

Scientific-Promotional
(Professional) Journal of

AQUIFER



Volume

17

فهرست آبخوان

با افتخار و مسئولیتی که بر دوش داریم، بار دیگر برگ تازه‌ای از نشریه آبخوان را ورق می‌زنیم؛ نشریه‌ای که بیش از شانزده سال است به عنوان صدای اندیشه، دانش و تجربه در گستره مهندسی آب، جاری‌ست. آب، این عنصر حیاتی و پیچیده، امروز نه‌تنها در بطن مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی بلکه در قلب سیاست‌گذاری‌ها و توسعه پایدار جای گرفته است. در این مسیر، نشریه علمی-ترویجی آبخوان با هدف توسعه دانش بومی و انتقال تجربیات نوین در حوزه علوم و مهندسی آب، بستری فراهم کرده تا استادان، پژوهشگران، دانشجویان، کارشناسان، کشاورزان و سیاست‌گذاران در تعامل با یکدیگر، دیدگاه‌های تخصصی خود را به اشتراک بگذارند. نخستین شماره نشریه آبخوان در سال ۱۳۸۴، با همت دانشجویان فعال و پرتلاش گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران منتشر شد. از آن زمان تا کنون، ما با بهره‌گیری از نگاه بین‌رشته‌ای و ترویج علم کاربردی، سعی کرده‌ایم تا پلی میان دانشگاه، صنعت و جامعه ایجاد کنیم. این تلاش در سال ۱۴۰۰ با ارتقای جایگاه نشریه به سطح حرفه‌ای (علمی-ترویجی) از سوی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران، رسمی‌تر و مسئولانه‌تر ادامه یافت. ما در نشریه آبخوان بر آتیم تا با انعکاس دستاوردهای علمی و تجربی در طیفی گسترده از گرایش‌های تخصصی مرتبط با آب، از جمله مهندسی آبیاری و زهکشی، سازه‌های آبی، منابع آب، هواشناسی کشاورزی، مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب، هیدروانفورماتیک، رودخانه و اکوسیستم‌های آبی، آثار و سازه‌های تاریخی آب، آب و محیط‌زیست، آب و توسعه، آب و مهندسی سیستم، آب و کشاورزی، آب و اقتصاد، آب و حکمرانی، آب و حقوق و سایر حوزه‌های وابسته، نقشی مؤثر در مسیر توسعه پایدار، حکمرانی هوشمندانه منابع آب و مواجهه علمی با چالش‌های روزافزون این حوزه ایفا کنیم. باور داریم که حل بحران‌های امروز و فردای منابع آب، نیازمند هم‌افزایی علم، تجربه و نگاهی انسانی به آب است. از شما، همراهان آگاه و دغدغه‌مند دعوت می‌کنیم تا با ارسال مقالات، یادداشت‌ها، نقدها و تجربیات خود، چراغ این مسیر علمی و ترویجی را پرفروغ‌تر سازید. آبخوان، خانه اندیشه‌های نو در دنیای پرچالش آب است.

با احترام
ایمان حاجی‌راد
سردبیر نشریه علمی-ترویجی آبخوان

گنج پنهان در دل کم‌آبی: استفاده پایدار از منابع آب نامتعارف

نجات آب نامتعارف، حفظ محیط زیست: نقش زهکشی حفاظتی در مدیریت پایدار منابع آبی

پیاده‌سازی آبیاری پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک

کاربرد اینترنت اشیا و حسگرهای هوشمند در کشاورزی دقیق

انقلاب پهپادی در کشاورزی: آینده هوشمند آبیاری و مدیریت مزارع

کاربرد یادگیری ماشین در مهندسی منابع آب: پیش‌بینی داده‌های سری زمانی برای سیلاب، بارش و تغییرات کاربری اراضی

تحلیل و بررسی اثرات مثبت و منفی ساخت سد بر حکمرانی آب؛ بررسی موردی سد آتاترک در کشور ترکیه

اثرات و دلایل سیلاب در مناطق شهری

اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب‌های سطحی در ایران و جهان

مصاحبه — دکتر محمدحسین امید

مدیر مسئول نشریه

سردبیر نشریه

مدیر اجرایی

صفحه‌آرا

نیما مقدم

ایمان حاجی‌راد

سینا کوثری

علی حقیقی

گنج پنهان در دل کم‌آبی: استفاده پایدار از منابع آب نامتعارف



سینا کوشی

دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

مقدمه

می‌رود شدت پاید [۲،۱]. اهداف ۱۷ گانه توسعه پایدار (SDGs) که توسط سازمان ملل متحد تعیین شده‌اند (شکل ۱)، چارچوبی برای دستیابی به توسعه پایدار ارائه می‌دهند که شامل هدف ریشه‌کنی گرسنگی (۲-SDG) و تأمین آب سالم و بهداشت (۶-SDG) نیز می‌شود [۳].

مجمع جهانی اقتصاد نیز در گزارش ریسک‌های جهانی ۲۰۲۰ اعلام کرده است

1 – Sustainable Development Goals



شکل ۱ - اهداف توسعه پایدار سازمان ملل

یکپارچه منابع آب، استفاده مجدد و سومند از آب‌های نامتعارف به‌عنوان مسیری برای تأمین پایدار آب، شایسته توجه ویژه است [۴].

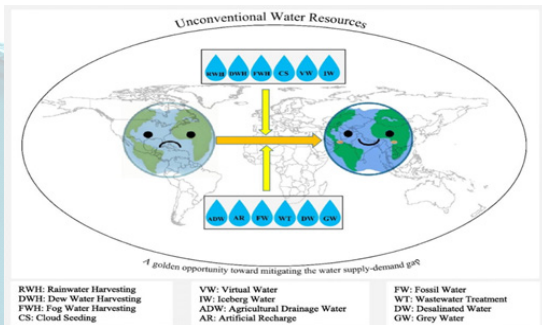
مفهوم و کاربرد آب‌های نامتعارف

تعاریف منابع آب نامتعارف، چه به‌صورت کلی و چه در سطح جزئی، طی زمان تغییرات قابل‌توجهی داشته‌اند. در سال ۲۰۱۵، Brewster و Buros منابع آب نامتعارف را به‌عنوان منابعی تعریف کردند که به‌طور کلی آب جدیدی تولید نمی‌کنند، بلکه فقط امکان تصفیه و استفاده از منابع آبی را که قبلاً غیرقابل استفاده یا در دسترس نبودند، فراهم می‌آورند، مانند آب‌های شور، فاضلاب و منابع آبی دور از دسترس. آن‌ها همچنین برداشت آب باران و اصلاحات آب‌وهوایی را به‌عنوان انواعی از منابع آب نامتعارف در نظر گرفتند [۷]. در دهه ۱۹۹۰، منابع آب غیرمتعارف به‌عنوان منابعی با ویژگی‌های خاص، مانند محتوای بالای مواد آلی و میکروارگانیسم‌ها یا غلظت بالای نمک، که قبل از استفاده نیاز به تصفیه یا فرآیندهای مشابه دارند، تعریف شدند [۸]. در اوایل دهه ۲۰۰۰، برداشت و استحصال آب باران نیز به لیست منابع آب غیرمتعارف اضافه شد [۹]. Buchholz در سال ۲۰۰۸، منابع آب نامتعارف را شامل آب شور، آب لب‌شور، زهاب‌های کشاورزی، فاضلاب و آب به‌دست‌آمده از طریق مه‌گیری، اصلاحات آب‌وهوایی و برداشت آب باران دانسته

است [۱۰]. در مطالعات اخیر، منابع آب غیرمتعارف به‌عنوان هر منبع آبی غیر از آب شیرین تعریف شده‌اند که برای استفاده به فناوری‌های نوین نیاز دارند تا به‌عنوان منابع مکمل آب مورد بهره‌برداری قرار گیرند [۱۱،۱۲]. به‌طورکلی، آب متعارف به منابع آبی اطلاق می‌شود که از فرآیندهای طبیعی چرخه هیدرولوژیکی حاصل شده و شامل آب‌های قابل برداشت از رودخانه‌ها، نهرها، دریاچه‌ها، مخازن و آبخوان‌ها (آب‌های زیرزمینی) است. در مقابل، آب غیرمتعارف (مطابق با شکل ۲) از منابعی مانند آب دریا، رواناب‌های ناشی از سیلاب، زهاب کشاورزی، آب‌های خنک‌کننده نیروگاه‌های حرارتی، آب حاصل از شکست هیدرولیکی، پساب‌های صنعتی، فاضلاب‌های خانگی و تخلیه‌های تجاری (مانند تخلیه چشمه‌های آب گرم) تأمین می‌شود [۳]. منابع و تعاریف آب‌های نامتعارف در جدول ۱ مشخص شده است. همچنین کاربردهای مختلف مهم آب‌های نامتعارف در جدول ۲ نشان داده شده است.

نقشه مکانی آب‌های نامتعارف

نقشه مکانی منابع آب نامتعارف، شامل آب جمع‌آوری‌شده از مه، شبنم، باران، و پروژه‌های بارورسازی ابر، به‌عنوان منابع آب جوی نامتعارف، تقویت مصنوعی آب‌های زیرزمینی و استفاده از آب‌های فسیلی به‌عنوان منابع آب زیرزمینی نامتعارف، و همچنین پروژه‌های بهره‌برداری از یخچال‌های طبیعی و آب



شکل ۲ - منابع مختلف آب‌های نامتعارف

مجازی به‌عنوان منابع آب غیرمتعارف انتقال‌یافته، در شکل ۱۱ ارائه شده است. سه نوع آب نامتعارف ذکرشده، یعنی Atmospheric Water (AUW)، Transferred Water (TUW)، و Unconventional Water (UGW)، امکان تولید آب آشامیدنی و تأمین آب مورد نیاز برای مصارف کشاورزی را فراهم می‌کنند، به‌ویژه در مناطق خشک، نیمه‌خشک، یا دارای فصل‌های خشک متمادی در جهان. بر اساس شکل ۱۱، مکان‌های مناسب برای جمع‌آوری آب از مه و شبنم تحت تأثیر متغیرهایی مانند شرایط اقلیمی، ویژگی‌های هواشناسی، و موقعیت جغرافیایی (مانند نواحی کوهستانی یا ساحلی) قرار دارند. برای نمونه، در آمریکای جنوبی، مناطقی در امتداد سواحل اقیانوس آرام با میزان بارش سالانه بسیار اندک وجود دارند. در این مناطق، ابرهای استراتوس، که جزو ابرهای سطح پایین محسوب می‌شوند، اغلب بر فراز آب‌های سرد اقیانوس شکل گرفته و به سمت خشکی حرکت می‌کنند. این پدیده منجر به ایجاد نواحی مه‌آلود در سواحل یا بارش نزدیک به صفر می‌شود. در چنین مناطقی، پروژه‌های جمع‌آوری آب از مه با هدف تأمین آب شیرین برای جوامع محلی و حمایت از فعالیت‌های کشاورزی و جنگل‌کاری اجرا می‌شوند.

در مناطق مرطوب، به دلیل فراوانی بارش، شبنم نقش چندانی در تأمین منابع آبی ندارد و معمولاً نادیده گرفته می‌شود. بااین‌حال، در مناطق خشک و بیابانی، به‌ویژه در کشورهای خاورمیانه و آفریقا، شبنم منبع ارزشمندی برای تأمین رطوبت مورد نیاز گیاهان و حیات‌وحش کوچک محسوب می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱۱ قابل مشاهده است، پروژه‌های جمع‌آوری آب مه در کشورهایی مانند آفریقای جنوبی، شیلی، ایالات متحده، یمن، پرو، ایران و استرالیا اجرا شده‌اند، در حالی که پروژه‌های جمع‌آوری شبنم عمدتاً در کشورهایی

جدول ۱ - انواع منابع آبی نامتعارف

منابع آب نامتعارف	تعریف
زهاب کشاورزی	زهاب کشاورزی، چه به‌صورت سطحی یا زیرسطحی و به‌صورت طبیعی یا مصنوعی، آبی است که به‌عنوان آب اضافی از اراضی کشاورزی خارج می‌شود و می‌تواند به‌عنوان یک منبع آب غیرمتعارف در نظر گرفته شود [۱۳]. درصورتی‌که زهاب کشاورزی جمع‌آوری و از تخلیه آن به‌عنوان فاضلاب جلوگیری شود، می‌تواند به‌عنوان منبعی بالقوه برای آبیاری مجدد مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۳). باین‌حال، این آب در طی عبور از خاک و شبکه زهکشی، حاوی نمک‌ها، مواد شیمیایی کشاورزی و آلاینده‌هایی مانند آفت‌کش‌ها می‌شود؛ بنابراین، قبل از استفاده مجدد، نیاز به تصفیه دارد [۱۵].
فاضلاب	فاضلاب به هر منبع آبی گفته می‌شود که در نتیجه‌ی فعالیت‌های انسانی، از جمله فرآیندهای صنعتی، کشاورزی، تجاری و خانگی آلوده شده باشد. فاضلاب تصفیه‌شده یکی از مهم‌ترین منابع آب نامتعارف محسوب می‌شود (شکل ۴). این نوع آب تصفیه‌شده در کشاورزی (برای آبیاری محصولات زراعی)، آبیاری فضاهای سبز شهری و صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۶]. استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده به‌ویژه در مناطق دچار کمبود آب، به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک، رواج یافته است [۱۷،۱۸].
آب مجازی	مفهوم آب مجازی نخستین‌بار توسط آلن معرفی شد [۱۹] و به میزان آب شیرینی اطلاق می‌شود که در فرآیند تولید کالاها و خدمات در طول زنجیره تأمین مصرف می‌شود. این مفهوم شامل میزان آبی است که برای تولید و واردات کالاهایی مانند گوشت، برنج و نیشکر، که به حجم زیادی از آب نیاز دارند، استفاده می‌شود (شکل ۵). بر اساس این تعریف، آب مجازی چندین سال پس از معرفی، وارد ارزیابی‌های جهانی منابع آب شد و به‌عنوان یکی از منابع آب غیرمتعارف، می‌تواند برای مناطق خشک مفید باشد. به این معنا که وقتی این مناطق کالاهایی را از سایر مناطق وارد می‌کنند، در واقع آب را نیز به‌طور غیرمستقیم وارد می‌کنند [۲۰].
آب خاکستری	آب خاکستری به فاضلاب خانگی اطلاق می‌شود که از تمام منابع فاضلاب خانگی (مانند آب مصرفی وان حمام، روشویی، دوش، ماشین لباس‌شویی، سینک آشپزخانه یا ماشین ظرف‌شویی) تولید می‌شود، اما شامل آب حاصل از سیفون توالت نمی‌شود [۲۱]. در مناطق کم‌آب، آب خاکستری تصفیه‌شده می‌تواند به‌عنوان یکی از منابع آب غیرمتعارف برای مصارف غیرآشامیدنی، به کاهش تنش آبی کمک کند (شکل ۶). با این حال، تصفیه آب خاکستری به فناوری‌های پیشرفته‌ای برای حذف آلاینده‌ها، از جمله آلاینده‌های میکروسکوپی ناشی از محصولات بهداشتی و مراقبت شخصی، نیاز دارد [۲۲].

آب شبنم یک پدیده هواشناسی است که در سراسر جهان به طور معمول رخ می‌دهد. این منبع آب نامتعارف از رطوبت جو منشأ می‌گیرد که بر روی سطوح سرد متراکم شده و به آب مایع تبدیل می‌شود. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد گیاهان و حیوانات کوچک در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک از آب شبنم استفاده می‌کنند. در سال‌های اخیر، تحقیقات متعددی درباره جمع‌آوری آب شبنم انجام شده است [۲۳].

منابع آب نامتعارف	تعریف
مه آب	مه آب، به‌عنوان یکی از منابع آب غیرمتعارف، شامل قطرات معلق و رطوبت موجود در جو یا نزدیک سطح زمین است که در مناطق مستعد مه به‌وفور یافت می‌شود (شکل ۷). مه آب، به‌عنوان یک منبع بالقوه آب آشامیدنی، از طریق روش‌های نوآورانه جمع‌آوری می‌تواند به‌عنوان یک راهکار پایدار برای تأمین آب شرب انسان و حفظ اکوسیستم‌های طبیعی مورد استفاده قرار گیرد [۲۴].
آب‌های فسیلی	آب فسیلی، که به آن آب باستانی نیز گفته می‌شود، یکی از منابع ارزشمند، محدود و غیرقابل‌تجدید آب‌های غیرمتعارف محسوب می‌شود. این آب که قدمتی چند میلیون ساله دارد، در محیط‌های دست‌نخورده‌ای مانند آب‌های زیرزمینی موجود در سفره‌های یافت می‌شود (شکل ۸).
تغذیه مصنوعی	تکنیکی مؤثر و انسان‌ساخت که از طریق هدایت آب‌های سطحی رواناب به سمت نفوذ و حرکت بعدی به داخل سفره‌های آب زیرزمینی، موجب تقویت منابع آب زیرزمینی و زیرسطحی می‌شود. این فرآیند با طراحی روش‌های مختلف به‌منظور افزایش انتقال آب‌های سطحی به داخل آبخوان‌ها، نقش مهمی در تأمین منابع آب زیرزمینی ایفا می‌کند. [۲۵].
آب یخچالی	آب یخچالی نوعی از منابع آب غیرمتعارف است که می‌توان از آن به‌عنوان آب حاصل از ذوب کوه‌های یخی استفاده کرد و سپس به مناطق نیازمند آب منتقل نمود. همچنین، امکان پدگ‌کشی کوه‌های یخی به مناطق خشک و نیمه‌خشک که با کمبود آب مواجه هستند نیز وجود دارد. آب یخچالی، خالص‌ترین نوع آب غیرمتعارف در جهان محسوب می‌شود (شکل ۹).

آب شیرین‌شده به آبی اطلاق می‌شود که نمک آن از آب شور (شامل آب‌های اقیانوسی، دریایی و آب‌های زیرزمینی لب‌شور، تولیدی کارخانه‌ها) حذف شده است (شکل ۱۰). این روش به دلیل هزینه بالا و اثرات زیست‌محیطی نامطلوب، معمولاً به عنوان یک گزینه گران‌قیمت و قابل‌استفاده برای کشورهای ثروتمند تلقی می‌شود [۲۶].

جدول ۲ - کاربردهای آب‌های نامتعارف

منبع آب نامتعارف	کاربردهای مهم
فاضلاب تصفیه شده	آبیاری اراضی کشاورزی و فضای سبز، سرویس‌های بهداشتی، کاربردهای صنعتی، آب آشامیدنی، مصارف صنعتی یا خلوص بالا، هیدروپونیک و غیره.
آب شور و لب شور	آب شرب، کاربردهای صنعتی و آبیاری
آب باران	آب آشامیدنی یا یا بدون تصفیه، آبیاری فضای سبز
آب زیرزمینی تغذیه‌شده	آب آشامیدنی یا یا بدون تصفیه، استفاده کشاورزی، کاربردهای صنعتی یا تصفیه
زهاب کشاورزی	آبیاری تکمیلی
آب حاصل از بارورسازی ابرها	در صورت جمع‌آوری آب آشامیدنی یا تصفیه، آبیاری
آب حاصل از مه و شبنم	آب آشامیدنی، آبیاری فضای سبز
آب فسیلی	آبیاری، آب شرب یا تصفیه
آب یخچال	آب شرب، آبیاری



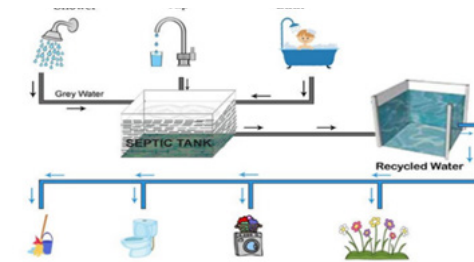
شکل ۳ - زهاب تولیدی کشاورزی از لوله‌های زهکشی



شکل ۴ - فاضلاب تصفیه‌شده به عنوان آب نامتعارف



شکل ۵ - شکل شماتیک از مفهوم آب مجازی



شکل ۶ - مفهوم آب خاکستری

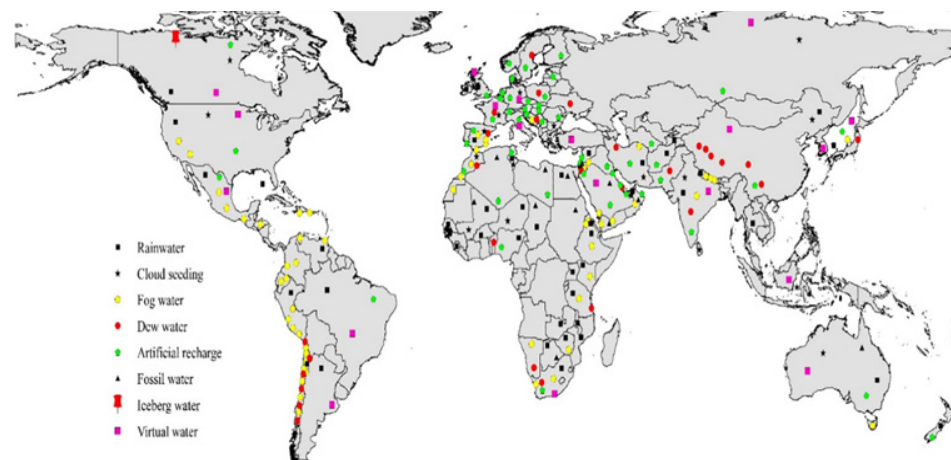
همچون شیلی، اسپانیا، ژاپن، سوئد و هند توسعه یافته‌اند. در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، کمبود شدید منابع آب متعارف و بارندگی محدود، ضرورت بهره‌گیری از سیستم‌های برداشت آب باران (RWH) را افزایش داده است. این سیستم‌ها در کشورهای عراق، هند، سوریه، چین، آفریقای جنوبی و تونس به کار گرفته شده‌اند. علاوه بر این، برخی از کشورهایی که دارای منابع آبی فراوان هستند نیز به توسعه این سیستم‌ها پرداخته‌اند. به عنوان نمونه، آلمان از دهه ۱۹۸۰ پروژه‌های عملیاتی متعددی در این حوزه اجرا کرده و مطالعات گسترده‌ای را برای بررسی امکان‌سنجی و کارایی سیستم‌های جمع‌آوری رواناب انجام داده است [۲۷،۲۸].

بزرگ‌ترین پروژه بارورسازی ابرها با هدف افزایش میزان بارندگی در مناطق خشک، در کشور چین اجرا شده است. همچنین، پروژه‌های مشابهی در امارات متحده عربی، ایران، هند و ایالات متحده به منظور مدیریت منابع آبی و افزایش بارندگی به اجرا درآمده‌اند [۱]. علاوه بر این، سازهای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها در مقیاس‌های مختلف و با اهداف گوناگون در کشورهای مختلف توسعه یافته‌اند. کشورهای خاورمیانه، به دلیل اقلیم خشک و نیمه‌خشک و کمبود منابع آبی، به طور فزاینده‌ای به استفاده از این فناوری‌ها و استخراج آب‌های فسیلی غیرقابل تجدید روی آورده‌اند. عوامل متعددی از جمله محدودیت‌های

اقتصادی، اجتماعی، جمعیتی، فرهنگی، زیست‌محیطی، سیاسی و توسعه‌ای، موجب شده است که بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی نامتعارف در این مناطق مورد توجه قرار گیرد. مطالعات نشان می‌دهند که در حال حاضر، ۲۲۴ سایت تغذیه مصنوعی در ۲۳ کشور اروپایی از جمله اسلواکی، مجارستان، آلمان، سوئیس، فرانسه و فنلاند فعال هستند که سهم قابل‌توجهی در تأمین آب آشامیدنی دارند. همان‌طور که در شکل ۱۱ نشان داده شده است، پروژه‌های بهره‌برداری از آب‌های فسیلی عمدتاً در کشورهای الجزایر، لیبی، نیجر، چاد، یمن، مصر و استرالیا اجرا شده‌اند.

