب و غیره، توسعه سیستم‌های زهکشی یکپارچه، ۲-سرمایه‌گذاری در علم و فناوری کشاورزی (به‌عنوان مثال، درک بهتر اثرات تغییرات اقلیمی و آسیب‌پذیری، معرفی انواع محصولات جدید، انتقال فناوری و خدمات ترویج فناوری محلی، بیوتکنولوژی و فناوری صرفه‌جویی در آب)، ۳-سرمایه‌گذاری در برنامه ظرفیت‌سازی شامل ظرفیت توسعه و اجرای طرح‌های ملی و محلی سازگاری با تغییر اقلیم توسط، ظرفیت برنامه‌ریزی و مدیریت جامعه و ارتقای ظرفیت کشاورزان از طریق انجمن‌های کشاورزان (به‌عنوان مثال، انجمن‌های مصرف‌کنندگان آب و تعاونی‌ها) و آموزش آن‌ها.۴ - سرمایه‌گذاری در مدیریت ریسک (به‌عنوان مثال، بیمه کشاورزی، سیستم‌های هشدار زودهنگام و اطلاعات، و بازیابی ظرفیت طبیعی برای مهار اثرات آب و هوایی). بسیاری از سرمایه‌گذاری‌های فوق به‌صورت عملی کار می‌کنند و می‌توانند با کمک‌های مالی داخلی و خارجی مناسب افزایش‌یافته و به مناطق دیگر منتقل شوند. در مجموع، برای تأمین مالی موفقیت‌آمیز کشاورزی تحت شرایط تغییرات اقلیمی، باید اهداف مشترک توسعه، کاهش و سازگاری در کشاورزی را در نظر گرفت. جریان سازی کاهش تأثیر تغییرات اقلیمی و تطبیق کشاورزی در برنامه‌های توسعه کشاورزی و روستایی موجود در برنامه‌های اقدام جهانی و ملی برای تأمین مالی موفق ضروری است.

نتیجه‌گیری و بحث

تغییرات اقلیمی و اثرات آن در سراسر جهان مشاهده می‌شود. شدت و پیامدهای این تأثیرات بسته به عوامل بسیاری ازجمله ظرفیت افراد، جوامع و اکوسیستم‌ها متفاوت است. با افزایش فراوانی مخاطرات اقلیمی هموارکردن مسیر توسعه پایدار و نگرش تاب‌آوری بیش از هر زمان دیگری اهمیت یافته است. از اهداف چنین نگرشی افزایش ظرفیت جوامع در برابر بحران‌ها، کاهش آسیب‌پذیری بخصوص در بخش کشاورزی است. ازآنجاکه ایجاد تاب‌آوری می‌تواند ضامن رفاه انسانی در محل زندگی افراد در حال و آینده باشد، اتخاذ رویکرد و سیاستهایی که با کمک آن‌ها آسیب‌پذیری کاهش یابد و ظرفیت و توانایی نظام‌ها و افراد افزایش یابد ضروری است.

تاب‌آوری مفهومی چندبعدی و شامل ابعاد محیطی، اجتماعی، اقتصادی، زیرساختی، و نهادی است. درنتیجه، باید مؤلفه‌های اصلی تاب‌آوری یعنی ظرفیت جذب، سازگاری و تغییر در سطوح متفاوت فردی و ملی ایجاد و تقویت شود. همچنین در مطالعات و اجرای آن باید این ماهیت چندبعدی در نظر گرفته شود، همه‌ی ابعاد باهم بررسی شوند، و در هر بعد شاخص‌هایی در نظر گرفته شود که در ایجاد تاب‌آوری کل سیستم مؤثر باشد .در کشورهای مختلف، با توجه به امکانات در دسترس و برنامه‌ریزی‌های اجتماعی، آموزشی و به‌کارگیری فناوری، تلاش می‌کنند تاب‌آوری جوامع را افزایش دهند. این امر مستلزم آن است که دولت‌ها در سیاستگذاری‌ها نقش فعالی در ایجاد تغییرات ایفا کنند تا برنامه‌ها و سیاست‌های سازگاری ملی و منطقه‌ای در راستای تاب‌آوری محیط و برای کمینه‌کردن آثار منفی رخدادها و بلایای طبیعی باشد. ازآنجاکه ویژگی‌های جغرافیایی و اجتماعی و فرهنگی هر منطقه متفاوت است، ضروری است که برنامه‌ها و سیاست‌های تاب‌آوری در هر منطقه همراه باشد با مشارکت مدنی، توسعه‌ی دانش بومی، و به‌کارگیری فناوری در راستای دانش بومی و زیرساخت‌های منطقه‌ای .همچنین تصمیم‌گیری‌های دولت‌ها و سیاستگذاران، در راستای وضع قوانین و مقررات و سیاست‌های تاب‌آوری، می‌تواند توانایی بازیگران دیگر را برای سازگاری با تأثیرات تغییرات اقلیمی تقویت یا محدود کند. (Ehsani and Shokoohi, 2022)

