شناسنامه

مدیر مسئول نشریه: نیما مقدم

سردبیر نشریه: ایمان حاجی راد

مدیر اجرایی: سینا کوثری

گرافیست و صفحه آرا: سید محمد رضا حسینی

Volume 16, Issue 1 | January 2025

Journal of Aquifer

Scientific-Promotional

EDITOR-IN-CHIEF : NIMA MOGHADDAM
MANAGING EDITOR : IMAN HAJIRAD
EXECUTIVE MANAGER : SINA KOSARI

Published by the Scientific Society of Water Engineering
UNIVERSITY OF TEHRAN

UNIVERSITY OF TEHRAN
COLLEGE OF AGRICULTURE
AND NATURAL RESOURCES

فهرست

۵ اثرات تغییر اقلیم

۱۱ معرفی هوش مصنوعی در رشته مهندسی آب

۱۹ امنیت غذایی و توسعه پایدار

۲۷ وضعیت بهره‌وری آب

۳۷ حکمرانی آب چیست؟

۴۵ وضعیت آبخوان‌های کشور

۵۷ ضرورت شناخت پارادایم‌های مدیریت آب جهت پیاده‌سازی حکمرانی مطلوب آب

۶۵ آینده پژوهی وضعیت کشاورزی در ایران

۷۱ معرفی نرم افزار FLOOD MODELER

۷۹ معرفی کرایش هیدرواینفورماتیک

۸۹ مصاحبه

سخن مدیر مسئول

با افتخار و امید، شانزدهمین شماره‌ی نشریه‌ی آبخوان، وابسته به انجمن علمی مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران، پیش روی شماست. این نشریه با هدف ایجاد بستری برای تبادل دانش، ایده ها و یافته‌های علمی در حوزه‌ی منابع آب، مهندسی آبیاری و توسعه‌ی پایدار منتشر می‌شود

امروزه با چالش‌های فزاینده‌ای در مدیریت منابع آب، تغییرات اقلیمی و تأمین امنیت غذایی روبه‌رو هستیم. نقش پژوهشگران، متخصصان و دانشجویان در ارائه‌ی راهکارهای نوین و پایدار، بیش از پیش اهمیت یافته است. آبخوان تلاش دارد تا با انتشار مقالات علمی، تحلیل‌های تخصصی و معرفی دستاوردهای جدید، سهمی در ارتقای آگاهی و دانش این حوزه ایفا کند

از همه‌ی علاقه‌مندان، اساتید، دانشجویان و متخصصان دعوت می‌کنیم تا با ارائه‌ی نظرات، مقالات و ایده‌های خود، در مسیر بهبود و گسترش این نشریه ما را یاری کنند. امید است که آبخوان گامی مؤثر در جهت توسعه‌ی دانش مهندسی آبیاری و آبادانی و حل چالش‌های پیش روی این حوزه باشد

نیمامقدم

مدیرمسئول نشریه آبخوان

آبخوان

اثرات تغییر اقلیم

Effects of climate change

سیناکوثری

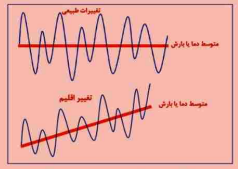
دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

مهساحیدری

دانشجوی دکتری دانشگاه محقق اردبیلی

مقدمه

تغییرات اقلیمی یکی از بزرگترین چالش‌های جهان در حال حاضر به شمار می‌رود. این پدیده به عنوان تغییرات قابل‌توجه در میانگین پارامترهای هواشناسی، مانند بارش و دما، که میانگین‌های آن‌ها در بلندمدت محاسبه شده‌اند (شکل ۱)، تعریف می‌شود [۱]. در واقع، تغییر اقلیم به مجموعه تغییراتی در شرایط جوی گفته می‌شود که به واسطه عوامل طبیعی و انسانی، فراتر از تغییرات طبیعی و فصلی است. از جمله عوامل طبیعی می‌توان به مدار گردش زمین، فعالیت‌های آتشفشانی و حرکات پوسته‌ای اشاره کرد (شکل ۲)، در حالی که عوامل مصنوعی شامل افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و انتشار آئروسل‌ها می‌شود [۲]. چند دهه اخیر نشان می‌دهد که تغییرات قابل‌توجه در اقلیم جهانی نتیجه فعالیت‌های انسانی فزاینده ای بوده که ترکیب جو زمین را تغییر داده‌اند [۳]