شکل ۱۲، نقشه‌های توزیع آب نامتعارف پردازش‌شده (PUW*) را نمایش می‌دهد که شامل آب فاضلاب، آب شیرین‌شده و زهاب کشاورزی است. افزایش رقابت بین بخش‌های صنعتی و خانگی بر سر منابع محدود آب شیرین، منجر به سرمایه‌گذاری گسترده در تصفیه فاضلاب و آب خاکستری در بسیاری از کشورهای جهان، از جمله آمریکای شمالی، شمال و جنوب غربی اروپا (اسپانیا، ایتالیا و فرانسه)، استرالیا، چین و آفریقای جنوبی شده است [۲۹]. در کشورهای توسعه‌یافته، رویکردهای فنی و سیاست‌گذاری‌های عمومی، استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده را برای مصارف مختلف از جمله آبیاری کشاورزی و مصارف صنعتی تشویق می‌کنند. با این حال، در کشورهای در حال توسعه، نبود زیرساخت‌های مناسب تصفیه،

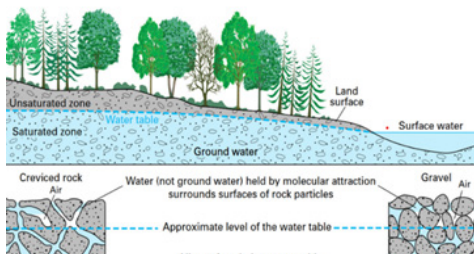
2 – Processed Non-conventional Water



شکل ۱۱ - موقعیت‌های مشخص‌شده برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی، استفاده از آب فسیلی، بهره‌برداری از آب یخچال‌های طبیعی، آب مجازی، برداشت مه‌آب، برداشت آب شبنم، برداشت آب باران و بارورسازی ابرها.



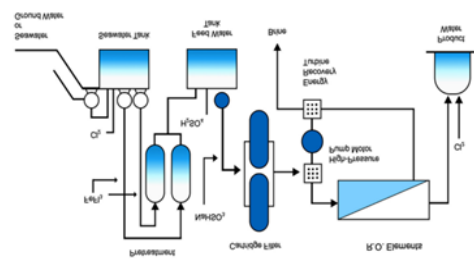
شکل ۷ - سیستم جمع‌آوری مه‌آب



شکل ۸ - شماتیک از آب‌های فسیلی و ژرف زیرزمینی



شکل ۹ - یخ‌های قطب جنوب با پتانسیل تأمین آب برای مناطق دچار کم‌آبی



شکل ۱۰ - شماتیک از فرایندی نمک‌زدایی آب شور

Sri Lanka using GIS techniques, *Geosci. Front.* 7 (2016) 115–124. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.03.002>.

۲۶. A. Pistocchi, T. Bleninger, C. Breyer, U. Caldera, C. Dorati, D. Ganora, M.M. Millán, C. Paton, D. Poullis, F.S. Herrero, Can seawater desalination be a win-win fix to our water cycle?, *Water Res.* 182 (2020) 115906.

۲۷. T.A. Gebru, G.K. Brhane, Y.G. Gebremedhin, Contributions of water harvesting technologies intervention in arid and semi-arid regions of Ethiopia, in ensuring households' food security, *Tigray in focus, J. Arid Environ.* 185 (2021) 104373. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104373>.

۲۸. S. Ali, S. Zhang, T. Yue, Environmental and economic assessment of rainwater harvesting systems under five climatic conditions of Pakistan, *J. Clean. Prod.* 259 (2020) 120829.

۲۹. G. Oron, M. Adel, V. Agmon, E. Friedler, R. Halperin, E. Leshem, D. Weinberg, Greywater use in Israel and worldwide: Standards and prospects, *Water Res.* 58 (2014) 92–101. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.03.032>.

۳۰. M. Qadir, P. Drechsel, B. Jiménez Cisneros, Y. Kim, A. Pramanik, P. Mehta, O. Olaniyan, Global and regional potential of wastewater as a water, nutrient and energy source, *Nat. Resour. Forum* 44 (2020) 40–51. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1477-8947.12187>.

۳۱. I.N. Shaikh, M.M. Ahammed, Quantity and quality characteristics of greywater: A review, *J. Environ. Manage.* 261 (2020) 110266. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110266>.

۱۹. J.A. Allan, Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible, *Priorities Water Resour. Alloc. Manag.* 13 (1993) 26.

۲۰. Y. Zhao, G. He, J. Wang, X. Gao, H. Li, Y. Zhu, S. Jiang, Water stress assessment integrated with virtual water trade and physical transfer water: A case study of Beijing, China, *Sci. Total Environ.* 708 (2020) 134578. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134578>.

۲۱. F. Boano, A. Caruso, E. Costamagna, L. Ridolfi, S. Fiore, F. Demichelis, A. Galvão, J. Piscoiro, A. Rizzo, F. Masi, A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits, *Sci. Total Environ.* 711 (2020) 134731. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731>.

۲۲. P. Patel, A. Muteen, P. Mondal, Treatment of greywater using waste biomass derived activated carbons and integrated sand column, *Sci. Total Environ.* 711 (2020) 134586. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134586>.

۲۳. B. Gido, E. Friedler, D.M. Broday, Assessment of atmospheric moisture harvesting by direct cooling, *Atmos. Res.* 182 (2016) 156–162. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.07.029>.

۲۴. M. Gürsoy, M.T. Harris, A. Carletto, A.E. Yaprak, M. Karaman, J.P.S. Badyal, Bioinspired asymmetric-anisotropic (directional) fog harvesting based on the arid climate plant *Eremopyrum orientale*, *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* 529 (2017) 959–965. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.06.065>.

۲۵. I.P. Senanayake, D.M.D.O.K. Dissanayake, B.B. Mayadunna, W.L. Weerasekera, An approach to delineate groundwater recharge potential sites in Ambalantota,

International Publishing, Cham, 2019; pp. 509–532. https://doi.org/10.1007/978_2018_336.

۱۲. L. Ji, T. Wu, Y. Xie, G. Huang, L. Sun, A novel two-stage fuzzy stochastic model for water supply management from a water-energy nexus perspective, *J. Clean. Prod.* 277 (2020) 123386.

۱۳. A. Rashid Niaghi, X. Jia, D.D. Steele, T.F. Scherer, Drainage water management effects on energy flux partitioning, evapotranspiration, and crop coefficients of corn, *Agric. Water Manag.* 225 (2019) 105760. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105760>.

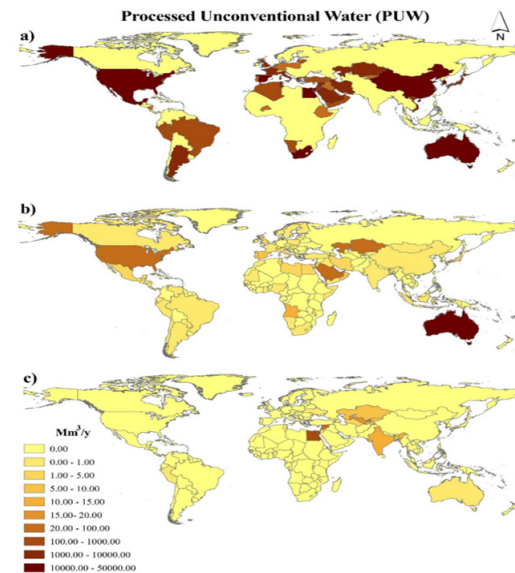
۱۴. T.Q. Zhang, C.S. Tan, Y.T. Wang, B.L. Ma, T. Welacky, Soil phosphorus loss in tile drainage water from long-term conventional- and non-tillage soils of Ontario with and without compost addition, *Sci. Total Environ.* 580 (2017) 9–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.019>.

۱۵. J. Barnes, Mixing waters: The reuse of agricultural drainage water in Egypt, *Geoforum* 57 (2014) 181–191. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2012.11.019>.

۱۶. N. Almanaseer, M. Hindiyyeh, R. Al-Assaf, Hydrological and environmental impact of wastewater treatment and reuse on Zarqa River Basin in Jordan, *Environments* 7 (2020) 14.

۱۷. J.R. Adewumi, A.A. Illembade, J.E. Van Zyl, Treated wastewater reuse in South Africa: Overview, potential and challenges, *Resour. Conserv. Recycl.* 55 (2010) 221–231. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.09.012>.

۱۸. M.S. Baawain, A. Al-Mamun, H. Omidvarborna, A. Al-Sabti, B.S. Choudri, Public perceptions of reusing treated wastewater for urban and industrial applications: challenges and opportunities, *Environ. Dev. Sustain.* 22 (2020) 1859–1871. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0266-0>.



شکل ۱۳ - نقشه مکانی استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده، آب شیرین‌شده و زهاب کشاورزی در جهان

short areas, *Desalination* 56 (1985) 89–108. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0011-9164\(85\)85017-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0011-9164(85)85017-7).

۸. S. Indelicato, V. Tamburino, S.M. Zimbone, Unconventional water resource use and management, (1993).

۹. J.O. Jaber, M.S. Mohsen, Evaluation of non-conventional water resources supply in Jordan, *Desalination* 136 (2001) 83–92.

۱۰. M. Buchholz, Overcoming drought: a scenario for the future development of the agricultural and water sector in arid and hyper arid areas, based on recent technologies and scientific results., (2010).

۱۱. A.M. Negm, E.-S.E. Omran, S. Abdel-Fattah, Update, Conclusions, and Recommendations for the “Unconventional Water Resources and Agriculture in Egypt” BT - Unconventional Water Resources and Agriculture in Egypt, in: A.M. Negm (Ed.), Springer

of marginal lands in arid and semiarid environments, *Agric. Water Manag.* 221 (2019) 462–476. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.04.014>.

۵. Á.-F. Morote, J. Olcina, M. Hernández, The Use of Non-Conventional Water Resources as a Means of Adaptation to Drought and Climate Change in Semi-Arid Regions: South-Eastern Spain, *Water* 11 (2019). <https://doi.org/10.3390/w10100993>.

۶. F. Yazdandoost, M.M. Noruzi, S.A. Yazdani, Sustainability assessment approaches based on water-energy Nexus: Fictions and nonfictions about non-conventional water resources, *Sci. Total Environ.* 758 (2021) 143703. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143703>.

۷. M.R. Brewster, O.K. Buros, The use of non-conventional water resource alternatives in water

منجر به استفاده مستقیم از فاضلاب تصفیه‌نشده در بخش کشاورزی شده است [۳۰]. تصفیه آب خاکستری نیز در بسیاری از نقاط جهان رواج یافته است و به‌ویژه در مناطق کم‌آب مانند استرالیا، چین، هند، الجزایر، خاورمیانه و کشورهای مدیریت‌های به‌طور فزاینده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است [۳۱]. شیرین‌سازی آب یکی از مهم‌ترین راهکارهای تأمین منابع آبی در بسیاری از کشورها محسوب می‌شود. این فناوری به‌ویژه در کشورهای مدیترانه‌ای و خاورمیانه که دارای منابع محدود آب طبیعی هستند، توسعه یافته است. در این مناطق، دسترسی به آب دریا، گزیندهای مؤثر برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده آب در راستای توسعه پایدار محسوب می‌شود. همچنین، استفاده از زهاب کشاورزی در بسیاری از کشورهای جهان مورد آزمایش و اجرا قرار گرفته است. شکل ۱۳ نشان می‌دهد که این روش به‌ویژه در هند، مصر، سوریه، قزاقستان، ایران و ازبکستان به‌عنوان یک راهکار مکمل برای تأمین آب کشاورزی، مورد توجه قرار گرفته است.

منابع

۱. Z. Karimidastenaiei, T. Avellán, M. Sadegh, B. Kløve, A.T. Haghighi, Unconventional water resources: Global opportunities and challenges, *Sci. Total Environ.* 827 (2022) 154429. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154429>.

۲. F. Macedonio, E. Drioli, A.A. Gusev, A. Bardow, R. Semiat, M. Kurihara, Efficient technologies for worldwide clean water supply, *Chem. Eng. Process. Process Intensif.* 51 (2012) 2–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cep.2011.09.011>.

۳. C.-Y. Chen, S.-W. Wang, H. Kim, S.-Y. Pan, C. Fan, Y.J. Lin, Non-conventional water reuse in agriculture: A circular water economy, *Water Res.* 199 (2021) 117193. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117193>.

۴. M.I. Hussain, A. Muscolo, M. Farooq, W. Ahmad, Sustainable use and management of non-conventional water resources for rehabilitation

نجات آب نامتعارف، حفظ محیط زیست: نقش زهکشی حفاظتی در مدیریت پایدار منابع آبی

سینا کوثری

| دانشجوی دکتری دانشگاه تهران



مقدمه

زهکشی کشاورزی یکی از روش‌های متداول بهبود بهره‌وری زراعی است که با تنظیم رطوبت خاک و تأمین تهویه مناسب در ناحیه ریشه، رشد سالم گیاهان را تسهیل می‌کند. این فرایند علاوه بر افزایش قابلیت تردد ماشین‌آلات کشاورزی، با حذف آب اضافی، شرایط مساعدی برای رشد محصولات زراعی ایجاد می‌کند (شکل ۱). با این حال، زهکشی کشاورزی می‌تواند موجب تسریع انتقال مواد مغذی، رسوبات و آفت‌کش‌ها از اراضی کشاورزی به منابع آب سطحی مجاور شود [۱،۲]. اگرچه زهاب کشاورزی به دلیل حجم بالای تولید، منبعی ارزشمند از آب برگشتی و نامتعارف محسوب می‌شود، اما تخلیه آن به تالاب‌های طبیعی و رودخانه‌ها چالش‌های زیست‌محیطی جدی به همراه دارد. این مسئله منجر به اتلاف عناصر غذایی، رشد بیش از حد جلبک‌ها و پدیده اوتریفیکاسیون در اکوسیستم‌های

آبی می‌شود [۳-۵]. آلودگی غیرنقطه‌ای کشاورزی (agricultural non-point source pollution)، که ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی در تولیدات کشاورزی است، تهدیدی جدی برای کیفیت آب و پایداری اکوسیستم‌های آبی (شکل ۲) محسوب می‌شود [۶]. با توجه به این چالش‌ها، ضرورت توسعه نوآوری‌ها و راهبردهای نوین در مدیریت منابع آب کشاورزی بیش از پیش آشکار می‌شود تا بتوان همزمان مشکلات مرتبط با کیفیت و کمیت آب را به‌طور مؤثر مدیریت کرد. در این راستا، اجرای روش‌های حفاظتی کشاورزی (agricultural conservation practices) به‌عنوان یک راهکار عملی برای کاهش پیامدهای منفی زیست‌محیطی و مقابله با بحران کم‌آبی مطرح می‌شود. یکی از راهکارهای مؤثر در این زمینه، استفاده مجدد از زه‌آب کشاورزی به عنوان یک منبع ارزشمند آب نامتعارف و کاربرد زهکشی حفاظتی است که می‌تواند نقش مهمی در بهینه‌سازی مصرف منابع آبی ایفا کند [۷]. در این گزارش تنها به بررسی روش‌های

مختلف زهکشی حفاظتی (Conservation drainage) پرداخته شده است و در گزارش‌های بعدی، هر یک از این روش‌ها به‌طور جداگانه و با جزئیات بیشتر بررسی خواهد شد.

زهکشی حفاظتی چیست؟

بر اساس تعریف Dr. Chris Hay، زهکشی حفاظتی به مجموعه‌ای از روش‌ها و طراحی‌های زهکشی اطلاق می‌شود که با هدف حمایت از نیازهای تولیدات کشاورزی و در عین حال مقابله با اثرات منفی بر کیفیت و کمیت آب طراحی شده‌اند. این فرآیند شامل اقداماتی است برای پیشگیری یا کاهش اثرات نامطلوب زهکشی مصنوعی. همچنین، Dr. Laura Christianson تعریف جالبی از زهکشی حفاظتی ارائه می‌دهد که در آن اشاره می‌کند: زهکشی حفاظتی همچون یک دست‌دادن در اراضی کشاورزی است؛ تعادلی میان بهره‌وری زراعی و هم‌زیستی مطلوب با همسایگان و محیط‌زیست (شکل ۳).

مزایای زهکشی حفاظتی

روش‌های موجود در سیستم زهکشی حفاظتی می‌توانند مزایای مختلفی داشته باشند، هر روش هدف خاص خود را دنبال

می‌کند. در اینجا فهرستی از مزایای احتمالی که می‌توانید از سیستم زهکشی حفاظتی بدست آورید، آورده شده است:

- کاهش بارگذاری مواد مغذی، پاتوژن‌ها و آفت‌کش‌ها از سیستم‌های زهکشی به آب‌های دریافت‌کننده پایین‌دست
- بهبود بهره‌وری، سلامت و رشد گیاهان
- کاهش اکسیداسیون مواد آلی در خاک‌ها
- حفظ یا افزایش سلامت خاک و محتوای مواد آلی
- بهبود کیفیت آب از طریق استفاده از مواد مغذی اضافی خاک
- شما تصمیم می‌گیرید که سیستم زهکشی شما چه زمانی باید آب تخلیه کند و چه زمانی باید آب را نگه دارد
- تولید بیشتر غذا با همان مساحت زمین، با هزینه زیست‌محیطی کمتر
- سازگاری با تغییر اقلیم



شکل ۱۵ - ایجاد تعادل و دوستی بین محیط‌زیست و سودآوری کشاورزی توسط زهکشی حفاظتی

زهکشی حفاظتی همچون یک دست‌دادن در اراضی کشاورزی است؛ تعادلی میان بهره‌وری زراعی و هم‌زیستی با محیط‌زیست.



شکل ۱۳ - تصاویری از اراضی کشاورزی تحت سیستم زهکشی زیرزمینی و اجرای سیستم در زمین



شکل ۱۴ - تصاویری از تخلیه زهاب لوله‌های زهکش به منابع آب سطحی و آلودگی خلیج مکرک در اثر تخلیه

سیستم بازیافت زهاب یکی از راهکارهای نوین در مدیریت منابع آب کشاورزی است که طی آن زهاب تولیدی از مزارع جمع‌آوری و در مخازن، استخرها یا کانال‌های زهکشی ذخیره می‌شود. این آب در دوره‌های کمبود منابع آبی مجدداً برای آبیاری محصولات استفاده می‌گردد. در مقایسه با سیستم‌های زهکشی سنتی، این روش از دو مزیت کلیدی برخوردار است: نخست، افزایش عملکرد محصولات کشاورزی از طریق تأمین پایدار آب، و دوم، بهبود کیفیت آب در پایین‌دست به دلیل کاهش بار آلاینده‌های خروجی از مزارع. استفاده از این راهکار می‌تواند نقشی مؤثر در ارتقای بهره‌وری آب و کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از زهکشی‌های کشاورزی ایفا کند.

زیست‌راکتور نیترات‌زدایی یک فناوری نوین در مدیریت پایدار آب‌های کشاورزی است که در انتهای خطوط زهکشی زیرسطحی و پیش از خروج آب از مزرعه نصب می‌شود. این سیستم، که در مقیاس‌های بزرگ نیز قابل‌استفاده است، به‌طور معمول برای زهکشی حدود ۱۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی کارایی مطلوبی دارد. در این روش، با استفاده از سازه‌های کنترلی آب، بخشی یا تمامی جریان زهاب از طریق شیاری حاوی تراشه‌های چوبی عبور داده می‌شود. باکتری‌های نیترات‌زدا که در این محیط فعال هستند، نیترات موجود در آب را به گاز نیتروژن تبدیل کرده و از انتشار آن در منابع آبی جلوگیری می‌کنند.

زهکشی کنترل‌شده راهکاری برای مدیریت بهینه منابع آب و کاهش هدررفت مواد مغذی می‌باشد. زهکشی کنترل‌شده، که به مدیریت آب زهکشی نیز شناخته می‌شود، روشی است که در آن از سازه‌های کنترلی آب برای افزایش عمق خروجی زهکشی استفاده می‌شود. این سازه‌ها به نگهداشت آب در مزرعه در دوره‌هایی که زهکشی ضروری نیست، کمک می‌کنند. برخلاف سیستم‌های زهکشی سنتی که آب اضافی خاک را تا عمق نصب زهکشی تخلیه می‌کنند، این روش موجب افزایش ظرفیت نگهداری و ذخیره آب در پروفیل خاک می‌شود. کاربرد این روش تأثیر قابل‌توجهی در کاهش حجم کل زهکشی و کاهش خروج مواد مغذی از اراضی زهکشی‌شده دارد. همچنین، در برخی سال‌ها می‌تواند به افزایش عملکرد محصولات کشاورزی منجر شود.

مدخل کور یک روش حفاظتی درون‌مزرعه‌ای است که جایگزین ورودی‌های سطحی زهکشی‌شده و آب را از نواحی فرورفتگی در مزرعه تخلیه می‌کند. حوزه آبخیزی که آب را به این نواحی وارد می‌کند می‌تواند تا ۲۰ acres وسعت داشته باشد، درحالی‌که سطح مدخل کور معمولاً تا ۱۵ متر در ۱۵ متر (۵۰ فوت در ۵۰ فوت) قابل‌توسعه است. یکی از مزایای کلیدی این روش، کاهش تلفات فسفر و رسوبات است که موجب بهبود کیفیت آب می‌شود. علاوه‌بر مزایای زیست‌محیطی، مدخل کور قابلیت تحمل عبور و مرور ماشین‌آلات کشاورزی را دارد و برخلاف برخی دیگر از روش‌های زهکشی، مانعی برای عملیات زراعی ایجاد نمی‌کند.

تالاب مصنوعی یکی از گزینه‌های مؤثر برای تصفیه زهاب کشاورزی در انتهای خطوط زهکشی زیرسطحی است که به دلیل عملکرد آن در حذف آلاینده‌ها، به کلیه‌های طبیعت نیز معروف است. این تالاب به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که با استفاده از جذب توسط گیاهان و باکتری‌های نیترات‌زدا، نیترات‌های موجود در زهاب کشاورزی و در صورت موجود رواناب‌های سطحی را حذف کند. علاوه‌براین، تالاب مصنوعی می‌تواند فسفر را کاهش داده و زیستگاهی برای حیات‌وحش ایجاد کند، که از مزایای جانبی این سیستم محسوب می‌شود.