فقرای روستایی، ازجمله کشاورزان و تولیدکنندگان در مقیاس کوچک، در برابر تأثیرات نامطلوب اقلیمی و تخریب محیط‌زیست آسیب‌پذیر هستند و به‌طور نامتناسبی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. تأثیرات تغییرات اقلیمی بر اساس منطقه،کشور و همچنین چالش‌های پیش روی هر کشور در ارائه خدمات اقلیمی متفاوت است. بر اساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) نزدیک به ۸۲۱ میلیون نفر در سال ۲۰۱۷ با محرومیت مزمن غذایی مواجه شدند. (FAO, 2018.) تعداد رخدادهای حدی آب و هوایی نیز از اوایل دهه ۱۹۹۰ دو برابر شده است که بر تولیدات کشاورزی و در دسترس بودن مواد غذایی تأثیر منفی گذاشته است. بخش کشاورزی به‌عنوان موتور رشد اجتماعی-اقتصادی در اقتصادهای نوظهور و درحال‌توسعه، به‌عنوان محور توسعه معرفی

می‌شود.طبق گزارش فائو، درحالی‌که کشاورزی در حال حاضر حدود ۳ درصد به تولید ناخالص داخلی جهانی (GDP)[۴۴] کمک می‌کند، در کشورهای کمتر توسعه‌یافته (LDC)[۴۵] بخش کشاورزی می‌تواند تا ۶۰ درصد از تولید ناخالص ملی را تشکیل دهد .(World Bank, 2008). همچنین در کشورهای با جمعیت روستایی زیاد، کشاورزی برای امنیت غذایی و درآمد داخلی حیاتی است. بنابراین خدمات اقلیمی کشاورزی یک راه قدرتمند برای کمک به تصمیم‌گیری و توسعه ظرفیت‌های سازگاری خاص کشاورزان است. بر مبنای نیازهای سرمایه‌گذاری شناسایی‌شده بر اساس هر منطقه و داده‌های جمع‌آوری‌شده در سطح جهانی، شکاف‌ها و چالش‌های کلیدی مختلفی در ارائه خدمات اقلیمی در کشورهای مختلف وجود دارد که عبارت‌اند از: فقدان پیش‌بینی‌های اقلیمی واقعی و دقیق در مقیاس مکانی مربوط به کشاورزی، فقدان اطلاعات در زمان واقعی در مورد رشد و نمو محصول، مشارکت کم تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در تولید و استفاده از خدمات، دسترسی ناعادلانه به کانال‌های ارتباطی، ازجمله نابرابری پوشش شبکه ارتباطی شهری و روستایی، شکاف جنسیتی، استفاده کم از IOT ها و بسته‌های هواشناسی کشاورزی توسط اکثر کاربران آسیب‌پذیر کشاورزی، خدمات اقلیمی اغلب به زبان محلی ترجمه نمی‌شود، تطبیق ناکافی خدمات هواشناسی کشاورزی با نیازها و ترجیحات کشاورزان.

