مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۸ شماره ۱ صفحه‌های ۱ تا ۱۶ (۱۴۰۲)

بررسی فناوری‌های نوین بوم‌سازگار در کشاورزی و منابع طبیعی در ایران[1]

عباس شریفی تهرانی و عبدالمجید مهدوی دامغانی[2،3]

چکیده

بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و بوم سازگار نقشی کلیدی در افزایش بهره‌وری تولید، کاهش خسارت‌ها و بهینه سازی مدیریت زنجیره ارزش محصول‌های کشاورزی دارد. امروزه ورود فناوری‌های نوین و ارتقای روش‌های گذشته به ویژه با رشد سریع فناوری اطلاعات، از جمله موتورهای جست‌وجوگر، هوش مصنوعی، شبکه‌های اجتماعی، آموزش از راه دور، رایانش ابری، اینترنت اشیاء و رشد دیگر فناوری‌های شبکه پایه موجب آسان شدن ایجاد سامانه‌های برهمکنش‌گر و اشتراک اطلاعات شده است. این فناوری‌ها شرایط ورود به دروازه‌های جدیدی را برای مدیریت کارامد بخش کشاورزی گشوده است. دشواری‌های مهم ورود و توسعه فناوری‌های نوین در بخش کشاورزی ایران شامل جنبه‌های اقتصادی (مانند هزینه بالای سرمایه‌گذاری و تامین فناوری‌های نوین و نیروی‌کار حرفه‌ای)، زیرساختی (نبود بسترهای مناسب بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، نبود پیوستگی بین حلقه‌های زنجیره بخش کشاورزی) و اجتماعی و فرهنگی (کم بودن سطح سواد رسانه‌ای، ساختار سنتی و معیشتی جامعه کشاورزی و تغییر سبک زندگی) است. بنابراین، راهبرد بنیادی برای بومی‌سازی فناوری‌های نوین عبارتنداز: آموزش استفاده از فناوری‌های نوین به کشاورزان، شناسایی و بررسی چالش‌ها و نیازهای واقعی پیش روی کشاورزان و بازیگران اصلی زنجیره کشاورزی از مزرعه تا سفره، ایجاد مزرعه‌های پژوهشی، ایجاد بسترها و زیرساخت‌های لازم برای ورود و بومی‌سازی فناوری‌های نوین.

واژه‌های کلیدی: اینترنت اشیا، بومی‌سازی، زنجیره ارزش، فناوری اطلاعات.

مقدمه

در سال ۲۰۱۵، سازمان ملل برای توسعه پایدار جهان، حفاظت از کره زمین، کاهش فقر و تداوم توسعه، ۱۷ هدف اصلی را تا سال ۲۰۳۰ جزو هدف‌های راهبردی جهان تصویب کرد. در میان این هدف‌ها، دومین هدف عبارت بود از «پایان دادن به گرسنگی، تامین امنیت غذایی و بهبود تغذیه مردم جهان با کاربرد کشاورزی پایدار». لازمه رسیدن به این هدف آرمانی، دستیابی و کاربرد فناوری‌های نوین و موثر در زمینه‌های مختلف کشاورزی در سراسر جهان است. پیش‌بینی می‌شود جمعیت ۸ میلیارد نفر کنونی جهان تا سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ به ترتیب به ۹/۷ و ۱۱/۲ میلیارد نفر افزایش یابد و میانگین طول

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۰
برگرفته از طرح «بررسی فنّاوری‌های نوین بوم‌سازگار در کشاورزی و منابع طبیعی» که با شرکت کلیه اعضای گروه علوم کشاورزی فرهنگستان علوم ج.ا. ایران انجام شده است.
۲- نویسنده مسئول، پست الکترونیک: asharifi@ut.ac.ir
۳- به ترتیب، عضو پیوسته فرهنگستان علوم ج.ا. ایران و استاد دانشگاه تهران و عضو مدعو و دانشیار دانشگاه شهید بهشتی.

عمر انسان تا سال ۲۰۵۰ به ۷۷ سال و میانگین کالری مصرفی سرانه از ۲۶۰۰ به ۳۰۰۰ در روز افزایش یابد (UN, 2018). بنابراین، در این وضعیت تأمین امنیت غذایی همچنان چالش اصلی جهان خواهد بود. با توجه به محدود بودن زمین‌های کشاورزی و منابع آب، افزایش عملکرد محصول‌های کشاورزی در واحد سطح و کاهش ضایعات غذا و فراورده‌های کشاورزی تاثیری بنیادین بر دستیابی به امنیت غذایی پایدار خواهد داشت. این هدف در قرن بیست و یکم با گذر از مسیر کشاورزی هوشمند محقق خواهد شد که این تحول بزرگ نوید شکوفایی و کمک به انسان‌ها در کاهش زحمت و ساده‌سازی وظیفه دشوار و بهینه‌سازی فناوری‌ها را به همراه دارد (Pretty *et al.*, 2010). کشاورزی هوشمند این امکان را فراهم می‌کند تا تولید افزایش یابد و کاربرد بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرهای اقلیمی به شکلی مناسب مدیریت شوند.

در این میان، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و بوم‌سازگار نقشی کلیدی در افزایش بهره‌وری تولید، کاهش تلفات و بهینه‌سازی مدیریت زنجیره ارزش محصول‌های کشاورزی، از پیش از تولید تا مصرف در سفره مصرف‌کننده، دارد. سامانه‌های کشاورزی همواره از پیشرفت و گسترش فناوری‌هایی سود برده‌اند که در آغاز برای دیگر رشته‌ها تکامل یافته‌اند. در عصر صنعتی شدن، مکانیزاسیون و حاصلخیزکننده‌های شیمیایی- صنعتی، رهاوردهای صنعت برای کشاورزی بودند. در عصر فناوری، مهندسی ژنتیک و نیز خودکار شدن (اتوماسیون) به یاری کشاورزی آمدند. در عصر اطلاعات مجموع پیشرفت‌های فناوری و صنعت، کشاورزی را به سمت رهیافت نوینی رهنمون ساخته است که از آن با عنوان کشاورزی دقیق یاد می‌شود. انتقال فناوری قلب تپنده رشد پایدار بخش کشاورزی در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه است؛ به همین دلیل در سال‌های اخیر پژوهشگران بیش از پیش بر اهمیت فناوری‌های نوین و انتقال آن‌ها در امنیت غذایی در مقیاس‌های گوناگون، از محلی تا بین‌المللی تاکید کرده‌اند. امروزه با ورود فناوری‌های نوین و ارتقای روش‌های گذشته به ویژه با رشد سریع فناوری اطلاعات، از جمله موتورهای جست و جوگر، هوش مصنوعی، شبکه‌های اجتماعی، آموزش از راه دور، رایانش ابری، اینترنت اشیا و رشد سایر فناوری‌های شبکه پایه که موجب سهولت ایجاد سیستم‌های برهمکنش‌گر و اشتراک اطلاعات شده است، دروازه‌های جدیدی برای مدیریت کارامد بخش کشاورزی گشوده شده است. اشتراک دانش و اطلاعات، سادگی دسترسی به منبع‌های دست اول، جست‌وجو و تأمین نهاده‌های تولید از راه شبکه، بازاریابی و فروش برخط محصول‌های کشاورزی، دسترسی به اطلاعات لحظه‌ای قیمت‌ها، سادگی نگهداری و پردازش اطلاعات مالی و حسابداری، جمع‌آوری و نگهداری اطلاعات از جمله نتایج رشد سریع فناوری بوده است که اقتصاد و مدیریت کشاورزی را چه در سطح مزرعه و چه در سطح بازار منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی زیر تأثیر قرار داده است. در سال‌های اخیر، فناوری‌های نوین اطلاعات و کشاورزی دقیق توانسته‌اند اطلاعات، دقت، هوشمندسازی و مکانیزاسیون را به مدیریت نوین تولید محصول‌های کشاورزی، چه گیاهی و چه دامی اضافه کنند. نمونه‌های بسیاری وجود دارد که نشان می‌دهد با توسعه و استفاده از فناوری دقیق کشاورزی، کارایی تولید در این رشته به طور معنی‌داری افزایش یابد، هزینه تولید و آلودگی ناشی از فعالیت‌های تولیدی کاهش پیدا کند و رقابت در بازار تولید و امنیت غذایی نیز بهشکلی چشمگیر افزایش یابد (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷). سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری از دور توانسته‌اند راهنمای علمی و کاربردی برای زمان دقیق اجرای عملیات زراعی، باغبانی و دامی با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی در کل دوره تعیین کنند.