Drainage Water Recycling (Michigan Site)



Denitrifying Bioreactor



Controlled Drainage (South Dakota site)



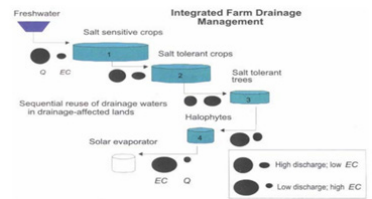
Blind Inlet



Constructed Wetlands (Ohio Site)



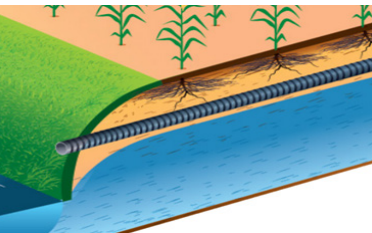
Saturated Buffer (Illinois Site)



Integrated Farm Drainage Management



Two-stage ditch



Shallow Drain



Phosphorus Sorbing filter

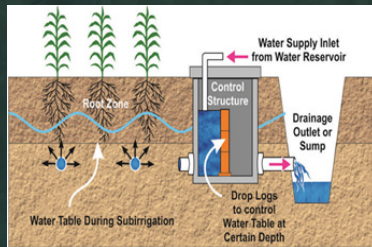
بافر اشباع‌شده یکی از روش‌های نوین تصفیه زهاب است که با هدایت بخشی از آب زهکشی به یک لوله توزیع جانبی در امتداد یک کانال زهکشی یا حاشیه رودخانه، باعث کاهش آلاینده‌ها می‌شود. در این روش، باکتری‌های خاک نیترات‌ها را حذف کرده و گیاهان موجود در بافر، مواد مغذی را جذب می‌کنند. این روش در مناطقی که خاک دارای ماده آلی کافی بوده و امکان حفظ سطح آب زیرزمینی بالا وجود دارد، عملکرد مطلوبی دارد. از نظر ظاهری، بافر اشباع‌شده مشابه یک سازه زهکشی کنترل‌شده است، اما تمام فرایند پالایش در زیر سطح زمین اتفاق می‌افتد.

یکی از راهکارهایی که کشاورزان می‌توانند برای کاهش یا حذف تخلیه زهاب به کار گیرند، مدیریت یکپارچه زهکشی در مزرعه (IFDM) است. هدف اصلی این روش، حذف کامل تخلیه آب زهکشی از مزارع است. طراحی و اجرای سیستم‌های IFDM بسته به شرایط خاک و منابع آب، وضعیت زهکشی، و اهداف مدیریتی در هر مزرعه متفاوت است، اما اغلب شامل سه مؤلفه اصلی می‌شود: ۱) بهبود روش‌های آبیاری به‌منظور کاهش حجم آب زهکشی، ۲) استفاده از آب زهکشی برای آبیاری گیاهان مقاوم به شوری در صورت لزوم، و ۳) دفع باقیمانده زهاب کشاورزی از طریق حوضچه‌های تیخیری که در داخل مزرعه ساخته و مدیریت می‌شود.

کانال زهکشی دو مقطعی یک روش اصلاحی در طراحی کانال‌های زهکشی است که با تغییر هندسه کانال، سکوهایی در داخل آن ایجاد می‌کند. این نوع کانال شامل یک مسیر جریان کم‌عمق در مرکز و یک سکوی گیاهی است که در جریان‌های شدیدتر غرقاب می‌شود. پوشش گیاهی این سکوها باعث کاهش سرعت جریان آب می‌شود و رسوبات و ذرات سنگین‌تر را به ته‌نشینی تشویق می‌کند. کانال دو مرحله‌ای به عنوان یک روش مدیریت درون‌کانالی شناخته می‌شود و گاهی به آن ditch-within-a ditch نیز گفته می‌شود. در این طراحی، جریان‌های کم‌عمق در مرحله اول داخل کانال اصلی باقی می‌مانند، در حالی که جریان‌های سیلابی در مرحله دوم در داخل دیواره‌های کانال محصور می‌شوند.

زهکش‌های کم‌عمق به لوله‌های زهکشی زیرسطحی اشاره دارند که در عمق‌های ۷۵/۰ تا ۹/۰ متر (۵/۲ تا ۳ فوت) نصب می‌شوند. این نوع زهکش‌ها به دلیل نیاز به فواصل کمتر بین لوله‌ها نسبت به زهکش‌های عمیق، هزینه اولیه بالاتری دارند، اما به دلیل مزایای متعدد، گزینه‌ای قابل‌توجه برای مدیریت آب کشاورزی محسوب می‌شوند. از جمله این مزایا می‌توان به کاهش سریع‌تر سطح ایستابی، کاهش حجم کل آب تخلیه‌شده از پروفیل خاک، کاهش تلفات نیترات، حفظ رطوبت بیشتر در ناحیه ریشه و افزایش عملکرد محصول در شرایط خاص اشاره کرد. علاوه‌براین، برخلاف زهکشی کنترل‌شده که عمدتاً برای اراضی نسبتاً مسطح مناسب است، زهکش‌های کم‌عمق در زمین‌های شیب‌دار نیز بدون نیاز به مدیریت خاص قابل استفاده هستند.

سازه‌های حذف فسفر یک روش مدیریتی نوین برای کاهش اوتریفیکاسیون آب‌های سطحی هستند که با فیلتر کردن فسفر محلول قبل از ورود به منابع آبی، از غنی‌شدگی بیش از حد مواد مغذی جلوگیری می‌کنند. این سازه‌ها معمولاً از مواد جاذب فسفر تشکیل شده‌اند که غنی از آلومینیوم، آهن یا کلسیم محلول هستند و قابلیت جذب و تثبیت فسفر را دارند.



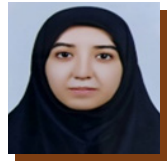
Controlled Drainage with Subirrigation

آبیاری زیرسطحی روشی است که با افزودن مصنوعی آب به خاک در زیر سطح زمین، سطح آب زیرزمینی را تنظیم کرده و شرایط مطلوبی را برای رشد گیاه فراهم می‌کند. در این روش، هنگام اعمال آب به ناحیه ریشه گیاه، حفظ تعادل بین آب و هوا (اکسیژن) ضروری است تا جذب آب، رشد گیاه و تولید زیست‌توده و عملکرد محصول بهینه شود. در بیشتر موارد، آب از طریق لوله‌های زهکشی یا لوله‌های سوراخ‌دار به پروفیل خاک زیر سطح زمین منتقل می‌شود. هدف اصلی زهکشی و زیرآبیاری ایجاد یک محیط مطلوب برای رشد و عملکرد بهینه ریشه گیاهان است تا در نهایت موجب بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد محصول شود. این روش به‌ویژه در مناطقی با سطح آب زیرزمینی کم‌عمق، یک راهکار کارآمد برای مدیریت بهینه منابع آب و افزایش بهره‌وری کشاورزی محسوب می‌شود.

منابع

- in vegetated drainage ditches, Iran. J. Soil Water Res. (2024). <https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.375972.669702>.
۶. N. Badrzadeh, J.M.V. Samani, M. Mazaheri, A. Kuriqi, Evaluation of management practices on agricultural nonpoint source pollution discharges into the rivers under climate change effects, Sci. Total Environ. 838 (2022) 156643. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156643>.
۷. A.K.A. Mutasher, R.J.M. Al-Saadi, F.M. Al-Mohammed, Assessment and Management of Drainage Water Quality for Reuse in Irrigation Projects, Smart Sci. 9 (2021) 80–102. <https://doi.org/10.1080/23080477.2021.1898795>.
۸. temporal trends*, Irrig. Drain. 69 (2020) 788–805. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ird.2456>.
۹. C. Rabouille, B. Lansard, S.M. Owings, N.N. Rabalais, B. Bombled, E. Metzger, J. Richirt, E.M. Eitel, A.D. Boever, J.S. Beckler, M. Taillefert, Early Diagenesis in the Hypoxic and Acidified Zone of the Northern Gulf of Mexico: Is Organic Matter Recycling in Sediments Disconnected From the Water Column?, Front. Mar. Sci. 8 (2021) 604330. <https://doi.org/10.3389/FMARS.2021.604330/BIBTEX>.
۱۰. M. MasoomiBalsi, S. Kosari, M. Parsinejad, M. Yazdani, M. Navabian, Removal or reduction of nitrogen and phosphorous pollutants from paddy fields drainage water
۱۱. H. Moursi, M.A. Yousef, C.A. Poole, C.F. Castro-Bolinaga, G.M. Chescheir, R.J. Richardson, Drainage water recycling reduced nitrogen, phosphorus, and sediment losses from a drained agricultural field in eastern North Carolina, U.S.A., Agric. Water Manag. 279 (2023) 108179. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108179>.
۱۲. R.W. Skaggs, M.A. Brevé, J.W. Gilliam, Hydrologic and water quality impacts of agricultural drainage, Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 24 (1994) 1–32. <https://doi.org/10.1080/10643389409388459>.
۱۳. M. Shaban, Drainage water reuse in the Nile Delta of Egypt: Fitting density functions and assessing

پیاده‌سازی آبیاری پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک



فاطمه خیاط

| دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

مقدمه

آبیاری پایدار به‌عنوان یکی از راهکارهای اصلی برای مدیریت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نقشی کلیدی در کاهش فشار بر منابع آبی و افزایش بهره‌وری کشاورزی ایفا می‌کند. در این مناطق، به دلیل کمبود منابع آب و تغییرات اقلیمی که موجب افزایش دما و کاهش بارش‌ها می‌شود، استفاده بهینه از آب برای آبیاری محصولات کشاورزی امری ضروری است. اجرای آبیاری پایدار مستلزم به‌کارگیری فناوری‌های نوین، مدیریت صحیح منابع آب و بهینه‌سازی مصرف آن است. بهینه‌سازی مصرف آب از طریق استفاده از حسگرهای رطوبتی، سامانه‌های آبیاری هوشمند و مدل‌های پیش‌بینی نیاز آبی گیاهان، باعث کاهش هدررفت آب و افزایش کارایی مصرف آن می‌شود. علاوه‌براین، مدیریت منابع آب از طریق بهره‌برداری اصولی از آب‌های سطحی و زیرزمینی، استفاده از آب‌های نامتعارف مانند پساب تصفیه‌شده و آب شور و تدوین سیاست‌های مناسب برای جلوگیری از برداشت بی‌رویه در پایدار سیستم‌های آبیاری نقش

چالش‌ها و ضرورت پیاده‌سازی آبیاری پایدار

مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، که اغلب با کاهش منابع آب و افزایش تبخیر-تعرق مواجه هستند، به روش‌های نوین آبیاری نیاز دارند تا ضمن حفظ منابع آبی موجود، تولیدات کشاورزی به‌طور مستمر و بهینه تأمین شوند. براساس پیش‌بینی‌ها، نیاز آبی محصولات کشاورزی تا سال ۲۰۸۰ حدود ۲۵ درصد افزایش خواهد یافت، در حالی که منابع آبی موجود به دلیل تغییرات اقلیمی، کاهش کیفیت و کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در معرض تهدید هستند [۱]. در این شرایط، آبیاری پایدار با هدف کاهش مصرف آب، افزایش کارایی و بهره‌وری، و بهبود وضعیت تولید محصولات کشاورزی به‌عنوان یک راهکار کلیدی مطرح می‌شود.

کاهش مصرف

راهکارهای نوین آبیاری پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک

یکی از مهم‌ترین راهکارهای پیاده‌سازی آبیاری پایدار در این مناطق، استفاده از روش‌های کم‌آبیاری است. در این روش‌ها، میزان آب مصرفی کمتر از تبخیر-تعرق واقعی گیاهان است که این امر باعث کاهش فشار بر منابع آبی و افزایش کارایی استفاده از آب می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که کاهش مصرف آب به‌طور مستقیم منجر به افزایش کارایی مصرف آب (WUE) شده و در نهایت سطح تولید را با استفاده از آب کمتر افزایش می‌دهد [۲]. علاوه‌براین، فناوری‌های نوین مانند آبیاری قطره‌ای، آبیاری زیرسطحی و کشت‌های حفاظتی نیز می‌توانند نقش مهمی در کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری کشاورزی ایفا کنند. آبیاری قطره‌ای به‌دلیل تأمین دقیق و کنترل‌شده آب برای ریشه گیاهان، به‌ویژه در مناطق دارای محدودیت منابع آبی، به‌عنوان یکی از بهترین گزینه‌ها برای آبیاری پایدار شناخته می‌شود. به‌طور مشابه، استفاده از سیستم‌های آبیاری زیرسطحی، که آب را مستقیماً به ریشه گیاه منتقل می‌کنند، باعث کاهش تبخیر و افزایش جذب آب توسط گیاه می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که این روش می‌تواند تا ۵۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کند. همچنین، کشت‌های حفاظتی مانند گلخانه‌ها، که در آن‌ها شرایط آبیاری به‌طور دقیق‌تر کنترل می‌شود، می‌توانند ضمن کاهش مصرف

آب، عملکرد محصولات را نیز بهبود بخشند [۳].

در کنار روش‌های پیشرفته آبیاری، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای هوشمند با استفاده از حسگرهای رطوبتی، داده‌های محیطی و هوش مصنوعی می‌توانند نیاز آبی گیاه را به دقت مشخص کرده و مصرف آب را بهینه‌سازی کنند، در حالی که رشد گیاهان را بهبود می‌بخشند. همچنین، فناوری‌های دیگری مانند استفاده از مواد نگهدارنده آب در خاک، از جمله نانو ذرات، پلیمرهای جاذب آب و مالچ‌ها به کاهش تبخیر سطحی و افزایش راندمان استفاده از آب کمک می‌کنند. در همین راستا، کشورهای حوزه خلیج فارس، به ویژه عربستان سعودی و امارات متحده عربی، به‌دلیل شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک، به شدت به فناوری

شیرین‌سازی آب دریا متکی هستند. این کشورها به منظور تأمین نیازهای روزافزون آب خود، به‌ویژه در بخش کشاورزی، از سیستم‌های پیشرفته شیرین‌سازی آب دریا استفاده می‌کنند. عربستان سعودی با ظرفیت ۴/۷ میلیون مترمکعب در روز، بزرگ‌ترین تولیدکننده آب شیرین در منطقه است و ۶/۲۰ درصد از سهم بازار را به خود اختصاص داده است. امارات متحده عربی نیز با ظرفیت ۳/۷ میلیون متر مکعب در روز و سهم ۳/۲۰ درصدی در رتبه دوم قرار دارد. سایر کشورهای منطقه مانند کویت، قطر و عمان نیز به‌طور گسترده از این فناوری برای مقابله با کم‌آبی استفاده می‌کنند [۴-۵]. یکی دیگر از راهکارهای نوین برای تأمین آب پایدار در این مناطق، استفاده از آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی است. این فناوری که در کشورهای خشک مانند امارات و عربستان برای تأمین آب کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته، می‌تواند وابستگی به منابع

آب شیرین را کاهش دهد و به‌طور مؤثری در بهبود بهره‌وری آبیاری در این مناطق نقش ایفا کند. سیستم‌های آب‌شیرین‌کن خورشیدی با استفاده از انرژی خورشیدی، آب شور را به آب قابل استفاده برای کشاورزی تبدیل می‌کنند و علاوه‌بر کاهش هزینه‌های انرژی، امکان تأمین آب پایدار را در مناطق خشک فراهم می‌آورند.

مهم‌ترین چالش‌ها و موانع پیاده‌سازی آبیاری پایدار

با وجود مزایای فراوان آبیاری پایدار، هنوز چالش‌هایی در پیاده‌سازی این فناوری‌ها وجود دارد. هزینه‌های بالای راه‌اندازی و نگهداری سامانه‌های آبیاری مدرن یکی از مهم‌ترین موانع برای پذیرش این روش‌ها در بسیاری از مناطق خشک کشاورزان در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌دلیل هزینه‌های بالا و کمبود منابع مالی، معمولاً تمایل کمتری به استفاده از این سیستم‌ها دارند. علاوه‌براین، نبود زیرساخت‌های مناسب، کمبود آموزش و آگاهی در مورد تکنیک‌های آبیاری پایدار و همچنین عدم دسترسی به فناوری‌های پیشرفته، همگی از جمله موانعی هستند که باید برای تحقق آبیاری پایدار در این مناطق برطرف شوند.

نتیجه‌گیری

پیاده‌سازی آبیاری پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک نه‌تنها به کاهش فشار بر منابع آبی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری و پایداری کشاورزی در این مناطق شود. با توجه به چالش‌هایی که در این مسیر وجود دارد، لازم است که سیاست‌های حمایتی از کشاورزان، آموزش‌های فنی و سرمایه‌گذاری در زمینه فناوری‌های نوین آبیاری مورد توجه قرار گیرد. در نهایت، آبیاری پایدار باید به‌عنوان یک استراتژی بلند مدت در مدیریت منابع آبی در این مناطق به‌کار گرفته شود تا

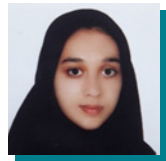
ضمن حفظ منابع طبیعی، امنیت غذایی در آینده نیز تأمین گردد.

منابع

- Fischer, G., Tubiello, F. N., Van Velthuisen, H., & Wiberg, D. A. (2007). Climate change impacts on irrigation water requirements: Effects of mitigation, 1990–2080. Technological Forecasting and Social Change, 74(7), 1083–1107. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.08.002>
- Farooq, M., Hussain, M., Ul-Allah, S., & Siddique, K. H. M. (2019). Physiological and agronomic approaches for improving water-use efficiency in crop plants. Agricultural Water Management, 219, 95–108. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.030>
- Möller, M., & Assouline, S. (2007). Effects of a shading screen on microclimate and crop water requirements. Irrigation Science, 25(3), 171–181. <https://doi.org/10.1007/s00271-007-0079-4>
- International Desalination Association, & Global Water Intelligence. (2010). The current state of desalination (V03). DesalData service. <https://www.desaldata.com>
- Nair, M., & Kumar, D. (2013). Water desalination and challenges: The Middle East perspective: A review. Desalination and Water Treatment, 51(10-12), 2030–2040. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.819631>

ماموریت آبیاری پایدار

کاربرد اینترنت اشیا و حسگرهای هوشمند در کشاورزی دقیق



مهسا حیدری

| دانشجوی دکتری دانشگاه محقق اردبیلی

مقدمه

در عصر حاضر، با توجه به رشد جمعیت جهانی و افزایش تقاضا برای مواد غذایی، صنعت کشاورزی با چالش‌های متعددی روبرو است. محدودیت منابع آب، تغییرات آب و هوایی، کاهش زمین‌های قابل کشت و ضرورت حفظ محیط زیست از جمله این چالش‌ها می‌باشند. کشاورزی دقیق (Precision Agriculture) به‌عنوان رویکردی نوین در مدیریت مزارع، امکان استفاده بهینه از منابع را فراهم می‌آورد و می‌تواند به افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و حفظ محیط زیست کمک شایانی نماید [۱].

اینترنت اشیا (Internet of Things) یا (IoT) و حسگرهای هوشمند از جمله فناوری‌های پیشرفته‌ای هستند که در سال‌های اخیر تحولی عظیم در صنعت کشاورزی ایجاد کرده‌اند. این فناوری‌ها با ایجاد ارتباط میان دستگاه‌ها، امکان جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌های محیطی را در زمان واقعی فراهم می‌آورند و به کشاورزان کمک می‌کنند تا تصمیمات آگاهانه‌تری در خصوص مدیریت مزارع خود اتخاذ نمایند [۲].

کاربردهای حسگرهای هوشمند در کشاورزی دقیق

۱. مدیریت هوشمند آبیاری

یکی از مهم‌ترین کاربردهای حسگرهای هوشمند در کشاورزی دقیق، بهینه‌سازی مصرف آب از طریق سیستم‌های آبیاری هوشمند می‌باشد. حسگرهای رطوبت خاک، دما، بارندگی و تبخیر-تعرق می‌توانند با جمع‌آوری داده‌های محیطی، به تعیین هدف آن بهینه‌سازی عملکرد محصول، افزایش کارایی نهاده‌ها و کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌باشد. این رویکرد بر اساس مشاهده، اندازه‌گیری و واکنش به تغییرات درون مزرعه‌ای بنا شده است و به کشاورزان این امکان را می‌دهد تا به جای تغییرات درون مزرعه‌ای برای کل مزرعه، به صورت موضعی و متناسب با نیاز هر بخش از مزرعه عمل نمایند [۳]. اینترنت اشیا به شبکه‌ای از دستگاه‌های فیزیکی متصل به هم اشاره دارد که توانایی جمع‌آوری و تبادل داده‌ها را بدون نیاز به دخالت انسان دارند. در کشاورزی، اینترنت اشیا شامل انواع حسگرها، پهپادها، ربات‌ها و سایر دستگاه‌های هوشمندی است که می‌توانند پارامترهای مختلف محیطی، گیاهی و خاکی را اندازه‌گیری و اطلاعات را به سرورهای ابری ارسال نمایند [۴].

۲. پایش وضعیت خاک

حسگرهای خاک می‌توانند پارامترهایی نظیر رطوبت، دما، pH، هدایت الکتریکی و میزان مواد مغذی خاک را اندازه‌گیری کنند. با تحلیل این داده‌ها، کشاورزان می‌توانند نقشه‌های دقیقی از وضعیت خاک مزرعه تهیه کرده و برنامه‌های کوددهی را بر اساس نیاز واقعی هر بخش از مزرعه تنظیم نمایند. این روش علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف کود، از آلودگی محیط زیست نیز جلوگیری می‌کند [۷].

۳. پایش شرایط محیطی و آب و هوایی

حسگرهای هواشناسی در مزرعه می‌توانند پارامترهای آب و هوایی مانند دما، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد، میزان بارندگی و تابش خورشید را اندازه‌گیری نمایند. این اطلاعات به کشاورزان کمک می‌کند تا زمان مناسب برای کاشت، داشت و برداشت را تعیین کنند و اقدامات پیشگیرانه در برابر سرمازدگی، آفات و بیماری‌ها انجام دهند [۸].

۴. تشخیص آفات و بیماری‌ها

حسگرهای تصویری و طیف‌سنجی می‌توانند با ثبت تصاویر گیاهان و تحلیل آن‌ها، وجود آفات و بیماری‌ها را حتی پیش از ظاهر شدن علائم قابل رؤیت تشخیص دهند. این سیستم‌ها با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی، الگوهای غیرطبیعی در رشد گیاه را شناسایی می‌کنند و هشدارهای لازم را به کشاورزان ارسال می‌نمایند. این امر موجب کاهش استفاده از آفت‌کش‌ها و افزایش کیفیت محصول می‌شود [۹].

۵. مدیریت دام و طیور

در صنعت دامپروری، حسگرهای پوشیدنی می‌توانند پارامترهای فیزیولوژیکی دام‌ها مانند دمای بدن، ضربان قلب، فعالیت حرکتی و الگوهای چرا را پایش کنند. این اطلاعات به دامداران کمک می‌کند تا سلامت دام‌ها را کنترل نمایند، بیماری‌ها را در مراحل اولیه تشخیص دهند و مدیریت تغذیه و تولیدمثل را بهبود بخشند [۱۰].

پلتفرم‌های مدیریت داده در کشاورزی هوشمند

برای استفاده مؤثر از اینترنت اشیا در کشاورزی، پلتفرم‌های مدیریت داده نقش حیاتی دارند. این پلتفرم‌ها داده‌های جمع‌آوری شده توسط حسگرهای مختلف را یکپارچه کرده، تحلیل‌های پیشرفته روی آن‌ها انجام می‌دهند و نتایج را به صورت قابل فهم در اختیار کشاورزان قرار می‌دهند. نرم‌افزارهای مدیریت مزرعه مبتنی بر ابر، امکان دسترسی به اطلاعات و کنترل عملیات را از طریق تلفن‌های هوشمند و تبلت فراهم می‌آورند [۱۱].

چالش‌ها و محدودیت‌ها

علی‌رغم مزایای فراوان اینترنت اشیا در کشاورزی دقیق، چالش‌هایی نیز در این زمینه وجود دارد:

- هزینه‌های اولیه: تجهیز مزارع به فناوری‌های اینترنت اشیا مستلزم سرمایه‌گذاری اولیه قابل توجهی است که ممکن است تأمین آن برای کشاورزی در مقیاس کوچک دشوار باشد [۱۲].
- زیرساخت‌های ارتباطی: در بسیاری از مناطق روستایی، زیرساخت‌های مخابراتی و اینترنتی مناسب وجود ندارد که می‌تواند استفاده از این فناوری‌ها را محدود سازد [۱۳].