شکل شماتیکی از مفهوم تغییر اقلیم

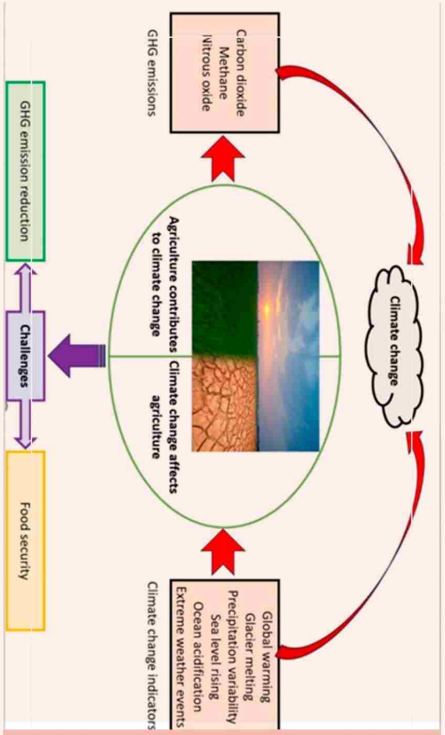
تغییرات اقلیمی که به گرمایش جهانی نیز منجر شده است، روندی جهانی است که به تغییرات اساسی در آینده خواهد انجامید. در سال ۲۰۰۷ شواهد علمی چشمگیری در IPCC، در این رابطه چهارمین گزارش خود ارائه داد که نگرانی‌ها در مورد این پدیده را در سطح جهان افزایش داده است [۴]. روند نگرانی جهانی در مورد این مسئله به‌طور رسمی در سال ۱۹۷۲ در گزارش باشگاه رم مطرح شد. و برنامه (WMO) سپس در سال ۱۹۸۵، سازمان جهانی هواشناسی دی‌اکسید کربن را به عنوان (UNEP) محیط‌زیست سازمان ملل متحد عامل اصلی گرمایش جهانی شناسایی و معرفی کردند [۵-۷]. برای در سال ۱۹۸۸ تأسیس شد و از آن IPCC، پاسخ مؤثر به این چالش زمان تاکنون به پژوهش‌های سیستماتیک و مطالعات دقیق در زمینه .تغییرات اقلیمی پرداخته است [۸]