افزون بر تولیدهای گیاهی و دامی، برای رونق کشاورزی باید صنایع تبدیلی و فراوری مواد غذایی توسعه یابند؛ توسعه صنایع غذایی مستلزم ساخت و تولید دستگاه‌های پیشرفته صنایع غذایی در داخل کشور است. در ایران چنانچه به صنعت غذا توجه کافی شود، تلفات محصول‌های کشاورزی کمتر می‌شود و امکان صادرات بیشتر و ارزآوری از این راه افزایش خواهد

یافت. رشد ناکافی صنایع غذایی و استفاده از فناوری‌های قدیمی و ماشین‌های فرسوده در برخی از واحدهای تولیدی موجب اثرگذاری بر کیفیت و سلامت محصول‌های فراوری‌شده نیز شده است. افزون بر این، امروزه توجه به سلامت غذا و تولید فراورده‌های ارگانیک مورد توجه بسیاری از مصرف‌کنندگان در سراسر جهان شده است که آشکار است بدون استفاده از فناوری‌های نوین و امکان‌های پیشرفته نمی‌توان به این موضوع مهم دست یافت.

در کنار تولید و فراوری محصول‌های کشاورزی برای تأمین امنیت غذایی، تلاش برای مهار پیامدهای منفی فعالیت‌های بشر بر طبیعت و محیط زیست جهانی، موضوع بنیادی تغییر اقلیم را در دستور کار سیاسی بسیاری از دولت‌ها در جهان قرار داده است. در کنار سیاست و حاکمیت، نسل جدیدی از فناوری‌ها نیز به بشر کمک می‌کند تا تعادل بین جهان پیشرفته و جهان طبیعی به بهترین صورت تنظیم شود. در این میان، فناوری محیط زیست که به عنوان فناوری سبز یا پاک نیز شناخته می‌شود، به کاربرد علوم محیطی در توسعه فناوری‌های جدیدی اشاره دارد که هدف آن‌ها حفظ، نظارت یا کاهش آسیب‌هایی است که بشر به طور منظم بر جهان وارد می‌سازد و توسعه پایدار هسته و هبدنه اصلی فناوری محیط زیست را تشکیل می‌دهد. روش‌ها و راهکارهای کاربردی در فناوری‌های محیط زیست در جلوگیری از تخلیه منابع طبیعی و کنترل آلودگی‌ها در دستیابی به توسعه اقتصادی پایدار نقشی به سزا دارند.

کاربرد فناوری‌های نوین در کشاورزی و منابع طبیعی ایران

فناوری‌های نوین در تولیدهای گیاه

تولیدهای گیاهی یکی از زیربخش‌های ارزآور بخش کشاورزی با مزیت نسبی زیاد هستند که تأثیرپذیری زیادی از پیشرفت فناوری داشته‌اند. در سال‌های اخیر، برای نمونه، سیستم‌های تصمیم‌گیری از راه دور توانسته‌اند راهنمای علمی و کاربردی برای زمان دقیق فعالیت‌های تولیدهای گیاهی را با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی در کل دوره تعیین کنند (Deng *et al*., 2015).

حسگرها

فناوری تصویربرداری بر پایه طیف‌سنجی با بهره‌گیری ازفن‌های مختلف از جمله شبکه عصبی، جداسازی تجزیه خطی، الگوریتم‌های تطبیقی تصویرها و مانند این‌ها شرایط را برای تشخیص برگ‌های سالم و آلوده به آفت و بیماری فراهم می‌کند (Zhijun *et al*., 2015). از این فن در حال حاضر در باغ‌ها، خزانه‌کاری‌ها و گلخانه‌های دنیا برای تشخیص انواع آفت و بیماری استفاده می‌شود. از دیگر کاربردهای فناوری‌های نوین در تولیدهای گیاهی، استفاده از حسگرهای هوشمند تعیین وضعیت تغذیه‌ای گیاهان است. این حسگرها بر پایه‌ی طیف‌سنجی و تفسیر تصویرها طراحی شده‌اند؛ از انواع مختلف حسگرها به ویژه در تولید محصول‌های گلخانه‌ای کشور استفاده می‌شود (امیدوار و شفایی، ۱۳۸۳). استفاده از این فناوری‌های نوین و جمع‌آوری و ارسال خودکار داده‌ها، گامی اساسی در جهت دستیابی به کشت هوشمند گیاهان زراعی و باغبانی است (Groher *et al*., 2020). با استفاده از حسگرهای هوشمند می‌توان اطلاعات مختلفی مانند رطوبت، مقدار آب مورد نیاز محصول، مقدار بارندگی، و اطلاعات ریزاقلیم را جمع‌آوری و منطقه مناسب را برای کشت گلخانه‌ای هر محصول در ایران را توصیه کرد (Hemming *et al*., 2020). با استفاده از این حسگرهای هوشمند همچنین می‌توان آلودگی محصول‌ها و خاک را در تولیدهای گیاهی اصلی ایران بررسی کرد تا امکان برنامه‌ریزی صحیح به‌منظور تغذیه و مبارزه با آفت‌ها و بیماری‌ها

امکان‌پذیر شود به گونه‌ای که بتوان مقدار تغذیه، آبیاری، سم‌پاشی و سایر نیازهای تولیدهای زراعی راهبردی را جمع‌آوری و برنامه‌ای هوشمند برای هر محصول تعریف کرد (Hemming *et al*., 2019).

ربات‌ها و پهپادها

پهپادها کاربردهای مختلفی در تولیدهای گیاهی دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به تصویربرداری‌های هوایی، کوددهی، سم‌پاشی و گرده‌افشانی اشاره کرد. با این‌که از روبات‌ها و پهپادها در کشورهای پیشرو در بخش کشاورزی استفاده می‌شود برداشت مکانیزه با ربات‌ها با دقت، سرعت و کارایی زیاد برای برداشت تولیدهای گیاهی توسعه یافته است (Jia *et al*., 2020). پهپادها می‌توانند تولیدکنندگان میوه را برای گرده‌افشانی مصنوعی و افزایش مقدار تولید یاری کنند. با خودکارسازی تولید و استفاده از ربات برای بهینه‌سازی تولید در گلکاری هوشمند، از روبات‌ها برای کارهایی مانند پیرایش درختان و درختچه‌های زینتی نیز می‌توان بهره برد (Ku, 2020).

فناوری‌های نوین پس‌برداشت و بسته‌بندی

سردخانه‌های با اتمسفر کنترل‌شده، ماشین‌های مکانیزه شستشو، درجه‌بندی و بسته‌بندی میوه‌ها از جمله دستاوردهای فناوری نوین در تولیدهای گیاهی است. استفاده از حسگرهای صوتی، ارتعاشی و جرمی و تبدیل داده‌های آن با استفاده از شبکه عصبی ب پیام‌های قابل بررسی برای درجه‌بندی میوه‌های سیب از جمله کاربردهای فناوری‌های نوین در درجه‌بندی محصول‌های گیاهی است. دستگاه سفتی‌سنج صوتی و چکش الکتریکی (Homer *et al*., 2010) از جمله کاربردهای فناوری‌های نوین در پس‌برداشت تولیدهای گیاهی است.

زیست فناوری و بهنژادی

اگرچه روش‌های بهنژادی مرسوم برای تغییر ژنتیکی گیاهان مطمئن و پایدارند، ولی در بسیاری از موارد، روشی زمان‌بر و دشوارند. این دشواری‌ها در مورد درختان میوه چشمگیرترند، زیرا چرخه بهنژادی طولانی‌تر دارند. با ظهور دانش زیست‌فناوری و پیشرفت روزافزون آن، تحولی شگرف در بهبود ژنتیکی درختان میوه ایجاد شده است. با کمک فن‌های نو، برنامه اصلاح درختان میوه هدفمندتر و بسیار سریع‌تر شده و امکان دستیابی به رقم‌ها و پایه‌های تجاری در بازه زمانی کوتاه‌تر فراهم شده است. نشانگرهای مولکولی، انتقال ژن و تولید گیاهان تراژن، فن‌های توالی‌یابی و ویرایش ژنوم از جمله مهم‌ترین فن‌های زیست‌فناوری است که به کمک بهنژادگران درختان میوه آمده است تا بتوان برنامه‌های بهنژادی هدفمندتر و دقیق‌تر را به‌کار بندند. افزون بر این، با استفاده از این فن‌ها امکان تعدیل پیامدهای منفی ناشی از پدیده تغییر اقلیم وجود دارد (Dalla Costa *et al*., 2017). استفاده از نسل جدید توالی‌یابی برای پیشبرد هدف‌های بهنژادی (Arab *et al*., 2019) از مهمترین کاربردهای زیست فناوری در برنامه‌های بهنژادی درختان میوه در کشور است. تولید رقم‌های مقاوم به شوری و تنش‌های محیطی، تولید میوه‌های بدون هسته، مبارزه با آفت‌ها، تولید رقم‌های پرمحصول و حفظ ذخیره‌های ژنتیکی، تقویت ویژگی‌های زودرسی و دیررسی، بهنژادی رقم‌های جدید از جمله هدف‌ها در بهنژادی درختان میوه می‌باشد. با کشت بافت و ریزافزایی، تولید گل‌های یکسان و یک‌شکل بدون بیماری در زمانی به نسبت کوتاه میسر است.