- پیچیدگی فناوری: بهره‌برداری مؤثر از سیستم‌های اینترنت اشیا نیازمند دانش و مهارت‌های فنی است که ممکن است بسیاری از کشاورزان فاقد آن باشند [۱۴].

- امنیت داده‌ها: با افزایش استفاده از سیستم‌های متصل به اینترنت، مسائل مربوط به امنیت سایبری و حفاظت از داده‌ها اهمیت بیشتری می‌یابد [۱۵].

آینده اینترنت اشیا در کشاورزی

با پیشرفت فناوری‌های جدید مانند شبکه‌های ۵G، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، آینده اینترنت اشیا در کشاورزی بسیار امیدوارکننده است. انتظار می‌رود سیستم‌های کشاورزی هوشمند بیش از پیش خودکار و یکپارچه شوند و با بهره‌گیری از ربات‌ها و وسایل نقلیه خودران، بسیاری از عملیات کشاورزی بدون دخالت مستقیم انسان انجام شود [۱۶]. توسعه حسگرهای ارزان‌تر، دقیق‌تر و با مصرف انرژی کمتر نیز می‌تواند دسترسی به فناوری‌های کشاورزی دقیق را برای کشاورزان کوچک‌تر فراهم سازد و به گسترش این فناوری‌ها در سطح جهانی کمک نماید [۱۷].



کشاورزی دقیق، علم تصمیم‌گیری بر اساس داده‌هاست

نتیجه‌گیری

اینترنت اشیا و حسگرهای هوشمند، پتانسیل قابل‌توجهی برای تحول در صنعت کشاورزی دارند. این فناوری‌ها با فراهم آوردن امکان مدیریت دقیق منابع، افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و کاهش اثرات زیست‌محیطی، می‌توانند به حل چالش‌های فعلی و آینده کشاورزی کمک کنند. با وجود چالش‌های موجود در مسیر گسترش این فناوری‌ها، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، آموزش و توسعه راه‌حل‌های مقرون به صرفه می‌تواند به بهره‌مندی بیشتر کشاورزان از مزایای کشاورزی دقیق کمک نماید. این فناوری نه تنها ابزاری برای افزایش بهره‌وری و سودآوری در کشاورزی هستند، بلکه نقش مهمی در حفظ منابع طبیعی و تضمین امنیت غذایی جهان در آینده ایفا خواهند کرد.

منابع

- Wang, X., Liu, J., & Wang, L. (2020). Precision agriculture based on wireless sensor network and GNSS-GPS technology. *Journal of Sensors*, 2020.
- Talavera, J. M., Tobón, L. E., Gómez, J. A., Culman, M. A., Aranda, J. M., Parra, D. T., ... & Garreta, L. E. (2017). Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142, 283-297.
- Zhang, N., Wang, M., & Wang, N. (2019). Precision agriculture—a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2-3), 113-132.
- Khanna, A., & Kaur, S. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 218-231.
- Kamiński, C., Soininen, J. P., Taumberger, M., Dantas, R., Toscano, A., Cinotti, T. S., ... & Neto, A. T. (2019). Smart water management platform: IoT-based precision irrigation for agriculture. *Sensors*, 19(2), 276.
- Viani, F., Bertolli, M., Salucci, M., & Polo, A. (2017). Low-cost wireless monitoring and decision support for water saving in agriculture. *IEEE Sensors Journal*, 17(13), 4299-4309.
- Angelopoulos, C. M., Filios, G., Nikolettseas, S., & Raptis, T. P. (2020). Keeping soil alive: A sensor network approach. *IEEE Sensors Journal*, 20(4), 2097-2106.
- Ray, P. P. (2017). Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(4), 395-420.
- Mahlein, A. K. (2016). Plant disease detection by imaging sensors—parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. *Plant Disease*, 100(2), 241-251.
- Norton, T., Chen, C., Larsen, M. L. V., & Berckmans, D. (2019). Precision livestock farming: building 'digital representations' to bring the animals closer to the farmer. *Animal*, 13(12), 3009-3017.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—a review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80.
- Villa-Henriksen, A., Edwards, G. T., Pesonen, L. A., Green, O., & Sørensen, C. A. G. (2020). Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential. *Biosystems Engineering*, 191, 60-84.
- Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., & Hindia, M. N. (2018). An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(5), 3758-3773.
- Lindblom, J., Lundström, C., Ljung, M., & Jonsson, A. (2017). Promoting sustainable intensification in precision agriculture: review of decision support systems development and strategies.

انقلاب پهپادی در کشاورزی: آینده هوشمند آبیاری و مدیریت مزارع



ایمان حاجیراد
| کاندیدای دکتری دانشگاه تهران

مقدمه

در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی، کاهش منابع آبی و افزایش تقاضای جهانی برای تولید مواد غذایی، کشاورزی را به سمت پذیرش فناوری‌های نوین سوق داده است. روش‌های سنتی آبیاری و مدیریت مزارع دیگر قادر به پاسخگویی به چالش‌های پیش رو نیستند و نیاز به راهکارهای دقیق‌تر و کارآمدتر بیش از پیش احساس می‌شود. در این میان، پهپادهای کشاورزی به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین فناوری‌های هوشمند، تحولات چشمگیری در مدیریت مزارع، پایش محصولات و آبیاری هوشمند ایجاد کرده‌اند. این دستگاه‌ها با استفاده از دوربین‌های چندطیفی، حسگرهای حرارتی، فناوری طیف‌سنجی و هوش مصنوعی، اطلاعات دقیقی از وضعیت خاک و گیاهان جمع‌آوری کرده و به کشاورزان امکان تصمیم‌گیری بهینه را می‌دهند (Su & Singh, ۲۰۲۴). یکی از مهم‌ترین قابلیت‌های پهپادها در کشاورزی، پایش مزارع و ارزیابی سلامت گیاهان است. با استفاده از تصویربرداری حرارتی و آنالیز طیفی، پهپادها قادرند میزان رطوبت خاک، شدت تنش‌های آبی، نشانه‌های بیماری‌ها و کمبودهای تغذیه‌ای گیاهان را تشخیص

بدهند. این فناوری با فراهم‌سازی داده‌های دقیق و به‌روز، کشاورزان را قادر می‌سازد تا برنامه‌های آبیاری و تغذیه‌ای را بر اساس نیازهای واقعی گیاهان تنظیم کنند و از اتلاف منابع جلوگیری کنند. علاوه بر این، پهپادها می‌توانند مناطقی را که به آفات و بیماری‌ها آلوده شده‌اند شناسایی کرده و از گسترش آن‌ها جلوگیری کنند، که این امر تأثیر قابل‌توجهی در کاهش استفاده از سموم شیمیایی و حفظ محیط‌زیست دارد (Guebsi et al., ۲۰۲۴). کاربرد دیگر پهپادها، آبیاری هوایی هوشمند است. برخی از مدل‌های پیشرفته این دستگاه‌ها می‌توانند آب، کودهای مایع و سموم را با دقت بالا و به‌صورت یکنواخت بر روی محصولات کشاورزی پاشش کنند. این روش، به‌ویژه در زمین‌های وسیع، مناطق صعب‌العبور و زمین‌های شیب‌دار، جایگزین مناسبی برای روش‌های سنتی آبیاری و سم‌پاشی به شمار می‌آید. قابلیت برنامه‌ریزی خودکار و کنترل از راه دور این پهپادها، نه تنها باعث صرفه‌جویی در زمان و کاهش هزینه‌های نیروی انسانی می‌شود، بلکه مصرف آب و نهاده‌های کشاورزی را نیز بهینه می‌کند (García-Munguía et al., ۲۰۲۴). با وجود تمام مزایای این فناوری، چالش‌هایی همچون هزینه‌های اولیه بالا، محدودیت ظرفیت

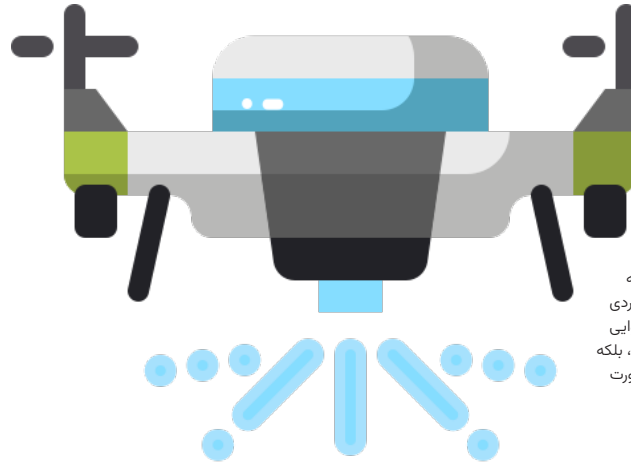
کاربردهای پهپادها در آبیاری و پایش مزارع

پهپادها امروزه به یکی از مهم‌ترین ابزارهای کشاورزی مدرن تبدیل شده‌اند و در بهینه‌سازی مصرف آب، افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها نقش مهمی ایفا می‌کنند. این فناوری به کشاورزان امکان می‌دهد تا مدیریت دقیق‌تری بر مزارع خود داشته باشند و با استفاده از داده‌های دقیق، آبیاری، کوددهی و کنترل آفات را بهبود ببخشند (Shah et al., ۲۰۲۴). یکی از مهم‌ترین کاربردهای پهپادها در کشاورزی، پایش رطوبت خاک است. با استفاده از دوربین‌های چندطیفی و حسگرهای حرارتی، این دستگاه‌ها می‌توانند نقاطی را که دچار کم‌آبی هستند شناسایی کنند. این قابلیت به کشاورزان کمک می‌کند تا آبیاری را به‌صورت هدفمند و هوشمند انجام دهند، به‌طوری که از هدررفت آب جلوگیری شود و محصولاتی با کیفیت بالاتر تولید گردد. داده‌های جمع‌آوری شده توسط پهپادها می‌توانند

الگوهای دقیق توزیع رطوبت در مزرعه را مشخص کنند و برنامه‌های آبیاری را بهینه نمایند (Kumar et al., ۲۰۲۳). علاوه بر پایش خاک، برخی از پهپادها پایشرفته می‌توانند آبیاری هوایی را نیز انجام دهند. این پهپادها قادرند آب، کودهای مایع و حتی سموم را به‌صورت یکنواخت بر روی سطح مزارع پاشش کنند. این روش به‌ویژه برای زمین‌های ناهموار و مناطقی که دسترسی به آن‌ها دشوار است، کاربردی و مؤثر محسوب می‌شود. آبیاری هوایی نه‌تنها مصرف آب را کاهش می‌دهد، بلکه باعث می‌شود کودها و سموم به‌صورت یکنواخت‌تر در مزرعه توزیع شوند و اثرگذاری بهتری داشته باشند.

از دیگر کاربردهای پهپادها در کشاورزی، تشخیص بیماری‌های گیاهی و کمبود مواد مغذی است. بسیاری از بیماری‌ها و آفات پیش از اینکه با چشم غیرمسلح قابل مشاهده باشند، علائم خود را در طیف‌های غیرمرئی مانند مادون قرمز نشان می‌دهند. پهپادها با ثبت این تصاویر و پردازش آن‌ها می‌توانند نواحی آلوده را به سرعت شناسایی کرده و از گسترش بیماری‌ها جلوگیری کنند. این قابلیت نه تنها باعث کاهش هزینه‌های سم‌پاشی می‌شود، بلکه از آلودگی محیط‌زیست و کاهش کیفیت محصولات کشاورزی نیز جلوگیری می‌کند (Aiswarya et al., ۲۰۲۴).

پهپادها همچنین در نقشه‌برداری زراعی و تحلیل داده‌های مزارع کاربرد دارند. آن‌ها می‌توانند نقشه‌های دقیقی از وضعیت رشد گیاهان، توزیع مواد مغذی و حتی کیفیت خاک تهیه کنند. این اطلاعات به کشاورزان کمک می‌کند تا تصمیم‌گیری بهتری در مورد کاشت، کوددهی و زمان برداشت محصولات داشته باشند. علاوه بر این، داده‌های ثبت‌شده توسط پهپادها می‌توانند برای پیش‌بینی عملکرد محصول و برنامه‌ریزی بازاریابی و فروش محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند. به‌طور کلی، پهپادها ابزارهایی کارآمد و هوشمند برای مدیریت پایدار کشاورزی محسوب می‌شوند. آن‌ها نه تنها به بهینه‌سازی



مصرف آب و کودها کمک می‌کنند، بلکه باعث افزایش کیفیت محصولات، کاهش هزینه‌های تولید و بهبود بازدهی زراعی می‌شوند. با گسترش این فناوری، انتظار می‌رود که مدیریت مزارع در آینده به‌صورت کاملاً هوشمند و مبتنی بر داده انجام شود (Rahmah et al., ۲۰۲۵).

چالش‌ها و محدودیت‌های استفاده از پهپادها در کشاورزی

با وجود مزایای متعدد پهپادها در کشاورزی، هنوز چالش‌ها و محدودیت‌هایی وجود دارد که مانع از گسترش سریع این فناوری در همه مزارع شده است. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، هزینه‌های بالای خرید و راه‌اندازی پهپادها است. پهپادهای کشاورزی، به‌ویژه مدل‌های مجهز به حسگرهای پیشرفته و دوربین‌های چندطیفی، قیمت بالایی دارند و ممکن است برای کشاورزان کوچک و متوسط مقرون‌به‌صرفه نباشند. علاوه بر این، هزینه‌های نگهداری، تأمین قطعات یدکی و تعمیرات دوره‌ای نیز به هزینه‌های اولیه اضافه می‌شود. یکی دیگر از چالش‌های مهم، محدودیت در میزان بار قابل حمل



توسط پهپادها است. بیشتر پهپادهای کشاورزی ظرفیت محدودی برای حمل آب، کود یا سموم دارند و نمی‌توانند به‌طور هم‌زمان مقادیر زیادی از این مواد را توزیع کنند. این امر باعث می‌شود که در مزارع بزرگ، نیاز به تعداد بیشتری از پهپادها یا تکرار چندین‌باره پروازها باشد که می‌تواند هزینه‌ها را افزایش دهد و بازدهی را کاهش دهد (Askarzadeh et al., ۲۰۲۵). چالش دیگر، نیاز به دانش تنظیمات حسگرها، پردازش داده‌ها و تحلیل تصاویر ثبت‌شده آشنا باشند. بدون داشتن دانش کافی، امکان دارد که داده‌های جمع‌آوری‌شده به درستی

آبیاری هوایی، کاهش مصرف آب، افزایش بهره‌وری

تحلیل نشوند و در نتیجه، تصمیمات نادرستی اتخاذ شود. (Vellingiri et al., ۲۰۲۵)

علاوه بر مسائل فنی، مقررات و قوانین سخت‌گیرانه پروازی نیز می‌تواند چالش‌هایی برای استفاده از پهپادها در کشاورزی ایجاد کند. در برخی کشورها و مناطق، پرواز پهپادها نیازمند مجوزهای قانونی و رعایت محدودیت‌های ارتفاع و برد پرواز است. این به‌طور آزادانه از این فناوری استفاده کنند و نیاز به اخذ مجوزهای متعدد و رعایت استانداردهای پروازی داشته باشند (Rahmah et al., ۲۰۲۵). از دیگر چالش‌های موجود، وابستگی پهپادها به شرایط جوی و آب‌وهوایی است. در شرایطی که باد شدید یا بارندگی وجود دارد، عملکرد پهپادها ممکن است دچار اختلال شود. همچنین، در برخی مناطق، پهپادها به دلیل محدودیت‌های باتری و نیاز به شارژ مکرر، نمی‌توانند برای مدت طولانی به فعالیت ادامه دهند، که این امر می‌تواند باعث افزایش زمان عملیات و هزینه‌های جانبی شود (Das et al., ۲۰۲۵).

با وجود این چالش‌ها، پیشرفت‌های فناوری در حال کاهش محدودیت‌های موجود است. با توسعه پهپادهای مجهز به باتری‌های قدرتمندتر، سنسورهای پیشرفته‌تر و نرم‌افزارهای تحلیل داده هوشمند، انتظار می‌رود که بسیاری از این

موانع برطرف شوند. همچنین، با حمایت دولت‌ها و سازمان‌های مرتبط، می‌توان برنامه‌های آموزشی و یارانه‌های حمایتی را برای کشاورزان فراهم کرد تا آن‌ها بتوانند با هزینه کمتر و دانش کافی، از این فناوری بهره ببرند (Emimi et al., ۲۰۲۳). در مجموع، اگرچه پهپادها هنوز با چالش‌هایی روبه‌رو هستند، اما این فناوری به عنوان یک راهکار مؤثر برای مدیریت کشاورزی آینده در حال گسترش است. با کاهش هزینه‌ها، پهپود قابلیت‌ها و تسهیل قوانین پروازی، پهپادها می‌توانند در سال‌های آینده به یکی از اجزای جدایی‌ناپذیر کشاورزی مدرن تبدیل شوند و به افزایش بهره‌وری، کاهش مصرف آب و بهبود کیفیت محصولات کمک کنند. (Ok, ۲۰۲۵).

جمع‌بندی

استفاده از پهپادها در کشاورزی، به‌ویژه در زمینه آبیاری و پایش مزارع، یکی از نوآوری‌های مهمی است که می‌تواند به افزایش بهره‌وری، کاهش مصرف آب و بهینه‌سازی مدیریت مزارع کمک کند. این فناوری با استفاده از حسگرهای پیشرفته و دوربین‌های چندطیفی، امکان پایش گیاهی و آفات، و همچنین آبیاری هوشمند را فراهم می‌آورد. مزایای این روش شامل کاهش هزینه‌های تولید، افزایش بازدهی محصولات، کاهش مصرف آب و کاهش آلودگی زیست‌محیطی است. با این حال، چالش‌هایی مانند هزینه‌های اولیه بالا، نیاز به آموزش تخصصی، محدودیت‌های قانونی و ظرفیت بار محدود پهپادها همچنان از موانع گسترش این فناوری هستند. برای غلبه بر این مشکلات، لازم است که دولت‌ها، مراکز تحقیقاتی و بخش خصوصی در راستای کاهش هزینه‌ها، توسعه فناوری‌های جدید و ارائه آموزش‌های کاربردی به کشاورزان اقدام کنند. با توجه به رشد روزافزون جمعیت و کاهش منابع آبی، توسعه و گسترش فناوری پهپادها در آبیاری و مدیریت مزارع، یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر برای آینده کشاورزی پایدار محسوب می‌شود. سرمایه‌گذاری در این بخش نه تنها به بهبود عملکرد کشاورزی کمک خواهد کرد، بلکه در بلندمدت منجر به مدیریت بهینه

منابع آبی و غذایی در جهان خواهد شد.

پیشنهادهات

برای بهبود استفاده از پهپادها در آبیاری، لازم است که چندین اقدام اساسی در زمینه فناوری، آموزش، قوانین و زیرساخت‌ها انجام شود. یکی از مهم‌ترین اقدامات، توسعه پهپادهای با ظرفیت بالاتر برای آبیاری هوایی است. در حال حاضر، بسیاری از پهپادهای کشاورزی ظرفیت محدودی برای حمل آب، کود مایع و سموم دارند، که این موضوع باعث افزایش تعداد پروازها و هزینه‌های عملیاتی می‌شود. افزایش حجم مخازن و بهینه‌سازی سیستم‌های پاشش می‌تواند باعث کاهش زمان و هزینه عملیات آبیاری شود. همچنین، ادغام این پهپادها با سیستم‌های هوشمند آبیاری قطره‌ای می‌تواند مصرف آب را کاهش داده و راندمان آبیاری را به حداکثر برساند. از سوی دیگر، استفاده از هوش مصنوعی در پردازش داده‌های پهپادها می‌تواند نقش مهمی در بهینه‌سازی آبیاری داشته باشد. سنسورها و دوربین‌های چندطیفی این پهپادها حجم عظیمی از داده‌های مربوط به میزان رطوبت خاک، وضعیت گیاهان و میزان تبخیر آب را جمع‌آوری می‌کنند. استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و پردازش تصویر می‌تواند این داده‌ها را تحلیل کرده و به کشاورزان پیشنهادهای دقیقی درباره میزان و زمان آبیاری ارائه دهد. همچنین، پهپادها می‌توانند با اتصال به سامانه‌های پیش‌بینی آب‌وهوا، تغییرات جوی را در نظر بگیرند و از آبیاری غیرضروری جلوگیری کنند.

ایجاد زیرساخت‌های قانونی و حمایتی برای پهپادهای کشاورزی نیز از دیگر اقدامات ضروری است. در بسیاری از کشورها، استفاده از پهپادها نیاز به مجوزهای پروازی و رعایت محدودیت‌های قانونی دارد که می‌تواند باعث کاهش دسترسی کشاورزان به این فناوری شود. دولت‌ها و نهادهای مربوطه می‌توانند با تسهیل فرآیند صدور مجوز و کاهش هزینه‌های قانونی، زمینه را برای گسترش استفاده از پهپادها در آبیاری فراهم کنند. همچنین، ارائه یارانه‌ها و تسهیلات مالی به کشاورزان برای خرید و نگهداری پهپادها

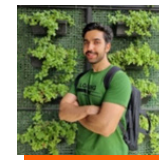
می‌تواند به توسعه این فناوری در مقیاس وسیع کمک کند.

یکی از چالش‌های دیگر، کمبود آموزش و دانش فنی در بین کشاورزان کار با پهپادها است. بسیاری از کشاورزان به دلیل عدم آشنایی با این فناوری، نمی‌توانند از قابلیت‌های پیشرفته آن بهره‌مند شوند. برگزاری دوره‌های آموزشی و کارگاه‌های عملی درباره نحوه کار با پهپادها، پردازش داده‌های به‌دست‌آمده و برنامه‌ریزی آبیاری هوشمند می‌تواند سطح آگاهی کشاورزان را افزایش دهد. بهره‌وری استفاده از این فناوری را بالا ببرد. علاوه بر این، ایجاد مراکز خدماتی پهپادهای کشاورزی که کشاورزان بتوانند به‌جای خرید پهپاد، آن‌ها را اجاره کرده و از خدمات متخصصان بهره‌مند شوند، می‌تواند هزینه‌ها را کاهش داده و استفاده از این فناوری را گسترده‌تر کند. برای بهبود عملکرد و افزایش مدت زمان پرواز پهپادها، توسعه پهپادهای خورشیدی یا هیبریدی که از منابع انرژی پایدار استفاده می‌کنند، می‌تواند نقش مهمی داشته باشد. در حال حاضر، پهپادها با محدودیت باتری و نیاز به شارژ مجدد مواجه هستند که می‌تواند عملکرد آن‌ها را در مزارع بزرگ کاهش دهد. با طراحی پهپادهایی که از پیل‌های خورشیدی برای تأمین انرژی بهره می‌برند، می‌توان زمان پرواز آن‌ها را افزایش داد و نیاز به تعویض مداوم باتری را کاهش داد. در نهایت، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه فناوری‌های جدید پهپادی ضروری است. حمایت از استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فعال در زمینه پهپادهای کشاورزی می‌تواند به پیشرفت‌های قابل‌توجهی در این حوزه منجر شود. توسعه نرم‌افزارهای تحلیلی پیشرفته، الگوریتم‌های بهینه‌سازی مصرف آب و سنسورهای دقیق‌تر می‌تواند پهپادها را به ابزاری قدرتمندتر برای مدیریت هوشمند مزارع تبدیل کند. همچنین، همکاری بین دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های فناوری می‌تواند به کشف روش‌های نوین برای استفاده از پهپادها در کشاورزی کمک کند. با اجرای این پیشنهادات، می‌توان از ظرفیت بالای پهپادها در بهبود روش‌های آبیاری، کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری کشاورزی بهره‌برداری کرد و به سمت یک کشاورزی پایدار و هوشمند گام برداشت.

