

یادداشت/ حکمرانی نو در چهارمین انقلاب کشاورزی به قلم حسین شیرزاد



نویسنده: دکتر حسین شیرزاد، تحلیل گر و دکترای توسعه کشاورزی

طی قرون گذشته انقلاب‌های کشاورزی، نشان‌دهنده یک تغییر پارادایم بواسطه تغییرات معرفتی چشمگیر از طریق دگرگونی در مناسبات و نظام‌های تولید یا پذیرش روش‌ها و فناوری‌های جدید بوده‌اند. چنانکه در پایان آخرین عصر یخبندان در ۱۲۰۰۰ سال پیش، رقابت روزافزون، آدمی را مجبور نمود تا از جستجو و شکار حیوانات وحشی برای جمع‌آوری غذا، به کشاورزی و اهلی کردن حیوانات حرکت کند. در انقلاب اول، شکارچیان-گردآورنده - به سوی کشاورزی مستقر حرکت کردند که به "انقلاب نوسنگی" نیز معروف است. اما انقلاب دوم، شاهد تغییر سیستم‌های تولید در واکنش به فناوری‌های جدیدی بود که در بریتانیای اواسط قرن هفدهم تا اواخر قرن نوزدهم، ایجاد شد و شاهد پذیرش تناوب زراعی "چهار دوره ای نورفولک"، ورود اصلاح نژاد و گزینش گونه‌های انتخابی برای به حداقل رساندن تنوع ژنتیکی، تبدیل اجتناب ناپذیر اراضی مرتعی به کشاورزی، حفر کانال و تکنیک‌های احیای زمین بود. در انقلاب سوم، فناوری‌های انقلاب سبز به کشورهای در حال توسعه صادر شدند. بگونه‌ای که از دهه ۱۹۶۰ به بعد با توسعه انواع کودهای مغذی و بذور پرمحصول، تولید غلات، علی‌رغم

افزایش تنها ۳۰ درصدی اراضی زیر کشت، سه برابر شد. در اولین مرحله "انقلاب سبز" کشاورزی جهان با حکمرایی "دولت محور" و نورماتیو، همگام با چالش های دوران پس از جنگ جهانی دوم با پیشرفت هایی در زمینه آفت کش ها، کودها و روش های جدید آبیاری مواجه شد. این روشها به تغذیه جمعیت در حال رشد کمک کردند، اما تأثیرات مخرب زیست محیطی، ماهیت تولید را ناپایدار کرد. دومین مرحله انقلاب سبز با حکمروایی شرکتهای بزرگ، عمدتاً به بهره وری، حداکثر رساندن بازده با استفاده از ارتقای کارایی تخصیصی، گزینش ارقام پربازده و در نهایت اصلاح ژنتیکی و ویرایش ژنوم مربوط بود. کشاورزی جهان در این دوره که متکی به سرمایه شرکتهای و بکارگیری "ژنتیک مندلی" در اصلاح نباتات و حیوانات بود، دگرگون شد. تحولات بیوتکنولوژی در دهه هشتاد میلادی، طلوع یک انقلاب ژنی را رقم زد که گمان می رود جایگزین ژنتیک مندلی به عنوان محرک تغییرات فنی در کشاورزی شود. در سومین مرحله انقلاب سبز، دینامیزم جهانی تقاضا و پذیرش رویکرد لیبرال «بازار آزاد» توسط کشورهای در حال توسعه منجر به حضور فزاینده شرکتهای چندملیتی در تمام مراحل سیستمهای کشاورزی شد. حکمروایی شرکتهای چند ملیتی با روش های نوآورانه زنجیره ارزش برای کشاورزی در اواخر دهه ۱۹۹۰ پدیدار شد که بر ترکیبی از ورودیهای بیولوژیکی و اطلاعات مکانی استوار بود و بر مولفه فضایی دادهها، جمعآوری، پردازش و ذخیره اطلاعات توسط یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تأکید و با ترکیبی از اجزای اصلی شبکه حسگر و نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، متغیرهایی مانند رطوبت، دمای خاک و سطح آب را ردیابی مینمود. تراکتورهای مجهز به حسگر (ارتفاع، سبزی و زیست توده) محصولات را اندازه گیری کرده و یک ایستگاه هواشناسی داده های مربوط به باد، باران و دما را جمع آوری می کند. این نوآوری که به عنوان "کشاورزی دقیق" شناخته می شد، مزارع را دوباره پیکربندی کرد و فناوریهای مکانیابی و نقشه برداری، کشاورزان را قادر می ساخت تا تنها در مکانهای مورد نیاز از منابع کافی استفاده کنند. البته مفهوم کشاورزی نسل سوم در دهه ۱۹۸۰ در مینه سوتا، ایالات متحده ظهور کرد، جایی که کشاورزان برای اولین بار با حسگرهای خاک برای اندازه گیری غلظت مواد آلی زمین و از پیشرفتهای در اتوماسیون، هوش مصنوعی (AI) و شبکههای حسگرهای مرتبط با اینترنت اشیا (IoT) بهره بردند و یک رویکرد فضایی در تمام سطوح فرآیند کشاورزی - حتی در سطح مولکولی - برای درک بهتر سیستمهای بیولوژیکی اعمال گردید. ایجاد مزارع هوشمند با حجم زیاد داده، اغلب نیاز به استفاده از یادگیری ماشینی به عنوان زیرمجموعه ای از هوش مصنوعی که به یادگیری