انرژی هسته‌ای

فناوری هسته‌ای این امکان را فراهم می‌کند تا کمیت و کیفیت تولیدهای گیاهی افزایش یابد و از بروز برخی تنش‌های زیوا[1] و نازیوا[2] جلوگیری شود. در واقع، با بهره‌گیری از فناوری هسته‌ای این امکان فراهم می‌شود تا بتوان هم کیفیت محصول‌های تولیدی و هم مقدار محصول را افزایش داد. این فناوری می‌تواند سبب به تاخیر افتادن رسیدگی محصول شود و با ایجاد جهش، تنوع ژنتیکی لازم را برای اصلاح ژنتیکی فراهم کند (Mohan Jain, 2002). استفاده از انرژی هسته‌ای در مدیریت آب و خاک و تغذیه، کنترل آفت‌ها و بیماری‌ها، اصلاح ژنتیکی، معرفی پایه‌های متحمل به تنش‌های نازیوا از جمله کاربردهای این فناوری در تولیدهای گیاهی کشور است. تنها چالش استفاده از این فناوری در کشور، وجود پرتوهای رادیواکتیو زیانبار برای سلامت انسان و هزینه اولیه زیاد است. با این همه، با توجه به افزایش تقاضا برای غذا و از سوی دیگر، پیامدهای منفی پدیده تغییر اقلیم، بیشینه استفاده از دانش و فناوری هسته‌ای در ایران یک ضرورت است (صدفکردار و همکاران، ۱۳۹۴).

تولیدهای دامی، شیلات و آبزیان

کاربرد گسترده فناوری‌های نوین زیوا و نازیوا در اصلاح نژاد دام و طیور موجب پیشرفت‌های شایانی در بهنژادی آن‌ها شده است. در استفاده از فناوری‌های نازیوا، با شناسایی انفرادی دام‌ها، در ترکیب با فناوری‌های بازتولید مانند تلقیح مصنوعی، انتقال رویان و اسپرم که جنس آن تعیین شده است، اطلاعاتی ثبت می‌شود که پایه‌ای اساسی خواهد شد برای برنامه‌های مدیریت اصلاح نژادی، بازتولیدی، تغذیه‌ای و بهداشتی مانند نظارت بر سلامت و رفاه دام‌های مزرعه‌ای. برای نمونه، حسگرها، ابزارهای مبتنی بر صوت و تصویر (فراصوت‌ها)، و هویت‌گذاری‌های مبتنی بر فرکانس رادیویی از جمله این فناوری‌ها هستند و فناوری‌های دامی دقیق شناخته می‌شوند (Fernandeds *et al*., 2020).

پرکاربردترین فناوری‌ها در اصلاح نژاد دام و طیور، روش‌های زیست‌فناوری هستند. در چند دهه گذشته، استفاده از فناوری‌های زیستی به افزایش میزان بازتولید دام‌های اهلی، بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی تولیدهای دامی، افزایش رشد و راندمان مصرف غذا و سلامت و رفاه دام‌ها انجامیده است. فناوری‌های مهندسی ژنتیک، فناوری‌های DNA نوترکیب[3]، انتقال ژن، ویرایش ژن، همسانه‌سازی و زیست‌فناوری‌های وابسته به آن‌ها، که زمینه ایجاد دگرگونی‌های دلخواه را در DNA فراهم می‌کنند، از این فناوری‌ها محسوب می‌شوند. برخی از این فناوری‌ها مانند فناوری‌های توالی‌یابی و زیست‌فناوری‌های وابسته به آن‌ها با شناسایی نشانگرهای ژنتیکی و ژن‌های کاندید می‌توانند موجب افزایش صحت برآورد ارزش‌های ژنتیکی دام‌ها و رتبه‌بندی دقیق‌تر دام‌های نامزد انتخاب شوند (Meuwissen *et al*., 2016).

استفاده از مهندسی ژنتیک در تولید محصول‌های زراعی و دامی به سال ۱۹۸۵ برمی‌گردد. با این‌که حدود ۲۲ سال از تجاری شدن تولیدهای زراعی حاصل از مهندسی ژنتیکی می‌گذرد، اما در این مدت فقط یک موجود تراریخته با عنوان ماهی سالمون در امریکا تولید و تجاری شده است (Van Eenennaam *et al*., 2021). از فناوری انتقال ژن برای درمان بیماری، ایجاد مقاومت به بیماری‌ها، بهبود بازتولید و افرایش چندقلوزایی، افزایش تولید، بهبود ترکیب لاشه و بهبود تولید شیر و ترکیب‌های آن استفاده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که در این مدت زمان، گاوهای شیری مقاوم به ورم پستان با فناوری مهندسی ژنتیکی و خوک‌های مقاوم به ویروس نشانگان بازتولیدی و تنفسی از راه فناوری ویرایش ژنومی تولید شده‌اند، اما بنا به دلیل‌های فنی، ساختار صنعت دامپروری، کمبود منابع مالی برای پژوهش‌ها و سرمایه‌گذاری، مانع‌های

1. Biotic 2. Abiotic 3. Recombinant DNA

نظارتی و نگرانی افکار عمومی باعث کندی پیشرفت آن بوده است. باید توجه داشت که کاربرد مهندسی ژنتیک نوین و محصول‌های تراژن همراه با چالش‌های جدی و ابهام‌های مهمی بوده است که موجب شده است در بسیاری از منطقه های جهان در مورد استفاده فراگیر از این فناوری با احتیاط برخورد شود.

نانوفناوری

کاربرد فناوری های نانوکودها، نانوسم‌ها، برای بسته‌بندی و نانوحسگرها از جمله کاربردها در تولید محصول‌های کشاورزی است (امیری و بهمنش، ۱۳۸۹). این حسگرها شامل ترکیب‌های زیستی مانند یک یاخته، آنزیم یا پادتن متصل به مبدل انرژی هستند و می‌توانند تغییرهای ایجاد شده در مولکول های اطراف خود را گزارش دهند. این گزارش‌ها با پیام‌هایی دریافت می‌شوند که مبدل انرژی به تناسب با مقدار آلودگی تولید می‌کنند. بنابراین، اگر تجمع زیادی از عامل بیماری در اطراف این حسگرها وجود داشته باشد پیام‌های قوی فرستاده می‌شوند. ارزیابی حضور آلاینده‌ها در محیط توسط حسگرها در چند دقیقه میسر است، اما با استفاده از روش‌های رایج دستکم ۴۸ ساعت زمان برای تشخیص نیاز است (Al-Hchami & Alrawi, 2020). با توجه به این‌که اندازه بسیار کوچک این نانوذره‌ها که جزء ویژگی مهم آن‌ها است، می‌تواند سلامت و محیط زیست و گیاهان را تهدید کند، لازم است پیامدهای استفاده از این فناوری از جنبه زیست‌محیطی بررسی شود.

مکانیزاسیون و صنایع غذایی

باید توجه داشت که کشاورزی فناوری‌محور امری تدریجی و قدم به قدم است و هرگز با تصمیم‌های سریع قابل اجرا نخواهد بود. مانع‌ها و عامل‌های بازدارنده درکشورهای در حال پیشرفت چون ایران را می‌توان از میان عامل‌های یاد شده چه در بخش کلان و چه در بعد فردی جستجو کرد. در استرالیا، ترویج و انتقال فناوری بیشترین نقش را از نظر بازدارندگی نسبت به عامل‌هایی مانند اقتصاد و تجهیزات دارد، اما در کشورهایی مانند هندوستان سطح کوچک زمین‌ها، غیریکنواختی سیستم‌های کاشت، کمبود دانش فنی و نرم‌افزاری در میان کشاورزان و تولیدکنندگان و هزینه‌های زیاد به عنوان محدودکننده‌های کشاورزی ماهواره‌ای مطرح هستند.