منابع

- Aiswarya, L., Siddharam, Rajesh, G. M., Gaddikeri, V., Jatav, M. S., Rajput, J., & Asha, K. R. (2024). Smart Irrigation Management Through Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). In *Artificial Intelligence and Smart Agriculture: Technology and Applications* (pp. 293-313). Singapore: Springer Nature
- Askarzadeh, T., Bridgellall, R., & Tolliver, D. D. (2025). Drones for Road Condition Monitoring: Applications and Benefits. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 151(1), 04024055.
- Das, N., Kumar, A., & Kumar, R. (2025). Drone Application and Use Cases in Smart Agriculture and Crop Surveillance: Future Research Directions. *Computer Vision in Smart Agriculture and Crop Management*, 283-302.
- Emimi, M., Khaleel, M., & Alkrash, A. (2023). The current opportunities and challenges in drone technology. *Int. J. Electr. Eng. and Sustain*, 74-89.
- García-Munigua, A., Guerra-Ávila, P. L., Islas-Ojeda, E., Flores-Sánchez, J. L., Vázquez-Martínez, O., García-Munigua, A. M., & García-Munigua, O. (2024). A Review of Drone Technology and Operation Processes in Agricultural Crop Spraying. *Drones*, 8(11), 674.
- Guebzi, R., Mami, S., & Chokmani, K. (2024). Drones in precision agriculture: A comprehensive review of applications, technologies, and challenges. *Drones*, 8(11), 686.
- Kumar, S. P., Subeesh, A., Jyoti, B., & Mehta, C. R. (2023). Applications of drones in smart agriculture. In *Smart Agriculture for Developing Nations: Status, Perspectives and Challenges* (pp. 33-48). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Ok, E. (2025). Evaluating the Precision of UAV-Based Elevation Models in Complex Terrain: A Comparative Study.
- Rahmah, M. M., Ahmed, A. A., & Belrzaeg, M. (2025). Drone-Based Precision Agriculture Enhancing Crop Monitoring and Management. *The Open European Journal of Applied Sciences* (OEJAS), 36-50.
- Rahmah, M. M., Ahmed, A. A., & Belrzaeg, M. (2025). Drone-Based Precision Agriculture Enhancing Crop Monitoring and Management. *The Open European Journal of Applied Sciences* (OEJAS), 36-50.
- Shah, I. A., Laraba, A., Ashraf, H., & Hussain, F. (2024). Drone Technology: Current Challenges and Opportunities. *Cybersecurity Issues and Challenges in the Drone Industry*, 343-361.
- Shuaibu, A. S., Mahmoud, A. S., & Sheltami, T. R. (2025). A Review of Last-Mile Delivery Optimization: Strategies, Technologies, Drone Integration, and Future Trends. *Drones*, 9(3), 158.
- Su, Q., & Singh, V. P. (2024). Advancing irrigation management: integrating technology and sustainability to address global food security. *Environmental monitoring and assessment*, 196(11), 1018.
- Vellingiri, A., Kokila, R., Nisha, P., Kumar, M., Chinnusamy, S., & Boopathi, S. (2025). Harnessing GPS, Sensors, and Drones to Minimize Environmental Impact: Precision Agriculture. In *Designing Sustainable Internet of Things Solutions for Smart Industries* (pp. 77-108). IGI Global.

کاربرد یادگیری ماشین در مهندسی منابع آب: پیش‌بینی داده‌های سری زمانی برای سیلاب، بارش و تغییرات کاربری اراضی



سیدمهدی سالارخراسانی

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران

ادغام روش‌های یادگیری ماشین (Machine learning) در مهندسی منابع آب، تحلیل و مدیریت سیستم‌های هیدرولوژیکی را متحول کرده است، به‌ویژه در مواجهه با چالش‌های غیرخطی و گسترده‌ای مانند پیش‌بینی سیلاب، برآورد بارش و بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی. مدل‌های سنتی اغلب در شناسایی وابستگی‌های پیچیده موجود در داده‌های سری زمانی ناتوان هستند، درحالی‌که الگوریتم‌های یادگیری ماشین قابلیت شناسایی الگوهای پنهان را در مجموعه داده‌های متوالی مانند دبی رودخانه، بارش و تغییرات پوشش زمین دارند. به‌عنوان مثال، شبکه‌های حافظه طولانی‌مدت (LSTM) به‌طور گسترده‌ای برای مدل‌سازی وابستگی‌های بلندمدت در داده‌های جریان رودخانه و بارندگی مورد استفاده قرار می‌گیرند و در دقت پیش‌بینی عملکرد بهتری نسبت به روش‌های آماری سنتی نشان داده‌اند [۱]. همچنین، چارچوب‌های ترکیبی که تکنیک‌های خودرگرسیون را با شبکه‌های عصبی ادغام می‌کنند، تفسیرپذیری پیش‌بینی‌های مربوط به داده‌های هیدرولوژیکی غنای بیشتری را به‌دست می‌دهند [۲].

در حوزه کاهش خطرات ناشی از سیلاب، یادگیری ماشین از داده‌های تاریخی و لحظه‌ای برای بهبود سامانه‌های هشدار سیل بهره می‌برد. مدل‌های LSTM که با داده‌های چنددهه‌ای سطح رودخانه در مقیاس ساعتی آموزش‌دیده‌اند، امکان پیش‌بینی دقیق‌تر دبی خروجی را فراهم کرده‌اند، درحالی‌که الگوریتم‌های جنگل تصادفی (Random Forest) با تحلیل متغیرهای توپوگرافی و پوشش زمین، توانسته‌اند نقشه‌های مناطق مستعد سیلاب را با دقت بالا تولید کنند [۳]. علاوه‌براین، ادغام حسگرهای اینترنت اشیا (IoT) با الگوریتم‌های یادگیری ماشین، مدیریت تطبیقی سیلاب را در محیط‌های شهری تسهیل کرده است. به‌عنوان نمونه، در شهر توکیو، یکپارچه‌سازی داده‌های لحظه‌ای باعث کاهش ۴۰ درصدی زمان واکنش به سیلاب شده است [۴]. داد که استفاده از شبکه‌های عصبی پیچشی (CNN) بر روی تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هیدرولوژیکی موجب بهبود ۳۰ درصدی دقت پیش‌بینی سیلاب نسبت به مدل‌های هیدرودینامیکی سنتی شده است [۵].

پیش‌بینی بارش که از مؤلفه‌های کلیدی در برنامه‌ریزی کشاورزی و مدیریت خشکسالی محسوب می‌شود، از قابلیت یادگیری ماشین در پردازش تغییرات مکانی-زمانی بهره می‌برد. ماشین‌های تقویت‌گرایان (GBM) با استفاده از داده‌هایی نظیر رطوبت، الگوهای باد و شاخص‌های اقلیمی مانند نوسانات جنوبی ال‌نینو (ENSO)، امکان پیش‌بینی بارش کوتاه‌مدت را فراهم کرده‌اند. در همین راستا، شبکه‌های عصبی مصنوعی مبتنی بر موجک (Wavelet-ANN) سیگنال‌های بارش را به مؤلفه‌های چندمقیاسی تفکیک کرده و دقت پیش‌بینی‌های فصلی را افزایش داده‌اند [۶]. مطالعه‌ای در کالیفرنیا نشان داد که مدل‌های ترکیبی یادگیری ماشین موجب کاهش ۲۵ درصدی خطای پیش‌بینی بارندگی در دوره‌های خشکسالی شده‌اند، که این پیشرفت به‌طور مستقیم بر سیاست‌های مدیریت مخازن تأثیرگذار بوده است [۷].

تحلیل تغییرات کاربری اراضی نیز به‌طور فزاینده‌ای به یادگیری ماشین وابسته شده است تا اثرات آن بر خرچ‌های هیدرولوژیکی را کمی‌سازی کند. معماری‌های یادگیری عمیق مانند U-Net به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا برای پیش‌بینی جنگل‌زدایی و گسترش مناطق شهری به کار گرفته می‌شوند. این قابلیت، سیاست‌گذاران را قادر ساخته است تا تغییرات پوشش زمین را با افزایش خطر سیلاب ارتباط دهند [۸]. علاوه‌براین، الگوریتم‌های خوشه‌بندی داده‌های سری زمانی، روندهای

کاهش سطح آب‌های زیرزمینی ناشی از تشدید کشاورزی را در مناطقی مانند ایالت پنجاب هند شناسایی کرده‌اند [۹]. همچنین، مدل‌های استنتاج علی در حوزه آمازون نشان داده‌اند که افزایش ۱۵ درصدی فراوانی سیلاب‌های منطقه‌ای ارتباط مستقیمی با نرخ جنگل‌زدایی دارد، که این نتایج منجر به تصویب قوانین سخت‌گیرانه‌تر در زمینه مدیریت کاربری اراضی شده است [۱۰].

با وجود این پیشرفت‌ها، چالش‌هایی همچون کمبود داده در مناطق در حال توسعه و ماهیت "جعبه سیاه" مدل‌های یادگیری ماشین، مانع از پذیرش گسترده آن‌ها شده است. رویکردهای ترکیبی که قوانین فیزیکی هیدرولوژیکی را در چارچوب یادگیری ماشین ادغام می‌کنند، در حال ظهور هستند تا قابلیت تفسیرپذیری این مدل‌ها را افزایش دهند. علاوه‌براین، استفاده از روش‌های یادگیری انتقالی (Transfer Learning) این امکان را فراهم کرده است که مدل‌های آموزش‌دیده در مناطق دارای داده‌های غنی، برای مناطق با اطلاعات محدود بهینه‌سازی شوند [۹، ۱۱]. در آینده، نوآوری‌ها ممکن است به سمت استفاده از رایانش لبه‌ای (Edge Computing) برای تحلیل لحظه‌ای داده‌های میدانی و یکپارچه‌سازی پیش‌بینی‌های اقلیمی جهت شناسایی تغییرات بلندمدت هیدرولوژیکی سوق پیدا کنند.

در نتیجه، یادگیری ماشین در حال بازتعریف مهندسی منابع آب است، چراکه راهکارهای مقیاس‌پذیر و مبتنی بر داده را برای پیش‌بینی سری‌های زمانی فراهم می‌کند. از کاهش خسارات سیلاب گرفته تا بهینه‌سازی سیاست‌های کاربری اراضی، این فناوری توانسته است شکاف بین مدل‌های نظری و کاربردهای عملی را پر کند و تاب‌آوری مدیریت منابع آب را تقویت نماید.

منابع

- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735–1780.
- Zhang, G. P. (2003). Time series

process. *Water resources management*, 32, 3441–3456.

- AghaKouchak, A., Pan, B., Mazdiyasni, O., Sadegh, M., Jiwa, S., Zhang, W., ... & Sorooshian, S. (2022). Status and prospects for drought forecasting: Opportunities in artificial intelligence and hybrid physical-statistical forecasting. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 380(2238), 20210288.
- Ronneberger, O., et al. (2015). U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. *MICCAI*, 9351, 234–241.
- Bhardwaj, M., & Dutta, T. (2024). Analysis of determinants of groundwater depletion in rice-wheat ecosystems of Punjab-a case of India. *Environment, Development and Sustainability*, 1-19.
- Orsini, J. A. M., & Fisch, G. F. (2023). Amazonian Geopolitics of Climate Change. *Brazil in the Geopolitics of Amazonia and Antarctica*, 9.

forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*, 50, 159–175.

- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32.
- Kumar, R., & Saxena, A. (2025). Smart Water Management and Resource Conservation. In *Sustainable Smart Cities and the Future of Urban Development* (pp. 235-262). IGI Global Scientific Publishing.
- Gupta, S., Yadav, N., Arya, M., Kumar, N., & Rani, N. (2024, November). Flood Prediction Using LSTM with Other Deep Learning Architecture. In *2024 Second International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies (ICACCTech)* (pp. 365-371). IEEE.
- Sharghi, E., Nourani, V., Najafi, H., & Molajou, A. (2018). Emotional ANN (EANN) and wavelet-ANN (WANN) approaches for Markovian and seasonal based modeling of rainfall-runoff



تحلیل و بررسی اثرات مثبت و منفی ساخت سد بر حکمرانی آب؛ بررسی موردی سد آتاترک در کشور ترکیه



نیما مقدم

| دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران

چکیده

زمین‌لرزه مهیب ۷/۸ ریشتری که در تاریخ ۶ فوریه ۲۰۲۳ استان قهرمان مرعش ترکیه را لرزاند، نه تنها فاجعه‌ای طبیعی، بلکه کانون توجه جدیدی برای بررسی پیامدهای سد آتاترک نیز شد. مطالعات علمی بر احتمال ارتباط میان وزن سنگین دریاچه پشت سد و فعالیت لرزه‌ای منطقه تأکید دارند. سد آتاترک، به عنوان یکی از شاهکارهای مهندسی، ویژگی‌هایی منحصر به فردی دارد؛ از جمله نیروگاه برق‌آبی با توان تولید ۲۴۰۰ مگاوات و تولید سالانه ۹/۸ گیگاوات ساعتی که توان بالایی می‌باشد. این سد، بزرگ‌ترین سد ترکیه و اروپا و سومین سد عظیم دنیا به لحاظ حجم ساخت است و به تنهایی می‌تواند آب مصرفی کلان‌شهر استانبول را طی پنج روز تأمین کند. با این حال، زلزله اخیر، بار دیگر توجه به سیاست‌های ناکارآمد احداث سدهای بزرگ با دریاچه‌های حجیم در مناطق پرخطر را جلب کرد. پیامدهای این زمین‌لرزه، فراتر از مرزهای ترکیه رفته و کشورهای سوریه، عراق و ایران را نیز تحت

مقدمه

احداث سد، تلاشی مهندسی است که نیازمند ارزیابی دقیق جنبه‌های گوناگونی مانند مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی است. اما زمانی که احداث سدی بر روی رودخانه‌ای بین‌المللی مطرح باشد، علاوه بر این موارد، ملاحظات دیپلماتیک و سیاسی نیز ضروری می‌گردد. سد آتاترک، که در استان جنوبی شانلی اورفا بر روی رود فرات، یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های بین‌المللی بنا شده، نمونه‌ای بارز از این چالش‌ها است. هدف اولیه ساخت این سد در سال ۱۹۸۹ تأمین انرژی برق‌آبی و آب شرب ترکیه بود، اما با گذر زمان، استفاده از آن به عنوان ابزاری دیپلماتیک نیز روشن شد. به همین دلیل، افکار عمومی این سازه را به «اهرم فشار دیپلماتیک» می‌شناسند [۱]. همسایگان ترکیه، از جمله سوریه، عراق و حتی ایران، از تأثیرات هیدروپلیتیکی این سد آگاهی داشتند. اما هشدار جدی زمانی به صدا درآمد که

زلزله ۷/۸ ریشتری استان قهرمان مرعش را لرزاند و باعث خسارات گسترده‌ای در ترکیه و کشورهای همسایه شد. بررسی‌ها نشان داد که این زمین‌لرزه حتی به سد آتاترک و دیگر سدهای سوریه و عراق نیز آسیب وارد کرده است. موضوع زمانی پیچیده‌تر شد که محققان دریافتند این سد دقیقاً بر روی مرز یک گسل فعال بنا شده است، و دریاچه عظیم آن احتمالاً باعث جابجایی لایه‌های زمین شده که اثرات آن تا استان قهرمان مرعش نیز گسترش یافته است [۲].

ابعاد سیاسی و زیست‌محیطی: علاوه بر اثرات زیست‌محیطی، ساخت سد آتاترک به عنوان اهرمی سیاسی، تأثیرات گسترده‌ای بر اقتصاد و کشاورزی مناطق شمالی سوریه، به‌ویژه مناطق کردنشین، گذاشته است. ترکیه، با استفاده از کنترل آب به عنوان ماده‌ای حیاتی، تلاش کرده است نفوذ سیاسی خود را بر تصمیمات سایر کشورها تحمیل کند. این موضوع، نقض آشکار اصول مندرج در کنوانسیون ملل متحد

است که تمامی دولت‌ها را ملزم به تأمین حقایق پایین‌دست حتی فراتر از مرزهای ملی می‌نماید. با این حال، دولت ترکیه از امضای این کنوانسیون خودداری کرده و بحران آب را به عنوان ابزاری دیپلماتیک به کار گرفته است [۳]. این سیاست‌ها پیامدهای عمیقی داشته؛ از قبیل نابودی کشاورزی در سوریه و عراق، از دست رفتن معیشت هزاران نفر و ایجاد مشاغل کاذب و بحران‌های اجتماعی. در ایران نیز تالاب هورالعظیم، یکی از زیستگاه‌های حیاتی منطقه، در نتیجه کاهش حقابه تقریباً خشک شده است. حجم عظیم آب ذخیره شده در دریاچه این سد سبب حرکت لایه‌های زمین گشته و به طبع آن زمین‌لرزه‌های گوناگونی را سبب شده است.

نتیجه‌گیری

ساخت این دست از سدها بعد از بررسی اقتصادی، فرهنگی و زیست‌محیطی بسیار مناسب می‌باشد اما گاه سیاست‌های خودخواهانه ممکن است موجب آسیب به سایر زیستگاه‌ها و کشورها گردد. ساخت سد آتاترک، نمادی از تلاش مهندسی و پیشرفت، در عین حال پرسشی جدی در مورد تأثیرات محیطی، سیاسی و لرزه‌ای آن مطرح می‌کند. اگرچه

این سد با هدف تأمین نیازهای انرژی و آب ترکیه ساخته شد، اما پیامدهای گسترده‌تر آن، چه در زمینه هیدروپلیتیکی و چه در بُعد زیست‌محیطی، فراتر از مرزهای این کشور رفته است. وقوع زمین‌لرزه مهیب سال ۲۰۲۳ و پیامدهای ناشی از آن، ضرورت بازنگری در سیاست‌های توسعه‌ای مشابه را برجسته کرده و لزوم توازن میان منافع ملی و مسئولیت‌های بین‌المللی را به همگان یادآوری می‌کند. آینده منطقه، بیش از هر زمان دیگری، به همکاری و همگرایی میان کشورها برای مدیریت منابع مشترک وابسته است. احترام به اصول دیپلماتیک و حقوق زیست‌محیطی، می‌تواند گامی اساسی در جهت کاهش بحران‌ها و تضمین پایداری برای نسل‌های آینده باشد.

منابع

1. Moghaddam, N., & Moghaddam, Y. (2023, November). The effects of dam construction on the movement of earth layers and earthquake generation, with a focus on the Atatürk Dam in Southeast Turkey. Paper presented at The Second National Conference on Water Quality Management and The Fourth National Conference on Water Consumption Management with the Approach of Reducing Wastage and Recycling, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Menga, Filippo. 2015. "Reconceptualizing hegemony: the circle of hydro-hegemony". UWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/wp.2015.063>
3. AghaKouchak, Amir, et al.. 2021. "Anthropogenic Drought: Definition, Challenges, and Opportunities". Wiley. <https://doi.org/10.1029/2019rg000683>

اهرم فشار دیپلماتیک بر آب‌های فامرزی



اثرات و دلایل سیلاب در مناطق شهری



محمد امین عبداللہی
| دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

مقدمه

سیلاب یکی از پدیده‌های طبیعی است که در صورت وقوع در مناطق شهری، می‌تواند پیامدهای گسترده و گاه فاجعه‌باری به همراه داشته باشد. با افزایش رشد شهرنشینی و توسعه بی‌وقفه مناطق شهری، آسیب‌پذیری این مناطق در برابر سیلاب‌ها به‌طور چشمگیری افزایش پیدا کرده است. سیلاب‌های شهری نه‌تنها باعث خسارات مالی و جانی می‌شوند، بلکه زیرساخت‌های حیاتی شهرها را نیز تحت تأثیر قرار داده و زندگی روزمره مردم را مختل می‌کنند. از سویی، تغییرات اقلیمی، افزایش بارش‌های شدید و ناکارآمدی سیستم‌های مدیریت رواناب و سیلاب شهری از جمله عواملی هستند که احتمال وقوع سیلاب در مناطق شهری را تشدید می‌کنند. در ادامه به بررسی دلایل اصلی وقوع سیلاب در مناطق شهری و اثرات آن بر جوامع انسانی و محیط زیست پرداخته می‌شود.

اثرات و دلایل سیلاب در مناطق شهری

در طول تاریخ، از بر خطرترین اتفاقات طبیعی که همواره بشر با آن دست و پنجه نرم کرده است، جاری شدن سیل است. سیل‌های ناگهانی علاوه‌بر خساراتی که به اموال و زیرساخت‌ها وارد می‌کنند، فقر و تلفات جانی و غیره را به

همراه دارند. خطرات سیل ناگهانی در حوضه‌های آبریز، به‌دلیل تغییر کاربری‌ها افزایش یافته است [۳]. در سال‌های گذشته، سیلاب‌ها خسارت‌های جانی و مالی فراوانی را در سراسر جهان وارد کرده‌اند. تغییرات در کاربری زمین، رشد شهرنشینی، ساخت و سازهای غیراصولی، آسیب به پوشش گیاهی و نابودی آن در مناطق شهری، از عوامل اصلی وقوع سیلاب‌های شهری هستند [۲]. یکی از تأثیرات قابل‌توجه تغییر کاربری زمین و تبدیل حوضه‌های طبیعی به مناطق شهری، کاهش سطوح قابل نفوذ است. این موضوع می‌تواند احتمال وقوع سیلاب شهری را افزایش دهد [۶]. شهرسازی با افزایش سطوح نفوذناپذیر همچون پشت‌بام خانه‌ها، جاده‌ها، کوبیدگی خاک و غیره سبب افزایش دبی سیلاب می‌شود [۵]. در پی ناکارآمدی سیستم‌های زهکشی شهری، سیل در منطقه‌های شهری خسارت‌های زیادی به ساختمان‌ها و زیرساخت‌های خصوصی و عمومی وارد می‌کند. همچنین با مختل کردن رفت و آمدها و تردد، می‌تواند سبب از دست رفتن فرصت‌های تجاری شود [۷].

عدم اتخاذ تدابیر لازم برای کاهش خطرات ناشی از سیلاب از سوی مسئولان و عدم آگاهی مردم در مقابله با سیلاب، می‌تواند خطرات ناشی از سیلاب شهری را تشدید کند. یک برنامه‌ریزی مناسب، آمادگی، اطلاع‌رسانی و پیشگیری می‌تواند

منجر به کاهش خطرات و خسارات ناشی از سیلاب شود [۱]. سیل یکی از ترسناک‌ترین خطرات جهان است که می‌تواند خسارات جانی و مالی زیادی به‌بار آورد. شناسایی مناطق سیل‌خیز به مدیران کمک می‌کند تا با راهکارهای مدیریتی و سیاست‌های نوین، خسارات جانی و مالی این مناطق را کاهش دهند. با توجه به شبیه‌سازی‌های انجام شده توسط نرم‌افزارهای SWAT و SWAT-CUP عوامل مختلفی از جمله شماره منحنی، زمان تاخیر انتقال آب به سطح پایین، ضریب تبخیر خاک، ضریب مانینگ رودخانه، آب ذخیره شده توسط پوشش گیاهی، ضریب تأثیر آب زیرزمینی، رطوبت قابل استفاده خاک لایه‌ها، نرخ افت دما، هدایت هیدرولیکی، عمق اولیه آب در سفره، حداکثر سرعت ذوب برف در سال، حداقل نرخ ذوب برف در سال، دمای پایه ذوب برف و تراکم خاک مرطوب بر منطقه مورد مطالعه تأثیر می‌گذارد [۴].

