



یادداشت کوتاه



وحید اردکانیان

کارشناس آب و کشاورزی،
عضو هیات امنای انجمن پسته کشور،
و عضو خانه کشاورز ایران

فناوری و نوآوری در مدیریت آب

مقدمه

بحران آب در دهه‌های اخیر از یک چالش محدود جغرافیایی به یک مسئله جهانی با ابعاد چندگانه اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و حتی امنیتی تبدیل شده است. رشد جمعیت، توسعه شهرنشینی، تغییرات اقلیمی و افزایش سطح رفاه، همگی موجب افزایش تقاضا برای منابع آب شده‌اند، در حالی که عرضه این منابع به دلیل محدودیت‌های طبیعی و تخریب زیست‌محیطی با محدودیت‌های جدی مواجه است. در این میان، بخش کشاورزی به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین، نقش کلیدی در شکل‌گیری و مدیریت این بحران دارد.

بر اساس گزارش‌های فائو، حدود ۷۰ درصد از برداشت آب شیرین در سطح جهان به بخش کشاورزی اختصاص دارد، این سهم در کشورهای در حال توسعه، به دلیل ساختار اقتصادی وابسته به کشاورزی و ضعف فناوری، به حدود ۹۰ درصد می‌رسد. از منظر مصرف واقعی نیز، کشاورزی بیشترین سهم را در مصرف خالص آب دارد، به‌طوری‌که در بسیاری از مناطق، عمده آب برداشت‌شده در این بخش، مصرف شده و به منابع زیرزمینی باز نمی‌گردد.

در عین حال، پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که برای تأمین امنیت غذایی جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰، نیاز به افزایش تولیدات کشاورزی به‌طور قابل‌توجهی وجود دارد که این امر مستلزم بهبود بهره‌وری آب است. بر اساس گزارش‌های یونسکو، تقاضای آب در بخش کشاورزی ممکن است تا میانه

قرن جاری تا ۵۰ درصد افزایش یابد. این روند، ضرورت تحول در شیوه‌های مدیریت آب را به یک الزام راهبردی تبدیل کرده است.

ایران؛ نمونه‌ای از تنش مزمن آب

ایران به‌عنوان کشوری با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، در زمره مناطقی قرار دارد که به‌طور ساختاری با محدودیت منابع آب مواجه‌اند. میانگین بارندگی سالانه کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که به‌طور قابل‌توجهی کمتر از میانگین جهانی است. علاوه بر این، توزیع زمانی بارش‌ها عمدتاً در فصول غیرزراعی صورت می‌گیرد و توزیع مکانی آن نیز به‌گونه‌ای است که بخش عمده‌ای از منابع آب در مناطق کم‌تقاضا متمرکز شده‌اند.

در دهه‌های اخیر، فشار بر منابع آب زیرزمینی به دلیل توسعه کشاورزی، افزایش جمعیت و سیاست‌های خودکفایی غذایی، به شدت افزایش یافته است. برداشت بی‌رویه از آبخوان‌ها، منجر به افت سطح آب زیرزمینی، کاهش کیفیت آب و بروز پدیده فرونشست زمین در بسیاری از دشت‌های کشور شده است. این روند نشان می‌دهد که الگوی فعلی بهره‌برداری از منابع آب در ایران پایدار نیست و نیازمند اصلاحات اساسی است.

در این میان، بخش کشاورزی با سهمی بیش از ۸۰ تا ۹۰ درصد از مصرف آب، اصلی‌ترین کانون مداخله برای بهبود وضعیت منابع آبی محسوب می‌شود. بنابراین، هرگونه

سیاست‌گذاری مؤثر در حوزه مدیریت آب، ناگزیر باید بر این بخش متمرکز باشد.

نوآوری و فناوری: راه‌حل یا ابزار؟

در ادبیات توسعه، فناوری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای افزایش بهره‌وری و بهبود کارایی منابع شناخته می‌شود. در حوزه آب و کشاورزی نیز، طی دهه‌های اخیر طیف گسترده‌ای از فناوری‌ها توسعه یافته‌اند که هدف آن‌ها کاهش مصرف آب، افزایش بهره‌وری و بهبود مدیریت مزرعه است. با این حال، تجارب نشان می‌دهند که صرف وجود فناوری، به‌معنای حل مسئله نیست. آنچه اهمیت دارد، «پذیرش و استفاده مؤثر» از این فناوری‌ها توسط بهره‌برداران است. در بسیاری از موارد، فناوری‌هایی که از نظر علمی بسیار کارآمد هستند، در عمل با استقبال محدودی مواجه شده‌اند. این موضوع نشان‌دهنده آن است که شکاف مهمی میان «کارایی فنی» و «کارایی اقتصادی-اجتماعی» فناوری‌ها وجود دارد.

تحلیل رفتار کشاورزان در پذیرش فناوری

رفتار کشاورزان در مواجهه با فناوری، عمدتاً تابعی از منطق اقتصادی و کاهش ریسک است. برخلاف بنگاه‌های صنعتی که ممکن است برای افزایش رقابت‌پذیری به نوآوری روی آورند، کشاورزان-به‌ویژه در نظام‌های خرده‌مالکی- تمایل دارند از فناوری‌هایی استفاده کنند که:

هزینه اولیه پایینی داشته باشد،
بازگشت سرمایه سریع و قابل پیش‌بینی داشته باشد،
نیاز به دانش فنی پیچیده نداشته باشد،
و ریسک تولید را افزایش ندهد.