رایانه‌ها برای تشخیص اشکال و الگوها و شناسایی «نقاط داغ» در مجموعه داده‌های عظیم اشاره داشت. در کشاورزی نسل سوم، تحول دیجیتالی اقتصاد کشاورزی در حال تکامل بود تا آن که بارقه‌های نسل چهارم فناوری‌های کشاورزی پدیدار شد. کشاورزی وجه ایی مالی بخود گرفت، سرمایه گذاری خارجی توسط شرکت های جهانی به خوبی در بخش کشاورزی و خدمات غذایی ریشه دوانده و برای حدود پانزده سال سالانه بیش از ۱۰ درصد رشد داشته است و تمایل دارد برای مواد تشکیل دهنده خود به پردازنده های فراملیتی غذا متکی باشد. جهان در آستانه یک انقلاب دیگر در نحوه تولید مواد غذایی میباشد. نسل چهارم انقلاب سبز، با حکمروایی "پلی سنتریک یا حکمروایی چند سطحی"، سه عنصر دولت، جامعه مدنی و بخش خصوصی با یک «دگردیسی کامل» مواجه است. جمعیت جهان با سرعت بی سابقه ای در حال افزایش است، هر روز جمعیت جهان حدود ۲۰۰۰۰۰ نفر افزایش می یابد و به کالری بیشتری در روز نیاز دارد و احتمالاً تا سال ۲۰۵۰ به ۱۰ میلیارد نفر خواهد رسید و تقاضا برای غذا را افزایش خواهد داد. این وضعیت در حالی است که چالش های زیست محیطی مانند تغییرات آب و هوا، تخریب خاک، آلودگی آب و از دست دادن تنوع زیستی معیشت کشاورزانی که در ۵۷۰ میلیون مزرعه در جهان کار می کنند و بخش عمده ای از آنها شرکت های خانوادگی هستند را تهدید میکند. بنابراین باید از فناوری های پیشرفته برای افزایش بهره وری مزرعه استفاده کرد به موازات قواعد جهانشمول رگولاتوری "گات" و سپس (WTO) ، تغییرات آب و هوا به سرعت در حال تغییر اکوسیستم کشاورزی است و میزان انتشار گازهای گلخانه ای به بالاترین میزان در تاریخ رسیده است که نیاز به برنامه آلترناتیو و یارانه های هوشمند دولتی برای مبارزه با اثرات گرمایش جهانی دارد. علاوه بر این، نزدیک به ۳۳ درصد از مواد غذایی تولید شده در جهان برای مصرف انسان هر ساله هدر می رود و فناوری نوآورانه باید بتواند نحوه توزیع و مصرف مواد غذایی را بهبود بخشد، زنجیره تامین را برای بهتر شدن تغییر و کیفیت و ماندگاری مواد غذایی را افزایش دهد. در سال های اخیر به حاشیه راندن دهقانان کوچک، سیاست های مدرنیزاسیون "ضد روستایی"، سیاست های نئولیبرال و رکود نسبی در بهره وری کشاورزی، به ویژه در خاورمیانه، جنوب آسیا و آفریقا، نیاز به ایده های جدید برای بهبود معیشت روستایی را برجسته می کند. برای افزایش بهره وری، تغییر پارادایم می تواند کشاورزان را قادر سازد تا نهاده ها را به طور مؤثرتری مدیریت کنند، سیستم های تولید بهره ورتر و کارآمدتر را اتخاذ کنند و منابع طبیعی را حفظ کنند. این راهبردهای بدیل در کشاورزی نسل چهارم، پتانسیل تغییر

