پژوهشگاه
فضای مجازی

دفتر خاکستری ۵۳

پاسخ سریع
شهریور ۱۴۰۵

بررسی تجربه کشورهای پیش‌رو در هوشمندسازی کشاورزی


بسم الله الرحمن

بررسی تجربه کشورهای پیش‌رو در هوشمندسازی کشاورزی

دفتر خاکستری (Quick Answer) **شمارهٔ پنجاه و سوم**

تهیه کننده: پارسا دزیانی؛ مسئول میز رصد اندیشکده‌ها

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به پژوهشگاه فضای مجازی است و استفاده از آن تنها با ذکر منبع مجاز است.
همچنین محتوای منتشرشده در این گزارش بیانگر دیدگاه رسمی مرکز ملی فضای مجازی نیست.

نشانی: تهران، خیابان قائم مقام فراهانی، خیابان فجر پ ۷
تلفن: ۰۲۱-۲۲۰۷۳۰۳۱
کد پستی: ۱۹۹۷۹۸۷۶۲۹

معرفی گزارش

توسعه کشاورزی دیجیتال در کشورهای مختلف یک مسیر واحد نداشته است. کشورها ابتدا مسئله اصلی بخش کشاورزی خود را شناسایی کرده‌اند و سپس فناوری مناسب را برای حل همان مسئله توسعه داده‌اند. در نتیجه، سؤال اصلی در تحول دیجیتال کشاورزی این است که هر کشور چگونه فناوری را با ساختار اقتصادی، منابع طبیعی و نیازهای تولید خود هماهنگ کرده است.

این دفتر با بررسی تجربه کشورهای پیشرو، رویکردهای متنوع به این تحول را معرفی می‌کند. لیست کشورهای مورد بررسی قرار گرفته، به این شرح است:

۱- هند: در این کشور به دلیل فقدان اطلاعات یکپارچه از میلیون‌ها کشاورز خرد، تحول از ایجاد یک بانک مشترک داده آغاز شد تا پایه‌ای برای ارائه خدمات هدفمند دولتی و خصوصی در زمینه کشاورزی باشد.

۲ و ۳- هلند و آلمان: این دو کشور با تمرکز بر محدودیت منابع و فشارهای زیست‌محیطی، پیش از ورود گسترده فناوری، روی آزمایش آن در شرایط واقعی مزارع متمرکز شده‌اند تا ارزش اقتصادی و کارایی آن در کاهش مصرف نهاده‌ها اثبات شود.

۴- ژاپن: مشکل اصلی ژاپن کشاورزان سالخورده است. این کشور در مواجهه با بحران سالخوردگی

کشاورزان و کمبود نیروی کار، فناوری‌های هوشمند و خودکارسازی را برای حفظ ظرفیت تولید بدون نیاز به حضور فیزیکی انسان توسعه داده است.

۵- رژیم صهیونیستی: رژیم صهیونیستی طبیعت خشکی دارد. این رژیم برای غلبه بر اقلیم خشک و بحران آب، از مدیریت چرخه منابع و توسعه آبیاری قطره‌ای به سمت بهره‌گیری از داده‌ها برای رساندن دقیق آب به گیاه برنامه‌ریزی کرده است.

۶- چین: چین برای عبور از مشکل مالکیت‌های خرد، فناوری را به شکل «خدمات دیجیتال و مکانیزاسیون» در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد. مشکل اصلی در این کشور به صرفه نبودن خرید تجهیزات فناورانه برای کشاورزی‌های کوچک مقیاس بوده است.

۷- استرالیا: این کشور نیز به دلیل وسعت بسیار زیاد مزارع، فناوری‌هایی مانند داده‌های ماهواره‌ای و پایش از راه دور را به منظور غلبه بر فواصل جغرافیایی و پراکندگی ارضی به کار گرفته است.

منطق بررسی وعیت هر کشور در این گزارش چنین است: مسئله اصلی کشور در زمینه کشاورزی دیجیتال چه بوده است؟ دولت چه نقشی در هدایت تحول دارد؟ چه زیرساخت‌های داده و فناوری ایجاد شده؟ چه نتایجی به دست آمده و در نهایت چه تغییری در مدل مدیریت کشاورزی ایجاد کرده است؟

برگ اول: کشور هند

۱- مشکل اصلی هند؛ فقدان داده‌های کشاورزی

هند در سپتامبر ۲۰۲۴ مأموریت کشاورزی دیجیتال را تصویب کرد. مسئله اصلی این برنامه، نبود اطلاعات کشاورزی نبود؛ بلکه پراکندگی داده‌ها در سامانه‌های مختلف و سطوح اداری متفاوت بود. اطلاعات مربوط به کشاورز، زمین و محصول در پایگاه‌های جداگانه نگهداری می‌شد و همین موضوع باعث می‌شد ارائه خدمات دیجیتال در سطح کشور دشوار و پرهزینه باشد. در چنین شرایطی، هر خدمت جدید مانند پرداخت حمایت مالی، جبران خسارت، بیمه یا توصیه‌های کشاورزی، نیازمند شناسایی دوباره کشاورز، بررسی اطلاعات زمین و جمع‌آوری داده‌های کشت بود. این مسئله در کشوری با تعداد بسیار زیاد کشاورزان خرد اهمیت بیشتری داشت. بخش بزرگی از کشاورزان هند در واحدهای کوچک فعالیت می‌کنند و دسترسی آنها به فناوری، خدمات مشاوره‌ای و اطلاعات دقیق محدود است. بنابراین، چالش اصلی هند صرفاً توسعه ابزارهای جدید مانند پهپاد یا حسگر نبود؛ بلکه ایجاد زیرساختی بود که بتواند داده‌های پایه کشاورزی را یک‌بار تولید و در خدمات مختلف

استفاده کند. پاسخ سیاستی هند، ایجاد یک معماری مشترک داده با محوریت AgriStack بود.

۲- AgriStack؛ سامانه جامع داده‌های کشاورزی

AgriStack به عنوان پایگاه جامع داده‌های کشاورزی هند بر سه بخش اصلی استوار است:

الف | ثبت اطلاعات کشاورزان

ب | ثبت اطلاعات زمین‌های کشاورزی

ج | ثبت محصولات کشت‌شده

هدف این معماری، ایجاد ارتباط میان هویت کشاورز، زمین و فعالیت کشاورزی است تا دولت‌ها و ارائه‌دهندگان خدمات بتوانند از داده‌های معتبر مشترک استفاده کنند.
گسترش این زیرساخت در مدت کوتاهی قابل توجه بوده است. تعداد شناسه‌های ثبت‌شده کشاورزان از حدود ۳ میلیون مورد در دسامبر ۲۰۲۴ به بیش از ۸۴ میلیون مورد در فوریه ۲۰۲۶ رسیده است. همچنین پیمایش دیجیتال محصولات، اطلاعات بیش از ۲۸۵ میلیون قطعه زمین را پوشش داده است. این توسعه نشان می‌دهد AgriStack از یک سامانه ثبت اطلاعات فراتر رفته و به زیرساختی برای شناسایی کشاورز، زمین و محصول در مقیاس ملی تبدیل شده است. اثر واقعی این زیرساخت زمانی مشخص می‌شود که داده وارد اجرای سیاست شود. در ایالت مهاراشترا، اطلاعات این سامانه برای پرداخت خسارت به ۸.۹ میلیون کشاورز استفاده شد. در این مدل، دولت می‌تواند سریع‌تر مشخص کند چه کسی، در کدام زمین و برای چه محصولی مشمول حمایت یا جبران خسارت است. بنابراین ارزش اصلی AgriStack فقط در جمع‌آوری اطلاعات نیست؛ بلکه در کاهش تکرار فرایندهای اداری و تبدیل داده به ابزار اجرای سیاست است.