بنابراین فناوری به‌عنوان راهی برای غلبه بر این موانع است که به افزایش انعطاف‌پذیری اقلیمی کمک می‌کند. اما حرکت به سمت تحول کشاورزی دیجیتال در بسیاری از مناطق کند است. برای غلبه بر این موانع مستلزم یک سیستم پویا و پیوسته است که بر اساس نیازها و ترجیحات کاربران طراحی شده باشد. تغییرات رفتاری مشاهده‌شده نشان می‌دهد که آموزش هدفمند هواشناسی کشاورزی و برنامه‌های افزایش آگاهی می‌تواند به‌طور مؤثر روابط و اعتماد را بین کشاورزان تقویت کند. یکی از مسائل مهم، نیاز به تقویت نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات برای ارائه اطلاعات دقیق، قابل‌اعتماد و به‌موقع اقلیمی است. در همین راستا توصیه‌هایی برای توسعه بیشتر استفاده از خدمات هواشناسی کشاورزی جهت کاهش آسیب‌پذیری کشاورزی در برابر افزایش تغییرات آب و هوایی و اقلیمی از طریق مشاوره‌های هواشناسی کشاورزی مبتنی بر پیش‌بینی آب و هوایی ارائه‌شده است. اجرای عملیاتی خدمات هواشناسی کشاورزی یک چالش چندجانبه است. که نیاز به توسعه اطلاعات مفید و محصولات متناسب با نیازهای کاربران نهایی (کشاورزان) وجود دارد (Vincent et al., 2018)، همچنین ایجاد ظرفیت‌های محلی از طریق مؤسسات آموزشی دولتی (به‌عنوان مثال، دبیرستان‌ها و دانشگاه‌ها) و برنامه‌های آموزشی دائمی (مانند دوره‌ها و فیلم‌های آموزشی). ایجاد ظرفیت‌های محلی به کاربران نهایی اجازه می‌دهد تا اطلاعات ارائه‌شده را جذب و استفاده کنند و استفاده از برنامه‌های هوشمند کاربردی یکی دیگر از استراتژی‌های بالقوه برای محافظت کشاورزان در برابر رخدادهای حدی می‌باشد.

یکی دیگر از رویکردها برای تسریع پذیرش فناوری‌ها جهت آموزش کشاورز، استفاده از کشاورزان نمایشی، به‌عنوان نقاط کانونی برای یادگیری کشاورز به کشاورز است. تجربه نشان می‌دهد که کشاورزان بهترین چیزها را از کشاورزان دیگر می‌آموزند. یکی از ابزارهای رایج برای آموزش در کشورهای درحال‌توسعه، برگزاری «سمینارها و کارگاه های آموزشی» است که در آن کارشناسان هواشناسی کشاورزی، کشاورزان و توسعه دهندگان با یکدیگر ملاقات می‌کنند. (به‌عنوان مثال، Tarchiani et al., 2017, 2018, 2021; Bacci et al., 2023) بنابراین تشکیل جلسات بیشتر برای ارائه پلتفرم‌هایی برای یادگیری از یکدیگر و به اشتراک گذاشتن ایده‌ها در مورد چگونگی بهبود ارتباطات مؤثر با کاربران نهایی، اشتراک‌گذاری داده‌ها و اطلاعات، آموزش، و افزایش آگاهی ضروری می‌باشد. همچنین افزایش سرمایه‌گذاری در نصب ایستگاه‌های هواشناسی و رادار خودکار، ایجاد ظرفیت‌های ملی برای نظارت مستمر و نگهداری ایستگاه‌های هواشناسی، افزایش نقش بخش خصوصی در رسیدگی به محدودیت‌های منابع NMHS و بسیاری از خدمات ترویج کشاورزی. ایجاد مشارکت‌های بخش خصوصی برای حمایت از افزایش دسترسی عادلانه به کانال‌های ارتباطی و افزایش تعداد دریافت‌کنندگان خدمات آب‌وهوا و مشاوره‌های کشاورزی با تمرکز بر گروه‌های آسیب‌پذیر، ازجمله زنان. سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای خدمات مناسب که شواهدی از ارزش اقتصادی و مزایای استفاده از خدمات اقلیمی در بخش‌های کلیدی را نشان می‌دهد. ایجاد رویکردهای مشارکتی (به‌عنوان مثال، رویکرد PICSA، مدارس مزرعه کشاورز) برای افزایش قابلیت استفاده از خدمات اقلیم و اطمینان از اینکه کشاورزان می‌توانند در مورد اثربخشی آن‌ها بازخورد ارائه دهند. درنهایت خلاصه نتایج حاصل از این مطالعه طبق (جدول ۱) ارائه شده است.