استفاده از هواپیماهای بدون سرنشین هدایت‌پذیر (پهپاد) از جدیدترین روش‌های پایش و مدیریت است و به نظر می‌رسد با سرعت بسیار زیادی گسترش می‌یابد. بر پایه نظر برخی از کارشناسان کشاورزی، گسترش پهپادها در منطقه‌های تولید محصول‌های زراعی قابل مقایسه با فناوری‌های انقلابی سال‌های اخیر مانند رایانه‌های شخصی و اینترنت است. استفاده از پهپادها در مزرعه‌های داخل کشور نشان داده است که این دستگاه‌ها می‌توانند بازده مصرف سم را حدود ۳۰٪ افزایش دهند. نوع دیگری از پهپاد ملی که در داخل کشور تولید شده است، بهتر از نظر نوع موتورهای الکترونیک، نوع عملیات و خدمات، دوربین و حسگرها، نوع پرواز و نوع پایشی که بر عهده دارند نسبت به مشابه خارجی خود مزیت‌های فراوانی دارد. هزینه پهپادهای ساخت داخل ۵۰٪ کمتر از هزینه ساخت پهپادهای مشابه خارجی است و شرکت‌های تولید کننده ابتدا در زمینه خدمات کشاورزی با پهپاد از جمله سم‌پاشی، محلول پاشی و خدمات واکاوی فعالیت دارند و در چند ماه گذشته به تولید پهپادهای سمپاش و واکاوگر روی آورده‌اند که به طور کامل بومی است و کارخانه تولید پهپاد را تأسیس کرده‌اند.

رشد ناکافی صنایع غذایی و استفاده از فناوری‌های قدیمی در برخی از واحدهای تولیدی بر کیفیت و سلامت محصول‌های فراوری شده موثر است. امروزه توجه به سلامت غذا و تولید محصول‌های ارگانیک و بدون استفاده از ترکیب‌های شیمیایی از علاقه‌های مردم کشورهای پیشرفته است و بدون استفاده از فناوری‌های نوین و امکان‌های پیشرفته نمی‌توان به این هدف رسید.

فناوری‌های مربوط به پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی دارند که برای تقویت فلور میکروبی سیستم گوارش به‌کار می‌روند. پژوهش‌ها نشان داده است که فلور میکروارگانیزم‌های سیستم گوارش اثرهای چشمگیری برای سلامت قلب و عروق، کبد، سیستم گوارش و سلامت انسان دارد و از غذاهای فراسودمند محسوب می‌شود. کاربرد این فناوری تا حدودی در کشور فراگیر شده است و محصول‌های پروبیوتیک به ویژه در صنایع لبنی در بازار عرضه شده است. هم‌اکنون در ایران در صنایع لبنی فراورده‌هایی مانند ماست و پنیر و کفیر پروبیوتیک تولید و عرضه می‌شوند.

محصول‌های غذایی تولید شده از روش‌های غیر معمول مانند گوشت آزمایشگاهی نیز رو به رشد است. در آینده نزدیک این نوع گوشت‌ها که شبیه گوشت دام‌های مختلف است در بازار عرضه خواهند شد. گوشت‌های گیاهی و سوسیس و کالباس گیاهی که بیشتر از پروتئین حبوباتی چون سویا به‌دست می‌آیند کیفیت به‌نسبت خوبی دارند و به‌ویژه برای تغذیه افراد گیاهخوار فراگیر شده‌اند. فناوری‌های تولید گوشت، سوسیس و کالباس گیاهی که در کشورهای پیشرفته رایج شده است، در ایران نیز کم و بیش استفاده می‌شود، ولی رونق کافی پیدا نکرده است. اگر این فناوری‌ها رونق گیرد موجب کاهش فشار بر مرتع‌ها و محیط زیست می‌شود و با توجه به این‌که سازمان بهداشت جهانی مصرف زیاد گوشت قرمز را زیانبار اعلام کرده است، این کار موجب بهبود رژیم غذایی برای سلامت بیشتر خواهد بود.

مدیریت منابع آب و خاک

در سال‌های گذشته، نوآوری در فناوری‌های کشاورزی رشد قابل توجهی داشته است. فناوری‌های نوین در کشاورزی با هدف‌های مختلفی توسعه یافته‌اند مانند کاهش مصرف آب، کاهش مصرف عنصرهای غذایی گیاه و کود شیمیایی، کاهش اثرهای منفی کاربرد آب و عنصرهای شیمیایی بر محیط زیست، کاهش انتقال مواد شیمیایی به آب‌های سطحی و زیرزمینی، بالابردن بازده کاربرد آب و عنصرهای شیمیایی، و کاهش هزینه‌های تولید. در بین فناوری‌های نوین کشاورزی، فناوری‌های نوین و پیشرفته آبیاری به دلیل موردهایی مانند رشد جمعیت، خشکسالی و کمبود آب جایگاه ویژه‌ای دارند. مدیریت نوآورانه و پایدار آب کشاورزی اهمیت زیادی در برنامه‌های سازگاری با تغییرپذیری و تغییر اقلیم دارد و پیش‌بینی می‌شود که فناوری‌های نوظهور آبیاری همراه با فناوری‌های بوم‌سازگار نقشی کلیدی در امنیت آبی و غذایی آینده جهان داشته باشند. روش‌ها و فناوری‌های نوین آبیاری در کشاورزی هدف‌هایی مانند افزایش منابع آب و بهبود روش‌های تامین آب، افزایش بهره‌وری مصرف آب کشاورزی، و مدیریت تقاضای آب و نگهداری سامانه‌های آبیاری را دنبال می‌کنند. در حال حاضر، با توجه به محدودیت افزایش به منابع آب‌های شیرین و دسترسی به آن‌ها در دنیا، فناوری‌های نوین آبیاری بیشتر با هدف افزایش بهره‌وری آب آبیاری و مدیریت و نظارت هوشمند بر آب کشاورزی توسعه یافته‌اند.

زمانبندی دقیق آبیاری و بهینه کردن آب و کود (افزایش بهره‌وری مصرف) یکی از راه‌های حل این مشکل است که به کمک فناوری‌های هوشمند آبیاری دور از دسترس نیست. شرکت IBM به طراحی سامانه‌ای هوشمند دست‌زده است که با داشتن حسگرهای وضع هوا و رطوبت خاک، نوع محصول قابل کشت در مکان‌های مختلف و تاریخ برداشت محصول را تعیین می‌کند. این فناوری با کاهش مصرف سوخت و آب توانسته است میزان عملکرد را نسبت به روش‌های سنتی تا ۸/۵٪ افزایش دهد (Huang, 2021). استفاده از سامانه هوشمند مدیریت آب کشاورزی در هلند توانسته است باعث صرفه‌جویی ۲۰ درصدی آب آبیاری در مزرعه شود. با این حال، حسگرهای مورد استفاده در این سیستم‌ها، انرژی زیادی مصرف می‌کنند (Rinsjkje, 2021). ایران از نظر فناوری‌های هوشمند مدیریت آب کشاورزی و فناوری نانو در ابتدای راه قرار دارد و برای استفاده از این فناوری‌ها به پژوهش‌های بیشتری نیاز است. با این حال، استفاده از مدل‌های رشد و عملکرد محصول و برنامه‌های کاربردی

گوشی‌های تلفن همراه و اجرای آبیاری موضعی به‌عنوان راه حل قابل دسترس برای مدیریت آبیاری و آب کشاورزی پیشنهاد می‌شود. فناوری‌های بارورسازی ابرها، آب‌های ژرف و شیرین‌کردن آب دریا در ایران بومی شده‌اند. با وجود این، بارورسازی ابرها به صورت مقطعی قادر به تسکین خشکسالی‌ها و تقویت آبخوان‌ها نیست. استفاده از فناوری آب‌های ژرف نیز با توجه به پیامدهای محیط‌زیستی در کشور توصیه نمی‌شود. شیرین‌کردن آب دریا تنها برای هدف‌های شرب و صنعتی (نه کشاورزی) با صرفه است.

گیاه‌پزشکی

در مورد کنترل بیماری‌های ویروسی گیاهان تحول‌های شگرفی رخ داده و فناوری‌های نوین به طور عمده مبتنی بر انتقال ژن واستفاده از مکانیسم طبیعی خاموشی ژن و نیز برانگیختن مقاومت انگیزشی است. در این راستا استفاده از سازوکار مداخله‌گری آران‌ا، فناوری آران‌ای دولا، ویرایش ژن (کاربرد کریسپرکاس)، استفاده از ریزوباکترها و اندوفیت‌ها و بازدارنده‌های شیمیایی معمول شده است. این فناوری‌های نوین در ایران قابل اجرا است هرچند تا کنون از آن‌ها به طور محدود استفاده شده است. استفاده از گاز اوزن برای کنترل بیماری‌های انباری میوه‌ها در سردخانه‌های انبار میوه به عنوان روش جدید در سال‌های اخیر در دنیا مرسوم شده است. گاز اوزون ریز موجودها مختلف مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها را از بین می‌برد.

