

Comparative Analysis of Agricultural Adaptation Criteria to Climate Change

S. Zarrinsaz^{۱*}, M. Shourian^۲

Abstract

This paper examines adaptation methods and criteria in the agricultural sector to address climate change. The primary aim of this review study is to conduct a comparative analysis of various adaptation methods and evaluate the criteria influencing the selection and implementation of each method. The methods reviewed include Multi-Criteria Analysis (MCA), Cost-Benefit Analysis (CBA), Cost-Effectiveness Analysis (CEA), and Network-Based Approaches. Each of these methods is assessed from environmental, economic, social, and technical perspectives. The results of this study indicate that selecting an appropriate method for adapting to climate change in agriculture requires considering multiple criteria and conducting comprehensive analyses. The paper also emphasizes the importance of investing in innovative technologies, educating farmers, and fostering international cooperation to develop effective strategies for combating climate change and maintaining the sustainability of the agricultural sector. The findings of this study can assist decision-makers and farmers in choosing the best adaptation strategies and optimizing resources.

Keywords: Adaptation mechanisms, agriculture, climate change, drought.

Received: May ۰۵, ۲۰۲۴

Accepted: June ۱۳, ۲۰۲۴

تحلیل مقایسه‌ای معیارهای سازگاری کشاورزی با تغییرات اقلیمی

سوگند زرین‌ساز^{۱*}، محبتی شوریان^۲

چکیده

این پژوهش به بررسی روش‌ها و معیارهای سازگاری در بخش کشاورزی به منظور مقابله با تغییرات اقلیمی می‌پردازد. هدف اصلی این مطالعه، تحلیل مقایسه‌ای روش‌های مختلف سازگاری و ارزیابی معیارهای مؤثر در انتخاب و اجرای هر یک از این روش‌ها است. روش‌های مورد بررسی شامل تحلیل چندمعیاره (MCA)، تحلیل هزینه - فایده (CBA)، تحلیل هزینه - اثربخشی (CEA) و رویکردهای شبکه‌محور است. هر یک از این روش‌ها از دیدگاه‌های مختلف محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فنی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که انتخاب روش مناسب برای سازگاری با تغییرات اقلیمی در کشاورزی نیازمند در نظر گرفتن معیارهای متعدد و انجام تحلیل‌های جامع است. این مقاله همچنین بر اهمیت سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین، آموزش کشاورزان و همکاری‌های بین‌المللی تأکید دارد تا بتوان راهبردهای مؤثری برای مقابله با تغییرات اقلیمی و حفظ پایداری بخش کشاورزی ایجاد کرد. نتایج این مطالعه می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان و کشاورزان در انتخاب بهترین راهبردهای سازگاری و بهینه‌سازی منابع کمک کند.

کلمات کلیدی: سازوکار سازگاری، کشاورزی، تغییر اقلیم، خشکسالی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۲/۱۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۳/۲۴

۱. MSc. Candidate, Abbaspur Technical and Engineering Campus, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Email: sogand.۲۰۰۰, ۱۳۹۷@gmail.com

۲. Associate Professor, Abbaspur Technical and Engineering Campus, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

* Corresponding Author

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد^۳ رددیس فنی و مهندسی عباسپور^۱ دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

ایمیل: sogand.۲۰۰۰, ۱۳۹۷@gmail.com

۲. دانشیار^۳ رددیس فنی و مهندسی عباسپور^۱ دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

نویسنده مسئول

مقدمه

است. در این مقاله، ابتدا به بررسی تأثیرات تغییرات اقلیمی بر کشاورزی پرداخته و سپس روش‌ها و تکنیک‌های مختلف سازگاری که در مطالعات اخیر پیشنهاد شده‌اند را مورد بررسی قرار خواهیم داد. این روش‌ها شامل تحلیل‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی است که هر کدام به نوعی در بهبود پایداری کشاورزی نقش دارند.

از جمله مهم‌ترین راهبردهای سازگاری می‌توان به اصلاح الگوهای زراعی، استفاده از ارقام مقاوم به خشکی و گرما، بهبود مدیریت منابع آب، و بهره‌گیری از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات (ICT) در مدیریت کشاورزی اشاره کرد. همچنین، نقش آموزش و توانمندسازی کشاورزان در پذیرش و اجرای این روش‌ها بسیار حائز اهمیت است.

در ادامه مقاله، به بررسی موردی کشورها و مناطقی خواهیم پرداخت که توانسته‌اند با موفقیت راهبردهای سازگاری نوین را پیاده‌سازی کنند و از تجربیات آن‌ها درس‌هایی برای دیگر مناطق استخراج خواهیم کرد. همچنین، چالش‌ها و موانع پیش‌روی اجرای این راهبردها، از جمله محدودیت‌های مالی، فنی و اجتماعی نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در پایان، این مقاله با ارائه پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده و راهبردهای سیاست‌گذاری به منظور بهبود سازگاری کشاورزی با تغییرات اقلیمی، به اتمام خواهد رسید. امید است این مقاله بتواند به‌عنوان منبعی جامع و کاربردی برای محققان، سیاست‌گذاران و کشاورزان

تغییرات اقلیمی یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های جهانی است که تأثیرات آن در تمامی جنبه‌های زندگی بشری و محیط‌زیست قابل مشاهده است. بخش کشاورزی به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین صنایع که تأمین غذای جمعیت جهان را بر عهده دارد، به‌طور ویژه‌ای تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار گرفته است. افزایش دما، تغییر الگوی بارش، و رخدادهای جوی شدید مانند سیل و خشکسالی از جمله پیامدهای تغییرات اقلیمی هستند که مستقیماً بر تولید محصولات کشاورزی تأثیر می‌گذارند. این تغییرات نه‌تنها بهره‌وری و کیفیت محصولات کشاورزی را کاهش می‌دهند، بلکه پایداری منابع طبیعی مانند خاک و آب را نیز به خطر می‌اندازند.