جدول۱. خلاصه نتایج حاصل از بررسی مطالعات مختلف در زمینه خدمات هواشناسی، چالش‌ها و راهکارهای آن در بخش کشاورزی

پیشنهادها	نتایج	موضوع مورد بررسی
استفاده از سرویس جهانی اطلاعات هواشناسی کشاورزی (WAMIS)، انتشار بولتن‌های هواشناسی کشاورزی، استفاده از وب سرورها و سامانه‌های مدیریتی طراحی شده جهت ارائه خدمات هواشناسی کشاورزی	سرویس‌های اقلیمی در پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت هواشناسی کشاورزی	خدمات هواشناسی در بخش کشاورزی
استفاده از پیش‌بینی‌های هواشناسی دقیق و به‌موقع، ارائه هشدارهای زودهنگام و دقیق در مورد شرایط آب و هوایی، استفاده بهینه از منابع آب، نیروی کار و انرژی بر اساس پیش‌بینی‌های هواشناسی	استراتژی‌های هواشناسی برای محافظت کشاورزان در برابر شرایط جوی، بهبود برنامه‌ریزی استراتژی‌های مزرعه، بهبود تولید و کیفیت محصولات، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری)	
آموزش هدفمند و ارائه برنامه‌های افزایش آگاهی کشاورزان درباره خدمات هواشناسی کشاورزی	مشارکت کم تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در تولید و استفاده از خدمات	
توسعه زیرساخت‌های ارتباطی روستایی و بهبود دسترسی به اطلاعات	دسترسی ناعادلانه به کانال‌های ارتباطی	موانع و چالش‌های ارائه خدمات اقلیمی
ترویج استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشاورزی و آموزش به کشاورزان در مورد نحوه استفاده از آن‌ها	استفاده کم از ICT ها و توصیه‌های هواشناسی کشاورزی	
طراحی یک سیستم پویا و پیوسته بر اساس نیازها و ترجیحات کاربران .	تحول کشاورزی دیجیتال	
استفاده از برنامه‌های آموزشی دائمی و ارتقاء ظرفیت‌های محلی برای انتقال اطلاعات و آگاهی به کشاورزان.	آموزش هدفمند هواشناسی کشاورزی و برنامه‌های افزایش آگاهی روابط و اعتماد را بین کشاورزان تقویت کند	
توسعه بیشتر خدمات هواشناسی کشاورزی و استفاده از برنامه‌های هوشمند کاربردی.	تقویت نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات	
ایجاد رویکردهای مشارکتی و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای ارائه خدمات مناسب و ارتقاء قابلیت استفاده از خدمات اقلیم.	مشارکت بخش خصوصی در حمایت از افزایش دسترسی عادلانه و افزایش تعداد دریافت‌کنندگان خدمات اقلیمی و مشاوره‌های هواشناسی کشاورزی.	رویکردهای تسریع پذیرش فناوری‌ها و راهکارهای ارائه بهتر خدمات اقلیمی به کشاورزان
افزایش تعداد جلسات آموزشی و کارگاه‌ها بین کارشناسان هواشناسی کشاورزی و کشاورزان	برگزاری سمینارها و کارگاه‌های آموزشی	
طراحی یک سیستم پویا و پیوسته بر اساس نیازها و ترجیحات کاربران .	تحول کشاورزی دیجیتال	

Reference:

Abdul Manafi, N. Al-S., Mazaheri, M. (2019). Agricultural meteorology and upcoming opportunities (2). Islamic Parliament Research Center of the Islamic Republic of IRAN. [in Persian]

Alexander, S. (2019). What climate-smart agriculture means to members of the Global Alliance for climate-smart agriculture. Future Food J. Food Agric. Soc. 2019, 7, 21–30.

Arslan, A., McCarthy, N., Lipper, L., Asfaw, S., Cattaneo, A., Kokwe, M. (2015). Climate smart agriculture? Assessing the adaptation implications in Zambia. J. Agric. Econ. 66, 753–780.