۳- توسعه دستیار تصمیم‌گیری‌های کلان

هند در کنار AgriStack، سامانه Krishi DSS را برای استفاده تحلیلی از داده‌های کشاورزی توسعه داده است. در حالی که AgriStack به پرسش‌های پایه پاسخ می‌دهد، پرسش‌هایی مانند «چه کسی کشاورز است؟ زمین او کجاست؟ چه محصولی کشت شده است؟» Krishi DSS تلاش می‌کند به

پرسش‌های مدیریتی پاسخ دهد: «وضعیت خشکسالی چگونه است؟ خسارت احتمالی چقدر است؟ کدام تصمیم برای مدیریت محصول مناسب‌تر است؟»

این سامانه داده‌های ماهواره‌ای، اطلاعات هواشناسی، داده‌های خاک و اطلاعات محصولات را در یک محیط تحلیلی ترکیب می‌کند. در نتیجه، داده دیگر فقط برای شناسایی کشاورز و زمین استفاده نمی‌شود؛ بلکه به ابزاری برای مدیریت بهتر تولید و سیاست‌گذاری کشاورزی تبدیل می‌شود.

۴- خدمات روی زیرساخت مشترک

هدف دیگر زیرساخت داده، ایجاد خدماتی است که بدون جمع‌آوری دوباره اطلاعات پایه بتوانند در اختیار کشاورزان قرار گیرند. یکی از نمونه‌ها Kisan e-Mitra است؛ دستیار مبتنی بر هوش مصنوعی که درباره برنامه‌های حمایتی و خدمات کشاورزی به پرسش‌های کشاورزان پاسخ می‌دهد. این سامانه از ۱۱ زبان منطقه‌ای پشتیبانی می‌کند و تا اوایل سال ۲۰۲۶ به بیش از ۹.۵ میلیون پرسش پاسخ داده بود. تمونه دیگر، سامانه ملی پایش آفات است که با استفاده از ابزارهای دیجیتال و هوش مصنوعی برای شناسایی آفات و بیماری‌های گیاهی توسعه یافته است. این سامانه ۶۵ محصول و بیش از ۴۰۰ نوع آفت را پوشش می‌دهد. اهمیت این خدمات در خود فناوری آنها نیست؛ بلکه در این است که می‌توانند بر پایه یک زیرساخت داده مشترک توسعه پیدا کنند. در نتیجه، هر خدمت جدید مجبور نیست دوباره اطلاعات هویتی کشاورز، موقعیت زمین و داده‌های پایه تولید را از ابتدا جمع‌آوری کند.

۵- متولی و مدل اجرا

مأموریت کشاورزی دیجیتال هند زیر نظر وزارت کشاورزی و رفاه کشاورزان پیش می‌رود. دولت مرکزی چارچوب کلی، استانداردها و زیرساخت اصلی را طراحی می‌کند، اما اجرای بسیاری از بخش‌های عملیاتی به دولت‌های ایالتی و نهادهای محلی وابسته است. این ساختار با واقعیت حکمرانی هند هماهنگ است؛ زیرا اطلاعات زمین، کشاورزان و اجرای بسیاری از برنامه‌های حمایتی در سطح ایالت‌ها مدیریت می‌شود. در نتیجه، موفقیت AgriStack فقط به توسعه فنی سامانه وابسته نیست؛ بلکه به کیفیت همکاری میان دولت مرکزی، ایالت‌ها و نهادهای محلی نیز بستگی دارد.

۶- کانون تحول سیاستی

در مقیاس کشور پهناوری مانند هند، مسئله مقدماتی این است که داده‌های پایه کشاورز، زمین و محصول به شکلی قابل استفاده برای خدمات مختلف درآیند. تجربه هند نشان می‌دهد دیجیتالی‌کردن کشاورزی الزاماً از خرید پهپاد، حسگر یا ساخت اپلیکیشن شروع نمی‌شود. در این مدل، ارزش AgriStack در خودِ پایگاه داده نیست؛ در امکان استفاده دوباره از همان داده برای پرداخت حمایتی، پایش کشت، ارزیابی خسارت و ساخت خدمات جدید است. به همین دلیل، تغییر اصلی را می‌توان گذار از مجموعه‌ای از سامانه‌های منفرد به زیرساختی دانست که بخش‌های مختلف نظام کشاورزی بتوانند روی آن خدمت ارائه کنند.

برگ دوم: کشور هلند

۱- حفظ بهره‌وری با محدودیت منابع

هلند با وجود محدودیت زمین، یکی از بزرگ‌ترین صادرکنندگان محصولات کشاورزی جهان است. ارزش صادرات کشاورزی این کشور در سال ۲۰۲۴ به حدود ۱۲۸.۹ میلیارد یورو رسید. اما مسئله اصلی کشاورزی هلند افزایش صرف تولید نیست؛ این کشور باید هم‌زمان بهره‌وری بالا را حفظ کند، مصرف منابع را کاهش دهد و فشارهای زیست‌محیطی ناشی از تولید فشرده را مدیریت کند. در چنین شرایطی، فناوری‌های جدید مانند حسگرها، ماشین‌آلات هوشمند و سامانه‌های مدیریت داده می‌توانند به کاهش مصرف نهاده‌ها و بهبود تصمیم‌گیری کمک کنند، اما ورود مستقیم فناوری به مزرعه همیشه موفق نیست. یک فناوری ممکن است از نظر فنی عملکرد مناسبی داشته باشد، اما هزینه آن برای کشاورز با منفعت اقتصادی آن تناسب نداشته باشد.

بنابراین مسئله سیاستی هلند این نیست که چگونه فناوری بیشتری وارد کشاورزی کند؛ بلکه این است که چگونه فناوری‌های جدید را پیش از توسعه گسترده، در شرایط واقعی تولید، آزمایش کند و

میزان ارزش واقعی آنها را مشخص کند. ابتکار ویژه هلند، ایجاد شبکه‌ای از مزارع آزمایشی و همکاری میان دولت، دانشگاه و کشاورزان برای کاهش ریسک پذیرش فناوری بوده است. نام این شبکه الماس هلند است.

۲- آزمایش قبل از توسعه

یکی از نمونه‌های اصلی این رویکرد، پروژه Farm of the Future در شهر لیلیستاد است که دانشگاه واگنینگن آن را توسعه داده است. هدف این پروژه صرفاً نمایش تجهیزات جدید نیست؛ بلکه بررسی این موضوع است که آیا ترکیب فناوری‌های مختلف می‌تواند در شرایط واقعی، از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی عملکرد مناسبی داشته باشد. بخش آزمایشی این پروژه شامل یک مزرعه آزمایشی ۲۰ هکتاری است که در آن روش‌های مختلف مدیریت مزرعه، فناوری‌های دیجیتال و راهکارهای کاهش مصرف نهاده‌ها بررسی می‌شوند.