در این راستا، ضرورت انکارناپذیری برای توسعه و اجرای راهبردهای سازگاری نوین در بخش کشاورزی وجود دارد. سازگاری با تغییرات اقلیمی در کشاورزی به معنای اتخاذ روش‌ها و تکنیک‌هایی است که بتوانند تأثیرات منفی این تغییرات را کاهش دهند و بهره‌وری سیستم‌های کشاورزی را بهبود بخشند. این روش‌ها و تکنیک‌ها می‌توانند شامل تغییر در الگوهای کاشت، استفاده بهینه از منابع آب، به‌کارگیری فناوری‌های نوین، و توسعه زیرساخت‌های مقاوم در برابر شرایط جوی متغیر باشند.

هدف از این مقاله، بررسی تحلیلی سازگاری‌های نوین در بخش کشاورزی برای مقابله با تغییرات اقلیمی

می‌شود. دماهای بالا نیز می‌تواند بر تولید محصول و سلامت گیاهان تأثیر منفی بگذارد و در مواردی منجر به مرگ گیاهان شود.

تغییرات اقلیمی باعث افزایش فراوانی و شدت رخدادهای جوی شدید مانند طوفان‌ها، سیلاب‌ها، و گرمای شدید می‌شود. طوفان‌ها و بادهای شدید می‌توانند باعث تخریب محصولات کشاورزی، آسیب به زیرساخت‌ها و افزایش خسارت‌های مالی شوند. همچنین، گرمای شدید و امواج گرمایی می‌توانند به کاهش تولید محصول، کاهش کیفیت محصول و افزایش نیاز به آبیاری منجر شوند.

تغییرات اقلیمی می‌توانند بر انتشار و شدت آفات و بیماری‌ها نیز تأثیر بگذارند. افزایش دما می‌تواند موجب رشد سریع‌تر جمعیت آفات شود که باعث آسیب به محصولات می‌شود. شرایط آب‌وهوایی گرم و مرطوب نیز می‌تواند محیط مناسبی برای گسترش بیماری‌های گیاهی فراهم کند، که باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصولات می‌شود.

تغییرات اقلیمی همچنین بر دسترسی و کیفیت منابع آب تأثیر می‌گذارد. خشکسالی‌ها و کاهش بارش می‌تواند منابع آب شیرین را کاهش دهد که تأثیر مستقیم بر کشاورزی دارد. با افزایش تبخیر و نیاز آبی گیاهان، نیاز به سیستم‌های آبیاری کارآمد و پایدار افزایش می‌یابد.

تأثیرات تغییرات اقلیمی بر جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی کشاورزی نیز بسیار گسترده است. کاهش

در جهت بهبود و پایداری بخش کشاورزی در مواجهه با تغییرات اقلیمی مورد استفاده قرار گیرد.

تأثیر تغییرات اقلیمی در بخش کشاورزی

تغییرات اقلیمی به مجموعه تغییرات بلندمدت در الگوهای آب‌وهوایی زمین اشاره دارد که عمدتاً ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند سوزاندن سوخت‌های فسیلی و تغییر کاربری زمین است. این تغییرات تأثیرات گسترده‌ای بر بخش کشاورزی دارند. یکی از مهم‌ترین تأثیرات تغییرات اقلیمی، تغییرات الگوی بارش است. کاهش بارش یا تغییر در توزیع فصلی آن می‌تواند منجر به خشکسالی‌های طولانی‌تر و شدیدتر شود که به‌طور مستقیم تولید محصولات کشاورزی را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، افزایش بارش‌های سنگین می‌تواند باعث سیلاب‌ها و شست‌وشوی خاک و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان شود؛ همچنین تخریب زیرساخت‌های کشاورزی را در پی داشته باشد.

افزایش دمای زمین نیز یکی دیگر از تأثیرات مهم تغییرات اقلیمی است که پیامدهای مختلفی بر کشاورزی دارد. افزایش دما باعث تسریع تبخیر و افزایش نیاز آبی گیاهان می‌شود. با افزایش دما، میزان تبخیر آب از سطح زمین و گیاهان افزایش می‌یابد که نیاز به آب بیشتری برای آبیاری ایجاد می‌کند. همچنین، تغییر در دوره‌های رشد گیاهان می‌تواند دوره‌های رشد را کوتاه‌تر کند، که منجر به کاهش عملکرد محصولات و تغییر در زمان برداشت محصولات

خطرات ناشی از آفات و بیماری‌ها کمک می‌کند و موجب بهبود سلامت خاک و افزایش بهره‌وری زراعی می‌شود. این تغییرات می‌توانند به کشاورزان کمک کنند تا تولید پایداری داشته باشند و بهره‌وری خود را در شرایط متغیر اقلیمی حفظ کنند.