Bacci, M., Idrissa, O. A., Zini, C., Burrone, S., Sitta, A. A., and Tarchiani, V. (2023). Effectiveness of agrometeorological services for smallholder farmers: the case study in the regions of Dosso and Tillabéri in Niger, Clim. Serv., 30, 100360, https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100360.

Balaghi, R., Jlibene, M., Tychon, B. & Eerens, H. (2013). Agrometeorological cereal yield forecasting in Morocco. Institut National de la Recherche Agronomique du Maroc (INRA).

Callaghan, M., Schleussner, C. F., Nath, S., Lejeune, Q., Knutson, T. R., Reichstein, M., ... & Minx, J. C. (2021). Machine-learning-based evidence and attribution mapping of 100,000 climate impact studies. Nature climate change, 11(11), 966-972.

CILSS (Permanent Interstate Committee for Drought Control in the Sahel). (2020). AGHRYMET regional center. In: CILSS Publications: Bulletins. https://agrhymet.cilss.int/index. php/bulletins/

Ciruela-Lorenzo, A. M., Del-Aguila-Obra, A. R., Padilla-Meléndez, A., & Plaza-Angulo, J. J. (2020). Digitalization of agri-cooperatives in the smart agriculture context. proposal of a digital diagnosis tool. Sustainability, 12(4), 1325.

Edalat Moghadam, M. (2022). Building Climate-Resilient Communities; Say No to Migration. *Science and Technology Policy Letters*, *12*(4), 98-80. [in Persian]

Ehsani, M., & Shokoohi, Z. (2022). Estimation of Iran's agricultural resilience index to climate change. *Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *7*(1), 63-78. doi: 10.22047/srjasnr.2022.147432. [in Persian]

Escamilla-García, A., Soto-Zarazúa, G. M., Toledano-Ayala, M., Rivas-Araiza, E., & Gastélum-Barrios, A. (2020). Applications of artificial neural networks in greenhouse technology and overview for smart agriculture development. Applied Sciences, 10(11), 3835.

European Environment Agency. (2023). Climate Change Adaptation in the Agriculture Sector in Europe, EEA Report No. 04/2019, EEA, https://www.eea.europa.eu/publications/cc-adaptation-agriculture .

FAO. (2021). Global outlook on climate services in agriculture – Investment opportunities to reach the last mile, FAO, Rome, https://doi.org/10.4060/cb6941en.

FAO. The State of Food and Agriculture. (2020). Overcoming Water Challenges in Agriculture; Food and Agriculture Organisation of the United Nations: Rome, Italy.
Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). Global outlook on climate services in agriculture: Investment opportunities to reach the last mile. Food & Agriculture Org, 153.

Hamed, S., Ibba, P., Petrelli, M., Ciocca, M., Lugli, P., & Petti, L. (2021, November). Transistor-based plant sensors for agriculture 4.0 measurements. In 2021 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor) (pp. 69-74). IEEE.

Harris, D.; Orr, A. (2014). Is rainfed agriculture really a pathway from poverty? Agric. Syst. 123, 84–96.

Hasan, M.K., Desiere, S., D'Haese, M., Kumar, L. (2018). Impact of climate-smart agriculture adoption on the food security of coastal farmers in Bangladesh. Food Secur. 10, 1073–1088.

https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=16002.
https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=12113.

ICPAC. (2021). ICPAC [online]. [Cited 25 January 2021]. https://www.icpac.net/

Iran Meteorological Organization, www.irimo.ir. [in Persian]

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies. International Journal of Intelligent Networks, 3, 150-164.

Kogan, F. N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. Advances in space research, 15(11), 91-100.

Lajoie-O'Malley, A., Bronson, K., van der Burg, S., & Klerkx, L. (2020). The future (s) of digital agriculture and sustainable food systems: An analysis of high-level policy documents. Ecosystem Services, 45, 101183.

Lowder, S. K., Skoet, J., and Raney, T. (2016). The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide, World Dev., 87, 16–29, https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.041.