در این محیط، فناوری‌هایی مانند مدیریت داده‌های مزرعه، استفاده هدفمند از کود و سم، روش‌های جدید کشت و پایش شرایط زمین پیش از توسعه گسترده آزمایش می‌شوند. اهمیت این مدل در این است که تصمیم‌گیری درباره پذیرش فناوری فقط بر اساس قابلیت فنی انجام نمی‌شود. یک فناوری زمانی ارزشمند است که بتواند در شرایط واقعی مزرعه، هزینه تولید را کاهش دهد، مصرف منابع را بهینه کند یا تصمیم‌گیری کشاورز را بهبود دهد.

۳- نقش دولت؛ ایجاد چارچوب برای کاهش ریسک فناوری

مدل هلند بر این فرض استوار نیست که دولت باید یک فناوری مشخص را انتخاب و به همه کشاورزان معرفی کند. نقش دولت بیشتر ایجاد شرایطی است که فناوری‌های مختلف بتوانند آزمایش و ارزیابی شوند. وزارت کشاورزی، شیلات، امنیت غذایی و طبیعت هلند[۱]، مسئول سیاست‌گذاری این حوزه است و از طریق برنامه‌های حمایتی و آزمایشی، ارتباط میان پژوهش، صنعت و کشاورزان را تقویت می‌کند. یکی از نمونه‌ها، «برنامه ملی کشاورزی دقیق» است. در این

۱. LVVN

برنامه، کشاورزان با همکاری نهادهای پژوهشی مانند دانشگاه واگنینگن، فناوری‌هایی مانند نقشه‌های تجویزی، سنجش خاک، هدایت هوشمند ماشین‌آلات را در شرایط واقعی مزرعه آزمایش می‌کنند. اهمیت این برنامه در این است که کشاورز قبل از سرمایه‌گذاری گسترده، اطلاعات عملی درباره عملکرد، هزینه و محدودیت فناوری به دست می‌آورد.

۴- نتایج «برنامه ملی» کشاورزی دقیق

تجربه هلند نشان می‌دهد ارزش فناوری زمانی مشخص می‌شود که از محیط آزمایش وارد فرآیند تولید شود. در پروژه‌های کشاورزی دقیق، استفاده از فناوری‌هایی مانند تشخیص هوشمند علف‌های هرز، سم‌پاشی نقطه‌ای و مدیریت متغیر نهاده‌ها در برخی مزارع آزمایشی به کاهش مصرف نهاده‌ها منجر شده است. در این پروژه‌ها، کاهش متوسط ۲۳ درصدی مصرف سموم و آفت‌کش‌ها و افزایش عملکرد محصول تا ۱۰ درصد گزارش شده است. این اعداد مربوط به مزارع و شرایط آزمایشی مشخص‌اند و نشان‌دهنده اثر بالقوه فناوری در مدیریت دقیق‌تر تولیدند، نه یک تغییر یکسان در کل کشاورزی هلند.

نمونه‌های مزرعه‌ای نیز نشان می‌دهد کشاورزی دقیق در هلند صرفاً به پروژه‌های دانشگاهی محدود نیست. برخی کشاورزان با استفاده از نقشه‌های خاک، سنجش متغیرهای مزرعه و تجهیزات هوشمند، کوددهی، آهک‌دهی و سم‌پاشی را بر اساس نیاز هر بخش از زمین تنظیم می‌کنند.

۵- بهره‌وری و مدیریت بهینه منابع با فناوری

یکی از حوزه‌هایی که ارتباط میان داده و بهره‌وری منابع در آن به‌وضوح دیده می‌شود، گلخانه‌های پیشرفته هلند است. در این سیستم‌ها، اطلاعات مربوط به شرایط محیطی، نیاز گیاه، وضعیت آب و مواد غذایی به‌صورت مداوم پایش می‌شود تا شرایط رشد دقیق‌تر کنترل شود. این رویکرد باعث شده گلخانه‌های هیدروپونیک هلند بتوانند مصرف آب را به شکل قابل توجهی کاهش دهند. در گلخانه‌های هلند، تولید یک کیلوگرم گوجه‌فرنگی با حدود ۹.۲ لیتر آب انجام می‌شود؛ در حالی که میانگین جهانی تولید گوجه‌فرنگی در فضای باز حدود ۲۱۴ لیتر آب به ازای هر کیلوگرم گزارش شده است.

دانشگاه واگنینگن نیز در پروژه‌های کشت بدون تخلیه[۲]، روی بازچرخانی آب و کاهش خروج مواد مغذی از گلخانه‌ها کار کرده است. در این پروژه‌ها، فناوری‌هایی مانند ضدعفونی آب برگشتی، بازچرخانی محلول غذایی و مدیریت دقیق مصرف آب برای کاهش پساب بررسی شده‌اند.

۶- تغییر اصلی؛ ساخت مسیر انتقال فناوری

تجربه هلند نشان می‌دهد چالش اصلی کشاورزی دیجیتال، نبود فناوری نیست؛ بلکه ایجاد مسیری است که فناوری بتواند از مرحله پژوهش و آزمایش به استفاده گسترده در مزرعه برسد. مدل الماس هلندی بر کاهش فاصله میان دانشگاه، صنعت و کشاورز تمرکز دارد. فناوری ابتدا در محیطی نزدیک به شرایط واقعی بررسی می‌شود، محدودیت‌های آن مشخص می‌شود و سپس در صورت اثبات ارزش اقتصادی و عملیاتی توسعه پیدا می‌کند. تغییر اصلی در تجربه هلند، جایگزینی فناوری به جای روش‌های سنتی نیست؛ بلکه ایجاد سازوکاری است که فناوری‌های مختلف بتوانند پیش از پذیرش گسترده، آزمایش و اصلاح شوند.

---

۲. Zero Liquid Discharge

برگ سوم: کشور ژاپن

۱- کشاورزی با کشاورزان سالخورده

ژاپن برای توسعه کشاورزی دیجیتال با مسئله‌ای متفاوت از بسیاری از کشورها روبه‌رو است. چالش اصلی این کشور کاهش سریع نیروی انسانی فعال در بخش کشاورزی است. تعداد کشاورزان اصلی ژاپن از حدود ۲.۴ میلیون نفر در سال ۲۰۰۰ به حدود ۱.۰۳ میلیون نفر در سال ۲۰۲۵ کاهش یافته است. هم‌زمان، میانگین سن کشاورزان به حدود ۶۷.۷ سال رسیده و حدود ۷۲ درصد از نیروی کار کشاورزی بالای ۶۵ سال سن دارند. این تغییر جمعیتی باعث شده ادامه فعالیت کشاورزی با روش‌های سنتی دشوارتر شود؛ زیرا بسیاری از عملیات‌های مزرعه همچنان به حضور فیزیکی، تجربه فردی و نیروی انسانی وابسته‌اند. ساختار کشاورزی ژاپن نیز این مشکل را پیچیده‌تر می‌کند. بسیاری از مزارع کوچک و پراکنده‌اند و کشاورزان سالخورده معمولاً توان یا انگیزه محدودی برای سرمایه‌گذاری در تجهیزات گران‌قیمت دارند. بنابراین مسئله اصلی ژاپن ایجاد مدلی است که بتواند با نیروی انسانی کمتر، ظرفیت تولید کشاورزی را حفظ کند و فناوری را به ابزاری عملی برای جبران کمبود نیروی کار تبدیل کند.