استفاده از ارقام مقاوم به خشکی و گرما

استفاده از ارقام مقاوم به خشکی و گرما یکی دیگر از راهبردهای سازگاری مؤثر در کشاورزی است. پژوهش‌های بسیاری برای توسعه و معرفی ارقام جدید گیاهان که مقاومت بیشتری در برابر شرایط سخت اقلیمی دارند، انجام شده است. این ارقام می‌توانند در شرایط خشکسالی و دماهای بالا به خوبی رشد کنند و تولید محصول مناسبی داشته باشند. استفاده از این ارقام می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا با کاهش تولید مواجه نشوند و بهره‌وری خود را حتی در شرایط اقلیمی نامساعد حفظ کنند. همچنین، این ارقام می‌توانند نیاز به آبیاری را کاهش دهند و مصرف آب را بهینه کنند.

بهبود مدیریت منابع آب

بهبود مدیریت منابع آب از دیگر روش‌های کلیدی برای سازگاری با تغییرات اقلیمی در کشاورزی است. استفاده بهینه از منابع آب و کاهش هدررفت آن می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا در دوره‌های خشکسالی و کم‌آبی، بهره‌وری خود را حفظ کنند. روش‌هایی مانند آبیاری قطره‌ای، آبیاری زیرسطحی و استفاده از سامانه‌های هوشمند مدیریت آب می‌توانند به بهبود کارایی مصرف آب کمک کنند. همچنین، جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب باران و استفاده از

تولید و افزایش هزینه‌ها می‌تواند منجر به کاهش درآمد کشاورزان شود. همچنین، ناپایداری شرایط کشاورزی می‌تواند باعث مهاجرت کشاورزان به مناطق دیگر و تخلیه روستاها شود. علاوه بر این، تغییرات اقلیمی می‌تواند بر تنوع زیستی و اکوسیستم‌های کشاورزی نیز تأثیر بگذارد. تغییرات در شرایط اقلیمی می‌تواند منجر به کاهش تنوع زیستی در مناطق کشاورزی شود که بر پایداری و سلامت اکوسیستم تأثیر می‌گذارد. در نتیجه، تغییرات اقلیمی چالش‌های جدی و پیچیده‌ای برای بخش کشاورزی ایجاد می‌کند که نیازمند توسعه و اجرای راهبردهای سازگاری نوین و کارآمد برای مقابله با این تأثیرات است. این مقاله به بررسی این راهبردها و تحلیل دقیق تأثیرات آن‌ها بر کشاورزی می‌پردازد تا به بهبود پایداری و کارایی این بخش کمک کند.

روش‌ها و تکنیک‌های سازگاری در بخش

کشاورزی

اصلاح الگوهای زراعی

یکی از روش‌های مهم سازگاری در کشاورزی، اصلاح الگوهای زراعی است. این روش شامل تغییر در زمان کاشت و برداشت محصولات، چرخش زراعی و تنوع کشت است. تغییر زمان کاشت و برداشت محصولات می‌تواند به گیاهان کمک کند تا با شرایط اقلیمی جدید سازگار شوند و از تأثیرات منفی تغییرات آب‌وهوایی، مانند گرماهای شدید یا بارش‌های ناگهانی، در امان بمانند. چرخش زراعی و تنوع کشت به کاهش

همچنین، استفاده از پهپادها و سنسورهای هوشمند می‌تواند به نظارت دقیق‌تر بر وضعیت خاک، آب و گیاهان کمک کند و اقدامات لازم را برای بهبود شرایط مزرعه به موقع انجام دهد. این فناوری‌ها می‌توانند به افزایش بهره‌وری و کاهش مخاطرات ناشی از تغییرات اقلیمی کمک کنند و کشاورزی را به سوی پایداری و کارایی بیشتر هدایت کنند. این روش‌ها و تکنیک‌های سازگاری می‌توانند به کشاورزان کمک کنند تا با تغییرات اقلیمی مواجه شوند و بهره‌وری خود را حفظ کنند. اجرای این راهکارها نیازمند سرمایه‌گذاری، آموزش و همکاری گسترده بین کشاورزان، پژوهشگران و سیاست‌گذاران است تا بتوان از پتانسیل‌های موجود برای مقابله با چالش‌های تغییرات اقلیمی بهره‌برداری کرد. روش‌ها و تکنیک‌های سازگاری در بخش کشاورزی در جدول ۱ خلاصه شده است.

فناوری‌های تصفیه و بازیافت آب، از جمله راهکارهای مؤثر در مدیریت منابع آب هستند. بهبود مدیریت منابع آب نه تنها به حفظ منابع آب کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به کاهش هزینه‌های تولید و افزایش پایداری کشاورزی منجر شود.

فناوری‌های نوین در کشاورزی

فناوری‌های نوین در کشاورزی، نقش بسیار مهمی در افزایش توانایی کشاورزان برای سازگاری با تغییرات اقلیمی دارند. استفاده از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات (ICT)، سنسورهای هوشمند، پهپادها و سیستم‌های مبتنی بر داده‌های بزرگ (Big Data) می‌تواند به بهبود مدیریت مزرعه و تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر کمک کند. برای مثال، استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های پیش‌بینی آب‌وهوا می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا برنامه‌ریزی بهتری برای کاشت و برداشت محصولات داشته باشند.