Manlio, B., Paolo, B., Alberto, G., & Massimiliano, R. (2021). Unmanned Aerial Vehicles for Agriculture: An Overview of IoT-Based Scenarios. Autonomous Airborne Wireless Networks, 217-235.

McKune, S., Poulsen, L., Russo, S., Devereux, T., Faas, S., McOmber, C., Ryley, T. (2018). Reaching the end goal: Do interventions to improve climate information services lead to greater food security? Clim. Risk Manag. 22, 22–41.

Ministry of the Environment and Spatial Planning. (2016). Workshop Agrometeorologists for farmers in hotter, drier, wetter future, 9–10 November 2016, Ljubljana, http://www.dmcsee.org/en/news/122 (last access: 25 January 2023.

Narinbaeva, G., Menglikulov, B., Siddikov, Z., Bustonov, K., & Davlatov, S. (2021). Application of innovative technologies in agriculture of Uzbekistan. In E3S Web of Conferences (Vol. 284). EDP Sciences.

NCAER. (2010). Impact Assessment and Economic Benefits of Weather and Marine Services. National Council of Applied Economic Research, New Delhi.

NCAER. (2015). Economic Benefits of Dynamic Weather and Ocean Information and Advisory Services in India and Cost and Pricing of Customized Products and Services of ESSONCMRWF & ESSO-INCOIS. National Council of Applied Economic Research, New Delhi.

NEPAD Secretariat. (2009). Financial resources and investment for climate change. In: The Africa Partnership Forum Paper on Climate Change. Addis Ababa, Ethiopia.

Pakdaman, M., Babaeian, I., Javanshiri, Z., & Falamarzi, Y. (2022). European multi model ensemble (EMME): A new approach for monthly forecast of precipitation. Water Resources Management, 36(2), 611-623.

Pakdaman, M., Babaeian., I., Bouwer, LM. (2022). Improved Monthly and Seasonal Multi-Model Ensemble Precipitation Forecasts in Southwest Asia Using Machine Learning Algorithms. *Water*. 14(17):2632

Patil, K. A., & Kale, N. R. (2016, December). A model for smart agriculture using IoT. In 2016 international conference on global trends in signal processing, information computing and communication (ICGTSPICC) (pp. 543-545). IEEE.

Pilarova, T., Bavorova, M., Kandakov, A. (2018). Do farmer, household and farm characteristics influence the adoption of sustainable practices? The evidence from the Republic of Moldova. Int. J. Agric. Sustain. 16, 367–384.

Pinto, D. M., Oliveira, P. D., Fachini Minitti, A., Mansur Mendes, A., Freitas Vilela, G., Castro, G. S. A., ... & Stachetti Rodrigues, G. (2021). Impact assessment of information and communication technologies in agriculture: application of the ambitec-TICs method. Journal of technology management & innovation, 16(2), 91-101.

Ponnusamy, K. (2018). Proofing farmers against climate and weather extremities. ICAR-National Dairy Research Institute, Karnal-132001, Haryana, India.

Rathore, L.S. and Parvinder Maini. (2008). Economic Impact Assessment of Agro-Meteorological Advisory Service of NCMRWF. Report no, Ministry of Earth Sciences, Government of India, NOIDA, UP, INDIA.

Roy, S. K., & De, D. (2022). Genetic algorithm based internet of precision agricultural things (IopaT) for agriculture 4.0. Internet of Things, 18, 100201.

S.C. Bhan. (2018). Economic Benefits of Existing Agrometeorological Advisory System of IMD to the Farmers of India. India Meteorological Department, New Delhi -110 003.

SEBBARI, R., Morocco, DMN. (2016). WMO RA VI Workshop on RCC Implementation and the second Coordination meeting of RAVI RCC Network Belgrade, Serbia, 11 – 14 October.

Singh, G., Sharma, Y.R., Shanmugasundaram, S., Shih, S.L. and Green, S.K. (2004). Status of mungbean yellow mosaic virus resistance breeding. In Proc: "Final Workshop and Planning Meeting on Mungbean". Punjab Agricultural University. pp. 204-213.

Singh, S.V. (2018). National Use of Weather Forecast for Livestock Management in Agrometeorological Services. Animal Physiology Division, ICAR-National Dairy Research Institute, Karnal, Haryana, India, 64 pp.