۲- فناوری؛ راهکاری برای جبران کمبود نیروی کار

دولت ژاپن توسعه کشاورزی هوشمند را به عنوان یکی از راهکارهای حفظ ظرفیت تولید در شرایط کاهش نیروی انسانی دنبال کرده است. متولی اصلی این حوزه، وزارت کشاورزی، جنگل‌داری و شیلات ژاپن است که تلاش کرده است فناوری‌هایی را توسعه دهد که وابستگی عملیات کشاورزی به کار دستی و حضور دائمی کشاورز را کاهش دهند.

یکی از اقدامات مهم ژاپن، اجرای پروژه‌های نمایشی کشاورزی هوشمند از سال ۲۰۱۹ بود. در این پروژه‌ها، فناوری‌هایی مانند ماشین‌آلات خودران، پهپادها، حسگرها و سامانه‌های مدیریت داده در مزارع واقعی آزمایش شدند تا مشخص شود این ابزارها تا چه اندازه می‌توانند زمان عملیات، نیاز به نیروی انسانی و هزینه تولید را کاهش دهند. اهمیت این رویکرد در این بود که دولت تنها به معرفی فناوری جدید توجه نکرد، بلکه بررسی کرد آیا این فناوری‌ها می‌توانند مسئله اصلی کشاورزی ژاپن، یعنی انجام عملیات بیشتر با نیروی کار کمتر، را حل کنند یا خیر.

۳- فناوری برای کاهش کار یدی

کاهش تعداد کشاورزان در ژاپن باعث شده برخی عملیات‌های کشاورزی که نیازمند حضور مداوم نیروی انسانی‌اند، به یکی از مسائل اصلی تولید تبدیل شود. در شالیزارهای برنج، مدیریت سطح آب، کنترل آفات و انجام عملیات کشت از جمله فعالیت‌هایی‌اند که در گذشته به حضور فیزیکی و تجربه روزمره کشاورز وابسته بودند. با افزایش سن کشاورزان و کاهش نیروی کار جوان، مسئله اصلی این بود که چگونه می‌توان این عملیات را با نیروی انسانی کمتر ادامه داد. به همین دلیل، پروژه‌های کشاورزی هوشمند وزارت کشاورزی، جنگل‌داری و شیلات ژاپن و سازمان ملی پژوهش‌های کشاورزی و غذایی[۳]، بیشتر بر فناوری‌هایی تمرکز کردند که بتوانند زمان کار دستی را کاهش دهند و بخشی از عملیات روزمره مزرعه را خودکار کنند.

در مزارع آزمایشی برنج، سیستم‌های هوشمند مدیریت آب با استفاده از حسگرهای اندازه‌گیری سطح آب و دریچه‌های خودکار، نیاز به بازدیدهای مکرر کشاورز از شالیزار را کاهش دادند. این فناوری‌ها در

---

۳. NARO

برخی پروژه‌ها توانستند زمان مورد نیاز برای مدیریت آب را حدود ۵۰ تا ۸۰ درصد کاهش دهند.
در بخش کنترل آفات نیز، پهپادهای پایش و سم‌پاش به کاهش وابستگی عملیات به نیروی انسانی کمک کردند. این سامانه‌ها با استفاده از اطلاعات تصویری و پایش دقیق‌تر، امکان انجام عملیات سم‌پاشی در زمان مناسب‌تر و با تمرکز بیشتر بر مناطق نیازمند را فراهم کردند و در برخی پروژه‌ها کاهش حدود ۶۱ درصدی زمان عملیات سم‌پاشی گزارش شد.
همچنین ماشین‌آلات مجهز به سیستم هدایت خودکار GPS مانند نشاکارهای هوشمند و تراکتورهای خودران، با کاهش نیاز به کنترل دستی، زمان برخی عملیات‌های زراعی را حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد کاهش دادند.
بنابراین هدف ژاپن از توسعه فناوری‌های هوشمند، جایگزینی کامل کشاورز با ماشین نیست؛ بلکه کاهش وابستگی تولید به حضور فیزیکی نیروی انسانی و امکان مدیریت مزارع در شرایط کاهش تعداد کشاورزان است.

۴-زیرساخت داده برای اتصال فناوری‌ها

ژاپن در کنار توسعه تجهیزات هوشمند، مسئله هماهنگی داده‌ها را نیز مورد توجه قرار داده است. استفاده از پهپاد، حسگر و ماشین‌آلات خودکار بدون وجود داده‌های استاندارد و قابل تبادل، محدود خواهد بود. برای پاسخ به این مسئله، ژاپن پلتفرم WAGRI را توسعه داد. این سامانه که از سال ۲۰۱۹ تحت مدیریت سازمان ملی پژوهش‌های کشاورزی و غذایی ژاپن فعالیت می‌کند، بستری برای اشتراک‌گذاری داده‌های کشاورزی میان دولت، پژوهشگران و شرکت‌های فناوری فراهم کرده است. WAGRI داده‌هایی مانند اطلاعات خاک، داده‌های هواشناسی، نقشه‌های اراضی، مدل‌های رشد گیاه و داده‌های حاصل از تجهیزات کشاورزی را در قالب استاندارد در اختیار سامانه‌های مختلف قرار می‌دهد. هدف این پلتفرم جلوگیری از ایجاد سامانه‌های جداگانه و غیرقابل ارتباط است. شرکت‌های فناوری و توسعه‌دهندگان خدمات کشاورزی می‌توانند به جای ساخت پایگاه داده مستقل، از یک زیرساخت مشترک استفاده کنند. اهمیت WAGRI در این است که فناوری‌های مختلف مانند ماشین‌آلات خودران، حسگرها و سامانه‌های تحلیلی بتوانند بر پایه داده‌های هماهنگ عمل کنند؛

موضوعی که برای کشوری با کاهش نیروی انسانی و نیاز به خودکارسازی عملیات اهمیت زیادی دارد.

۵- مانع اصلی؛ هزینه و امکان پذیرش فناوری

با وجود پیشرفت‌های فنی، پذیرش کشاورزی هوشمند در ژاپن همچنان با محدودیت‌هایی روبه‌رو است. بسیاری از تجهیزات هوشمند، مانند تراکتورهای خودران، ربات‌ها و سامانه‌های حسگری، هزینه اولیه بالایی دارند و برای همه کشاورزان کوچک از نظر اقتصادی قابل دسترس نیستند.

تحلیل‌های اقتصادی سازمان ملی پژوهش‌های کشاورزی و غذایی ژاپن نشان می‌دهد برخی فناوری‌ها تنها زمانی توجیه اقتصادی پیدا می‌کنند که در مزارع بزرگ‌تر استفاده شوند. این موضوع با ساختار سنتی کشاورزی ژاپن که بخش زیادی از مزارع آن کوچکند، یک چالش ایجاد می‌کند.

ژاپن برای حل این مشکل فقط به کاهش قیمت تجهیزات تکیه نکرده است. نمونه‌ای از این رویکرد، مدل Robot as a Service شرکت‌هایی مانند inaho است که به جای فروش ربات، آن را به صورت خدماتی در اختیار کشاورزان قرار می‌دهند و هزینه استفاده را با درآمد حاصل از تولید مرتبط می‌کنند. این مدل می‌تواند مانع سرمایه‌گذاری اولیه سنگین را کاهش دهد.