جدول ۱: بررسی روش‌ها و سازوکارهای سازگاری در بخش کشاورزی

روش‌ها و تکنیک‌ها	توضیحات
اصلاح الگوهای زراعی	تغییر زمان کاشت و برداشت، چرخش زراعی و تنوع کشت؛ کمک به سازگاری گیاهان با شرایط اقلیمی جدید، کاهش خطرات آفات و بیماری‌ها، بهبود سلامت خاک و افزایش بهره‌وری زراعی
استفاده از ارقام مقاوم به خشکی و گرما	توسعه و معرفی ارقام گیاهان مقاوم به خشکی و دماهای بالا؛ حفظ تولید محصول در شرایط سخت اقلیمی، کاهش نیاز به آبیاری و بهینه‌سازی مصرف آب
بهبود مدیریت منابع آب	استفاده بهینه از منابع آب با روش‌هایی مانند آبیاری قطره‌ای و زیرسطحی، سامانه‌های هوشمند مدیریت آب، جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب باران، استفاده از فناوری‌های تصفیه و بازیافت آب؛ بهبود کارایی مصرف آب، کاهش هزینه‌های تولید و افزایش پایداری کشاورزی
فناوری‌های نوین در کشاورزی	استفاده از ICT، سنسورهای هوشمند، پهپادها، سیستم‌های مبتنی بر Big Data، GIS و مدل‌های پیش‌بینی آب‌وهوا؛ بهبود مدیریت مزرعه و تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر، افزایش بهره‌وری و کاهش مخاطرات ناشی از تغییرات اقلیمی

روش‌های سازگاری در بخش کشاورزی

در مواجهه با تغییرات اقلیمی، کشاورزان و متخصصان کشاورزی نیازمند اتخاذ روش‌های متنوع و مؤثری هستند که بتوانند تأثیرات منفی تغییر اقلیم را کاهش داده و پایداری تولیدات کشاورزی را حفظ کنند. این روش‌ها شامل تکنیک‌های مدیریتی، فناوری‌های نوین، و تغییرات در نظام‌های کشاورزی است که در ادامه به تفصیل به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

یکی از مهم‌ترین روش‌های سازگاری، انتخاب و اصلاح گونه‌های مقاوم به شرایط جدید اقلیمی است. در این روش، گونه‌های گیاهی و دامی انتخاب می‌شوند که توانایی تحمل دماهای بالاتر، خشکی و کم‌آبی را داشته باشند. اصلاح ژنتیکی و بهبود نژادها می‌تواند به افزایش مقاومت این گونه‌ها کمک کند. برای مثال، در مناطقی که با خشکسالی مواجه هستند، می‌توان از گونه‌های گیاهی که نیاز به آب کمتری دارند و مقاومت بیشتری در برابر خشکی دارند، استفاده کرد. این گونه‌ها نه تنها می‌توانند به کاهش مصرف آب کمک کنند، بلکه می‌توانند تولید محصول را در شرایط سخت اقلیمی نیز تضمین کنند.

مدیریت منابع آب یکی دیگر از روش‌های کلیدی سازگاری در کشاورزی است. با کاهش منابع آب و افزایش نیاز به آب در کشاورزی، استفاده بهینه و کارآمد از آن اهمیت بیشتری پیدا کرده است. سیستم‌های آبیاری مدرن و کارآمد مانند آبیاری قطره‌ای و تحت فشار می‌توانند به کاهش مصرف و افزایش بهره‌وری آب کمک کنند. همچنین، تکنیک‌های جمع‌آوری و ذخیره آب باران می‌توانند در

مناطق که بارش‌های نامنظم دارند، به تأمین آب مورد نیاز برای کشاورزی کمک کنند.

کشاورزی دقیق و استفاده از فناوری‌های نوین نیز نقش مهمی در سازگاری با تغییر اقلیم دارد. کشاورزی دقیق شامل استفاده از سنسورها، ماهواره‌ها، و سیستم‌های مدیریت داده برای نظارت دقیق بر شرایط مزرعه و بهینه‌سازی مصرف منابع است. این فناوری‌ها به کشاورزان امکان می‌دهند تا به صورت بلادرنگ اطلاعات دقیقی از وضعیت خاک، آب و محصولات خود دریافت کنند و بر اساس این اطلاعات، تصمیمات بهتری بگیرند. برای مثال، استفاده از سنسورهای رطوبت خاک به کشاورزان کمک می‌کند تا زمان و مقدار آبیاری را بهینه کرده و از هدررفت آب جلوگیری کنند.

مدیریت خاک و بهبود سلامت آن نیز بخش مهمی از روش‌های سازگاری است. خاک سالم و بارور به بهبود تولید محصولات و مقاومت بیشتر آن‌ها در برابر شرایط نامساعد کمک می‌کند. روش‌هایی مانند تناوب زراعی، کشت مخلوط، و استفاده از کودهای آلی به حفظ و بهبود سلامت خاک کمک می‌کنند. این روش‌ها فرسایش خاک را کاهش داده و مواد مغذی را در خاک حفظ می‌کنند، که این امر برای تولید پایدار محصولات کشاورزی حیاتی است.

افزایش آگاهی و آموزش کشاورزان نیز از جمله روش‌های اساسی سازگاری است. کشاورزان باید با تأثیرات تغییر اقلیم و روش‌های نوین سازگاری آشنا باشند و توانایی استفاده از این روش‌ها را داشته باشند. برنامه‌های آموزشی و ترویجی به ارتقا دانش و

به‌طور خلاصه، روش‌های سازگاری در کشاورزی یک مجموعه جامع و چند بعدی از اقدامات است که هدف آن‌ها تطبیق سیستم‌های کشاورزی با شرایط جدید اقلیمی و حفظ پایداری تولیدات کشاورزی است. این روش‌ها با ارتقا مقاومت و انعطاف‌پذیری کشاورزی، مدیریت پایدار منابع و استفاده از فناوری‌های نوین، می‌توانند به کشاورزان در مواجهه با چالش‌های تغییر اقلیم کمک کنند و امنیت غذایی جهان را تضمین کنند. روش‌های سازگاری در بخش کشاورزی و نتایج ناشی از آن بر روی محصولات کشاورزی در جدول ۲ خلاصه شده است.