شکل کل اقتصاد کشاورزی را نیز بدلیل تغییرات ژرف در شیوه حکمروایی به همراه دارد. در سال‌های اخیر، چارچوب‌هایی مانند «کشاورزی دقیق»، «کشاورزی هوشمند» و «کشاورزی دیجیتال» در سیاست‌گذاری و گفتمان عمومی رایج شده است و بودجه عمومی و توجه رسانه‌ها به پیشبرد انقلاب موسوم به «انقلاب چهارم کشاورزی» اختصاص یافته است. این انقلاب متمایز از انقلاب‌های قبلی است و به عنوان ارائه راه حلی فن‌آورانه برای چالش‌های فعلی و آینده ارائه می‌شود. همانطور که وارد چهارمین انقلاب کشاورزی پیش‌بینی‌شده می‌شویم، محققان استدلال کرده‌اند که باید در مورد اینکه مسیرهای نوآوری آینده چگونه به نظر می‌رسند، از جمله اینکه کدام فناوری‌ها نسبت به سایرین اولویت دارند، روشن باشیم به عنوان مثال، دولت بریتانیا ۹۰ میلیون پوند برای «انقلاب فناوری جدید در کشاورزی» متعهد شده است و اتحادیه اروپا از طریق پروژه‌هایی مانند «EIP-Agri» برای تسهیل دیجیتالی‌سازی کشاورزی، در پروژه‌های نوآورانه مانند «Smart-EIT Food»، «AKIS» و در بخش خصوصی «D4F» در حال میلیون‌ها یورو سرمایه گذاری هستند. اما از آنجایی که این یک اصطلاح نسبتاً جدید است، وجوه معناشناسانه انقلاب چهارم کشاورزی هنوز مبهم است، اغلب «کشاورزی هوشمند»، «کشاورزی دقیق»، «کشاورزی دیجیتال» و سایر اصطلاحات مشابه بجای هم استفاده می‌شود. ممکن است به نظر برسد که چهارمین انقلاب کشاورزی با فناوری‌های نوظهور مختلفی مانند هوش مصنوعی، هواپیماهای بدون سرنشین، روباتیک و ویرایش ژن مرتبط است، همچنین به طور کلی پذیرفته شده است که نسل چهارم کشاورزی، به طور قابل توجهی حاملین، ارزش‌ها و هویت‌های کشاورزی فعلی را تغییر خواهد داد. اما هنوز تا رسیدن به تأثیر بالقوه کامل بیوتکنولوژی در کشاورزی فاصله داریم، پیشرفت‌های نانوتکنولوژی نویدبخش افزایش بیشتر مرزهای تحقیق و نوآوری در کشاورزی است. در این محیط جدید، جنبش‌های روستایی در کنار بخش خصوصی به عنوان بازیگر اصلی در تحقیق و توسعه کشاورزی ظاهر و بتدریج جانشین بخش دولتی می‌شود که در دوره‌های اولین مراحل انقلاب سبز نقش محوری را ایفا کرد. در هرحال، پیش‌بینی تأثیرات چهارمین انقلاب کشاورزی یک مؤلفه کلیدی از نوآوری مسئولانه است، که محققان استدلال می‌کنند که باید زیربنای گذار به سوی آینده‌های مختلف باشد. در این میان، اثرات مثبت مختلفی از فناوری‌های جدید پیش‌بینی می‌شود، از جمله افزایش بازده، بهره‌وری بیشتر در محیط‌زیست، و مزایای اجتماعی، مانند کاهش نیروی کار فیزیکی، پر کردن شکاف‌ها در تأمین نیروی کار مهاجر، و ارائه زمان بیشتر برای کشاورزان برای گذراندن با خانواده در حین انجام کار؛ اما بدون درک روشنی از اینکه کدام فناوری‌ها در انقلاب