استفاده از گاز اوزن به جای سم‌های شیمیایی هم از نظر اقتصادی با صرفه‌تر است و هم خطر کمتری برای محیط زیست دارد. ماده اولیه گاز اوزون در هوا وجود دارد. این گاز با استفاده از دستگاه اوزون ساز (نراتور اوزن) به دست می آید. امکان‌های دانش فنی استفاده از این فناوری در کشور وجود دارد. در حال حاضر می توان برای کنترل بیماری‌های انباری میوه‌ها در سردخانه‌های انبار میوه به عنوان روش جدید از این فناوری نوین به خوبی استفاده کرد.

استفاده از فناوری نانو در کنترل بیماری‌های پس برداشت- پژوهش‌ها نشان داده‌اند که محلول ذره‌های نانو نقره با غلظت ۲۰ قسمت در میلیون، بیشترین تأثیر را در کاهش پوسیدگی‌های پس‌برداشت پرتقال و ماندگاری آن در انبار دارد. این فناوری ممکن است در آینده در ایران کاربردی شود.

استفاده از پرتوهای یون‌ساز در افزایش دوره نگهداری (انبارمانی) و کنترل بیماری‌های پس برداشت میوه‌ها- برای افزایش عمر انباری و کنترل بیماری‌های پس برداشت میوه‌ها می‌توان پرتودهی مواد غذایی را با پرتوهای یون‌ساز به‌کارگرفت که به روش سرد یا غیرشیمیایی معروف است. در این روش، با توقف فعالیت‌های بیوشیمیایی محصول و انهدام بیمارگرها، انبارمانی میوه‌ها افزایش می‌یابد و بیماری‌های پس برداشت میوه‌ها- بی آن‌که ترکیب زیانبار به وجود آید- کنترل می‌شود. در حال حاضر بیش از ۳۷ کشور جهان مصرف مواد غذایی پرتودیده را برای انسان مجاز دانسته‌اند و ۳۰ کشور از پرتودهی مواد خوراکی به صورت تجارتی استفاده می‌کنند. ایران از کشورهایی است که امکان‌های پرتودهی مواد خوراکی را دارد.

استفاده از پرتو فرابنفش برای کنترل کنه‌های گیاهی در گلخانه‌ها- تأثیر زیستی پرتوهای فرابنفش بر کنه‌های تارتن در دهه گذشته اثبات شده است. با توجه به مشکل جدی مقاومت به کنه‌کش در بسیاری از کنه‌ها، به ویژه کنه‌های تارتن، نیاز فوری کاربرد روش‌های جایگزین کنترل و ایجاد راهبرد مدیریت تلفیقی آفت‌ها برای محصول‌های باغبانی و مانند توت‌فرنگی دیده می‌شود. یک روش کنترل فیزیکی کنه‌ها استفاده از لامپ‌های فرابنفش است. با توجه به تأثیر زیستی پرتو

فرابنفش بر کنه‌های تارتن و بی‌تاثیربودن آن بر کنه‌های فیتوزوئید، این روش برای کنترل زیستی روشی جدید محسوب می‌شود.

کاربرد انرژی خورشیدی در ضد عفونی کردن خاک گلخانه‌ها و کشت‌های زیر پلاستیک- از انرژی خورشیدی به جز تولید برق می‌توان در مزرعه و به‌ویژه در گلخانه‌ها برای ضد عفونی‌کردن خاک و فضای گلخانه استفاده کرد. یکی از دشواری‌های تولید درگلخانه‌ها وجود آفت و بیمارگرهای گیاهی است. خاک گلخانه‌ها پس از مدتی به انواع آفت‌ها، بیمارگرها و گیاهان ناخواسته (هرز) آلوده می‌شود. با توسعه سیستم آبیاری زیر فشار و صنایع پتروشیمی و داشتن روزهای دراز مدت آفتابی بدون وارد کردن خللی در چرخه طبیعی در مدیریت آفات و بیمار گرها می‌توان نتیجه مطلوبی به‌دست آورد. استفاده از این روش در بسیاری از منطقه‌های ایران با دارا بودن ۳۰۰ روز آفتابی در سال، بسیار کاربرد دارد.

ترویج، آموزش و اقتصاد کشاورزی

امروزه با ورود فناوری‌های نوین و ارتقاء روش‌های تولیدی و مدیریتی گذشته از مسیر رشد سریع فناوری اطلاعات از جمله اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، رایانش ابری، شبکه‌های اجتماعی، آموزش از راه دور، موتورهای جست و جوگر و دیگر فناوری‌های (برخط) که موجب سهولت در ایجاد سیستم‌های متعامل و اشتراک‌گذاری اطلاعات شده است، دروازه‌های جدیدی برای مدیریت در بخش کشاورزی گشوده شده است. رشد سریع فناوری موجب شده است مدیریت کشاورزی در واحدهای تولیدی خرد همانند یک مزرعه تا واحدهای تولیدی و مدیریتی کلان در سطح منطقه و کشور زیر تأثیر قرار گیرد. کاهش زمان و منابع انسانی مورد نیاز برای اجرای امور مدیریتی سبب افزایش بهره‌وری تولید می‌شود. فناوری‌های نوین با اشتراک اطلاعات در سطح یک منطقه امکان شناسایی مخاطرات و مدیریت ریسک را به‌نحو مطلوبی میسر می‌سازد. از دیگر سودمندی‌های استفاده از فناوری‌های نوین می‌توان به این موردها اشاره کرد: مدیریت منابع آبی، ثبت و گردآوری داده‌ها و اطلاعات لحظه‌ای مزرعه یا محیط کشاورزی با هزینه پایین، دسترسی به بازارهای متنوع و تعدیل قیمت محصول‌ها و نهاده‌های کشاورزی، بهینه‌یابی استفاده از نهاده‌های تولیدی کشاورزی و سطح بهره‌برداری از منابع طبیعی با رویکرد حفظ پایداری، بهبود بازاریابی و بازاررسانی محصول‌های کشاورزی و کاهش هزینه‌های بازاریابی، کاهش ضایعات محصول‌های کشاورزی، ارتقای سطح امنیت غذایی و درآمد و معیشت کشاورزان و روستاییان، کاهش خسارت‌های محیط زیستی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و کاهش اثرهای منفی اقتصادی رخدادهای طبیعی همچون سیل و توفان بر بخش کشاورزی.

جنگل و محیط زیست

ایران در سال‌های اخیر پیشرفت‌های خوبی در استفاده از فناوری‌های مدیریت و پایش جنگل و محیط زیست داشته است، ولی مقایسه جایگاه ایران در برخورداری از فناوری‌های نوین در مقیاس بین‌المللی با قابلیت‌های طبیعی و منابع انسانی، نشانگر نوعی عقب ماندگی در این زمینه در کشور است. رتبه ۷۱ ایران در برخورداری از فناوری‌های نوین در جهان و به ویژه تفاوت زیاد میان رتبه کشور در پژوهش و توسعه (رتبه ۳۷) با رتبه آن در فناوری‌های صنعتی (رتبه ۱۳۰) (REN21, 2021) نشان از وجود شکاف عمیق میان فعالیت‌های پژوهشی با کاربرد عملی آن‌ها در کشور است. به نظر می رسد شناخت علت‌های این شکاف و سعی در نزدیک‌تر کردن نتیجه پژوهش‌ها به عمل، می تواند رتبه ایران را در برخورداری از فناوری‌های نوین بهبود بخشد.

بررسی‌ها نشان می دهند فناوری‌های به کار گرفته شده در بخش محیط زیست را می‌توان به‌طور عمده از دو جهت طبقه‌بندی کرد، یکی در راستای استفاده بهینه از منابع مانند انرژی و منابع پایه (توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و بهینه سازی

مصرف سوخت‌های فسیلی) و دیگری در راستای ارتقای ظرفیت محیط در جذب یا پالایش آلاینده‌های ناشی از فرایند تولید یا مصرف مواد (پالایش و زدودن آلاینده ها). این فناوری‌ها از هر دسته که باشد سال‌ها در بخش‌های مختلف جهان تولید می‌شوند و روند تکاملی در ارتقا و بهینه‌سازی را میسر ساخته‌اند. در این مورد تأکید بر ظرفیت‌های بومی در به‌کارگیری این فناوری‌ها بسیار شایسته است. شوربختانه، مبهم بودن فضای کسب و کار در ایران و نیز تحریم‌های فزاینده علیه ایران در سال‌های اخیر موجب شده است کشور در بسیاری از موردها از استفاده از ظرفیت‌های همکاری‌های بین المللی در بهرمندی از فناوری‌های سازگار با محیط زیست بازماند و امکان ورود بسیاری از تجهیزات با مشکل مواجه شود. استفاده از مهندسی معکوس در سال‌های اخیر کمک شایانی به توسعه فناوری‌های سازگار با محیط زیست کرده است، اما وضعیت موجود کشور از تولید خودروهای بی کیفیت گرفته تا ناتوانی در مهار ریزگردها همگی نشانگر به‌کار نگرفتن قابلیت‌های داخلی و توان بین‌المللی در حل دشواری‌ها است.