مهارت‌های کشاورزان کمک می‌کنند و آن‌ها را برای مواجهه با چالش‌های جدید آماده می‌سازند. در نهایت، سیاست‌گذاری و حمایت دولتی نیز نقش مهمی در تقویت سازگاری در کشاورزی دارد. دولت‌ها از طریق تدوین و اجرای سیاست‌های حمایتی، تسهیلات مالی، تحقیق و توسعه، و ارائه خدمات مشاوره‌ای به کشاورزان کمک می‌کنند تا اقدامات سازگاران را به‌کار گیرند؛ همچنین، با ایجاد چارچوب‌های قانونی و مقرراتی، استفاده پایدار از منابع را تشویق می‌کنند، که به پیاده‌سازی اقدامات سازگاران کمک می‌نماید.

جدول ۲: بررسی و مقایسه روش‌های سازگاری در بخش کشاورزی

روش سازگاری	نمونه‌ها	نتایج بر بخش کشاورزی
انتخاب و اصلاح گونه‌های مقاوم	گونه‌های مقاوم به خشکی - گونه‌های مقاوم به دماهای بالا	کاهش نیاز به آب - افزایش تحمل در برابر شرایط اقلیمی سخت - حفظ و افزایش تولید محصولات
مدیریت منابع آبی	آبیاری قطره‌ای - جمع‌آوری آب باران	کاهش مصرف آب - بهبود بهره‌وری آبیاری - اطمینان از تأمین آب در شرایط کم‌آبی
کشاورزی دقیق	استفاده از سنسورها - ماهواره‌ها - سیستم‌های مدیریت داده	بهبود بهره‌وری مصرف منابع - افزایش دقت در تصمیم‌گیری‌ها - کاهش هدررفت منابع
مدیریت خاک	تناوب زراعی - کشت مخلوط - استفاده از کودهای آلی	حفظ و بهبود سلامت خاک - کاهش فرسایش خاک - افزایش مواد مغذی خاک
افزایش آگاهی و آموزش کشاورزان	برنامه‌های آموزشی - کارگاه‌های ترویجی	ارتقا دانش و مهارت‌های کشاورزان - توانایی استفاده از روش‌ها و فناوری‌های نوین - بهبود عملکرد کلی
سیاست‌گذاری و حمایت دولتی	تسهیلات مالی - تحقیق و توسعه - خدمات مشاوره‌ای	حمایت مالی از کشاورزان - تشویق به استفاده پایدار از منابع - ایجاد زیرساخت‌های لازم

سازوکارهای سازگاری در کشاورزی

تحلیل چندمعیاره (MCA)

تحلیل چندمعیاره (Multi-Criteria Analysis - MCA) یک روش ارزیابی است که به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا گزینه‌های مختلف را بر اساس چندین معیار مقایسه و ارزیابی کنند. در زمینه کشاورزی، MCA می‌تواند به انتخاب استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی کمک کند. این روش شامل شناسایی معیارهای مختلف مانند محیطی، اقتصادی، اجتماعی، و فنی و سپس ارزیابی هر گزینه بر اساس این معیارها است. به عنوان مثال، یک استراتژی ممکن است از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد، اما از نظر زیست‌محیطی تأثیر منفی داشته باشد. با استفاده از MCA، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند تمامی این جنبه‌ها را در نظر گرفته و یک تصمیم جامع‌تر بگیرند.

تحلیل هزینه - فایده (CBA)

تحلیل هزینه - فایده (Cost-Benefit Analysis - CBA) یک روش ارزیابی اقتصادی است که به مقایسه هزینه‌ها و مزایای یک پروژه یا استراتژی کمک می‌کند. در کشاورزی، CBA می‌تواند برای ارزیابی کارایی اقتصادی روش‌های مختلف سازگاری با تغییرات اقلیمی استفاده شود. این روش شامل محاسبه هزینه‌های اولیه و عملیاتی یک استراتژی و سپس مقایسه آن‌ها با مزایای اقتصادی حاصل از اجرای آن است. برای مثال، هزینه‌های نصب سیستم‌های آبیاری پیشرفته ممکن است با افزایش تولید و کاهش مصرف آب جبران شود. CBA به تصمیم‌گیرندگان کمک

می‌کند تا گزینه‌های مقرون به صرفه‌تر را انتخاب کنند و منابع مالی را به بهترین شکل ممکن تخصیص دهند.

تحلیل هزینه - اثربخشی (CEA)

تحلیل هزینه - اثربخشی (Cost-Effectiveness Analysis - CEA) روشی است که به ارزیابی و مقایسه اثربخشی نسبی هزینه‌های مختلف اختصاص داده شده به یک استراتژی یا پروژه می‌پردازد. در کشاورزی، CEA برای تعیین بهترین روش‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی که بیشترین تأثیر را با کمترین هزینه دارند، استفاده می‌شود. این روش به ویژه زمانی مفید است که هدفی مشخص، مانند کاهش مصرف آب یا افزایش مقاومت به خشکی، در نظر باشد. CEA به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد تا روش‌هایی انتخاب کنند که بیشترین بازده را برای هر واحد هزینه به همراه دارند.