Smit, B., & Pilifosova, O. (2003). Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. Sustainable Development, 8(9), 9.

Tarchiani, V., Camacho, J., Coulibaly, H., Rossi, F., & Stefanski, R. (2018). Agrometeorological services for smallholder farmers in West Africa. Advances in Science and Research, 15, 15-20.

Tarchiani, V., Coulibaly, H., Baki, G., Sia, C., Burrone, S., Nikiema, P. M., Migraine, J. B., and Camacho, J. (2021) Access, uptake, use and impacts of agrometeorological services in Sahelian rural areas: the case of Burkina Faso, Agronomy, 11, 2431, https://doi.org/10.3390/agronomy11122431.

Tarchiani, V., Rapisardi, E., Parrish, P., Di Giuseppe, E., Bacci, M., Baldi, M., and Pasqui, M. (2020). Competencies based innovative learning solutions for co-development of climate services in West Africa, Adv. Sci. Res., 17, 47–52, https://doi.org/10.5194/asr-17-47-2020.

Teagasc. (2023). Signpost Programme, https://www.teagasc.ie/environment/climate-change--air-quality/signpost-programme/ (last access: 25 January 2023).

Totin, E., Segnon, A.C., Schut, M., Affognon, H., Zougmoré, R.B., Rosenstock, T., Thornton, P.K. (2018). Institutional Perspectives of Climate-Smart Agriculture: A Systematic Literature Review. Sustainability, 10, 1990.

Vincent, K., Daly, M., Scannell, C., and Leathes, B. (2018). What can climate services learn from theory and practice of co-production? Clim. Serv., 12, 48–58, https://doi.org/10.1016/j.cliser.2018.11.001.

WHO. (2023). Climate change and health, https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health (last access: 25 January 2023).

WMO. (1972). Technical Note No. 123, Geneva.

WMO. (2020). 2020 State of Climate Services, WMO No. 1252, WHO, Geneva, https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21777#.X4VUG5MzZR4 (last access: 27 January 2023), 2020.

World Bank, 2008. Weather and Climate Services in Europe and Central Asia, A Regional Review. The World Bank.

یادداشت‌ها

[1] *World Meteorological Organization*
[2] *Food and Agriculture Organization*
[3] *National Meteorological and Hydrological Services*
[4] *European Meteorological Society*
[5] *Artificial Neural Network*
[6] *Random Forest*
[7] *AgroMeteorological Advisory Service*
[8] *Intergovernmental Panel on Climate Change*
[9] *Agricultural Meteorology Programme*
[10] *Commission for Agricultural Meteorology*
[11] *Integrated Drought Management Programme*
[12] *World Agrometeorological Information Service*
[13] *Global information and early warning system*
[14] *Normalized difference vegetation index*
[15] *Agricalture Stress Index*
[16] *Agricalture Stress Index System*
[17] *Vegetation Condition Index*

[18] *India Meteorological Department*
[19] *Ministry of Earth Sciences*
[20] *Nongovernmental organization*
[21] *Regional Climate Center for North Africa*
[22] *1French National Institute for Agricultural*
[23] *World Food STudies*
[24] *joint research center*
[25] *European Commission*
[26] *Multivariate Adaptive Regression Splines*
[27] *United States Agency for International Development*
[28] *National Aeronautics and Space Administration*
[29] *National Commission on Agriculture*
[30] *Satellite Instructional Television Experiment*
[31] *India Meteorological Department*
[32] *African Centre of Meteorological Applications for Development*
[33] *Intergovernmental Authority on Development*
[34] *IGAD Climate Prediction and Applications Centre*
[35] *Comité permanent interÉtats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel*
[36] *National Center for Research on Water and Climate Resources and Agricultural Development in the Sahel Africa*
[37] *Southern African Development Community Climate Services Center*
[38] *SelfHelp Groups*
[39] *European Centre for MediumRange Weather Forecasts*
[40] *Weather Research and Forecasting*
[41] *Internet of Things*
[42] *United Nations Framework Convention on Climate Change*
[43] Global Environment Facility
[44] Gross Domestic Product
[45] least developed countries