در سال ۲۰۱۹ ، در مجموع ۱۱/۲٪ از انرژی مصرفی جهان تجدید پذیر بوده است. البته سهم آن در کشورهای مختلف متفاوت است. نکته قابل توجه این است که از ۱۰۰٪ سرمایه گذاری‌ها در سال ۲۰۱۹ برای تولید انرژی، ۷۰٪ به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر اختصاص داشته است و سهم توسعه انرژی‌های گازی، زغال سنگ و هسته‌ای تنها ۳۰٪ بوده است. این امر اقبال عمومی و فزاینده به توسعه انرژی‌های نو در جهان را نشان می‌دهد. دو عامل مانع توسعه فزاینده اقتصاد سبز و فناوری‌های دوستدار محیط زیست می شود، یکی این‌که میزان بودجه مورد نیاز برای سرمایه‌گذاری اولیه در آن‌ها زیاد است و دوم آن‌که زمان بازگشت سرمایه در این فناوری‌ها نیز طولانی است. این دو مورد موجب شده است تا در کشورهای در حال توسعه گسترش انرژی‌های نو، کند باشد. برای غلبه بر این دو مانع عمده، مهمترین کار براورد خسارت‌های ناشی از توسعه فناوری‌های آلاینده و به اصطلاح اقتصاد قهوه‌ای است. با براورد این خساررت‌ها و ورود آن‌ها به فرایند واکاوی هزینه- منفعت، ورود فناوری‌های پاک و محیط زیستی توجیه اقتصادی لازم را به‌دست خواهند آورد (REN21, 2021). در هدف هفتم سند توسعه پایدار، بر لزوم برخورداری کشورها از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر تاکید شده است. برخورداری از ذخیره‌های غنی نفت و گاز در ایران از یک سو و هزینه اولیه به‌نسبت بالا برای ایجاد زیرساخت‌های لازم در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر از سوی دیگر، از مهمترین موانع گذار از سوخت‌های فسیلی به انرژی‌های تجدیدپذیر به شمار می‌آید. بررسی‌ها نشان می‌دهند سهم انرژی‌های تجدید پذیر در سبد انرژی کشور شوربختانه تنها ۱/۵٪ است در حالی که هدف‌گذاری، رسیدن به ۵٪ تا پایان برنامه ششم بوده است. میانگین برخورداری کشورهای سازمان همکاری‌های خلیج فارس (عربستان، کویت، امارات، قطر، بحرین و عمان) از انرژی‌های تجدیدپذیر حدود ۴٪ است (WGS, 2022).

چالش‌ها و راهبردهای کابرد فناوری‌های نوین بوم‌سازگار در کشاورزی و منابع طبیعی ایران

چالش‌ها و مانع‌ها برای ورود و توسعه فناوری‌های نوین همواره در هر رشته‌ای دیده می‌شود برای بخش کشاورزی بیش از پیش وجود دارد. دلیل این موضوع این است که بخش عمده گروه هدف زنجیره عرضه بخش کشاورزی را کشاورزان و روستاییان با ساختار کشاورزی سنتی تشکیل می‌دهند که تغییر فناوری‌ها را در مرحله‌های اولیه کمتر می‌پذیرند . مانع‌های ورود و توسعه فناوری‌های در بخش کشاورزی را می‌توان در قالب سه گروه اصلی: ۱- اقتصادی، ۲- زیرساختی و ۳- اجتماعی و فرهنگی طبقه‌بندی کرد. در این‌جا چگونگی پیاده‌سازی مناسب فناوری‌های نوین به‌منظور افزایش عملکرد استفاده از آن‌ها ارائه می‌شود.

مانع‌های ورود و توسعه فناوری‌های نوین

۱- **مانع‌های اقتصادی**- این گروه از مانع‌ها در قالب سه رده عمده قابل تقسیم‌بندی است:

- **هزینه زیاد سرمایه‌گذاری و تأمین فناوری‌های نوین:** یکی از مهمترین مانع‌های اقتصادی پیش روی جامعه هدف به‌منظور استفاده از فناوری‌های نوین، هزینه بالای به کارگیری این فناوری‌ها برای کشاورزان است. با توجه به خرده مالکی و معیشتی بودن کشاورزی در ایران، در صورت وجود نیاز به فناوری‌های نوین امکان استفاده از آن برای بسیاری از کشاورزان وجود ندارد و با صرفه نیست. به عبارتی هزینه‌های سرمایه‌گذاری کشاورزان با افزایش قابل توجهی روبه‌رو خواهد شد.
- **هزینه بالای نگهداری و نیروی‌کار حرفه‌ای:** دومین مانع اقتصادی پیش روی کشاورزان هزینه‌های تعمیر، نگهداری و کاربری این فناوری‌ها است. با توجه به ساختار سنتی کشاورزان، این گروه از فناوری‌ها نیازمند نیروی‌کار توانمند به‌منظور بهره‌مندی از این فناوری‌ها است این گروه از فناوری‌ها کشاورزان نیازمند نیروی‌کار توانمند جهت بهره‌مندی از این فناوری‌ها است که به افزایش هزینه‌های جاری کشاورزان می‌انجامد.
- **هزینه فعالیت‌های دیگرِ پیش روی کشاورز در مقایسه با استفاده‌نکردن از فناوری‌های نوین:** سومین مانع اقتصادی پیش روی ورود کشاورزان، توجه به موضوع هزینه فرصت استفاده از فناوری‌های نوین است. کشاورزان بر این باروند که با این هزینه می‌توانند برای توسعه تولید و کسب و کار خود چه کارهای انجام‌دهند که موجب شود گزینه کم‌ریسک‌تر و پربازده در کوتاه‌مدت از دید آن‌ها به دست آید.

۲- **مانع‌های زیرساختی**- این گروه شامل دو مورد زیر است:

- **نبود بسترهای مناسب برای توسعه استفاده از فناوری‌های نوین برای صاحبان کسب و کار:** نبود بستر و زیرساخت مناسب مانند نبود پوشش سراسری منطقه‌های روستایی به اینترنت پرسرعت موجب می‌شود که بخش عمده‌ای از جامعه کشاورزی و به ویژه بازیگران اصلی که در حلقه‌های پس از تولید قرار دارند و با مانع‌های اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی روبه‌رو نبوده‌اند، به سمت استفاده از فناوری‌های نوین حرکت نکنند.
- **نبود پیوستگی بین حلقه‌های زنجیره بخش کشاورزی و مشخص نبودن هویت بخشی از کارگزارن بعد از فرایند تولید:** یکی دیگر از مهمترین مانع‌های ورود و توسعه فناوری‌های نوین، نبود شفافیت بازیگران اصلی بخش کشاورزی به ویژه بعد از حلقه تولید است. به سخنی دیگر، استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی و بلاک‌چین در زنجیره‌های کشاورزی زمانی می‌تواند موجب فرایندی کارا شود که بازیگران اصلی مشخص باشند.

۳- **مانع‌های اجتماعی و فرهنگی**- مانع‌های این گروه شامل چهار مورد زیر است:

- **کمبود سطح دانش و سواد:** یکی از مهمترین مانع‌های اجتماعی و فرهنگی ورود و توسعه فناوری‌های نوین پایین بودن سطح دانش‌آموختگی بخش عمده جامعه کشاورزی ایرانی است که موجب می‌شود تا جامعه کشاورزی دیرتر از دیگر بخش‌های جامعه به سمت استفاده از فناوری‌های نوین روی آورد.
- **ساختار سنتی و معیشتی جامعه کشاورزی:** دومین عامل اجتماعی و فرهنگی این است که عمده بخش کشاورزی دارای ساختار سنتی و معیشتی است که موجب می‌شود روش‌هایی که پیش‌تر به‌کار رفته‌اند و کاربرد آن‌ها توسط کشاورزان امتحان خود را پس داده اند در اولویت قرار گیرند و با فناوری‌های نوین جایگزین نشوند.