مخرب‌ترین سیل‌های کشور

در جدول ۱، مخرب‌ترین سیل‌های کشور از گذشته تا امروز به ترتیب وقوع، آورده شده است.

نتیجه

تغییر کاربری زمین (از بین بردن پوشش گیاهی و اضافه شدن آن سطوح) به مناطق شهری در راستای توسعه شهری و افزایش سطوح نفوذناپذیر همچون بام خانه‌ها، جاده‌ها و غیره، عدم کفایت شبکه زهکشی و دفع رواناب شهری و نامناسب بودن آن، عدم اتخاذ تدابیر لازم برای کاهش خطرات ناشی از سیلاب از سوی مسئولان و عدم آگاهی مردم در مقابله با سیلاب، در نهایت از سویی دیگر، تغییرات اقلیمی و افزایش بارش‌های شدید در کنار عوامل گفته شده از دلایل اصلی سیلاب‌های شهری به‌شمار می‌روند. از اثرات سیلاب در مناطق شهری نیز می‌توان به خسارت‌های مالی و

جانی وارد شده به شهروندان، از بین رفتن مراکز حیاتی و زیرساخت‌ها و مختل شدن زندگی عادی شهروندان اشاره کرد. از طرفی رواناب‌های ناشی از سیلاب‌هایی که حاوی آلاینده‌ها و زباله‌ها هستند منجر به آلوده شدن منابع آب و خاک می‌شوند و تهدیدی برای محیط زیست به‌شمار می‌روند.

منابع

1. Abdullahi, M., Abedi Koupai, J. and Matinzadeh, M. 2024. The Effect of the Sub-Basins Area and Methods of Calculating Concentration Time on the Simulation of Urban Runoff Volume Using SewerGEMS Software.(Case Study: Shahrekord). JWSS-Isfahan University of Technology. 28: 1-15.
۲. Jia, H., Yao, H. and Yu, S. L. 2013. Advances in LID BMPs research and practice for urban runoff control in China. Front Environ Sci Eng. 7: 709-720.
۳. Jodar-Abellan, A., Valdes-Abellan, J., Pla, C. and Gomariz-Castillo, F. 2019. Impact of land use changes on flash flood prediction using a sub-daily SWAT model in five Mediterranean ungauged watersheds (SE Spain). Sci. Total Environ. 657: 1578-1591.
۴. Karami, M., Abedi Koupai, J. and Gohari, S. A. 2024. Integration of SWAT, SDSM, AHP, and TOPSIS to detect flood-prone areas. Nat Hazards. 1-19.
۵. Leopold, L. B. 1968. Hydrology for urban land planning: A guidebook on the hydrologic effects of urban land use. US Geological Survey.
۶. Najafi, M. and Eskandari Torbaghan, B. 2021. Investigating the Possibility of Using Surface Runoff in Mashhad. IWRR. 17: 212-227.
۷. Schmitt, T. G., Thomas, M. and Ettrich, N. 2004. Analysis and modeling of flooding in urban drainage systems. J. Hydrol. 299: 300-311.



تصویر ۱ - سیل شیراز فروردین ۱۳۹۸



تصویر ۲ - سیل آق قلا، فروردین ۱۳۹۸





جدول ۱ - مخرب ترین سیل‌های کشور

سیل	تاریخ وقوع	توضیحات
امامزاده داوود	مرداد ۱۳۳۳	طبق گفته افرادی که در آن زمان شاهد وقوع سیل بود، ۵۰۰ نفر کشته و صدها مجروح نتیجه این سیل بود.
تجریش تهران	مرداد ۱۳۶۶	دومین سیل مخرب کشور که در مدت ۱۰۷ دقیقه ۲۸ میلی‌متر بارش ثبت شد که منجر به شکسته شدن سد گلابدره، مرگ ۳۰۰ نفر و میلیارد ها تومان خسارت مالی شد.
گلستان	مرداد ۱۳۸۰	مرگبارترین سیل ایران محسوب می‌شود که ۵۰۰ نفر کشته، شکسته شدن سد شهید وفایی و میلیارد ها تومان خسارت مالی از پیامدهای آن بود.
شمال غرب	فروردین ۱۳۹۶	۴۸ کشته با فقط ۴۰ میلیمتر بارش که بیشترین قربانی و مفقودی مربوط به شهرهای عجب‌شیر و آذرشهر بود.
شیراز	فروردین ۱۳۹۸	بارشی تقریباً دو ساعته منجر به کشته شدن ۲۱ نفر و جراحات ۱۴۰ نفر شد. همچنین ۲۰۰ خودرو دچار تخریب یا خسارت کامل شدند (تصویر ۱).
شمال کشور	فروردین ۱۳۹۸	۳۰۰ میلیمتر بارش در دو روز منجر به فوت ۱۳ نفر و مصدومیت ۱۰۰ ها نفر شد. آب آشامیدنی حدود ۵۰ روستا قطع شد (تصویر ۲).



اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب‌های سطحی در ایران و جهان



علی حاجی الیاسی
| کاندیدای دکتری دانشگاه تهران

مقدمه

راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی و مدیریت بهینه منابع آبی ارائه خواهد شد.

تأثیرات تغییر اقلیم بر منابع آب‌های سطحی در جهان

تغییر اقلیم از طریق مکانیزم‌های متعدد و پیچیده‌ای بر منابع آب‌های سطحی در سراسر جهان اثر می‌گذارد. بر اساس گزارش IPCC (۲۰۲۱)، افزایش میانگین دمای جهانی به میزان ۱/۱ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پیش‌صنعتی، الگوهای آب‌وهوایی را به‌طور اساسی دگرگون کرده است [۱]. این تغییرات شامل موارد زیر است:

۱. تغییر در الگوهای بارش

یکی از بارزترین اثرات تغییر اقلیم، دگرگونی در الگوهای بارش است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند خاورمیانه و شمال آفریقا، میزان بارش به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است، در حالی که در مناطق معتدل و استوایی مانند بخش‌هایی از جنوب شرق آسیا و آمریکای جنوبی، بارش‌های شدید و سیل‌آسا افزایش یافته است. این نوسانات تأثیر

تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی قرن حاضر، تأثیرات عمیق و گسترده‌ای بر سیستم‌های طبیعی و انسانی در سراسر جهان به جا گذاشته است. منابع آب‌های سطحی، از جمله رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها و سدها، که ستون اصلی تأمین آب برای مصارف شرب، کشاورزی، صنعت و حفظ تعادل اکوسیستم‌ها هستند، به‌طور خاص در برابر این تغییرات آسیب‌پذیر شده‌اند. عواملی مانند تغییر الگوهای بارش، افزایش دمای جهانی، ذوب سریع یخچال‌ها و برف‌ها، و افزایش نرخ تبخیر، کمیت و کیفیت این منابع حیاتی را تحت تأثیر قرار داده‌اند. این موضوع نه‌تنها در مقیاس جهانی، بلکه در کشورهای در حال توسعه مانند ایران که با محدودیت‌های اقلیمی و جغرافیایی مواجه‌اند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این متن، با استناد به جدیدترین گزارش‌های علمی، از جمله گزارش هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم و مطالعات داخلی ایران، به بررسی جامع این تأثیرات در دو سطح جهانی و منطقه‌ای پرداخته و در ادامه، مثال‌هایی از سدهای مهم ایران که تحت تأثیر این پدیده قرار گرفته‌اند را تحلیل می‌کنیم. در نهایت،

مستقیمی بر جریان رودخانه‌ها و حجم ذخیره آب در دریاچه‌ها و سدها دارد. به‌عنوان مثال، در حوضه آمازون، شدت بارش‌ها به افزایش سیل‌های مخرب منجر شده است، در حالی که در جنوب اروپا، کاهش بارش‌ها منابع آبی را به شدت تحت فشار قرار داده و کشاورزی را با چالش مواجه کرده است.

۲. افزایش تبخیر

افزایش دمای جهانی نرخ تبخیر را از سطح آب‌ها، خاک و پوشش گیاهی بالا برده است. مطالعاتی که توسط millly و همکاران (۲۰۲۲) منتشر شده، نشان می‌دهد که نرخ تبخیر جهانی طی دهه گذشته حدود ۷ درصد افزایش یافته است. این افزایش به‌ویژه در مناطق گرم و خشک، حجم آب‌های سطحی را کاهش داده و ذخیره‌سازی آب در مخازن طبیعی و مصنوعی را دشوارتر کرده است [۲].

۳. ذوب یخچال‌ها و برف‌ها

ذوب یخچال‌های طبیعی و پوشش برف در مناطق کوهستانی، از جمله هیمالیا، آلپ و آند، یکی دیگر از پیامدهای تغییر اقلیم است. در کوتاه‌مدت، این ذوب جریان رودخانه‌ها را افزایش می‌دهد، اما در بلندمدت، با کاهش ذخیره برف و یخ، منابع آبی پایدار به خطر می‌افتد. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی (۲۰۲۱)، تا سال ۲۰۵۰، بیش از ۱.۵ میلیارد نفر در آسیا و آمریکای جنوبی به دلیل کاهش جریان آب رودخانه‌های وابسته به یخچال‌ها با بحران کمبود آب مواجه خواهند شد [۳].

۴. کاهش کیفیت آب

افزایش دما و رویدادهای شدید آب‌وهوایی مانند سیل و خشکسالی، کیفیت آب‌های سطحی را نیز تحت تأثیر قرار داده است. گرما رشد جلبک‌ها و باکتری‌ها را تسریع می‌کند و سیل‌ها آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی را به رودخانه‌ها و دریاچه‌ها منتقل می‌کنند. سازمان بهداشت جهانی (۲۰۲۱) گزارش داده که این عوامل، دسترسی به آب سالم را در بسیاری از مناطق جهان کاهش داده است [۳].

تأثیرات تغییر اقلیم بر منابع آب‌های سطحی در ایران

ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی خود در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان و وابستگی شدید به منابع آب‌های سطحی، از تغییر اقلیم به‌طور ویژه‌ای متأثر شده است. این تأثیرات در دهه‌های اخیر، تشدید شده و پیامدهای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی قابل‌توجهی به دنبال داشته است. بر اساس گزارش مرکز ملی تغییر اقلیم ایران (۱۴۰۱)، موارد زیر از جمله مهم‌ترین اثرات تغییر اقلیم بر آب‌های سطحی ایران هستند [۴]:

۱. کاهش بارش و تغییر الگوها

میانگین بارش سالانه در ایران طی سه دهه گذشته حدود ۱۵ درصد کاهش یافته است [۵]. این کاهش به‌ویژه در مناطق غربی و شمال غربی، که به بارش‌های زمستانی برای تغذیه رودخانه‌ها وابسته‌اند، مشهود است. در مقابل، در مناطق جنوبی کشور، بارش‌های کوتاه‌مدت و شدید افزایش یافته که اغلب به سیل‌های مخرب منجر شده است. این ناپایداری، جریان رودخانه‌های مهمی مانند کارون، زاینده‌رود و سفیدرود را مختل کرده و تأمین آب برای کشاورزی و شرب را با مشکل مواجه کرده است.

۲. افزایش تبخیر

دمای میانگین ایران طی ۵۰ سال گذشته حدود ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته که نرخ تبخیر را به‌ویژه در مناطق

کویری و مرکزی کشور بالا برده است. این افزایش تبخیر، ذخیره آب در سدها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها را کاهش داده و فشار بر منابع زیرزمینی را تشدید کرده است [۶].

۳. خشک شدن دریاچه‌ها و تالاب‌ها

یکی از بارزترین نمونه‌های تأثیر تغییر اقلیم در ایران، وضعیت دریاچه ارومیه است. این دریاچه که زمانی یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های آب شور جهان بود، به دلیل کاهش بارش، افزایش تبخیر و برداشت بی‌رویه آب از رودخانه‌های ورودی، از ۵۲۰۰ کیلومتر مربع در دهه ۱۹۹۰ به کمتر از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۲ رسیده است [۵]. این کاهش سطح، اکوسیستم منطقه را نابود کرده و معیشت کشاورزان و جوامع محلی را به خطر انداخته است. تالاب‌هایی مانند هامون و گاوخونی نیز با سرنوشت مشابهی مواجه شده‌اند.

۴. کاهش کیفیت آب

کاهش جریان رودخانه‌ها و افزایش دما، غلظت آلاینده‌ها در آب‌های سطحی را افزایش داده است. به‌عنوان مثال، در رودخانه زاینده‌رود، افزایش شوری و آلودگی میکروبی گزارش شده که استفاده از این آب را برای کشاورزی و شرب دشوار کرده است [۷]. این مشکل در سایر رودخانه‌های کشور نیز مشاهده می‌شود.

تأثیر تغییر اقلیم بر سدهای ایران

سدهای ایران به‌عنوان زیرساخت‌های کلیدی برای ذخیره‌سازی و مدیریت منابع آب، به‌شدت تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار گرفته‌اند. کاهش ورودی آب، افزایش تبخیر و ناپایداری جریان رودخانه‌ها، عملکرد این سدها را با چالش مواجه کرده است. در ادامه، وضعیت برخی از سدهای مهم ایران بررسی می‌شود:

۱. سد کرج (امیرکبیر)

سد کرج، واقع بر روی رودخانه کرج در استان البرز، یکی از منابع اصلی تأمین آب شرب کلان‌شهر تهران است. این سد که در سال ۱۳۴۲ به بهره‌برداری رسید، ظرفیت

ذخیره‌سازی حدود ۲۰۵ میلیون متر مکعب آب را دارد. با این حال، تغییر اقلیم تأثیرات منفی قابل‌توجهی بر آن گذاشته است. کاهش بارش در حوضه آبریز البرز مرکزی و افزایش دما، حجم آب ورودی به سد را کاهش داده است. بر اساس گزارش شرکت آب منطقه‌ای تهران (۱۴۰۱)، میانگین ورودی آب به سد کرج طی دهه گذشته ۲۰ درصد کاهش یافته است. این کاهش، همراه با افزایش تبخیر از سطح مخزن، ذخیره آب را به حداقل رسانده و تأمین آب تهران را با تهدید مواجه کرده است. علاوه‌براین، ذوب زودهنگام برف‌ها در ارتفاعات البرز، که منبع اصلی تغذیه رودخانه کرج است، جریان فصلی را ناپایدار کرده و مدیریت سد را دشوارتر ساخته است [۸].

۲. سد زاینده‌رود

سد زاینده‌رود در استان اصفهان، با ظرفیت ۱۴۷۰ میلیون متر مکعب، یکی از مهم‌ترین سدهای ایران برای تأمین آب کشاورزی، صنعت و شرب است. کاهش بارش در حوضه آبریز زاینده‌رود و افزایش تقاضای آب به دلیل توسعه کشاورزی و جمعیت، این سد را تحت فشار شدید قرار داده است. در مطالعه نوبره و روزبهانی (۱۳۹۷) پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۴۰، جریان ورودی به سد زاینده‌رود تا ۳۰ درصد کاهش یابد. این کاهش، همراه با تبخیر بالا در منطقه خشک اصفهان، به خشک شدن بخش‌هایی از رودخانه زاینده‌رود و تالاب گاوخونی منجر شده است. این وضعیت نه‌تنها کشاورزی منطقه را تهدید کرده، بلکه تنش‌های اجتماعی و زیست‌محیطی را نیز افزایش داده است [۹].

۳. سد دز

سد دز در استان خوزستان، با ظرفیت ۳۳۴۰ میلیون متر مکعب، یکی از بزرگ‌ترین سدهای ایران است که بر روی رودخانه دز احداث شده است. این سد نقش مهمی در تولید برق و تأمین آب کشاورزی منطقه دارد. با این حال، تغییر اقلیم مدیریت آن را با چالش مواجه کرده است. کاهش بارش در حوضه آبریز و افزایش دما، جریان ورودی را کاهش داده، در حالی که بارش‌های شدید و غیرمنتظره به سیل‌های مخرب منجر شده است. در سال ۱۳۹۸، سیل‌های شدید سد دز را تا

آستانه سرریز شدن پیش برد و مقامات را مجبور به تخلیه اضطراری آب کرد [۱۰]. این رویداد نشان‌دهنده ناپایداری ناشی از تغییر اقلیم است که مدیریت سد را پیچیده‌تر می‌کند.

۴. سد سفیدرود

سد سفیدرود در استان گیلان، با ظرفیت ۱۷۵۰ میلیون متر مکعب، یکی از مهم‌ترین سدهای شمال ایران است که آب کشاورزی شالیزارهای گیلان را تأمین می‌کند. کاهش بارش در حوضه آبریز سفیدرود و افزایش دما، ورودی آب به این سد را کاهش داده است. همچنین، تغییر الگوی بارش‌ها از باران‌های مداوم به بارش‌های کوتاه و شدید، مدیریت آب این سد را دشوار کرده است. این وضعیت، تولید برنج در منطقه را که یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی ایران است، با خطر مواجه کرده است [۵].

راهکارها و مدیریت منابع آبی

برای کاهش اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب‌های سطحی و سدها، اقدامات زیر پیشنهاد می‌شود:

- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای: توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر مانند خورشیدی و بادی، و افزایش بهره‌وری انرژی برای کاهش گرمایش جهانی.
- مدیریت یکپارچه منابع آبی (IWRM): هماهنگی بین بخش‌های مختلف برای استفاده بهینه از آب.
- فناوری‌های پیشرفته: استفاده از سیستم‌های پایش ماهواره‌ای و مدل‌های پیش‌بینی آب‌وهوایی برای مدیریت بهتر منابع.
- بهبود سیستم‌های آبیاری: گسترش آبیاری قطره‌ای و کاهش هدررفت آب در کشاورزی.
- احیای تالاب‌ها و دریاچه‌ها: اجرای برنامه‌های احیا مانند آنچه برای دریاچه ارومیه آغاز شده است.
- جمع‌آوری آب باران: توسعه زیرساخت‌ها برای ذخیره‌سازی آب باران

- در مناطق شهری و روستایی.
- تقویت همکاری منطقه‌ای: مدیریت منابع آبی مشترک با کشورهای همسایه مانند ترکیه و عراق.
- مدیریت انطباقی: تنظیم پویای خروجی سدها بر اساس پیش‌بینی‌های هواشناسی و نیازهای فصلی.
- کاهش تبخیر: استفاده از پوشش‌های سطحی یا مواد شیمیایی برای کاهش تبخیر از مخازن سدها.
- بازسازی زیرساخت‌ها: مقاوم‌سازی سدها در برابر سیل و خشکسالی با استفاده از فناوری‌های نوین.

نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم با تغییر الگوهای بارش، افزایش تبخیر، ذوب یخچال‌ها و کاهش کیفیت آب، منابع آب‌های سطحی را در جهان و به‌ویژه در ایران تحت فشار شدیدی قرار داده است. در سطح جهانی، این پدیده به ناپایداری جریان رودخانه‌ها و کاهش منابع آبی پایدار منجر شده است. در ایران، به دلیل شرایط اقلیمی خشک و مدیریتی ناکافی، اثرات آن شدیدتر بوده و سدهایی مانند کرج، زاینده‌رود، دز، لار، سفیدرود و مارون را با چالش‌های جدی مواجه کرده است. بدون اقدامات فوری، امنیت آبی کشور به خطر خواهد افتاد. مقابله با این بحران نیازمند تلاش‌های هماهنگ در کاهش گازهای گلخانه‌ای، بهبود مدیریت منابع آبی، و افزایش آگاهی عمومی است. با اجرای راهکارهای پیشنهادی و سرمایه‌گذاری در فناوری و زیرساخت‌ها، می‌توان اثرات منفی تغییر اقلیم را کاهش داد و آینده‌ای پایدارتر برای منابع آبی ایران و جهان تضمین کرد.

منابع

1. IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
۲. Milly, P. C. D., & Dunne, K. A. (2020). Potential evapotranspiration and

continental drying under climate change. Nature Climate Change, 10(6), 555-560. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0785-9>

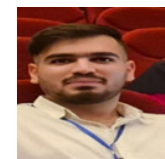
۳. World Health Organization. (2021). Climate change and health. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
۴. مرکز ملی تغییر اقلیم ایران. (۱۴۰۱). گزارش سالانه تغییر اقلیم وزارت نیرو. (۱۴۰۱). گزارش منابع آبی کشور
۵. پیموی دیزج، آمنه، جوان، خدیجه، خالدي، شهریار و اکبری ازیرانی، طیه . (۱۴۰۲). ارزیابی تغییر مقدار تبخیر و تعرق مرجع در ایران طی دهه‌های اخیر. مدیریت منابع آب، ۱۰، ۳۴۴-۳۹۰. doi: ۱۰.۲۲۰۳۴۴/jdmal.۲۰۲۳.۲۰۰۰۹۸۴.۱۴۱۳
۶. خلجی مهتاب، ابراهیمی درجه عیسی، هاشمی نژاد هستی. (۱۳۹۶). ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد زاینده رود با استفاده از شاخص کیفی آب در سال ۱۳۹۲. علوم آب و خاک، ۲۱ (۱) ۲۶۵-۲۷۷.
۷. شرکت آب منطقه‌ای تهران. (۱۴۰۱). گزارش وضعیت سد کرج
۸. نوبه، پرسا، روزبهانی، عباس. (۱۳۹۷). پیش‌بینی ماهانه و سالانه آبدهی ورودی به سد زاینده‌رود با استفاده از شبکه‌های بیزن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران
۹. کریمی سلطانی، پیمان. (۱۳۹۸). سیلاب های سال ۱۳۹۸ ایران، خسارت ها، علل و راهکارهای پیشگیری. مجله جغرافیا، شماره ۱۲۴.

مصاحبه

دکتر محمدحسین امید

دانشگاه تهران

هیئت علمی گروه علوم و مهندسی آب



مصاحبه‌گر: نیما مقدم

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران



مصاحبه‌گر: امید مهدوی

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران



تدوین‌گر: سارا قنبرزاده درزی

دانشجوی کارشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان



مصاحبه‌گر

به نام خدا امروز مورخ ۳۰ ام دی‌ماه در خدمت دکتر امید هستیم. خواهش می‌کنم که لطفاً خودتون را معرفی و در رابطه با پیشینه علمی و مدیریتی خودتون توضیحاتی را ارائه بفرمایید.

دکتر امید

بسم الله الرحمن الرحيم

من محمدحسین امید هستم، متولد ۱۳۳۷ از یزد و در سال ۱۳۶۵ کارشناسی خود را در گروه آبیاری و آبادانی اخذ کردم. در سال ۱۳۷۰ کارشناسی ارشد را گرفتم در رشته سازه از دانشگاه تربیت مدرس و همان موقع به عضویت هیئت علمی دانشگاه تهران، گروه آبیاری درآمدم.

تا سال ۱۳۷۵ که برای ادامه تحصیل رفتم به انگلستان و در یومپست دوره دکتری را در سال ۲۰۰۰ که در واقع بشه ۱۳۷۹ تمام کردم. از سال ۱۳۸۰ بعد از اتمام دوره دکتری برگشتم گروه و خب تا الان در این ۲۳ سال گذشته در گروه درس‌های مکانیک سیالات، هیدرولیک، مهندسی رودخانه برای کارشناسی را ارائه می‌کردم و برای ارشد درس هیدرولیک انتقال رسوب را و برای دکتری هم انتقال رسوب پیشرفته.