گنجانده شده اند، درک چگونگی آنها توسط ذینفعان مختلف و تأثیرات نابرابر آنها در سراسر جامعه دشوار است. با این حال، ما می دانیم که مزایای انقلاب فناوری احتمالاً به طور نابرابر در سراسر جامعه پخش می شود و خطرات آن به طور مشابه به احتمال زیاد در بین جوامع کشاورزی به طور نابرابر تقسیم می شود. به عنوان مثال، چندین حوزه از ریسک ها از جمله ماهیت در حال تغییر کار مزرعه (به عنوان مثال، جابجایی احتمالی نیروی کار، از دست دادن ارتباط با زمین)؛ مسائل مربوط به اعتماد در عرضه. تغییر ماهیت زنجیره ارزش، عدم اعتماد به مالکیت داده ها، امنیت و حریم خصوصی، پذیرش عمومی فناوری و بسیاری دیگر شناسایی شده است. با همه این تفاسیر، انقلاب سبز چهارم کشاورزی تاب آور و سازگارتری است چون علاوه بر آزادسازی ظرفیت های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی کشاورزی دهقانی، دامنه کشاورزی را در زمینه های مختلف مانند فرهنگ، رفاه و درمان در کشاورزی تولید محور گسترش خواهد داد و از طریق فعالیت های فرهنگی، مانند ترکیب کشاورزی با بازی و اوقات فراغت، کشاورزی در خدمت رفاه انسان، منجر به مقدار بیشتری از کشت مشترک و مستقل می شود. تغییرات در تولیدات کشاورزی عمدتاً در تأسیسات کشاورزی با فناوری کشاورزی هوشمند، فناوری سایبری و زیرساخت های ابری رخ می دهد. سازه های دیجیتال توانمند، بر توان کنترلی محیط رشد و ارزش محصولات کشاورزی می افزاید. با به دست آوردن اطلاعات در مورد رشد، آب و هوا و تجهیزات کشاورزی می توان حجم تولید را به حداکثر رساند و احتمال خسارات ناشی از بلایای طبیعی، خطاهای سیستم و سایر عوامل را به حداقل کاهش داد. علاوه بر این، جمع آوری داده های زیست محیطی در مورد کشت از طریق یک پلتفرم خدمات کشاورزی و با استفاده از داده های بزرگ امکان پذیر است. جریان اطلاعات را می توان برای ارزیابی روند فروش بازار با توجه به تجزیه و تحلیل ترجیحات بازار مورد استفاده قرار داد و سپس می توان داده ها (محیط کشت، اطلاعات آفات، اطلاعات آب و هوا و آب و هوا، حاصلخیزی خاک، ارتباط توپوگرافی و غیره) را برای بهینه سازی به کشاورزان بازخورد داد. محیط های تولید در سال های اخیر، داده های بزرگ و هوش مصنوعی برای گسترش زمینه های مهندسی ژنتیک با توجه به کشاورزی و دامداری مورد استفاده قرار گرفته اند. در چارچوب حل و فصل قوانین، مقررات ژنومیکس و مسائل اخلاقی، امکان کشت محصولات خوراکی و گیاهان زیستی که در آب و هوای خشک رشد می کنند، وجود خواهد داشت. با استفاده از ماشین آلات کشاورزی هوشمند، تصمیم بهینه برای هر مکان انتخاب و مواد مغذی تجویز شده متناسب با مزرعه وارد میشود، و چندین تراکتور قادر خواهند بود وظایف یکسانی (یعنی مدیریت آفات و