- **نگرانی جامعه کشاورزی از اشراف اطلاعاتی صاحبان فناوری بر کسب و کار کشاورزان:** یکی از مهمترین مانع‌های استفاده و توسعه فناوری‌های نوین، نگرانی جامعه کشاورزی از امنیت اطلاعاتی‌شان است که موجب می‌شود به فناوری‌های نوین مبتنی بر اطلاعات اعتماد نکنند. این نگرانی ویژه جامعه کشاورزی سنتی نیست و در سراسر زنجیره به ویژه کشاورزان بزرگ‌مقیاس و دیگر بازیگران اصلی زنجیره مشاهده می‌شود که مبنای فعالیت‌شان سودآوری است.
- **تغییر سبک زندگی از سنتی به نوین:** یکی از مانع‌های اجتماعی پذیرش و اجرای فناوری‌های نوین ترس از ماشینی شدن زندگی انسان‌ها و تغییر سبک زندگی جامعه به سمت زندگی مدرن است. در جامعه‌های روستایی که بخش عمده تولیدهای کشاورزی از آن‌جاست، پذیرش این فناوری‌ها با چالش جدی روبه‌رو است.

چگونگی پیاده‌سازی مناسب فناوری‌های نوین

به‌منظور اتخاذ سیاست‌های کاربردی برای ورود و توسعه فناوری‌های نوین و اجرای مناسب ضرورت دارد در مرحله‌های زیر انجام شود:

- **آموزش استفاده از فناوری‌های نوین به کشاورزان:** در اولین مرحله لازم است تا سازمان‌های متولی در بخش کشاورزی عهده‌دار گسترش استفاده از این فناوری‌ها شوند و با استفاده از متخصصان مجرب ترویج و آموزش کشاوری، کشاورزان را با مزیت‌های استفاده از فناوری‌ها آشنا کنند، شیوه به کارگیری از آن‌ها را به صورت عملی به کشاورزان آموزش دهند و آن‌ها را ترغیب به استفاده کنند.
- **شناسایی و بررسی چالش‌ها و نیازهای واقعی پیش روی کشاورزان و بازیگران اصلی زنجیره کشاورزی از مزرعه تا سفره با تعامل با کشاورزان و دیگر بازیگران زنجیره:** توجه به دشواری‌های واقعی پیش روی کشاورزان اهمیت بالایی در ترغیب این گروه به‌منظور استفاده از فناوری‌های نوین دارد. کشاورزان و بازیگران زنجیره زمانی ترغیب به استفاده از فناوری ویژه می‌شوند که آن فناوری مشکلی از کشاورزان را به صورت واقعی شناسایی و حل کند.
- **ایجاد مزرعه‌های پژوهشی:** یکی از رویکردهای مناسب، ایجاد مزرعه‌های پژوهشی و بررسی کاربرد فناوری‌های نوین است. این موضوع باعث می‌شود تا چگونگی عملکرد فناوری‌ها و نوع اثرگذاری‌های آن‌ها به طور جامع بررسی شوند.
- **تهیه و تدوین گزارش‌های مستند و مستدل به‌منظور ارائه به بازیگران اصلی زنجیره به ویژه کشاورزان در راستای اعتمادسازی به توانایی فناوری‌ها در رفع نیازها و چالش‌های پیش رو:** یکی از رویکردهای اصلی اجرای مناسب فناوری‌های نوین، اعتمادسازی برای کشاورزان و ترغیب آن‌ها به استفاده از این فناوری است. ضرورت دارد گزارش‌های مستدل به صورت علمی و در قالب‌های متفاوت برای ارائه به کشاورزان تهیه شود. کشاورزان و بازیگران زنجیره زمانی ترغیب خواهند شد تا برای این فناوری‌های سرمایه‌گذاری کنند که به‌پذیرند که این فناوری‌ها نقش مهمی در رفع یا کاهش مشکلات‌شان دارد.
- **ایجاد بسترها و زیرساخت‌های لازم برای ورود و توسعه فناوری‌های نوین.** یکی از بزرگ‌ترین موضوع‌های پیش روی جامعه ایرانی به ویژه جامعه کشاورزی، نبود زیرساخت‌ها و بسترهای لازم به‌منظور استفاده از فناوری‌های نوین است. به سخنی دیگر، تا این زیرساخت‌ها فراهم نشود،کشاورزان و بازیگران اصلی زنجیره ریسک حرکت به سمت فناوری‌های نوین را نمی‌پذیرند. ضرورت دارد کشاورزان به این درجه از اعتماد برسند که روش‌های پیشین را که مبتنی بر فناوری نبوده است کنار گذارند و فناوری‌های نوین را به‌جای آن‌ها بپذیرند. یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌ها توسعه

اینترنت پرسرعت در منطقه‌های روستایی است که از الزام‌های ورود و توسعه فناوری‌های نوین است و در بسیاری از کشورهای دنیا پذیرفته شده است.

- **ایجاد قالب (سکو)[1]کارامد برای استفاده کشاورزان به منظور مدیریت تغییرهای پی در پی در شرایط خارجی و با درجه‌ی امنیت اطلاعاتی:** یکی از گام‌های اصلی اجرای مناسب فناوری‌های نوین این است که در مراحل نخست در مزرعه‌های پژوهشی قالب‌هایی ایجاد شود تا بتوانند تغییرهای پی در پی در شرایط بیرونی را کنترل کنند یا شرایط اطلاع‌رسانی مناسب برای بهره‌مندی کشاورزان ایجاد شود. بدین معنا که کشاورزان مطمئن باشند همزمان با امینت اطلاعات‌شان در صورت بروز دشواری، توانایی رفع آن‌ها را با پشتیبانی شرکت‌های تولیدکننده فناوری‌ها داخلی دارند.
- **با صرفه‌تر شدن فناوری‌های نوین برای توسعه فناوری‌ها در میان بازیگران اصلی زنجیره کشاورزی:** یکی از مهم‌ترین راهکارهای پیاده‌سازی فناوری‌های نوین در میان توده کشاورزان این است که این فناوری‌ها از تولیدهای اندک به تولیدهای انبوه برسند و با قیمت کمتری در بازار ارائه شوند تا کشاورزان تمایل به استفاده از آن‌ها را داشته باشند.
- **ایجاد رابطه تعاملی و پویا با گروه هدف و بهبود کارکرد فناوری‌ها:** از مهم‌ترین اقدام‌ها برای پیاده‌سازی فناوری‌های نوین، رویکرد تعاملی و پویا میان صاحبان فناوری و کشاورزان است. به طور مشخص بعد از استفاده گروه هدف از فناوری‌ها، دشواری‌های کاربری از سوی کشاورزان مطرح خواهد شد که ضرورت دارد به آن‌ها توجه شود و کارکرد فناوری‌ها متناسب با شرایط موجود بهینه‌سازی شود و بهبود یابد.

نتیجه‌گیری

کاربرد گسترده فناوری‌های نوین زیوا و نازیوا در تولیدهای گیاهی، دام، طیور و آبزیان موجب پیشرفت‌های شایانی در افزایش تولید و بهبود جدی بهره‌وری آن‌ها شده است. افزون بر این، در سال‌های گذشته، نوآوری در فناوری‌های کشاورزی رشد چشمگیری داشته است. فناوری‌های نوین در کشاورزی با هدف‌های مختلفی توسعه یافته‌اند مانند: کاهش مصرف آب، کاهش مصرف عنصرهای غذایی گیاه و کود شیمیایی، کاهش اثرهای منفی کاربرد آب و عنصرهای شیمیایی بر محیط زیست، کاهش انتقال مواد شیمیایی به آب‌های سطحی و زیرزمینی، زیادتر شدن راندمان کاربرد آب و عنصرهای شیمیایی، و کاهش هزینه‌های تولید. در گیاه‌پزشکی نیز از فناوری‌های کشاورزی هوشمند استفاده می‌شود مانند: استفاده از پهپادها، ماشین‌های وجین هوشمند، استفاده از GIS و شبکه‌های حسگر از راه دور، اتخاذ روش‌های هوشمند مانند طیف‌سنجی و تشخیص رنگ‌ها برای تشخیص بیماری‌ها، فناوری نانو در فرمولاسیون آفت‌کش‌ها، فرمولاسیون کپسولی ویروس‌های بیمارگر حشره‌ها به منظور افزایش دوام آن‌ها، فناوری‌های جدید در طراحی و ساخت ماشین‌های سمپاش و شیپوره‌های ویژه همراه با نوآوری در حسگرها و میکروکنترلرها و فناوری رهاسازی حشره‌های نر عقیم‌شده. در مرتع و آبخیزداری هم از فناوری‌هایی چند به شکلی فراگیر استفاده می‌شود مانند: زیست‌فناوری در بهنژادی و مدیریت گیاهان مرتعی، فناوری نانو، پوسته‌های زیستی، فناوری هسته‌ای برای پایش و ارزیابی آب و فرسایش خاک، مدیریت هوشمند توزیع آب با تخمین میزان آب خروجی از مخزن‌های، فناوری‌های مبتنی بر تیماربذر (پرایمینگ، میکوریزها، سیانوباکتری‌ها) و روش‌های نوین بذرکاری از جمله واترجت، استفاده از قابلیت پهپاد برای پایش، بذرپاشی و بذرکاری (بسته‌های بمب‌بذری)، حفاظت زمین‌ها، روش‌های مبتنی

1. Platform

بر استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر (باد، خورشید و زمین گرمایی) برای کاهش هزینه‌های مرتعداری و کاربرد اینترنت اشیا برای پایش محیط، فرسایش خاک، هشدار سیلاب، تعیین و کنترل تقاضای آب شهری، کاهش مصرف آب خانگی و کاهش مصرف آب کشاورزی.