برگ چهارم: رژیم صهیونیستی

۱- کشاورزی دیجیتال برای تولید در شرایط کم‌آبی

رژیم اشغالی توسعه کشاورزی را در شرایطی دنبال کرده است که منابع طبیعی آب محدود است. بیش از ۶۰ درصد مساحت این کشور در منطقه صحرایی نقب قرار دارد و بخش قابل توجهی از سرزمین آن با اقلیم خشک و نیمه‌خشک مواجه است. در دهه‌های نخست اشغال این سرزمین، کشاورزی به منابع طبیعی آب مانند آبخوان‌ها و دریاچه طبریه وابسته بود، اما رشد جمعیت و توسعه فعالیت‌های کشاورزی فشار زیادی بر این منابع وارد کرد.

خشکسالی شدید سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ نقطه تغییر مهمی در سیاست آبی رژیم اشغالی بود. این بحران نشان داد افزایش برداشت از منابع طبیعی دیگر پاسخگوی نیاز رژیم نیست. بنابراین سیاست آب رژیم اشغالی از افزایش عرضه سنتی به سمت مدیریت چرخه آب، استفاده از منابع نامتعارف و افزایش بهره‌وری تغییر کرد. در این مدل، کشاورزی هوشمند از یک مسئله مشخص شروع شد: چگونه می‌توان با آب کمتر، تولید کشاورزی را حفظ کرد؟

۲- تغییر مدل آب؛ از منابع طبیعی به مدیریت چرخه آب

یکی از مهم‌ترین تغییرات سیاستی اسرائیل، کاهش وابستگی به منابع طبیعی آب و توسعه منابع

جایگزین بود. این کشور با سرمایه‌گذاری گسترده در شیرین‌سازی آب دریا و بازچرخانی پساب شهری، ساختار تأمین آب خود را تغییر داد. امروزه حدود ۸۶ درصد آب شرب اسرائیل از طریق شیرین‌سازی آب‌های شور و لب‌شور تأمین می‌شود. همچنین بیش از ۹۰ درصد پساب شهری این کشور بازچرخانی می‌شود؛ رقمی که رژیم را در میان کشورهای پیشرو در استفاده مجدد از فاضلاب شهری قرار داده است. یکی از نمونه‌های اصلی این رویکرد، سامانه Shafdan در منطقه تل‌آویو است. در این مجموعه، پساب شهری پس از تصفیه و پالایش بیشتر، برای استفاده مجدد در کشاورزی آماده می‌شود. بخشی از این آب به مناطق کشاورزی، از جمله صحرای نقب، منتقل می‌شود و به عنوان منبع جایگزین آب شیرین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اهمیت این تغییر فقط در افزایش منابع آب نیست؛ بلکه در تغییر نگاه به آب است. در این مدل، آب دیگر یک منبع مصرف‌شونده و محدود نیست، بلکه بخشی از یک چرخه مدیریت‌شده است که می‌تواند پس از مصرف شهری دوباره وارد بخش تولید شود.

۳- آبیاری دقیق؛ تبدیل آب به نهاده قابل کنترل

پس از مدیریت منابع آب در سطح ملی، مرحله بعدی افزایش بهره‌وری مصرف آب در مزرعه بود. مسئله این بود که چگونه می‌توان همان مقدار آب محدود را با دقت بیشتری به گیاه رساند و از هدررفت جلوگیری کرد. توسعه آبیاری قطره‌ای یکی از پایه‌های این تغییر بود. شرکت اسرائیلی Netafim که در سال ۱۹۶۵ تأسیس شد، از توسعه‌دهندگان اصلی آبیاری قطره‌ای مدرن در جهان است. در این روش، آب به جای توزیع گسترده در سطح مزرعه، به صورت کنترل‌شده در نزدیکی ریشه گیاه قرار می‌گیرد. ترکیب آبیاری قطره‌ای با کوددهی هم‌زمان (Fertigation) امکان تنظیم دقیق‌تر مقدار آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه را فراهم کرد. این زیرساخت، زمینه ورود فناوری‌های داده‌محور را فراهم کرد. زمانی که میزان آب ورودی به گیاه قابل کنترل شد، امکان اندازه‌گیری، تحلیل و بهینه‌سازی مصرف نیز افزایش پیدا کرد.

یکی از نمونه‌های این مرحله، فناوری توسعه‌یافته توسط شرکت Treetoscope است که با اندازه‌گیری جریان آب درون گیاه، اطلاعاتی درباره میزان مصرف واقعی آب توسط درخت ارائه می‌دهد. در برخی

مطالعات موردی، استفاده از این داده‌ها توانسته است مصرف آب را تا حدود ۴۰ درصد کاهش دهد. همچنین در سیستم‌های گلخانه‌ای مانند گلخانه‌های توری (Screenhouse)، کنترل بهتر شرایط محیطی به کاهش تبخیر و افزایش بهره‌وری آب کمک کرده است. در برخی آزمایش‌ها، این فناوری‌ها باعث کاهش حدود ۴۰ درصدی تبخیر آب و افزایش ۲۰ تا ۳۰ درصدی بهره‌وری آب شده‌اند.

این روند نشان می‌دهد تحول کشاورزی اسرائیل از یک فناوری منفرد مانند آبیاری قطره‌ای شروع نشد، بلکه از مدیریت منابع آب آغاز شد و سپس به استفاده از داده برای تصمیم‌گیری دقیق‌تر درباره مصرف آب رسید.

۴- حکمرانی آب؛ زیرساختی که فناوری را ممکن کرد

موفقیت مدل آب رژیم صهیونیستی فقط به فناوری وابسته نیست. پشت این فناوری‌ها یک ساختار حکمرانی متمرکز قرار دارد که از دهه‌های گذشته شکل گرفته است.

قانون آب سال ۱۹۵۹ منابع آب رژیم اشغالی را به عنوان دارایی عمومی تعریف کرد و مدیریت آن را تحت نظارت دولت قرار داد. این قانون امکان برنامه‌ریزی یکپارچه برای تخصیص، قیمت‌گذاری و حفاظت از منابع آب را فراهم کرد.

سازمان آب رژیم صهیونیستی[۴]، مسئول تنظیم‌گری، تخصیص منابع، صدور مجوز برداشت و سیاست‌گذاری در حوزه آب است. این سازمان تلاش می‌کند تصمیم‌های مربوط به منابع آب را در یک چارچوب هماهنگ مدیریت کند. در کنار آن، شرکت دولتی Mekorot نقش اجرایی مهمی در توسعه و مدیریت زیرساخت‌های انتقال و تأمین آب دارد. شبکه‌های انتقال، مدیریت بخشی از تأسیسات آب و اجرای پروژه‌های زیرساختی از جمله حوزه‌های فعالیت این شرکت است. این ساختار باعث شد فناوری‌هایی مانند شیرین‌سازی، بازچرخانی پساب و آبیاری دقیق در یک سیستم هماهنگ قرار گیرند، نه به عنوان پروژه‌های جدا از هم.