عوامل تغییر اقلیم

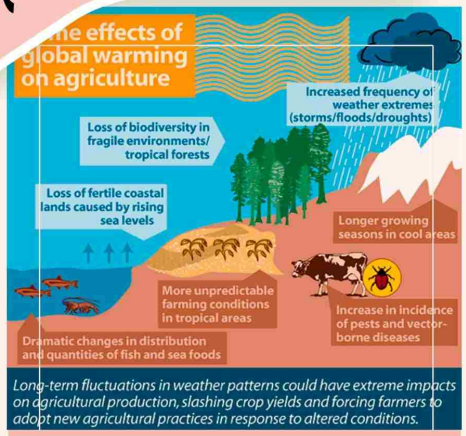
تغییرات دما ناشی از پدیده‌های طبیعی و فعالیت‌های انسانی بر روی زمین است می‌شود (GHGS) (شکل ۳) که در نهایت منجر به افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای [۹]. فعالیت‌های انسانی منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید کربن و همچنین سایر موادی می‌شود که (N۲O) و اکسید نیتروژن (CH۴) متان ،(CO۲) در جو می‌تواند CO۲ باعث تخریب لایه اوزون در جو می‌شوند [۱۰]. افزایش غلظت فعالیت‌های میکروبیولوژیکی در خاک و آب را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین، افزایش از خاک‌های مرتفع و CH۴ و N۲O می‌تواند انتشار (ppm ۴۶۳-۷۸۰) در جو CO۲ تالاب‌ها را تحریک کند که اثر کاهش ۱۶/۶ درصدی تغییرات اقلیمی را که توسط افزایش مخزن کربن زمینی پیش‌بینی شده است، خنثی می‌کند [۱۱]. بخش کشاورزی ۱۵ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد که عمدتاً است. پیش‌بینی می‌شود که انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای CH۴ و N۲O شامل غیرکشاورزی تا سال ۲۰۵۵ افزایش یابد اگر ترجیحات غذایی و مصرف انرژی غذایی در سطح سال ۱۹۹۵ ثابت بماند. با این حال، با تغییر ترجیحات به سمت غذاهای با ارزش بالا مانند شیر و گوشت، انتشار گازها با نرخ بالاتری افزایش می‌یابد. انتشار گازها می‌تواند با کاهش مصرف گوشت یا با استفاده از فناوری‌های کاهش‌دهنده، یا هر دو، کاهش یابد [۱۲]. بخش دامداری اصلی‌ترین عامل انتشار گازهای گلخانه‌ای حدود ۱۰/۸ - ۸ درصد از انتشار گازها را تولید می‌کند؛ با IPCC، است و طبق گزارش این حال، بر اساس تحلیل چرخه حیات، می‌تواند تا ۱۸ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای را تشکیل دهد [۱۳]. منابع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط بخش آهک‌پاشی، سوخت‌های فسیلی، N۲O، دامداری شامل تخمیر داخلی، انتشار کشاورزی ارگانیک و تولید کودهای شیمیایی است [۱۴]. استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنی نیز منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. با مدیریت بهتر تولید محصولات کشاورزی، استفاده از کودهای نیتروژنی می‌تواند تا ۳۸ درصد کاهش یابد. مدیریت بهتر محصولات کشاورزی نیز منجر به مصرف ۱۱ درصد کمتر انرژی ورودی با افزایش ۳۳ درصدی بازدهی می‌شود که منجر به کاهش ۲۰ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود [۱۵]. عوامل متعدد دیگری نیز مانند صنعت حمل و نقل، تولید غذا، جنگل‌زدایی و مصرف بیش از حد انرژی به نوبه‌ی خود منجر به تسریع گرامیش زمین و تغییرات اقلیمی شده است

تاثیرات تغییر اقلیم بر کشاورزی

بخش کشاورزی به دلیل وسعت بزرگ و حساسیت به پارامترهای آب و هوایی، آسیب‌پذیرترین بخش در برابر تغییرات اقلیمی است و بنابراین تأثیرات اقتصادی زیادی دارد [۱۶]. تغییر اقلیم و کشاورزی دو فرآیند به‌هم‌پیوسته و جهانی هستند که تأثیرات متقابلی بر یکدیگر دارند. از سوی دیگر تولیدات کشاورزی به طور مستقیم بر امنیت غذایی تأثیر دارد [۱۷]. تغییرات در رویدادهای اقلیمی مانند دما و بارش به طور قابل‌توجهی بر عملکرد محصولات کشاورزی تأثیر می‌گذارد (شکل ۴). تأثیر افزایش دما، تغییرات بارش و کوددهی بسته به نوع محصول، مکان و میزان تغییر در پارامترها متفاوت است. افزایش دما باعث کاهش عملکرد می‌شود، در حالی که افزایش بارش احتمالاً تأثیر افزایش دما را جبران یا کاهش می‌دهد [۱۸]. همانطور که در ایران مشاهده شده است، تولید محصولات کشاورزی به بستگی CO۲ توانایی‌های تطبیقی، نوع محصول، سناریوی اقلیمی و تأثیر کوددهی با دارد [۱۹]. تأثیر تغییرات اقلیمی بر عملکرد محصولات کشاورزی بسته به منطقه و کاربرد آبیاری متفاوت است. عملکرد محصولات می‌تواند با گسترش مناطق آبیاری افزایش یابد که می‌تواند تأثیرات زیست‌محیطی مضری داشته باشد [۲۰]. افزایش دما احتمالا با کاهش مدت زمان رشد، عملکرد بسیاری از محصولات را کاهش می دهد. پیش‌بینی می‌شود که تولید کلی گندم، برنج و ذرت کاهش یابد اگر هر دو .منطقه معتدل و گرمسیری با افزایش دمای دو درجه سانتی‌گراد مواجه شوند [۲۱]