رویکردهای شبکه‌محور

رویکردهای شبکه‌محور (Network-Based Approaches) به تحلیل و مدیریت شبکه‌های پیچیده‌ای از ارتباطات و تعاملات بین اجزای مختلف سیستم کشاورزی می‌پردازند. این رویکردها می‌توانند برای ارزیابی و بهینه‌سازی راهبردهای سازگاری با تغییرات اقلیمی مورد استفاده قرار گیرند. برای مثال، رویکرد شبکه‌محور تعاملات بین کشاورزان، بازارها، منابع آب و سیاست‌گذاران را بررسی می‌کند و به شناسایی نقاط ضعف و قوت در سیستم کشاورزی کمک می‌نماید. استفاده از این رویکردها به توسعه استراتژی‌های جامع‌تر و هماهنگ‌تر برای سازگاری با تغییرات اقلیمی منجر می‌شود. این رویکردها به ویژه در

مختلف مورد استفاده در بخش کشاورزی در تحقیقات گذشته در جدول ۳ خلاصه شده است. از طرف دیگر در جدول ۴ به بررسی و مقایسه سازوکارهای سازگاری در بخش کشاورزی و نتایج آن‌ها پرداخته شده است.

مدیریت منابع مشترک و تصمیم‌گیری‌های جمعی مؤثر هستند. درخت تصمیم انتخاب روش‌های تجزیه و تحلیل معیارهای سازگاری با تغییر اقلیم در شکل ۱ خلاصه شده است. همچنین، سازوکارهای سازگاری

جدول ۳: معیارهای سازگاری در بخش کشاورزی و نتایج آن‌ها

ساز و کار سازگاری	معیارها	نتایج
تحلیل چندمعیاره	اثرات زیست‌محیطی - اثرات اقتصادی - اثرات اجتماعی - اثرات فنی	شناسایی گزینه‌های مطلوب سازگاری - ارتقا تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد
تحلیل سلسله‌مراتبی	اهمیت معیارها - تأثیر هر معیار بر معیارهای بالاتر	سازماندهی سلسله‌مراتبی اقدامات - انتخاب بهترین گزینه‌های سازگاری
تحلیل هزینه - فایده	هزینه‌های مرتبط - فواید حاصل از اقدامات سازگاری	ارزیابی بهینه هزینه‌ها و فواید - انتخاب راهبردها و سیاست‌های بهینه برای سازگاری
تحلیل هزینه اثربخشی	هزینه‌های زیرساختی - هزینه‌های تولید - هزینه‌های نگهداری	تخصیص بهینه منابع برای اقدامات سازگاری - انتخاب استراتژی‌های بهینه جهت مدیریت هزینه‌ها و فواید سازگاری
رویکرد شبکه‌محور	تبادل اطلاعات و دانش - همکاری بین مراکز کشاورزی، دولت و صنعت	بهبود ارتباطات و همکاری بین عوامل مختلف کشاورزی - افزایش کارایی و اثربخشی اقدامات سازگاری در بخش کشاورزی



شکل ۱: مزایا و معایب روش‌های تجزیه و تحلیل معیارهای سازگاری با تغییر اقلیم

جدول ۴: بررسی و مقایسه‌ی سازوکارهای سازگاری در بخش کشاورزی و نتایج آن‌ها

روش‌های ارزیابی	توضیحات	مزایا	معایب
تحلیل چندمعیاره (MCA)	مقایسه گزینه‌ها بر اساس معیارهای محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فنی؛ کمک به تصمیم‌گیری جامع‌تر	در نظر گرفتن چندین معیار به‌طور هم‌زمان؛ امکان بررسی جامع‌تر و دقیق‌تر گزینه‌ها؛ انعطاف‌پذیری بالا	پیچیدگی بالا در تعیین و وزن‌دهی به معیارها؛ نیاز به داده‌های جامع و دقیق
تحلیل هزینه - فایده (CBA)	مقایسه هزینه‌ها و مزایای اقتصادی؛ انتخاب گزینه‌های مقرون‌به‌صرفه‌تر و تخصیص منابع مالی بهینه	ارزیابی دقیق اقتصادی؛ کمک به تخصیص بهینه منابع؛ قابل فهم برای تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران	نادیده گرفتن معیارهای غیرمالی؛ حساسیت به دقت داده‌های هزینه و فایده
تحلیل هزینه - اثربخشی (CEA)	ارزیابی اثربخشی نسبی هزینه‌ها؛ تعیین بهترین روش‌ها برای دستیابی به اهداف خاص با کمترین هزینه	امکان شناسایی روش‌های مؤثر با هزینه‌های کم؛ مناسب برای اهداف خاص؛ ارزیابی دقیق اثربخشی	محدود به اهداف خاص؛ نیاز به داده‌های دقیق اثربخشی و هزینه؛ نادیده گرفتن معیارهای دیگر
رویکردهای شبکه‌محور	تحلیل شبکه‌های پیچیده ارتباطات و تعاملات؛ شناسایی نقاط ضعف و قوت در سیستم کشاورزی؛ توسعه استراتژی‌های جامع‌تر و هماهنگ‌تر	شناسایی و مدیریت تعاملات پیچیده؛ بهبود همکاری و هماهنگی بین اجزای مختلف سیستم؛ کمک به بهبود پایداری سیستم	پیچیدگی و نیاز به تحلیل دقیق داده‌های شبکه‌ای؛ نیاز به ابزارها و تکنیک‌های پیشرفته برای تحلیل شبکه؛ زمان‌بر و نیازمند منابع انسانی و مالی بیشتر برای اجرای کامل تحلیل‌های شبکه‌محور

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

سازگار شوند و تولیدات خود را حتی در شرایط نامساعد حفظ کنند. با اجرای این روش‌ها، کشاورزی می‌تواند نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی و پایداری محیط‌زیست ایفا کند.