خب در این مدت هم نزدیک به ۵۰ تا دانشجوی ارشد و دکتری داشتم که اغلبشون در نقاط مختلف کشور مشغول هستند. فارغ التحصیل‌های دوره دکتری من، همشون عضو هیئت علمی دانشگاه شدند. آخریشون که اخیراً فارغ التحصیل شده، خب هنوز همچون فرصتی پیدا نکرده و در همین فکر هست و دنبال در

واقع ثبت نام هست برای دانشگاه‌ها.

دکتر امید

من متأسفانه خیلی کار مدیریتی کردم و خودم هم هیچوقت راضی نبودم و علاقه‌مند بودم به کارهای تو گروه ولی خب دیگه شرایطی پیش اومد که مجبور بودم بپذیرم.

سال ۷۰ که من عضو هیئت علمی دانشگاه شدم، بلافاصله حکم معاونت اداری‌مالی دانشکده کشاورزی برای من زده شد. تا سال ۷۲ من معاون دانشکده کشاورزی بودم بعد به مدت کوتاه حدود ۶ ماه، قائم مقام معاون ادارات مالی دانشگاه تهران بودم بعد دوباره از سال ۱۳۷۴ معاون اداری‌مالی همین دانشکده کشاورزی بودم. این‌ها مال قبل از دوره PhD من هستش.

بعد از اینکه از دوره PhD برگشتم، باز متأسفانه گرچه تلاش کردم که کار اجرایی نکنم و از سال ۸۰ تا ۸۲ هم مقاومت کردم و فقط تو گروه کار می‌کردم و دانشجویهای متعددی داشتم یک مقداری در گروه، سعی کردم شرایط جدیدی فراهم بشه. خدا رحمت کنه به کمک آقای دکتر رحیمی، به مقدار تجهیزات گروه رو من پیگیری می‌کردم و مسئولیتشو داشتم. بحث شبکه اینترنت گروه، بحث آمفی تئاتر گروه، ایجاد اتاق‌هایی که امکان سنگ‌رسانی داشته باشیم. این پیگیری‌ها رو در گروه در خدمت آقای دکتر بودم، دکتر رحیمی خدا رحمتشون کنه.

ولی ۸۲ مجدداً به دلیل شرایطی که پیش اومد، مجبور شدم که معاونت دانشجویی دانشگاه تهران رو بپذیرم. اون موقع معاونت دانشجویی و فرهنگی با هم یکی بود، درواقع دوتا معاونت

موضوعاتی هم که من مورد علاقم بوده و کار کردم خب هم در بحث سازه‌های هیدرولیکی بوده و بیشتر در بحث مهندسی رودخانه و انتقال رسوب. به مدتی‌ست که من خیلی علاقه‌مند شدم به بحث زیست محیطی و موضوع آلودگی را دارم کار می‌کنم. تعدادی از دانشجویهای من، بحث انتقال آلودگی را کار کردند و موضوع فلزات سنگی و برای آینده هم یکی دوتا موضوع مورد علاقه‌ام عمدتاً بحث آلودگی هست و روش‌های بهبود کیفی آب‌های سطحی و استفاده از آب‌های نامتعارف و آب‌های درواقع آلوده.

این درواقع مجموع بیوگرافی کاری من بوده. خب در این مدت، من در تمام این زمینه‌هایی که کار کردم، مقالات متعددی را منتشر کردم، هم در مجلات معتبر بین المللی و هم در مجلات علمی پژوهشی داخلی. ۴ جلد کتاب هم با کمک دانشجویان ترجمه کردیم که مهم‌ترین اون مهندسی رسوب هست که به کتاب خیلی خوبی هست. مال USBR، این رو ترجمه کردیم و فکر کنم اولین کتابی بود که در دانشگاه تهران که با توافق‌نامه و مجوز خود موسسه‌ی انتشارات اصلی آمریکا، این کتاب ترجمه شد و منتشر شد.

سوالات دیگری هست؟

مصاحبه‌گر

اگر ممکن هست در رابطه با سابقه مدیریتی که داشتید و اینکه آیا ممکن هست که دوباره به میز ریاست در چندین سال آینده برگردید یا نه، اون رو هم به توضیحاتی در موردش ارائه بفرمایید.



امروز، اون موقع په معاونت بود. من معاونت دانشجویی فرهنگی بودم تا سال ۸۴. سال ۸۴ شدم معاون اداری مالی دانشگاه تهران تا سال ۸۷. سال ۸۷ رئیس پردیس کشاورزی و منابع طبیعی شدم تا حدود سال ۹۰. در این مدتی که رئیس پردیس کرج بودم، رئیس پردیس ارس دانشگاه تهران هم بودم، همزمان. رئیس بین‌المللی ارس رو من خودم اونجا بنیان‌گذاری کردم و خودم هم کارای مقدماتی و کارای زیرساختیش را انجام دادم بعد دانشجو گرفتیم و په زمانی اونجا به هزارتا دانشجو کارشناسی، ارشدی، دکتری هم رسیدیم تو این ۶ یا ۷ سال که من مسئول بودم. این مسئولیت من تا سال ۹۲ ادامه داشت.

مالی بودم یعنی سال ۹۵، همزمان با حکم وزیر که اون‌موقع دیگه وزیرمون آقای دکتر محمد قزهدی بود، سرپرست دانشگاه جامع علمی کاربردی هم بودم. یعنی یک سال هم سرپرست دانشگاه جامع کاربردی بودم و هم معاون ادارات مالی وزارت علوم تا سال ۹۶. سال ۹۶ شدم رئیس دانشگاه جامع علمی کاربردی و تا سال ۱۴۰۰، رئیس دانشگاه جامع علمی کاربردی بودم.

خوشبختانه ۱۴۰۰ دیگه موفق شدم برگردم دوباره به گروه و همون چیزی که همیشه علاقه‌مند بودم و از ۱۴۰۰ هم، تو گروه هستم، در خدمت دانشگاه. دیگه هم تصمیم ندارم کار اجرایی رو ببذیرم. تو این مدت هم کارهای متعددی به من پیشنهاد کردن و من نپذیرفتم و علاقه‌مند نیستم. یعنی دیگه میخوام این آخر خدمت را په چندتا موضوع مورد علاقه‌م هستش تو بحث انتقال آلودگی، میخوام با دانشجویان کار کنم. حالا البته ایشالا کشور به گونه‌ایست که بعضی وقت‌ها آدم مجبور هست که تصمیماتی رو خارج از اختیارش و علاقه‌ش بگیره ولی من امیدوارم که بتونم مقاومت کنم. فعلا که تا الان تونستم و دیگه از پذیرش مسئولیت جدید خودداری کردم.

مصاحبه‌گر

بسیار عالی. ممنونم از توضیحاتتون.

دکتر امید

خواهش میکنم.

مصاحبه‌گر

خیلی ممنون آقای دکتر. ما حقیقت

اولا که یک دوره شیش ماهه‌ای فکر میکنم از سرپرستی دانشگاه تهران هم شما برعهده داشتید.

دکتر امید

من در یک سالی در واقع همزمان که معاون وزیر علوم بودم، در سال ۹۲، چیزی کمتر از ۶ ماه سرپرست دانشگاه تهران هم بودم. یعنی همزمان معاون ادارات مالی وزارت علوم بودم و هم سرپرست دانشگاه تهران. اومدم در دانشگاه تهران.

اون‌موقع دانشگاه تهران یک مقدار اوضاع متشنجی داشت. دراونجا یک شورایی را من تشکیل دادم و برا اولین بار در دانشگاه تهران از طریق انتخاب یک شورای حدوده‌نفره، رئیس دانشگاه را در اون شورا انتخاب کردیم و این شاید یکی از کارهای خوبی بود که بعد دیگه متأسفانه تداوم پیدا نکرد. به هرحال من در اون زمان از طرف وزیر، مأموریت داشتم که بیام دانشگاه تهران برای په اصطلاح همچون کاری و همین کار را انجام دادم و دوباره برگشتم وزارت علوم.

مصاحبه‌گر

حالا یک مقداری اگر از این فضای کارهای اجرایی خارج بشیم و برگردیم به کارهای دانشگاهی، سوالی که ممکنه برا هرکسی پیش بیاد اینکه چه عاملی باعث شده که شما علاقه‌مند به گرایش سازه‌های آبی بشید؟ چرا مثلا منابع آب نه؟ چرا آبیاری زهکشی که اون زمان خیلی هم روی مثلا بورس بود، انتخاب نکردید و ترجیح‌تون سازه‌های آبی بود؟

دکتر امید

ببین اگر من الان برگردم به مثلا سال ۶۷ که وارد دوره کارشناسی ارشد شدم، شاید موضوع دیگه‌ای رو انتخاب می‌کردم، بخاطر اینکه بعدها من به امنیت موضوع منابع آب پی بردم و مشکلاتی که در کشور وجود داره و بحرانی که بسیار نگران کننده‌ست و خب اون‌موقع این نگرانی نبود و اینقدر این اوضاع بد نبود و حالا حتی اگر

مصاحبه‌گر

نگاه عمرانی بیشتر حاکم بوده؟

دکتر امید

بله. اون‌موقع دوره، دوره‌ی توسعه زیرساخت بود، موقع سدسازی و شبکه سازی و کارهای سخت افزاری بود. یعنی اون زمانی که ما وارد دوره ارشد شدیم، په اصطلاح دوره‌ای بود که کشور تازه از جنگ تمام شده بود، فارغ شده بود.

دوره سازندگی شروع شده بود. پروژه‌های وسیعی در سطح کشور داشتن کار میکردن. تعداد زیادی سد در دست ساخت بود. شبکه‌های آبیاری زهکشی در دست ساخت بود. به همین دلیل اغلب بچه‌ها در اون زمان علاقه‌شون به این کارهای زیرساختی و کارهای سازه‌ای بودش.

اون‌موقع کسی به بحث کلان مدیریت منابع آب که درواقع امروزه بهش میگیم حکمرانی آب، کسی فکر نمیکرد. من اگر برگردم به مثلا ۳۰ سال پیش و بخوام رشته انتخاب کنم، میرم به سمت حکمرانی.

حالا متأسفانه دوسال هم هستش تازه دانشکده حکمرانی اصلا تأسیس شد. حالا اون دانشکده حکمرانی اصلا من خودم با اون موافق نیستم.

مصاحبه‌گر

آها بله.

دکتر امید

دانشکده حکمرانی یعنی باید رشته‌ها تو دل خودشون تو زمینه حکمرانی‌ها کار کنن.

مصاحبه‌گر

یعنی شما اعتقاد دارین بهتر بود که گرایش به این اسم وجود داشت؟

دکتر امید

آره همین‌جا تو گروه آبیاری خودمون، تو این گروه ما می‌تونستیم در بخش مدیریت منابع آب، حکمرانی رو اینجا راه‌اندازی کنیم و منطقی هم همینه چون که خب اینکه مثلا مدیریتی‌ها بیان حکمرانی آب بخونن یا آبیاری‌ها برن مدیریت آب بخونن که حکمرانی رو یاد بگیرن. به نظر من وقتی کسی به اهمیت آب پی نبرده باشه، اصلا ندونه بحران منابع آب زیرزمینی چی هستش، اصلا ندونه فرونشست چیه، اصلا این مبانی رو ندونه، صرف اینکه بره درس‌های مدیریتی رو بخونه به عنوان حکمرانی، به نظر من موفق نخواهند بود. حالا امیدواریم که بیایم که برای همه رشته‌ها په حکمرانی جدا درست کنیم و بگیم شما برید آب بخونید، منابع آب بخونید، سازه بخونید، ما هم اینجا حکمرانی رو آموزش می‌دیم، این کار به نظر من منطقی نبود و من علاقه‌مند به اونجا نیستم و من معتقدم ما تا همین‌جا یعنی اصلا باید دانشجوی کارشناسی آبیاری از همون اول موضوع حکمرانی آب رو بلد باشه. بدونه یعنی چی.

اصلا مشکل ما تو این کشور، الان

مشکل ما تو ایران، مشکل حکمرانی آب هست.

مشکل سازه نیست. مشکل حتی آبیاری زهکشی هم نیست. الان مشکل، مشکل حکمرانی هست. برای اینکه سیاست‌های کلانی که اتخاذ شده در سال‌های اخیر در این دهه‌های اخیر، در ۵۰ سال اخیر، شاید کمی تخصصی نبودن. اصلا، یعنی بر مبنای حکمرانی آب، تصمیمات گرفته نشده. تصمیمات سیاسی، مدیران سیاسی گرفتار.

انتقال بین حوزه ای، خب ممکنه که ما انتقال بین حوزه ای رو برای موارد خیلی محدود برای مثلا حفظ یک به اصطلاح اجتماع، حفظ یک فرهنگ، در یک جایی مجبور باشیم انتقال بین حوزه ای داشته باشیم ولی که انتقال بین حوزه ای در سطح خیلی زیاد

مصاحبه‌گر

شمال به جنوب، جنوب به شمال

دکتر امید

بله، این اتفاق تو کشور افتاد. برداشت‌های بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی. من اخیرا، اخیرا که یعنی حدود ۳ سال پیش، وزارت کشاورزی طرحی را تهیه کرد تحت عنوان طرح الگوی کشت که تو کشور چی بکاره. خب تو عجله و دستپاچگی می‌خواستن یه کاری رو ثبت بکنن. اومدن طرحی رو نگاه کردن. تو اون طرح برآورد کرده بودن که ۷۲ میلیارد مترمکعب آب لازم دارن برای اینکه اون الگوی کشت رو پیاده‌سازی کنن.

من همون موقع به اتفاق آقای دکتر فرهودی، یه نامه زدم به وزیر، به مجلس، به مرکز پژوهش‌های مجلس، به جاهای مختلف.

مصاحبه‌گر

یعنی تقریبا ۹۰ درصد از کل آب کشور...

دکتر امید

همین را می‌خوام بگم. ما براساس اطلاعات موجود، میزان آب تجدیدپذیر کشور الان چیزی حدود کمتر از ۱۰۰ میلیارد مترمکعب هست و براساس استانداردهای جهانی، ما مجازیم ۴۰ درصدش را مصرف کنیم.

در شرایط خیلی بحرانی، ما اون نامه‌ای که نوشتیم به آقایون وزیر و مجلس و جاهای مختلف، گفتیم که شما در بدترین حالت بخواید این مرز را جابجا کنید، بجای ۴۰ درصد تا ۶۰ درصد قابل تامل هست و می‌تونه بحران رو به تعویق بندازه و نگفتیم خوبه. یعنی چی؟ یعنی که کلا تو کشور ۶۰ میلیارد مترمکعب اجازه دارید مصرف کنید. خب ازاين ۶۰ میلیارد متر مکعب نزدیک به ۱۰ میلیارد متر مکعبش اجتناب‌ناپذیر برای شریه.

مصاحبه‌گر

بله.

دکتر امید

حدود ۱۰ میلیاد متر مکعبش هم اشتعاب‌ناپذیر برای صنعته. خب اینکه صنعت رو ما در مرکز ایران توسعه دادیم و غلط بوده، بله نباید صنایع آب رو می‌آوردیم تو اصفهان و تو یزد و در کنار دریا باید می‌بردیم. باید می‌بردیم تو سواحل جنوب کشورمون. حالا آوردیم . الان که نمیشه

صنایع رو از بین برد که.

مصاحبه‌گر

یعنی الان درست نیستش که از جنوب بخوایم لوله بکشیم که آب به اونا برسه.

دکتر امید

بله. خب این صنایع فعلا نیازشون اجتناب‌ناپذیره و باید بهشون بدیم. خب اینکه اجبار کنی این صنایع بیان درواقع از پس‌آب‌های خودشون دوباره استفاده کنن. اینا در درازمدت کار خوبیه ولی الان شما مجبور هستید که این دو بخش شرب و صنعت رو تامین کنید. بنابراین چیزی حدود ۱۵ تا ۲۰ میلیارد متر مکعب از این ۶۰ میلیارد متر مکعب مجاز باید صرف این دوتا بخش بشه که کاریش نمیشه کرد. نمیشه به مردم آب نداد که. باقیش تا ۶۰ میلیارد مترمکعب چقدر برای کشاورزی میمونه، حداکثر ۴۰ تا ۴۵ درصد.

مصاحبه‌گر

حالا شما خودتون در مدیریت پایدارش چه پیشنهادی دارید؟

دکتر امید

خب ببین انحراف از حکمرانی سریع در طول ۵۰ سال اتفاق افتاده. نمیشه این رو در طول یک سال اصلاح کرد. نمیشه. شما یه سری شرایط اجتماعی دارین و با یه سری آدمایی سروکار دارین که اینا زندگی‌شون با همین آب‌ست که حالا به غلط و به اشتباه اومدن و برداشت کردن. بنابراین امکان اینکه یه روزه ما بتونیم بگیم که آقا برگردیم به نظام صحیح حکمرانی،

امکان پذیر نیستش. این نیاز به زمان داره ولی ما باید یک درواقع هدف‌گذاری بکنیم در طول مثلا ۵ سال برنامه‌ای که الان داره شروع میشه، برنامه هفتم توسعه.

در طول ۵ سال باید وزارت کشاورزی ملزم به این بشه که حداقل دراین ۵ سال چیزی بیش از ۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش مصرف داشته باشیم. خب این کاهش مصرف یعنی اینکه به نفع محیط زیست عمل بکنه.

مصاحبه‌گر

نیاز زیست محیطی رو تامین بکنه.

دکتر امید

خب ممکنه که این سوال پیش بیاد که سالی ۵ درصد کاهش مصرف، چگونه جایگزین کنیم؟ خب اینجا بخش‌های دیگه‌ای آبیاری مطرح میشن که خب شما بباین راندمان رو بالا ببرین، کشت‌های گلخانه‌ای را توسعه بدید، استفاده از آب‌های نامناسب را درواقع افزایش بدید، استفاده مجدد از پس‌آب‌ها را شما توسعه بدید. یعنی سالی ۵ درصد حداقل. حالا من این عددو رقم دقیق الان ندارم و حدودی دارم میگم سالی ۵ درصد از آب‌های تجدیدپذیر را کمتر کنیم مصرف را چون الان به ظن من، نزدیک به ۹۰ درصد از آب‌های تجدیدپذیر داره مصرف میشه، حتی در بعضی سال‌ها که بیش از ۱۰۰ درصد بوده.

مصاحبه‌گر

آب های فسیلی هم که دارن کم کم...

دکتر امید

برداشت میکنن دیگه. بنابراین ما اگر بتونیم این الزام رو بکنیم که آقای وزارت کشاورزی، تو باید سالی ۵ درصد کاهش داشته باشی. بعد از ۵ سال ۲۵ درصد کاهش. ۲۵ درصد کاهش اگر که در وزارت کشاورزی بهش اعمال بکنیم، این ۲۵ درصد، بخشی از آب‌های زیرزمینی را جبران میکنه دیگه. یعنی ما شرایطمون به گونه‌ایست که این ظرفیت تغذیه را داریم.

مصاحبه‌گر

بله

دکتر امید

حتی نیاز نیست که راه های تغذیه مصنوعی رو بریم. یعنی به طور طبیعی این اتفاق می‌تونه بیفته و خب اون طرف راندمان رو بهتر کنیم در واقع از بذرها و از به اصطلاح ارقام کم مصرف استفاده کنیم و از این کارها بکنیم و این باید در ۲ تا ۳ برنامه ادامه پیدا کنه تا برسیم به همون.

مصاحبه‌گر

بین ما آنچه که مسلم هست با توجه به تغییر اقلیمی که داره پیش میاد، خیلی بعید هست که ما در آینده‌ای نزدیک شرایط بهتری داشته باشیم و آب‌های تجدیدپذیرمون از ۱۰۰ میلیارد بیشتر بشه.

مصاحبه‌گر

اگر کمتر بشه، بیشتر نمیشه.

دکتر امید

بنابراین ما برای اینکه برگردیم به

حدودا ۵۰ یا ۶۰ میلیارد مترمکعب مصرف در طول دوتا برنامه ۵ ساله، در طول ۱۰ سال ما اگر بتونیم دوتا ۲۵ درصد، ۵۰ درصد از مصرف آب کشاورزی را کم کنیم، تو همین مدت مصرف آب صنعت رو کم کنیم، برای کم کردن مصرف آب صنعت باید صنایع را مجبور بکنیم که از آب‌های اون طرف استفاده کنن و استفاده مجدد داشته باشن و رفته‌رفته، صنایع رو اونایی که امکان‌پذیره، انتقال بدیم به کنار دریا، به سواحل دریای عمان و مطلقا نباید در برنامه هفتم و بعد از اون اجازه‌ی ایجاد صنایعی که آب‌بر هستن در مرکز ایران، کسی مجاز باشه. مطلقا نباید اجازه بدیم.

خب اگر این قدم هارو برداریم، این خودش میشه یه استراتژی در طول یه برنامه ده ساله و طبیعی‌ست که ما تو این ده سال یه دوره ریاضت هست یعنی سختی باید بکشیم که بدیهی هست.

مصاحبه‌گر

ممکن هست وارداتمون هم افزایش پیدا کنه.

دکتر امید

بله سطح کشتمون پایین میاد، مشکلات اجتماعی پیدا می‌کنیم، درآمد کشاورز کاهش پیدا میکنه، خب برای این باید راه‌های جایگزین پیدا کنیم. پس یه کیچ دیگه.

مصاحبه‌گر

بله. یه برنامه‌ست.

دکتر امید



یه بسته کاملی‌ست که ما معتقدیم امکان‌پذیر هست. فقط اینکه باید در کلان کشور این عزم و اراده باشه.

ببین چند وقت پیش یه آقایی اومد اعلام کرد که اومد اعلام کرد که اینکه میگن ما تو کشور آب نداریم، بیخود میگن. ما می‌تونیم تا یک میلیارد نفر رو آب تو کشور تامین کنیم.

من همون موقع تو یه جلسه‌ای با اعداد و رقم بهش نشون دادم که خب تو یا عدد نمیدونی چیه، نمیدونی یه میلیارد چندتاست.

مصاحبه‌گر

منظورش یه میلیون بوده شاید.

دکتر امید

یا نمیدونی آب چیه. خب همون آقا اومد دوباره یه طرچی ارائه کرد که ما می‌خوایم دو میلیارد درخت بکاریم. من بلافاصله به اونا در یک جلسه به اصطلاح شورای عطف بود، کمیسیون تخصصی کشاورزی بود، اونجا گفتم آقا شما وقتی می‌خوانین که دو میلیارد درخت بکارید، حساب کردید هر درختی چقدر آب میخواد؟ یعنی شما درخت رو نمی‌تونید برید تو بیابون بکارید بگید که بارون می‌خوره که. شما تا چند سال اینو باید کاشت و داشت انجام بدید، باید مراقبت کنید. این تعداد درخت رو تو تهران و کنار خونه من نمی‌خواید بکارید که راحت باشید. این میخواد تو بیابون‌ها کاشته بشه،

میخواد در درواقع در دامنه‌های زاگرس، در دامنه‌های البرز، در کویر، در اینجا میخواد کشت بشه و نهال‌کاری بشه. اصلا ظرفیت تو این کشور وجود داره؟ فقط یه رانتی رو ایجاد کردن، یه عده شروع کردن به اینکه ما نهالش رو درست می‌کنیم. خب نهالی که شما می‌خواید از همین الان باید به فکر این باشید که نهال اون درخت کم مصرف باشه، مقاوم به خشکی باشه، مقاوم به شوری باشه، همینجوری شروع به نهال‌کاری کردن. ببین وقتی که درک درستی از منابع آب کشور وجود نداره، درک درستی از این آمار و ارقام وجود نداره و از این طرح‌ها بهو وسط میاد و مملکت هم اینارو می‌پذیره.