۴. Israel Water Authority

برگ پنجم: کشور آلمان

۱- کاهش اثرات زیست‌محیطی کشاورزی

آلمان برخلاف کشورهایی مانند رژیم صهیونیستی با کمبود شدید آب یا مانند ژاپن با بحران نیروی انسانی روبه‌رو نیست؛ مسئله اصلی این کشور، افزایش بهره‌وری همراه با کاهش اثرات زیست‌محیطی کشاورزی است. کشاورزی آلمان حدود ۱۱.۷ میلیون هکتار از اراضی کشور را دربر می‌گیرد. مقایسه کنید با مساحت زمین‌های کشاورزی ایران که حدود ۱۷ تا ۱۸ میلیون هکتار برآورد می‌شود. با این حال، استفاده گسترده از نهاده‌هایی مانند کودهای نیتروژنه در برخی مناطق، به یکی از چالش‌های اصلی سیاست کشاورزی آلمان تبدیل شده است. آلودگی آب‌های زیرزمینی با نیترات ناشی از فعالیت‌های کشاورزی، باعث شد اتحادیه اروپا و دولت آلمان محدودیت‌های سخت‌گیرانه‌تری برای مصرف کود اعمال کنند. بر اساس اصلاحات قانون کوددهی آلمان، کشاورزان ملزم شده‌اند مصرف کود نیتروژنه را حداقل ۲۰ درصد کمتر از نیاز محاسبه‌شده گیاه تنظیم کنند.

۲- آزمایش فناوری پیش از توسعه گسترده

دولت آلمان تلاش کرده است توسعه کشاورزی دیجیتال را از طریق آزمایش در شرایط واقعی پیش ببرد. وزارت فدرال غذا و کشاورزی آلمان در سال ۲۰۱۹ برنامه مزارع آزمایشی دیجیتال را آغاز کرد. هدف این برنامه، بررسی عملکرد فناوری‌های دیجیتال در مزارع واقعی و مشخص‌کردن مزایا و

محدودیت‌های آنها پیش از استفاده گسترده است. در این چارچوب، فناوری‌هایی مانند سنجش خاک، تصاویر ماهواره‌ای، پهپادها، ماشین‌آلات دقیق و سامانه‌های مدیریت داده در محیط واقعی آزمایش می‌شوند. این برنامه شامل حدود ۱۴ پروژه آزمایشی در بیش از ۳۰ مزرعه پژوهشی و کشاورزی در سراسر آلمان بوده است. دولت فدرال برای توسعه این شبکه تا سال ۲۰۲۵ حدود ۷۰ میلیون یورو حمایت مالی اختصاص داده است. مدل آلمان شبیه ایجاد یک بازار آزمایش برای فناوری است؛ یعنی دولت مستقیماً یک فناوری خاص را انتخاب نمی‌کند، بلکه شرایطی فراهم می‌کند که فناوری‌های مختلف در مزرعه آزمایش شوند و اثر اقتصادی و زیست‌محیطی آنها مشخص شود.

۳- داده در خدمت کاهش نهاده‌ها

مهم‌ترین کاربرد کشاورزی دیجیتال در آلمان، تبدیل داده به تصمیم دقیق‌تر درباره مصرف نهاده‌هاست. در پروژه‌های آزمایشی مربوط به مدیریت کوددهی، ترکیب داده‌های سنسورهای نوری، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های مزرعه به کشاورزان کمک کرده است مقدار کود نیتروژن را متناسب با نیاز واقعی گیاه تنظیم کنند. در برخی تجربه‌های ثبت‌شده، کشاورزان توانستند مصرف کود نیتروژن را حدود ۲۳ درصد کاهش دهند، در حالی که عملکرد گندم در حدود ۷.۳۷ تن در هکتار حفظ شد. این نتیجه نشان می‌دهد هدف اصلی فناوری، کاهش مصرف نهاده بدون کاهش تولید است.

در حوزه کنترل علف‌های هرز نیز فناوری‌هایی مانند دوربین‌های تشخیص گیاه و نازل‌های هوشمند برای سم‌پاشی نقطه‌ای آزمایش شده‌اند. در برخی کاربردهای آزمایشی، این فناوری‌ها توانسته‌اند مصرف علف‌کش‌ها را تا ۷۰ تا ۹۰ درصد کاهش دهند. البته این اعداد مربوط به شرایط و پروژه‌های مشخص‌اند و نباید به کل کشاورزی آلمان تعمیم داده شوند.

۴- Agri-Gaia؛ زیرساخت داده برای کشاورزی متصل

آلمان مانند هند و ژاپن به این نتیجه رسیده که ماشین‌آلات هوشمند بدون زیرساخت داده مشترک نمی‌توانند در مقیاس گسترده کار کنند. اگر داده‌های تولیدشده توسط سنسورها، ماشین‌آلات و نرم‌افزارهای مختلف با یکدیگر سازگار نباشند، کشاورز با مجموعه‌ای از سامانه‌های جداگانه روبه‌رو خواهد شد.

برای حل این مسئله، آلمان پلتفرم Agri-Gaia را توسعه داد. این پروژه به عنوان یکی از طرح‌های مرتبط با زیرساخت ابری اروپایی GAIA-X، با هدف ایجاد بستری امن برای اشتراک‌گذاری داده‌های کشاورزی شکل گرفت.

Agri-Gaia با رهبری مرکز تحقیقات هوش مصنوعی آلمان (DFKI) و با حمایت مالی حدود ۱۱.۷۵ میلیون یورو توسعه یافت. هدف آن ایجاد ارتباط میان کشاورزان، پژوهشگران، شرکت‌های فناوری و تولیدکنندگان ماشین‌آلات کشاورزی است. این زیرساخت امکان استفاده مشترک از داده‌هایی مانند اطلاعات خاک، داده‌های محیطی، اطلاعات ماشین‌آلات و الگوریتم‌های هوش مصنوعی را فراهم می‌کند. اهمیت آن در این است که کشاورزی دیجیتال به یک شرکت یا برند خاص وابسته نباشد و داده بتواند میان بخش‌های مختلف اکوسیستم کشاورزی جریان پیدا کند.

۵- چالش اصلی؛ اعتماد و مالکیت داده

با وجود توسعه فناوری، پذیرش کشاورزی دیجیتال در آلمان همچنان با موانعی روبه‌رو است. یکی از مهم‌ترین مسائل، مالکیت و کنترل داده‌های تولیدشده در مزرعه است. بسیاری از ماشین‌آلات جدید اطلاعات زیادی درباره عملکرد زمین، میزان مصرف نهاده و شرایط تولید جمع‌آوری می‌کنند. نگرانی برخی کشاورزان این است که این داده‌ها در اختیار شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات قرار گیرد و دسترسی آنها به اطلاعات مزرعه محدود شود. به همین دلیل، بحث حکمرانی داده در کنار توسعه فناوری اهمیت پیدا کرده است. مقررات جدید اتحادیه اروپا درباره دسترسی و استفاده از داده‌ها تلاش می‌کنند حقوق کاربران داده، از جمله کشاورزان، را تقویت کنند و امکان استفاده عادلانه‌تر از داده‌های تولیدشده توسط تجهیزات هوشمند را فراهم آورند. این موضوع نشان می‌دهد در کشاورزی دیجیتال، مسئله فقط ساخت سنسور و نرم‌افزار نیست؛ بلکه باید مشخص شود داده چگونه تولید، ذخیره، به اشتراک گذاشته و استفاده می‌شود.

برگ ششم: کشور چین

۱- فناوری برای مدیریت مقیاس عظیم

چالش اصلی چین در کشاورزی، نبود فناوری نیست؛ بلکه رساندن فناوری به ساختاری است که بر پایه میلیون‌ها واحد کوچک تولیدی شکل گرفته است. چین کمتر از ۱۰ درصد اراضی قابل کشت جهان را در اختیار دارد، اما باید نیاز غذایی حدود ۱۹ درصد جمعیت جهان را تأمین کند. این فشار باعث شده افزایش بهره‌وری زمین و نهاده‌ها به یکی از اهداف اصلی سیاست کشاورزی این کشور تبدیل شود.