ارتباط بین کشاورزی و تغییرات اقلیمی و چالش‌های پیشه‌رو



تاثیرات گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی بر بخش کشاورزی

تغییرات اقلیمی به طور کلی تأثیر بیشتری بر مناطق گرمسیری دارد، زیرا محصولات گرمسیری به دمای بهینه بالای خود نزدیک‌تر هستند و بنابراین در دماهای بالاتر دچار تنش حرارتی می‌شوند [۱]. مطالعات نشان می‌دهد روند تغییرات اقلیمی، تولید محصولات کشاورزی را در کشورهای با عرض‌های جغرافیایی پایین کاهش دهد، در حالی که در عرض‌های جغرافیایی شمالی این اثرات می‌توانند به صورت افزایشی در سال ۲۰۱۴ نشان می‌دهد سهم IPCC (AR۵) باشد [۲۲,۲۳]. انتشار گزارش پنجم بخش‌های کشاورزی، جنگلداری و سایر کاربری‌های زمین در انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی تقریبا ثابت باقی مانده و حدود ۱۳ تا ۲۱ درصد از کل .گازهای گلخانه‌ای در جو را شامل می‌شود [۲۴]

یکی از تغییراتی که می‌تواند روی بحث بهره‌وری کشاورزی تاثیرگذار باشد، شرایط کشت می‌باشد. تغییرات اقلیمی می‌تواند شرایط کشت محصولات در مناطق مختلف را بهبود بخشد یا با چالش‌هایی همراه سازد [۲۵]. به‌عنوان مثال، تغییرات دما، بارش و افزایش روزهای بدون یخبندان، باعث طولانی‌تر شدن فصل رشد در بسیاری از مناطق شده است. این افزایش زمان می‌تواند از یک سو به کشاورزان امکان کاشت محصولات با دوره رشد طولانی‌تر یا اجرای کشت بیشتر را بدهد؛ اما از سوی دیگر، نیاز به آبیاری بیشتر را نیز در فصل‌های گرم‌تر و طولانی‌تر افزایش می‌دهد. همچنین، آلودگی هوا به گیاهان، محصولات کشاورزی و جنگل‌ها آسیب می‌زند [۲۶]؛ به‌طوری‌که جذب ازن سطحی توسط گیاهان، فرایند فتوسنتز را کاهش داده و رشد آن‌ها را کند کرده و حساسیت‌شان به بیماری‌ها را بیشتر می‌کند. تغییرات اقلیمی خطر بروز بلایای طبیعی از جمله آتش‌سوزی را نیز افزایش داده است، که این آتش‌سوزی‌ها تهدیدی جدی برای مزارع، مراتع و چراگاه‌ها محسوب می‌شوند [۲۵]. تغییر در دما و بارش، زمینه‌ساز شیوع گسترده‌تر حشرات، علف‌های هرز و بیماری‌ها خواهد شد که در نتیجه، نیاز به مدیریت دقیق‌تر برای کنترل آن‌ها را بیشتر می‌کند. افزون بر این، تغییرات دما و بارش بر زمان گلدهی گیاهان و فعالیت گرده‌افشان‌ها مانند زنبورها و پروانه‌ها تأثیرگذار است؛ به‌نحوی که عدم هماهنگی بین این دو، ممکن است به کاهش گرده‌افشانی بیانجامد (شکل ۵)

تأثیر تغییر اقلیم بر منابع آبی مورد نیاز کشاورزی

منابع آب شیرین به شدت تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار دارند و شواهد زیادی بر آسیب‌پذیری این منابع وجود دارد. تغییرات اقلیمی باعث ایجاد تغییراتی در الگوهای بارش، دما و رواناب می‌شود [۲۸]. تغییرات اقلیمی ممکن است با تغییر دما و بارش در سطح محلی و منطقه‌ای، هم دسترسی به منابع آب و هم نیاز آبی گیاهان را به‌طور (ET) چشمگیری تحت تأثیر قرار دهد. نیاز آبی گیاهان معمولا از طریق تبخیر-تعرق اندازه‌گیری می‌شود که شامل مجموع تبخیر و تعرق گیاه از سطح زمین به جو است. بارش منبع اصلی آب تجدیدپذیر محسوب می‌شود، هرچند در بسیاری از مناطق جهان، آب از ذوب برف و یخچال‌ها تأمین می‌گردد