بدون شک پیشرفت‌های علم و فناوری زمینه‌های کاربرد زیادی در منابع طبیعی و کشاورزی پیدا می‌کند و این کاربردها روز به روز گسترش بیشتری می‌یابند. شرایطی مانند تغییر اقلیم، خشکسالی، آتش سوزی و کمبود منابع آب لزوم استفاده از فناوری‌های جدید را نمایان‌تر می‌کند. ازاین رو در این زمینه موردهای زیر پیشنهاد می‌شود:

- ❖ آینده‌پژوهی کاربرد فناوری‌های نوین در کشاورزی و منابع طبیعی.
- ❖ یافتن بهترین شیوه‌های شیرین‌سازی آب با کمترین مصرف انرژی و بیشترین کارایی.
- ❖ کاربرد پهپادها در مدیریت و پایش منابع طبیعی.
- ❖ استفاده از اینترنت اشیا در مدیریت تولید و مصرف آب.
- ❖ هوشمندسازی مدیریت یکپارچه آبخیزها و کاربری‌های مرتبط در کشاورزی.

منابع

امیدوار، محمود؛ شفایی، اردشیر. (۱۳۸۳). بررسی رفتار حرارتی و رطوبتی داخل گلخانه به کمک یک سیستم جمع‌آوری اطلاعات کامپیوتری. *پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی*، ۶۴، ۶۷-۷۳.

امیری، محمد؛ بهمنش، مهسا. (۱۳۸۹). تأثیر فناوری نانو بر جوامع در حال توسعه با نگرش ویژه به ایران. *چهارمین کنفرانس مدیریت فناوری ایران*، تهران: ۱-۹.

صدفکردار، عباس؛ رمضانی، عبدالمجید؛ عباسی، حیدر. (۱۳۹۴). کاربرد انرژی هسته ای در صنعت کشاورزی. *سومین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی*، تهران.

کامکار، بهنام؛ مهدوی دامغانی، علی. (۱۳۸۷). *مبانی کشاورزی پایدار*. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

Al-Hchami, S. H. J., & Alrawi, T.K., (2020). Nano fertilizer, benefits and effects on fruit trees: a review. *Plant Archives*, 20(1), 1085-1088.

Arab, M. M., Marrano, A., Abdollahi-Arpanahi, R., Leslie, C. A., Askari, H., Neale, D. B., & Vahdati, K. (2019). Genome-wide patterns of population structure and association mapping of nut-related traits in Persian walnut populations from Iran using the Axiom *J. regia* 700K SNP array. *Scientific reports*, 9(1), 1-14.

Dalla Costa, L., Malnoy, M., & Gribaudo, I., (2017). Breeding next generation tree fruits: technical and legal challenges. *Horticulture Research*, 4(1), 1-11.

Deng, L., Lyu, Q., & Yang, S. X., 2015. Intelligent information technologies in fruit industry. *Intelligent Automation & Soft Computing*, 21(3), 265-267.

Fernandes, A. F. A., Dórea, J. R. R., & Rosa, G. J. M. (2020) Image Analysis and Computer Vision Applications in Animal Sciences: An Overview. Front. *Veterinary Sciences*, 7:551269. doi: 10.3389/fvets.2020.551269.

Groher, T., Heitkämper, K., Walter, A., Liebisch, F., & Umstätter, C. (2020). Status quo of adoption of precision agriculture enabling technologies in Swiss plant production. *Precision Agriculture*, 21(6), 1327-1350.

Hemming, S., de Zwart, F., Elings, A., & Petropoulou, A. S. (2019). Remote Control of Greenhouse Vegetable Production with Artificial Intelligence—Greenhouse Climate, Irrigation, and Crop Production. *Sensors*, 19(8), 1807.

Hemming, S., de Zwart, F., Elings, A., & Righini, I. (2020). Cherry Tomato Production in Intelligent Greenhouses—Sensors and AI for Control of Climate, Irrigation, Crop Yield, and Quality. *Sensors*, 19(8), 1807.

Homer, I., García-Ramos, F. J., Ortiz-Cañavate, J., & Ruiz-Altisent, M. (2010). Evaluation of a Non-Destructive Impact Sensor to Determine On-Line Fruit Firmness. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(1), 67–74.

Huang, A. (2021). Transforming the Agricultural Industry; IBM: New York, NY, USA. Retrieved from https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/agricultural-industry/i.

Jia, W., Zhang, Y., Lian, J., Zheng, Y., Zhao, D., & Li, C., (2020). Apple harvesting robot under information technology: A review. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 17(3), 1-16.

Ku, L. (2020). New agriculture technology in modern farming. Retrieved from https://www.plugandplaytechcenter.com/resources/new-agriculture-technology-modern-farming/.

Meuwissen, T., Hayes, B., & Goddard, M. (2016). Genomic selection: A paradigm shift in animal breeding, *Animal Frontiers*, 6(1), 6–14.

Mohan Jain, S. (2002). A review of induction of mutations in fruits of tropical and subtropical regions. Acta *Horticulturae*, 575, 295-302.

Pretty, J., Sutherland, W. J., Ashby, J., Auburn, J., Baulcombe, D., *et al.* (2010). The top 100 questions of importance to the future of global agriculture, *International Journal of Agricultural Sustainability*, 8:4, 219-236, DOI: 10.3763/ijas.2010.0534

REN21. 2021.Renewables (2021) Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat). ISBN 978-3-948393-03-8.

Rinskje, K. (2021) Dacom and Crop-R Join Forces under Dacom Farm Intelligence, Dacom, Emmen, Nederland. Retrieved from https://en.dacom.nl/news/dacom-and-crop-r-join-forces.

UN. (2018). The State of World Population 2018. *United Nation Population Fund*, pp. 19-21.

Van Eenennaam, A. L., Figueiredo, D., Silva, F., Trott J. F., & Zilberman, D. (2021). Genetic Engineering of Livestock: The Opportunity Cost of Regulatory Delay. *Annual Review of Animal Biosciences*, 16(9), 453-478. doi: 10.1146/annurev-animal-061220-023052. Epub 2020 Nov 13. PMID: 33186503.

World Government Summit (WGS). (2022). Arab Region SDG Index and Dashboard Report. Sustainable development solutions network.

Zhijun, W., Yuefeng, L., Meng, J., Shuhan, C., & Yucun, W. (2015). Research on image retrieval of fruit tree plant-diseases and pests based on Nprod. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 21(3), 371-381.

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 8(1):1-16 (2023)

Evaluation of Modern Eco-based Technologies Application in the Agriculture and Natural Resource Management of Iran

Sharifi Tehrani, A. and Mahdavi Damghani, A.[1, 2]

Applying modern, eco-based and updated technologies has a key role in improving productivity, minimization of losses, as well as optimization of agricultural value chain management. Introduction of modern technologies, including IT, IoT, Artificial Intelligence, social networks, virtual education, and cloud computing facilitate science and information partitioning. The main constraints for introduction and application of these technologies in agriculture and natural resources sector in Iran include economic (high investment, provision and professional labor cost), infrastructural (lack of suitable platforms, weak interconnectedness between different parts of agricultural sector chain) and socio-cultural (low education, traditional and subsistence structure of agriculture in Iran and farmers lifestyle) factors. Results of present study shows that determining farmers and other stakeholders' challenges for applying modern technologies, developing pilot farms and providing necessary structures are main strategies to promote and indigenize these technologies in agriculture and natural resources sector in Iran.

Keywords: Information technology, Indigenization, Internet of things, Value chain.

1. Corresponding author, Email: asharifi@ut.ac.ir

2. Fellow of I.R. Academy of Sciences and Professor of Tehran University and Invited Scholar of I.R. Academy of Sciences and Associate Professor of Shahid Beheshti University, respectively.