تحلیل‌های چندمعیاره (MCA) به‌عنوان ابزاری مهم در ارزیابی و انتخاب استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی معرفی شدند. این روش‌ها به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند تا با در نظر گرفتن معیارهای مختلف محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فنی، تصمیم‌های

این پژوهش نشان داد که روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی برای سازگاری کشاورزی با تغییرات اقلیمی وجود دارد که به بهبود پایداری و بهره‌وری در این بخش کمک می‌کند. اصلاح الگوهای زراعی، استفاده از ارقام مقاوم به خشکی و گرما، بهبود مدیریت منابع آب و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین همگی به‌عنوان راهبردهای کلیدی مطرح شدند. این راهبردها به کشاورزان کمک می‌کنند تا با تغییرات اقلیمی بهتر

اجزای مختلف سیستم کشاورزی، به شناسایی نقاط ضعف و قوت کمک می‌کنند. استفاده از رویکردهای شبکه‌محور می‌تواند به توسعه استراتژی‌های جامع‌تر و هماهنگ‌تر منجر شود که توانایی سیستم کشاورزی را در مقابله با تغییرات اقلیمی افزایش می‌دهند. این رویکردها به‌ویژه در مدیریت منابع مشترک و تصمیم‌گیری‌های جمعی مؤثرند.

یکی از نتایج مهم این مقاله تأکید بر نیاز به سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی و آموزش کشاورزان است. اجرای موفقیت‌آمیز راهبردهای سازگاری با تغییرات اقلیمی نیازمند سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین، زیرساخت‌ها و پژوهش‌های مرتبط است. همچنین، آموزش کشاورزان درباره روش‌ها و تکنیک‌های جدید سازگاری و مدیریت منابع می‌تواند به افزایش بهره‌وری و پایداری کمک کند. بدون آموزش و حمایت مناسب، پیاده‌سازی این روش‌ها ممکن است با چالش‌های زیادی مواجه شود.

در مجموع، این پژوهش نشان می‌دهد که با استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های متنوع و با بهره‌گیری تحلیل‌های دقیق، می‌توان به بهبود سازگاری بخش کشاورزی با تغییرات اقلیمی کمک کرد و از تأثیرات منفی آن کاست.

مراجع

سیاری، علیزاده، ا؛ ن، حسامی‌کرمانی؛ م، محمدی و ح، نوری، «بررسی سازگاری کشاورزی با تغییرات

جامع‌تری بگیرند. از آنجا که تغییرات اقلیمی تأثیرات گسترده‌ای بر بخش کشاورزی دارند، استفاده از تحلیل‌های چندمعیاره می‌تواند به انتخاب بهترین استراتژی‌ها و بهینه‌سازی منابع کمک کند.

تحلیل هزینه - فایده (CBA) یکی از ابزارهای مهم برای ارزیابی اقتصادی استراتژی‌های سازگاری است. این روش با مقایسه هزینه‌ها و مزایای اقتصادی مختلف گزینه‌ها، به تصمیم‌گیرندگان امکان می‌دهد تا گزینه‌های مقرون‌به‌صرفه‌تر را انتخاب کنند. در کشاورزی، این ارزیابی‌ها به کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری کمک می‌کند. با توجه به محدودیت‌های مالی بسیاری از کشاورزان، استفاده از CBA در تخصیص بهینه منابع نقش مهمی ایفا می‌کند.

تحلیل هزینه - اثربخشی (CEA) به‌عنوان ابزاری مؤثر برای تعیین بهترین روش‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی که بیشترین تأثیر را با کمترین هزینه دارند، معرفی شد. این روش به‌ویژه برای اهداف خاص مانند کاهش مصرف آب یا افزایش مقاومت به خشکی مفید است. CEA به کشاورزان و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا روش‌هایی را انتخاب کنند که بیشترین بازده را برای هر واحد هزینه به همراه دارند، و در نتیجه به افزایش کارایی و پایداری کشاورزی کمک می‌کنند.

رویکردهای شبکه‌محور (Network-Based Approaches) به‌عنوان یکی از روش‌های پیشرفته برای تحلیل و مدیریت سیستم‌های پیچیده کشاورزی معرفی شدند. این رویکردها با بررسی تعاملات بین