بیماری ها، سمپاشی، علفکشی) را در موقعیت‌های مختلف با رعایت فواصل معین انجام دهند در شب، زمانی که کشاورز خواب است، یک ربات می تواند از طریق FPS و نقشه های الکترونیکی هدایت شود، وارد مزرعه شود، کارهای کشاورزی لازم را تمام کند و قبل از طلوع صبح به خانه برگردد. اما سه رویکرد وجود دارد که نسل چهارم، تأثیر عمده ای بر بخش کشاورزی خواهد داشت. اول، "سیستم بهینه سازی دقیق" بسیاری از مشکلات فعلی در کشاورزی را حل خواهد کرد. در کشاورزی فعلی، نهاده ها و ستانده ها ناهماهنگ هستند. یعنی اگرچه از نظر تولید غذا در سراسر جهان، غذای کافی برای کل جمعیت تولید می شود، اما بسیاری از مردم از گرسنگی می میرند با این حال ۳۰ تا ۵۰ درصد غذای تولید شده دور ریخته می شود. همچنین حدود ۸۰ درصد از آب روی کره زمین برای کشاورزی استفاده می شود، با این حال تنها ۲۰ درصد از محصولات قابل دوام کشت می شود و مازاد استفاده نشده باقی مانده، دور ریخته می شود. در انگلستان، استفاده از کود نیتروژن منجر به آلودگی های آب شد. هر یک از این مشکلات را می توان از طریق "کشاورزی هوشمند" حل کرد. کشاورزی هوشمند، روشی است که با آن شرایط رشد گیاه و خاک برای مدیریت دقیق محصولات محاسبه می شود، لذا این سیستم می تواند با ایجاد یک سیستم کشاورزی بهینه که تولید، توزیع و مصرف را به هم متصل می کند، مسایل متنوعی را حل کند. دوم، بازگرداندن عناصر تولید روستایی، به روستا از جمله منابع انسانی، تأثیر عمده ای بر کشاورزی خواهد داشت. سرمایه، نیروی کار و منابع تکنولوژیکی که روستاهای کشاورزی را در نسل‌های قبلی ترک کرده‌اند، احتمالاً در طول نسل چهارم باز خواهند گشت. سوم، فن آوری های نسل چهارم تأثیر قابل توجهی بر مشکلات مربوط به تغییر اقلیم خواهد داشت. کشاورزی به شدت تحت تأثیر آب و هوا است و در حال حاضر علم هیچ ابزاری برای پیش بینی و کنترل دقیق آن ندارد. فناوری های آتی می تواند از خرد و تجربه بشر پیشی بگیرد و مشکلات خاصی را حل کند که با فناوری فعلی قابل حل نیستند، مانند بوی بد دام، هزینه پردازش بیش از حد، و احتمال وقوع آفات به دلیل تغییرات آب و هوایی، آنفولانزای پرندگان و بیماری تب برفکی و مهمتر از همه، با ترکیب فناوری های متنوعی مانند همگرایی صنعتی و فناوری ترکیبی، مشاغل جدیدی ایجاد می کند. علاوه بر این، تغییرات عمده ای در مدیریت ریسک، صنعتی سازی زیستی و هوش مصنوعی، تولید، توزیع و مصرف و همچنین محیط روستایی و زندگی روستایی را تغییر خواهد داد. ربات های کشاورزی شاخصه نسل چهارم است. ربات ماشینی است که به طور مستقل حرکت می کند، از انسان تقلید می کند، محیط بیرونی را تشخیص می دهد و در مورد نحوه مدیریت موقعیت های مختلف