ساختار تاریخی کشاورزی چین با بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته متفاوت است. میانگین مساحت مزرعه خانوادگی در چین حدود ۰.۶۵ هکتار است و زمین‌های کشاورزی از بیش از ۲۰۰ میلیون قطعه کوچک تشکیل شده‌اند. این پراکندگی باعث می‌شود استفاده از ماشین‌آلات بزرگ به‌سادگی ممکن نباشد.

در کنار محدودیت زمین، تغییرات جمعیتی نیز فشار بیشتری ایجاد کرده است. حدود ۵۰۹ میلیون نفر از جمعیت چین در مناطق روستایی زندگی می‌کنند، اما مهاجرت نیروی جوان به شهرها باعث کاهش نیروی کار فعال در بخش کشاورزی شده است. در نتیجه، چین به دنبال راهکاری است که

بتواند بدون حذف ساختار خرده‌مالکی، بهره‌وری تولید را افزایش دهد. پاسخ چین، توسعه خدمات دیجیتال و مکانیزاسیون هوشمند در سطح کشور بوده است.

۲- دیجیتال‌سازی به عنوان برنامه ملی

دولت چین کشاورزی دیجیتال را به عنوان بخشی از راهبرد امنیت غذایی و توسعه روستایی دنبال می‌کند. متولی اصلی این برنامه، وزارت کشاورزی و امور روستایی چین[۵] است. یکی از اسناد مهم در این مسیر، Smart Agriculture Action Plan ۲۰۲۴—۲۰۲۸ است که در سال ۲۰۲۴ توسط این وزارتخانه منتشر شد. هدف این برنامه، افزایش استفاده از فناوری‌های دیجیتال در تولید کشاورزی و توسعه مزارع هوشمند است. بر اساس این برنامه، چین هدف‌گذاری کرده است که نفوذ فناوری‌های دیجیتال در تولیدات کشاورزی تا سال ۲۰۲۸ به بیش از ۳۲ درصد برسد.

یکی از نمونه‌های اجرای این سیاست، منطقه پیشگام ملی ژجیانگ[۶] است. این منطقه مأمور شده است تا سال ۲۰۲۷ حدود ۱۰۰ مزرعه آینده[۷] () و ۱۰۰۰ کارخانه دیجیتال کشاورزی را توسعه دهد. مدل چین برخلاف برخی کشورها که توسعه فناوری را بیشتر به بازار یا پروژه‌های محدود آزمایشی واگذار کرده‌اند، بر ایجاد شبکه‌ای گسترده از مناطق نمونه، زیرساخت داده و خدمات دیجیتال استوار است.

۳- پهپاد و مکانیزاسیون؛ راه‌حل چین برای خرده‌مالکی

در کشوری با میلیون‌ها کشاورز خرد، خرید تجهیزات پیشرفته توسط هر کشاورز امکان‌پذیر نیست. به همین دلیل، چین به جای تمرکز بر فروش تجهیزات، مدل خدمات کشاورزی دیجیتال را توسعه داده است. نمونه اصلی این رویکرد استفاده گسترده از پهپادهای کشاورزی است. تا سال ۲۰۲۴، پهپادهای کشاورزی چین سالانه بیش از ۱۷۳ میلیون هکتار از اراضی را برای عملیات‌هایی مانند سم‌پاشی، کوددهی و پایش محصولات پوشش داده‌اند. تعداد پهپادهای فعال حفاظت از گیاه نیز تا پایان سال ۲۰۲۳ به حدود ۲۵۱ هزار دستگاه رسیده است. اهمیت این فناوری در چین فقط تعداد

---

۵. MARA

۶. Zhejiang National Pioneer Zone

۷. Future Farm

تجهیزات نیست؛ بلکه مدل استفاده از آن‌هاست. بسیاری از کشاورزان کوچک به جای خرید پهپاد، خدمات پرواز، پایش و عملیات مزرعه را از شرکت‌های تخصصی دریافت می‌کنند. به این ترتیب، فناوری گران‌قیمت به یک خدمت قابل دسترس تبدیل می‌شود.

در کنار پهپادها، چین از سامانه موقعیت‌یابی ماهواره‌ای بومی Beidou برای افزایش دقت ماشین‌آلات کشاورزی استفاده کرده است. تا پایان سال ۲۰۲۱، بیش از ۶۰۰ هزار دستگاه ماشین‌آلات کشاورزی شامل تراکتور، کمباین و تجهیزات کاشت به این سیستم مجهز شده بودند. این سامانه با استفاده از شبکه ایستگاه‌های مرجع، دقت موقعیت‌یابی را تا حدود ۲.۵ سانتی‌متر افزایش داده است. این فناوری‌ها به چین کمک می‌کنند بدون تغییر کامل ساختار مالکیت زمین، دقت عملیات کشاورزی را افزایش دهد.

۴- نتایج عملی فناوری

هدف دیجیتال‌سازی در چین فقط افزایش تعداد تجهیزات نیست؛ بلکه باید به تغییر قابل اندازه‌گیری در تولید منجر شود. در پروژه‌های گلخانه هوشمند توت‌فرنگی که با استفاده از اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و کنترل خودکار شرایط محیطی انجام شده‌اند، میانگین عملکرد تولید از حدود ۲.۳۲ کیلوگرم به حدود ۶.۸۶ کیلوگرم (افزایش ۱۹۶ درصدی) رسیده است. فناوری دیجیتال در چین به بخش دامداری نیز وارد شده است. در یک نمونه در استان جی‌لین، سیستم‌های پایش هوشمند باعث شدند ظرفیت مدیریت هر کارگر از حدود ۲۰۰ رأس دام به حدود ۸۰۰ رأس افزایش پیدا کند.

۵- دال مرکزی در سیاست کشاورزی چین

تجربه چین نشان می‌دهد دیجیتال‌سازی کشاورزی در کشوری با صدها میلیون کشاورز خرد، مسئله اصلی ایجاد سازوکاری است که فناوری پیشرفته را بدون نیاز به مالکیت مستقیم تجهیزات در اختیار تولیدکنندگان قرار دهد. چین تلاش کرده است با ترکیب زیرساخت داده دولتی، پهپادها، ماشین‌آلات هوشمند و خدمات دیجیتال، مشکل مقیاس را مدیریت کند. تغییر اصلی در مدل چین این است که فناوری برای جایگزین کردن ساختار سنتی کشاورزی طراحی نشده است؛ بلکه

برای قابل مدیریت کردن آن در مقیاس ملی توسعه یافته است.

برگ هفتم: کشور استرالیا

۱- کشاورزی دیجیتال برای مدیریت سرزمین‌های وسیع

کشاورزی استرالیا در شرایطی توسعه یافته که وسعت زیاد زمین، فاصله میان واحدهای تولیدی و نوسانات شدید اقلیمی، مدیریت مزرعه را دشوار کرده است. حدود ۳۹۴ میلیون هکتار از اراضی استرالیا تحت مدیریت کشاورزی قرار دارد، اما بخش عمده این مساحت شامل مراتع و چراگاه‌های گسترده است. حدود ۸۷ درصد اراضی کشاورزی این کشور به دامداری و مراتع اختصاص دارد و سهم کمتری برای تولید محصولات زراعی استفاده می‌شود. این ساختار باعث شده مسئله اصلی کشاورزی استرالیا متفاوت از بسیاری از کشورها باشد. در هلند، تمرکز بر افزایش بهره‌وری در فضای محدود زمین است؛ در ژاپن، فناوری پاسخی به کاهش نیروی انسانی است؛ اما در استرالیا، چالش اصلی مشاهده و مدیریت زمین‌هایی است که گاهی هزاران کیلومتر از یکدیگر فاصله دارند.