- Berrang-Ford L, Siders A R, Lesnikowski A, Fischer A P, Callaghan M W, Haddaway N R, ... & Abu T Z (۲۰۲۱) A systematic global stocktake of evidence on human adaptation to climate change. *Nature Climate Change* ۱۱(۱۱):۹۸۹-۱۰۰۰.
- Bishaw B, Neufeldt H, Mowo J, Abdelkadir A, Muriuki J, Dalle G, ... & Mbow C (۲۰۱۳) Farmers' strategies for adapting to and mitigating climate variability and change through agroforestry in Ethiopia and Kenya. Corvallis, Oregon (USA): Forestry Communications Group: Oregon State University.
- Brooks N, Anderson S, Ayers J, Burton I, & Tellam I (۲۰۱۱) Tracking adaptation and measuring development. International Institute for Environment and Development, London.
- Brown C, Ghile Y, Laverty M, & Li K (۲۰۱۲) Decision scaling: Linking bottom-up vulnerability analysis with climate projections in the water sector. *Water Resources Research* ۴۸(۹):۱-۱۲.
- Burton I, Smith J, & Lenhart S (۱۹۹۸) Adaptation to climate change: theory and assessment. Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies ۵(۱):۵-۲۰.
- Carmin J, & Dodman D (۲۰۱۳) Engaging science and managing scientific uncertainty in urban climate adaptation planning. In *Successful Adaptation to Climate Change*, Routledge ۲۴۴-۲۵۸.
- Chen S, & Gong B (۲۰۲۱) Response and adaptation of agriculture to climate change: اقلیمی در ایران»، مجله تحقیقات اقلیم‌شناسی، شماره ۲۶، صفحات ۱-۱۲، ۱۳۹۴.
- محمودی، م؛ شریفی، م؛ مهرابی، م؛ علیزاده، ا و نوری، م، «اثر بخشی روش‌های مختلف آبیاری بر سازگاری کشاورزی با تغییر اقلیم در ایران». مجله پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۲۹، صفحات ۱-۱۳، ۱۳۹۷.
- Adger W N, Arnell N W, & Tompkins E L (۲۰۰۵) Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change* ۱۵(۲):۷۷-۸۶.
- Agrawala S (۲۰۰۶) Putting climate change in the development mainstream. *Bridge Over Troubled Waters: Linking Climate Change and Development* ۲۳-۴۳.
- Apata T (۲۰۱۱) Factors influencing the perception and choice of adaptation measures to climate change among farmers in Nigeria. *Environmental Economics* ۲(۴):۷۴-۸۳.
- Apata T G, Samuel K D, & Adeola A O (۲۰۰۹) Analysis of climate change perception and adaptation among arable food crop farmers in south western Nigeria. International Association of Agricultural Economists' Conference, Beijing, China, August ۱۶-۲۲.
- Azadi H, Moghaddam S M, Burkart S, Mahmoudi H, Van Passel S, Kurban A, & Lopez-Carr D (۲۰۲۱).
- Barbier B, Yacouba H, Karambiri H, Zoromé M, & Somé B (۲۰۰۹) Human vulnerability to climate variability in the Sahel: farmers' adaptation strategies in northern Burkina Faso. *Environmental Management* ۴۳(۵):۷۹۰-۸۰۳.

- mitigation in agriculture. Environment and Natural Resources Management Series, Monitoring and Assessment-Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Gwimbi P (۲۰۰۹) Cotton farmers' vulnerability to climate change in Gokwe District (Zimbabwe): Impact and influencing factors. JAMBA: Journal of Disaster Risk Studies ۲(۲):۸۱-۹۲.
- Gyampoh B A, Idinoba M, & Amisah S (۲۰۰۸) Water scarcity under a changing climate in Ghana: Options for livelihoods adaptation. Development ۵۱(۳):۴۱۵- ۴۱۷.
- Harley C D, Randall Hughes A, Hultgren K M, Miner B G, Sorte C J, Thornber C S, ... & Williams S L (۲۰۰۶) The impacts of climate change in coastal marine systems. Ecology Letters ۹(۲):۲۲۸-۲۴۱.
- Iizumi T (۲۰۱۹) Emerging adaptation to climate change in agriculture. Adaptation to Climate Change in Agriculture, Springer International Publishing, Switzerland ۳-۱۶.
- Kamruzzaman M (۲۰۱۵) Farmers' perceptions on climate change: A step toward climate change adaptation in Sylhet Hilly Region. Universal Journal of Agricultural Research ۳(۲):۵۳-۵۸.
- Evidence from China. Journal of Development Economics ۱۴۸(۱):۱-۱۴.
- Ebi K L, & Burton I (۲۰۰۸) Identifying practical adaptation options: an approach to address climate change-related health risks. Environmental Science & Policy ۱۱(۴):۳۵۹-۳۶۹.
- Enete A A, & Amusa T A (۲۰۱۰) Challenges of agricultural adaptation to climate change in Nigeria: A synthesis from the literature. International conference on enhancing agricultural adaptation to climate change. Enugu, Nigeria.
- Feola G, Lerner A M, Jain M, Montefrio M J F, & Nicholas K A (۲۰۱۵) Researching farmer behavior in climate change adaptation and sustainable agriculture: Lessons learned from five case studies. Journal of Rural Studies ۳۹(۱):۷۴-۸۴.
- Geethalakshmi V, Lakshmanan A, Rajalakshmi D, Jagannathan R, Sridhar G, Ramaraj A P, ... & Anbhazhagan R (۲۰۱۱) Climate change impact assessment and adaptation strategies to sustain rice production in Cauvery basin of Tamil Nadu. Current Science ۱۰۱(۳):۳۴۲-۳۴۷.
- Glantz M H, Gommers R, & Ramasamy S (۲۰۰۹) Coping with a changing climate: Considerations for adaptation and

مقایسه رویکردهای بهینه‌سازی قطعی و مبتنی بر عدم قطعیت در واسنجی خودکار ماجول بارش - رواناب
WEAP نرم افزار
سمانه میرزائی، حسین علیزاده