مصاحبه‌گر

بله.

دکتر امید

نمیره با ۴ تا متخصص بگه اصلا این

مصاحبه‌گر

بخاطر جنجالی بودنش

دکتر امید

بله جنجالی بودن و سیاسی بودن و پوپولیستی بودن. آقا بباین ببیین اصلا این امکان‌پذیر هست یعنی شما می‌تونید به یه میلیارد نفر آب بدید؟

شما مصرف سرانه یه آدم در کشور

اگر بخواد نرمال باشه، ۱۳۰ لیتر در روزه. حالا در بعضی از کشورای اروپا، تا دویست لیتر هم هست اما ما میگیم گف ۱۱۰لیتر در روزه. خب در روز ۱۳۰ لیتر آب اگر مصرف بکنه، به میلیارد آدم میشه چقد در لیتر؟ اصلا شما میتونید؟ خب این شعارها داده میشه بعد اون یکی میاد میگه آقا ما می‌تونیم خودمون غذامون رو تامین کنیم، هرکسی یک چیزی میگه. من ۲۰ سال یا ۲۵ سال پیش در یک جلساتی، وزارت کشور عزیز می‌گفت، بهشون گفتم آقا شما دیگه اجازه ندید که کسی با آب زیرزمینی بره گندم بکاره. شما اگر که به سمت قم و کاشان برید، همین الان تو این شرایط بحرانی، اطراف قم با آب چاه گندم‌کاری میکنن.در کجای دنیا می‌پذیرند که جایی که اینقدر

مصاحبه‌گر

خشکه

دکتر امید

بله افت شدید سطح آب زیرزمینی داشته. فرونشست داره خطرآفرینی میکنه و خب همه زیرساخت هارو داره تهدید میکنه، شما به مردم اجازه بدید از چاه، ۳۰۰ متر عمق چاه، آب بیارن بالا، تو جایی که هم زمین شوره، آب زیادتری مصرف میکنه، هم گرمای بسیار زیادی داره. تازه اونا ارقام معمولی گندم بکارید مثلاً. خب وقتی که درک درستی نباشه از

مصاحبه‌گر

از حکمرانی

دکتر امید

از حکمرانی، از آب اگر درک درستی نباشه، از منابع آب درک درستی نباشه، حکمرانیش هم درک درستی نخواهد بود.

حالا به نظر من حکمرانی باید تو همین گروه‌های آب اتفاق بیفته. حتی من اعتقادم بر این هستش که دوستان ما در عمران هم که کارهای آب میکنن، تو این زمینه نمی‌تونن موفق باشند.

مصاحبه‌گر

کارهای هیدرولوژیک رو باید در نظر گرفت.

دکتر امید

اینجا شما با گیاه سروکار دارید، با موجودات زنده سروکار دارید، بالاخره دام‌پروری تو این حوزه هستش، با محیط زیست هم همینطور. یعنی شما باید همه این‌ها را درک کرده باشید، بعد حالا در مورد آب تصمیم‌گیری بکنی و بتونی اجراش بکنی.

مصاحبه‌گر

حالا اینطور که فرمودید، به نظر شما ممکنه که رشته علوم و مهندسی آب به مهندسی آب تغییر پیدا کنه؟

دکتر امید

من حقیقتا با این تغییرات پیایی که تو این عناوین پیش اومد، هیچوقت موافق نبودم.

مصاحبه‌گر

یعنی منظور ما اینکه الان یکسری کارزارهایی راه افتاده خیلی در بین دانشجویان که

دکتر امید

اره میدونم ببین

مصاحبه‌گر

بین دانشجویان که توی نظام مهندسی، مهندسی آب رو هم در نظر بگیرن

دکتر امید

ببین اشکال اینه دیگه. یعنی من به زمانی، خود من و آقای دکتر فرهودی تلاش کردیم که در فراخوان‌هایی که وزارت نیرو می‌داد، رشته آبیاری نبود و ما رفتم اضافه کردیم. اونو باید حل کرد. یعنی اینکه سازمان اداری استخدامی کشور نمیشناسه رشته آبیاری چیه.

مصاحبه‌گر

به رسمیت نمی‌شمارند.

دکتر امید

اونو باید حل کرد. اینکه نظام مهندسی نمیدونه آبیاری چیه، اونو باید حل کرد. نه اینکه حالا ما عنوان رو عوض کنیم. میخوام بگم خیلی کمکی نمیکنه به ما.

مصاحبه‌گر

منظور ما اینکه این سوال یه استعاره ای داشت یعنی آبا به نظر شما با کمک اساتید قدرتمند و با نفوذی مثل شما و سایر اساتیدی که اینجا هستند، آقای دکتر فرهودی و اساتید دیگه، میشه این تفکر رو در اونها عوض کرد؟ میشه یک دستور جامع‌ای از یک جایی بیاد که آقا مثلا این رشته هارو هم باید در نظر بگیرید؟ حالا در استخدامی کشور. وقتی یک کاری میتونن انجام بدن

دکتر امید

ببین تا چند سال پیش بدنه مهندسین مشاور بزرگ کشور مثل مهاب قدس، اینها بچه‌های گروه آبیاری دانشگاه تهران بودن. یعنی تو خیلی از حوزه‌ها، بچه‌های آبیاری با قوت و قدرت رفتن کار کردن. بله اینکار باید انجام بشه. اینکه آقا شما در زمینه آب در کشور کسی میخواد کاری انجام بده، اینجا تخصصش اینجاست، آب‌فصل‌ها اینجا هستن، اینو باید حل کرد. یعنی شما اگر میخواید عنوان رو برید اصلاح بکنید، با حل به اصطلاح اصلاح عنوان، مشکل حل نمیشه ولی اینکه سازمان اداری استخدامی کشور، وزارت نیرو، وزارت کشاورزی اینا براشون جا



حال و آینده این کشور در آب است



بیفته که آقا، یا نظام مهندسی کشور، اپنا براشون جا بیفته که این رشته چیه و ...

مصاحبه‌گر

الان اینها رو با عنوان مهندسی آب و کشاورزی می‌شناسن یعنی اسم و عنوان جدید رو هم حتی نمیدونن.

حالا الان که وارد میحث عنوان‌ها شدیم، یک سری سوالاتی که بچه‌های تو ورود خیلی بیشتر از اونا می‌پرسن اینکه آقا مگه ما توی وزارت علوم، توی نامه‌ای وزارت علوم تایید کرده دانشجو هستی، مگه ننوشته که شما دانشجوی علوم و مهندسی آب هستی؟ چرا ما اومدیم اینجا اسم گروهمون آبیاری و آبادانی؟ یعنی اینو خیلی به من مراجعه میکنن، من دارم اینو می‌پرسم وگرنه حالا برای من عنوان که زیاد متفاوت نیست.

و یک سری از بچه‌های دیگه هم از اون سمت که دغدغه مهاجرت دارن، اونا هم میگن که آقا مثلا این نام و عنوان و فعلی این شاید مثلا برای اونها جالب نباشه. نظر شما راجب این موضوع چیه؟

دکتر امید

ببین اولا اینکه بعضی از نام‌ها نشان‌دهنده یک سیقه، یک میراث و یک قدمت هستش. من شخصا با تغییر عنوان گروه موافق نیستم. گروه ما گروه مهندسی آبیاری و آبادانی هست.

آبیاری و آبادانی یعنی چی؟ آبادانی یعنی عمران. بین ۶۰ سال پیش که اسم گروه رو گذاشتن، اون زمان ما حتی تو این گروه درس سازه‌های روستایی رو

می‌خوندیم. من خودم درس جاده‌های روستایی پاس کردم، ساختمان‌های روستایی پاس کردم، ساختمان‌های دامپروری در اینجا استادی داشتیم به ما درس میداد، یعنی این گروه، گروه عمران آب بود.

این عنوان آبیاری و آبادانی تو دنیا اتفاقا شناخته شده‌ست. تا الان هیچ یک از دانشجویهای من برای پذیرش گرفتن در بهترین دانشگاه‌های دنیا، بخاطر اسم گروه به مشکل برخوردن. من الان تعداد زیادی از دانشجویهام فوق لیسانس پیش من بودن، الان استاد هستن در کانادا، در آمریکا و به راحتی به اینها پذیرش دادن. اونا اصلا به این چیزها نگاه نمیکن که. اونا به این نگاه میکنن که تو چیکار کردی، مقاله‌ت چیه، تو چه زمینه ای کار کردی، تزت چی بوده و ... حالا اسم رشته چی باشه. آبیاری و آبادانی این یک اسم شناخته شده‌ست و همه هم میدونن که این مهندسیه، ما مشکلمون تو ایرانیه. خارج از کشور که مشکل نداریم.

مصاحبه‌گر

بله، بیش‌تر اون تفکر داخل ایرانه که بچه‌های ما میگن حالا چرا ما مهندسی آب و آبادانی نباشیم و ازاینجور صحبت‌ها که حالا مثلا یک مقداری درگیری‌های بین دانشجویی هستش.

دکتر امید

ببین ممکنه اسم رشته هم رو بخوایم بریم کامل بکنیم، اشکال نداره. تو دنیا، رشته‌ها اسماشون تغییر میکنه. ادغام میشه، تفکیک میشه. اسم گروه به چیزه، اسم رشته به چیز دیگه‌ست.

مصاحبه‌گر

بله.

دکتر امید

حتی رشته‌ای که من درس میخوندم، دو بار عوض شد. ما اولش اسم رشته‌مون شد مهندسی زراعی. حتی به زمانی مارو ادغام کردن با ماشین‌ها. مهندسی زراعی بودیم.

مصاحبه‌گر

چون الان اونا هم خودشون اسمشونو عوض کردن. یعنی من صحبتیم اینکه مکانیک بیوسیستم، حالا ما که امکانش رو داریم، چرا استفاده نمی‌کنیم؟

دکتر امید

اسم رشته اشکال نداره. میگم من بازم فکر نمیکنم که کمکی بکنه ولی اشکال نداره.

مصاحبه‌گر

مال تفکره.

دکتر امید

اسم گروه متفاوته. به نظر من باید روش پافشاری کرد، این گروه نشان‌دهنده قدمت هست و اینکه تقریبا بدنه آب کشور از همین‌جا شروع شده. گروه آبیاری و آبادانی همه می‌شناسنش. اسم گروه رو نباید عوض کرد. به نظرم بعضی گروه‌ها هم عوض کردن، یعنی اونا احساس کمبود کردن که زینکارو کردن. ما کمبودی احساس نمی‌کنیم. رشته ولی میتونه باشه مهندسی

آب ، آبیاری و زهکشی. مهندسی آب، سازه های آبی. مهندسی آب، مدیریت منابع آب. میتونه این باشه. گرچه میگم بازم باید مشکلات رو در سطح کشور و در سطح مدیریتی حل کرد. ولی تغییر عنوان رشته، مشکلی ایجاد نمیکنه ولی گروه به نظر من بهتره ما اصرار کنیم کمی.

مصاحبه‌گر

درسته. آقای دکتر با توجه به شرایط فعلی دانشجویها و شرایط فعلی مملکت، شما کسی رو به مهاجرت تحصیلی دعوت میکنید؟

دکتر امید

مهاجرت تحصیلی معنی نداره.

مهاجرت به چیزه، تحصیل به چیز دیگه‌ست. فرصت تحصیلی آره. یعنی من برای دوره‌های دکتری توصیه میکنم که بچه‌ها برن بین دنیا را و برگردن کشورشون کار کنن ولی ما در کارشناسی اصلا نیازی نداریم برای اینکه به اصطلاح خارج از کشور. در ارشد در اغلب رشته‌ها نیازی نداریم. چون من هم اینجاشر را دیدم هم اونجاشر را دیدم. من تو ۳ تا دانشگاه درس خوندم دیگه. لیسانس اینجا بودم، فوق لیسانس تربیت مدرس و دکتری هم یومیست بودم دیگه. به نظر من برای دوره دکتری، خیلی هم خوبه. یعنی بچه‌ها فرصتی اگر پیدا بکنند، بتونن ازاین فاندهایی که هست استفاده بکنن از کارشون، خیلی خوبه ضمن اینکه من تقریبا فکر کنم یکی از دانشجویهام دوره دکتریشر رو نفرت فرصت مطالعاتی. اغلبشون ۹ ماه تا یکسال رفتن فرصت مطالعاتی. خیلی براشون مفید بود.

مصاحبه‌گر

در مقطع دکتری؟

دکتر امید

بله دکتری. خیلی براشون مفید بود. اینجا داشت کارهاشو انجام می‌داد. به چیزهایی بود که نیاز بود بره بابتش. بره به آزمایشگاه‌های بهتر رو ببینه، نرم افزارهای بهتری رو کار بکنه. اغلبشون این فرصت رو استفاده کردن و خب فرصت خوبی بود. حالا بعضیاشون تو اون فرصت همونجا به فرصت بهتری گیرشون اومد، موندن. ۳ تا از دانشجویهای من اینجاوری شد، رفتن برای فرصت مطالعاتی و اونجا به کار و شرایطی پیش اومد که استاد به اصطلاح پروژه بزرگی داشت.

مصاحبه‌گر

پس رفتن و موندن آقای دکتر؟

دکتر امید

بله میگم که اونا به چندتاشون موندن.از نظر من ...

مصاحبه‌گر

اختیار با خودشونه.

دکتر امید

ببین از نظر من هیچ کدومش بد مطلق یا خوب مطلق نیست.

مصاحبه‌گر

درسته.

دکتر امید

یعنی فرد باید یعنی حالا من ۲۰ سال پیش دانشجویان میگفتن بریم بمونیم؟ من میگفتم نه مملکت نیاز داره. الان میگم اگر کار مناسبی گیر آوردید در دنیا، کار مناسبی گیر آوردید که مربوط به تحصیلتون میشه، اشکال نداره و انجام بدید. چون اینجا شرایط به گونه‌ایست که خیلی شما دستت باز نیست، بنابراین از نظر من نه براش ممنوعیت باید قائل شد و اون رو بد دونست.

مصاحبه‌گر

نه مصونیت باید قائل شد.

دکتر امید

نه اون رو با عنوان کار برتر دونست در واقع. به نظر من بیشتر باید فرد اگر که

اول اینکه به چی به شما بگم. اغلب بچه‌هایی هم که میرن، اگر شرایط مناسب کاری تو کشور گیر بیاد، ترجیح میدم برگردن تو کشور و کار کنن. خانواده‌هاشون اینجا هستش.

مصاحبه‌گر

ریشه دارن اینجا.

دکتر امید

به هرحال ریشه دارن در اینجا. مشکل اصلی مشکل اشتغالیه. و درآمد ناکافی هستش. این اشکال داره که باید حل بشه.

مصاحبه‌گر



بله.

دکتر امید

و به همین دلیل هم من میگم، نباید تابو درست کنیم بگیم آقا بده رفتن، نه نه. کسی اگر موقعیت مناسبی اینجا گیرش نمیداد و اونجا گیرش میداد، بره. از نظر من الان دیگه نمیگم نه اصلا کار بدیه و نباید بره. بسته به شرایطش هستش. به وقت کسی کار مناسبی در اینجا گیرش میداد و میکنه. این منطقی نیستش که پاشه بره. ولی اگر که اینجا کار مناسبی گیرش نمیداد و به کار خوب و موقعیت خوب، یک در واقع سایپورت مالی خوب در یک جای دنیا وجود داره که میتونه بره، چه اشکالی داره؟

مصاحبه‌گر

بله.حالا به عنوان سوال آخر، ما می‌دونیم شما جلسه هم دارین بعد از این، زیاد مزاحمتون نشیم اینکه برای این دانشجویهای جدیدی که دارن میان، حالا تو هر مقطعی دانشجو های دکتری که جدید الیورود هستن خب آشنایی بیشتری دارن مسلما. ارشدها یک مقدار کمتر ولی کارشناسی‌هایی که دارن میان، اگر حالا بخوایم روراست باشیم تا ۵ یا ۶ ترم اول هنوز نمی‌دونن که واقعا دارن چی می‌خونن و چه رشته‌ای رو دارن می‌خونن. می‌دونن اسم رشته مهندسی آبه ولی واقعا نمی‌دونن این داستان چیه. حالا توصیه شما برای این درصد از دانشجویان چیه آقای دکتر؟

دکتر امید

بین اگر که شخصا برگردم به ۴۵ یا ۵۰ سال پیش، و دوباره بخوام پیام

درس بخونم، بازم میام همین آبیاری رو می‌خونم.

مصاحبه‌گر

درسته.

دکتر امید

ولی من علاقه‌م به این آبیاری‌ست و به اصطلاح هم نگاه مهندسی هست اینجا و هم شما با موجود زنده سروکار داری. و هم اینکه اعتقاد من براین هستش که حال و آینده کشور در آب هست.

مصاحبه‌گر

خون در رگ های این کشور، آب هست.

دکتر امید

یعنی تو این زمینه اگر بتونیم موفق باشیم، خیلی کارمون جلو میره. به بچه‌ها هم همینو میخوام بگم که خب بچه‌ها همین که وارد میشه اغلب بچه‌ها مثلا ۷۰ یا ۸۰ تا رشته زدن، بعد هم آبیاری رو زدن یعنی تصورشون این بوده که فلان رشته رو اگه می‌رفتم، فلان‌طور میشد. بله ممکنه ۲ یا ۳ تا رشته در ۲ یا ۳ تا دانشگاه کشور، شرایط ویژه‌ای داشته باشه ولی اگر الان بچه‌ها با مشکل اشتغال مواجه‌اند، همه فارغ‌التحصیل‌ها با این مشکل مواجه هستن. حتی فارغ‌التحصیل‌های عمران دانشگاه شریف هم با همین مشکل مواجه‌ان.

این برمیگرده به رکود اقتصادی که در کشور حاکم شده.

مصاحبه‌گر

بله.

دکتر امید

خب این مشکل ربطی به رشته نداره یعنی تصور این باشه که بعضی وقت‌ها می‌بینم که دانشجو میگه ای کاش مثلا من اینجا نمی‌اومدم و می‌رفتم دانشگاه مثلا آزاد فلان‌جا، عمران می‌خوندم. میگم اصلا تو همین که تو دانشگاه تهران هستی، اونم رشته مهندسی و اونم رشته مهندسی آب، اصلا قابل قیاس با هیچ یک از رشته‌های غیر در واقع دولتی نیست اصلا. این تصور که تو فکر کنی حالا اگه به عمران از دانشگاه فلان بگیری مثلا کار برات ایجاد میشه، نه اینجوری نیست. اگر شرایط برگرده تو کشور به شرایط رونق اقتصادی، اولین رشته‌ای که براش کار وجود داره همین آبه.

مصاحبه‌گر

ما یادمون هست تو همین ۲۰ سال پیش، بجای اینکه کنکور رو مردم سرو دست بشینن برای اینکه پزشکی قبول بشن، همه میخواستن مهندسی قبول شن.

دکتر امید

ما اصلا رتبه های اینجا، رتبه های زیر ۲۰ ما اینجا می‌پذیرفتیم.

مصاحبه‌گر

بله

دکتر امید

ما اینجا رتبه‌های زیر ۲۰۰۰، زیر ۱۰۰۰ ، ۵۰۰ ، ۶۰۰. حالا یک سری از دانشگاه‌ها مثل فنی تهران و شریف نوی رشته‌های مهندسی، اونا خاصه. حالا به عده‌ای علاقه‌مند به IT ان، الکترونیک علاقه دارن، مکانیک علاقه دارن.

اینارو که بزارم کنار، تو رشته آب بچه‌های رتبه‌های بالا می‌اومدن اینجا و در دورانی که ما دانشجو بودیم، سرکلاس میومدن مارو جذب میکردن میبردن. سرکلاس یعنی هم دوره‌های من دانشجو بودن یا بورسیه جهاد سازندگی شدن اون موقع، جهاد کشاورزی نبود. یا وزارت نیرو اینارو می‌برد، یا مهندسین مشاور. مهندسین مشاور زنگ می‌زدن که بچه‌های خوبتون رو بهمون معرفی کنید بیان کارآموزی ما اینجا نگهشون می‌داریم. اینجوری بودن.

حالا به مقداری رکود اتفاق افتاد تو کشور و تو همه زمینه‌ها هستش. الان فارغ‌التحصیل مکانیکشم همین مشکل رو داره، فارغ‌التحصیل عمرانشم داره، فارغ‌التحصیل نمیدونم متالوژی و، همشون دارن. یعنی آب هم داره. اگر مشکلات اقتصادی کشور حل بشه و رکود رو پشت سر بگذاریم که امیدواریم حالا باین روندی که دولت داره دنبال می‌کنه، امیدواریم که این اتفاق بیفته. اگر این اتفاق بیفته، به نظر من اولین رونق تو حوزه در واقع آب اتفاق خواهد افتاد و بچه‌ها باید

ولی به نکته‌ای که من همیشه به دانشجویهام میگم، میگم شما هرکجا که هستین، همونجا بهترین باشین.

مصاحبه‌گر

بله.

دکتر امید

یعنی یکی از دانشجویهام اومد پیش من که من میخوام فوق لیسانس برم عمران بخونم. گفتم ببین اگر عمران هم میری جز تاپ «اشون هستی، برو. ولی اول اینجا بودن یا اخر اونجا بودن، تو اول اینجا بودنو انتخاب کن. یعنی تو یا در گروه آبیاری، تو رشته سازه، تو رشته منابع آب، میتونی دانشجوی برتر گروه باشی، این اولویت داره تائینکه بری دانشجوی آخر اون یکی رشته ای باشی که رشته خودت نیست.

مصاحبه‌گر

کمااینکه با تمام احترام به رشته‌های عمران، ما با اون عزیزان هم درس داشتیم.

دکتر امید

نه نه تو زمینه ما که اصلا شک نکنید که تو بحث آب هیچ دانشگاهی تو هیچ زمینه‌ای بهتر از شما نیست. شک نکنید. برای اینکه شما فقط با سازه کار نکردید. اولاً اینکه بچه‌های ما اینجا تو زمینه سیالات، هیدرولیک، هیدرولیک انهار، سازه‌های هیدرولیکی، تو اینها از همه رشته‌های دیگه تو کشور جلو هستن. واسه همینه که میتونن برن کنکور اوتارو قبول بشن دیگه. وقتی شما شرکت بکنید میتونید قبول بشید.

حالا به وقت هست دانشجو میکه نه من از اول علاقه‌مند به عمران بودم،

حالا میگم اشکال نداره برو. من خیلی از دانشجویهام بودن که رفتن عمران خوندن. ولی من میگم اگه اونجا هم میتونی که تاپ باشی، آره برو ولی اگر اینجا تاپی و اونجا قراره بری انتها باشی، نه این تاپی رو حفظ کن به نظرم. اینجا هم زمینه در آینده برات وجود داره و هم نتیجه‌هاش.

مصاحبه‌گر

دست شما درد نکته آقای دکتر.

دکتر امید

موفق باشید.

مصاحبه‌گر

خیلی ممنون بابت وقتی که گذاشتید. بسیار ارزشمند به ما و سپاسگزارم.

دکتر امید

سلامت باشید.

مصاحبه‌گر

مصاحبه رو از طریق پیج انجمن و کانال انجمن هم منتشر میشه.

Editor-in-chief: Nima Moghaddam
Managing Editor: Iman Hajirad
Executive Manager: Sina Kosari



Volume 17, Issue 1 | April 2025



Published by the Scientific Society of
Water Engineering and Sciences
University of Tehran