میانگین اندازه مزرعه در استرالیا حدود ۴۳۰۰ هکتار است و در برخی مناطق دامداری، واحدهای تولیدی بسیار بزرگ‌ترند. در چنین شرایطی، بررسی وضعیت خاک، پوشش گیاهی، منابع آب و دام با روش‌های سنتی دشوار و پرهزینه است. به همین دلیل، کشاورزی دیجیتال در استرالیا بیشتر با هدف افزایش توان مشاهده و تصمیم‌گیری توسعه یافته است؛ یعنی استفاده از داده برای مدیریت

سرزمینی که حضور دائمی انسان در همه نقاط آن امکان‌پذیر نیست.

۲- Digital Earth Australia؛ زیرساخت داده برای یک قاره

یکی از پایه‌های اصلی کشاورزی دیجیتال استرالیا، توسعه زیرساخت داده‌های زمین به نام Digital Earth Australia است. این سامانه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، تغییرات سطح زمین را در طول زمان ثبت و تحلیل می‌کند. Digital Earth Australia داده‌های ماهواره‌ای را از سال ۱۹۸۶ تاکنون پردازش کرده و اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، منابع آب، خشکی زمین و تغییرات کاربری را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. اهمیت این سامانه برای کشاورزی استرالیا در مقیاس آن است. در کشوری که بسیاری از مزارع بسیار گسترده‌اند، پایش زمینی همه مناطق امکان‌پذیر نیست. داده‌های ماهواره‌ای به کشاورزان و مدیران منابع طبیعی اجازه می‌دهد تغییرات زمین را بدون حضور فیزیکی مداوم بررسی کند. برای مثال، داده‌های مربوط به پوشش گیاهی می‌تواند وضعیت مراتع و شرایط چرای دام را نشان دهد، داده‌های آب برای مدیریت منابع محدود استفاده شود و اطلاعات تغییرات زمین برای ارزیابی خطرات اقلیمی به کار رود. در نتیجه، داده‌های محیطی از یک ابزار پژوهشی به ابزاری برای تصمیم‌گیری روزمره در مدیریت کشاورزی تبدیل شده است.

۳- کاهش مصرف آب در شرایط کم‌آبی

یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری دیجیتال در استرالیا، افزایش بهره‌وری مصرف آب است. خشکسالی‌های دوره‌ای باعث شده مدیریت دقیق آب به یکی از مسائل اصلی بخش کشاورزی تبدیل شود. صنعت پنبه استرالیا نمونه‌ای از این تغییر است. بر اساس داده‌های انجمن پنبه استرالیا و سازمان تحقیقات پنبه و دانه‌های روغنی، مقدار آب مورد نیاز برای تولید یک بال پنبه از ۱.۴۳ مگالیتر در سال ۱۹۹۵ به ۰.۷۴ مگالیتر در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است. این کاهش حدود ۴۸ درصدی مصرف آب همراه با افزایش راندمان آبیاری از حدود ۵۷ درصد به ۸۱ درصد بوده است. بخشی از این تغییر نتیجه استفاده از فناوری‌هایی مانند سنجش رطوبت خاک، پایش شرایط مزرعه و سامانه‌های آبیاری دقیق است. در سیستم‌های آبیاری نرخ متغیر (Variable Rate Irrigation)، مقدار آب بر اساس نیاز بخش‌های مختلف زمین تنظیم می‌شود و در برخی پروژه‌ها کاهش حدود ۲۰ تا ۲۵

درصدی مصرف آب گزارش شده است. در این مدل، داده کمک می‌کند آب محدود به جای توزیع یکسان، بر اساس شرایط واقعی زمین و گیاه مصرف شود.

۴- دامداری هوشمند

یکی از کاربردهای خاص فناوری دیجیتال در استرالیا، مدیریت دام در مراتع بسیار وسیع است. در بسیاری از مناطق، دام‌ها در زمین‌هایی نگهداری می‌شوند که کنترل روزانه آنها با روش‌های سنتی دشوار است. ایجاد حصارهای فیزیکی گسترده نیز هزینه بالایی دارد و انعطاف‌پذیری مدیریت چرا را کاهش می‌دهد.

فناوری Virtual Fencing یا حصار مجازی برای پاسخ به همین مسئله توسعه یافته است. در این سیستم، دام‌ها به تجهیزات مجهز به GPS و ارتباط بی‌سیم متصل می‌شوند و دامدار می‌تواند محدوده چرا را به صورت دیجیتال تعریف و مدیریت کند. شرکت eShepherd از جمله توسعه‌دهندگان این فناوری است. این سیستم امکان کنترل حرکت دام، مدیریت بهتر چرا و کاهش فشار بر مناطق حساس مرتعی را فراهم می‌کند. اهمیت این فناوری در استرالیا فقط کاهش هزینه نیست؛ بلکه افزایش توان مدیریت در مناطقی است که فاصله زیاد، حضور دائمی نیروی انسانی را دشوار می‌کند.

۵- کاهش ریسک ورود فناوری به مزرعه

دولت استرالیا تلاش کرده است پذیرش فناوری‌های دیجیتال را از طریق آزمایش در شرایط واقعی تسهیل کند. یکی از نمونه‌ها، برنامه Farms of the Future در ایالت نیو ساوت ولز است. هدف این برنامه کمک به کشاورزان برای آزمایش فناوری‌هایی مانند حسگرهای خاک، ایستگاه‌های هواشناسی و تجهیزات اینترنت اشیا در محیط واقعی مزرعه است. این رویکرد باعث می‌شود کشاورزان پیش از سرمایه‌گذاری گسترده، عملکرد فناوری را در شرایط واقعی بررسی کنند و ریسک اقتصادی پذیرش فناوری کاهش یابد. در این مدل، دولت نقش جایگزین کشاورز را ندارد؛ بلکه محیطی ایجاد می‌کند که فناوری‌ها امکان آزمایش و ارزیابی داشته باشند.

۶- تغییر اصلی؛ داده برای مدیریت فاصله جغرافیایی

تجربه استرالیا نشان می‌دهد در کشاورزی با مقیاس بسیار بزرگ، اولین نقش فناوری دیجیتال

افزایش توان مشاهده و کنترل است. در این مدل، ماهواره، حسگر و سامانه‌های دیجیتال جایگزین حضور دائمی انسان در همه نقاط مزرعه می‌شوند. کشاورزی دیجیتال در استرالیا بیشتر از آنکه صرفاً ابزاری برای افزایش تولید باشد، راهکاری برای کاهش ریسک، مدیریت منابع و تصمیم‌گیری بهتر در مقیاس یک قاره است.

QUICK
ANSWER

دفترهای خاکستری

این دفترها برای پاسخ علمی سریع، مختصر و دقیق به مسئله‌ها و نیازهایی تهیه و تولید می شود که در حین فعالیت مرکز ملی فضای مجازی و سایر دستگاه ها پیش آمده و به بررسی دقیق و در عین حال سریع نیاز دارند.



پژوهشگاه
فضای مجازی