قضاوت مستقلى مى كند. ربات هاى كشاورزى در هر زمينه اى از فرآيند كشاورزى از جمله توليد، فرآورى، توزيع و مصرف عمل خواهند كرد. آنها محيط خدمات را تشخيص مى دهند و به طور مستقل كار يا خدمات هوشمندی را ارائه مى دهند. ربات هاى كشاورزى را مى توان به عنوان «سيستم هاى هوشمند توليد كشاورزى كه مى توانند دخالت انسان را به حداقل رسانده، خود را كنترل كرده و كارايى را به حداكثر برسانند» تعريف مى شوند. ماشين هاى كشاورزى سنتى و وسايل نقليه هوايى بدون سرنشين مى توانند توسط روبات ها در زمينه هاى انتخاب محصولات كشاورزى، سيستم هاى توزيع خودكار، تسهيلات باغبانى و مراقبت از دام خودكار استفاده شوند. استفاده از ربات را مى توان بسته به محل استفاده آنها به سه قسمت تقسيم كرد. اين رشته ها شامل ربات هاى كشاورزى ميدان باز، ربات هاى كشاورزى تسهيل گر و ربات هاى دام است و هدف از اين كاربرى ها بهبود بهره ورى از طريق اتوماسيون، كشاورزى و ترويج كشاورزى سازگار با محيط زيست خواهد بود. حكمرانى شبكه اى و ريزوماتيك در نسل چهارم اگرچه پيچيده است ولى كارآ تر بوده و مشاركت برد- برد دولت، جامعه مدنى و بخش خصوصى با همكارى شرکتهای بين المللى را با خود به ارمغان خواهد آورد.

در نهايت؛ بيش از ۲۰۰ سال پيش، بيشتر از ۹۰ درصد از جمعيت زمين به كشاورزى مشغول بودند، اما اكنون بيش از ۸۰ درصد از جمعيت كشورهای عمده OECD در بخش هاى صنعت و خدمات مشغول بكار هستند. جمعيتى كه در حال حاضر به كشاورزى مشغول اند، تنها ۲ تا ۳ درصد است. نه تنها جمعيت درگير در كشاورزى كاهش يافته است، بلكه در اكثر كشورهای توسعه يافته، سن افراد در خانوارهای كشاورز نیز در حال افزايش است. در بيش از ۹۷ كشور، بيش از ۵۰ درصد از جمعيت خانوارهای كشاورزى بالای ۶۰ سال و بيش از ۴۰ درصد افراد بالای ۶۵ سال هستند. بنا براین، در تغيير پارادايم از كشاورزى صنعتى - ديجتالي (پسافوردیستی) به سيستم هاى متنوع كشاورزى منبعث از هوش مصنوعى، تنها ۵ درصد از جمعيت جهان در بخش كشاورزى كار مى كنند. طى ۳۰ سال گذشته، توليد مواد غذايى با سرعت بيشترى نسبت به جمعيت و به طور متوسط ۲٫۵٪ درصد در سال، افزايش يافته است اما در حال حاضر، كشاورزى يکى از علل اصلى خشک شدن آب هاى زیرزمینی، فرسايش فيزيكى، آلودگى شيميايى و فقير شدن خاک ها و تغييرات آب و هوايى در سطح جهان است و تقريباً ۳۰ درصد گازهای گلخانه اى را مى توان به آن نسبت داد. لذا بدون اصلاحات اساسى در سيستم غذايى و كشاورزى، وضعيت فقط مى تواند بدتر شود. شايد به اين دليل كه

بازده کشاورزی کاهش یافته و به دلیل گرم شدن کره زمین در مناطقی که بیشترین حساسیت را نسبت به تغییرات اقلیمی و کمبود آب دارند، انبوهی از زمین‌ها از دست رفته است. به اینها فشارهای ناشی از شهرنشینی و افزایش تعداد پروژه‌های معدنی، برق آبی، توریستی و زیرساختی اضافه شده است که همه آنها در حال رقابت جهت کسب فضای بیشتر هستند. علاوه بر این، زمین‌های عظیمی در آینده به تولید سوخت‌های کشاورزی اختصاص داده خواهد شد، در حالی که می‌دانیم که تولید جهانی غذا باید دو برابر تا سه برابر شود تا نیازهای غذایی ۱۰ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ برآورده شود. بنابراین مهمترین اصل حکمرانی کشاورزی، هماهنگی، هارمونی و سازگاری با حکمرانی آب در آینده و تحول آفرینی کشاورزی از سیستم کشاورزی بهره‌وری به سیستم کشاورزی چند منظوره به منظور افزایش تاب‌آوری در شرایط پرریسک اقلیمی است.