در این چارچوب، فناوری‌هایی که این ویژگی‌ها را دارند، با احتمال بیشتری پذیرفته می‌شوند، حتی اگر از نظر فنی در سطح پایین‌تری قرار داشته باشند.

طبقه‌بندی فناوری‌های مدیریت آب

با توجه به مباحث فوق، می‌توان فناوری‌های مدیریت آب در کشاورزی را در سه دسته تحلیلی طبقه‌بندی کرد:

۱- فناوری‌های با اثر مستقیم بر بهره‌وری و درآمد

این فناوری‌ها شامل سیستم‌هایی هستند که به‌طور مستقیم موجب کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد محصول می‌شوند. آبیاری قطره‌ای و تحت فشار از مهم‌ترین نمونه‌های این گروه هستند. این فناوری‌ها با افزایش راندمان کاربرد آب، کاهش تلفات و بهبود یکنواختی توزیع، توانسته‌اند در بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار گیرند.

در ایران نیز، اجرای طرح‌های توسعه آبیاری نوین، به‌ویژه در دهه اخیر، موجب افزایش سطح زیر پوشش این فناوری‌ها شده است. با این حال، چالش‌هایی مانند طراحی غیراصولی، عدم نگهداری مناسب و نبود آموزش

کافی، در برخی موارد موجب شده است که عملکرد واقعی این سیستم‌ها کمتر از ظرفیت بالقوه آن‌ها باشد.

۲- فناوری‌های مبتنی بر داده و کشاورزی دقیق

این دسته شامل فناوری‌هایی است که بر پایه جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده عمل می‌کنند. حسگرهای رطوبت خاک، سامانه‌های پیش‌بینی آب‌وهوا، تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزارهای مدیریت مزرعه، از جمله این ابزارها هستند.

این فناوری‌ها می‌توانند به بهینه‌سازی زمان و مقدار آبیاری کمک کنند و از مصرف غیرضروری آب جلوگیری نمایند. با این حال، پیچیدگی فنی، هزینه بالا و نیاز به زیرساخت‌های ارتباطی و آموزشی، موجب شده است که استفاده از آن‌ها در بسیاری از مناطق محدود باشد.

۳- فناوری‌های پیشرفته اتوماسیون

این فناوری‌ها شامل سیستم‌های هوشمند کنترل آبیاری، شیرهای برقی، و سیستم‌های پیشرفته کودآبیاری هستند. این ابزارها بیشتر در گلخانه‌ها و واحدهای تولیدی با مقیاس صنعتی کاربرد دارند و هدف آن‌ها افزایش دقت و کاهش وابستگی به نیروی انسانی است.

در ایران، این فناوری‌ها عمدتاً در واحدهای بزرگ و سرمایه‌بر مورد استفاده قرار می‌گیرند و به‌دلیل هزینه بالا و نیاز به پشتیبانی فنی، در کشاورزی سنتی کمتر رایج هستند.

شکاف کارایی-پذیرش؛ چالش کلیدی

یکی از مهم‌ترین موانع در زمینه استفاده از تکنولوژی‌ها، وجود شکاف میان «کارایی فنی» و «پذیرش عملی» آن‌ها است. این شکاف موکد آن است که موفقیت یک فناوری، صرفاً به ویژگی‌های فنی آن وابسته نیست، بلکه به میزان تطابق آن با شرایط اقتصادی، اجتماعی و نهادی نیز بستگی دارد.

در ایران، این شکاف به‌دلیل محدودیت‌های نهادی، ضعف نظام ترویج، و عدم هماهنگی میان سیاست‌ها، بیشتر نمایان است. در نتیجه، بسیاری از فناوری‌های پیشرفته، علی‌رغم مزایای بالقوه، نتوانسته‌اند به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گیرند.

علاوه بر این، تمرکز صرف بر فناوری‌های مدیریتی آب (نظیر سیستم‌های آبیاری) بدون توجه به فناوری‌های زیستی در سطح گیاه، می‌تواند کارایی مداخلات را محدود کند. به‌طور خاص، اصلاح بذر و توسعه ارقام مقاوم به خشکی، گرما و تنش‌های محیطی یکی از ارکان کلیدی افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی محسوب می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که ارقام به‌نژادی شده می‌توانند با بهبود کارایی مصرف آب و حفظ عملکرد در شرایط تنش، به‌طور مستقیم فشار بر منابع آبی را کاهش دهند.

با این حال، مشابه سایر فناوری‌ها، این حوزه نیز با شکاف کارایی-پذیرش مواجه است. چالش‌هایی مانند دسترسی محدود کشاورزان به بذره‌های بهبودیافته، هزینه اولیه بالاتر، عدم انطباق برخی ارقام با شرایط محلی، و ضعف نظام‌های توزیع، مانع از بهره‌برداری کامل از این ظرفیت شده است. همچنین، پذیرش این فناوری‌ها نیازمند اعتماد کشاورزان، انتقال دانش مؤثر، و سازگاری با ترجیحات بازار و زنجیره ارزش است.

بنابراین، نادیده گرفتن هم‌افزایی میان فناوری‌های مهندسی (مانند آبیاری) و فناوری‌های زیستی (مانند اصلاح ارقام) می‌تواند یکی از عوامل تعمیق شکاف کارایی-پذیرش باشد. رویکردهای یکپارچه که به‌طور هم‌زمان به بهبود ژنتیکی گیاه، مدیریت مزرعه و زیرساخت‌های نهادی توجه دارند، در مطالعات انجام شده در این حوزه، به‌عنوان مؤثرترین مسیر برای افزایش تاب‌آوری کشاورزی در برابر کم‌آبی معرفی شده‌اند.