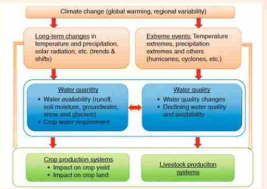
اینکه دسترسی به آب (اعم از بارش و آبیاری) تا چه حد می‌تواند نیاز آبی گیاهان را برآورده کند، عامل کلیدی در تعیین تولید محصولات کشاورزی است. در بسیاری از مناطق، به ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک، کاهش دبی رودخانه‌ها و منابع آبی سطحی به وضوح مشاهده می‌شود. همچنین، افزایش دما منجر به کاهش بارش برف در فصل زمستان می‌شود که بر الگوهای فصلی جریان آب تأثیر می‌گذارد. به طور کلی، گرم شدن کره زمین تأثیرات منفی بر کمیت و کیفیت آب های سطحی دارد. از سوی دیگر، با افزایش دما، تبخیر از سطح رودخانه‌ها و سواحل دریاچه‌ها نیز افزایش می‌یابد.

تغییرات اقلیمی بر میزان رواناب و سایر فرآیندهای هیدرولوژیک تأثیر گذاشته و کیفیت آب و دسترسی به آب سالم را تحت تأثیر قرار می‌دهد تغییرات اقلیمی به‌طور قابل‌توجهی بر زمان و نحوه استفاده از منابع آب کشاورزی تأثیر می‌گذارند. یکی از اثرات مهم آن، تغییر زمان فصل رشد برخی محصولات کشاورزی است که برآورد نیاز آبیاری را پیچیده‌تر می‌کند. افزایش دما در مناطق معتدل شمالی می‌تواند دوره رشد محصولات را طولانی‌تر کرده و امکان کاشت زودتر و برداشت دیرتر را فراهم کند. با این حال، در اکثر مناطق دیگر، این تغییرات منجر به کوتاه‌تر شدن دوره رشد می‌شوند. دوره‌های رشد طولانی‌تر نیز احتمالا نیاز آبی گیاهان را افزایش می‌دهند و فشار بیشتری بر منابع آبی وارد می‌کنند (شکل ۷).

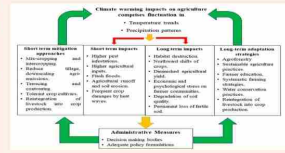
از سوی دیگر، تغییرات اقلیمی می‌توانند پایداری منابع آب زیرزمینی را از طریق چهار عامل اصلی به خطر بیندازند:

- تغییر در نرخ تغذیه آب‌های زیرزمینی به دلیل تغییر در میانگین بارش یا توزیع فصلی آن.
- وقوع خشکسالی‌های شدید و طولانی‌مدت که جریان ورودی به منابع آب زیرزمینی را کاهش می‌دهد.
- تغییر در میزان تبخیر و تعرق به دلیل دگرگونی در پوشش گیاهی، که می‌تواند به کاهش ذخایر آب زیرزمینی منجر شود.
- افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی به عنوان جایگزینی مطمئن‌تر در شرایط کم‌آبی.

این عوامل تأثیر دوگانه‌ای بر منابع آب زیرزمینی دارند. عوامل اول و دوم جریان ورودی به این منابع را کاهش می‌دهند، در حالی که عوامل سوم و چهارم بر افزایش برداشت تأکید دارند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی می تواند منجر به کاهش نرخ تغذیه آبخوان‌ها، افت سطح ایستابی و افزایش برداشت از منابع زیرزمینی شود. این پدیده‌ها در نهایت بحران آب را تشدید کرده و استفاده پایدار از منابع آبی را با چالش جدی به‌ویژه در بخش کشاورزی، مواجه می کنند



تاثیر تغییرات اقلیمی بر کمیت و کیفیت منابع آب



توصیف شماتیک از تاثیرات بالقوه تغییرات اقلیمی بر بخش کشاورزی و اقدامات مناسب کاهش و سازگاری برای مقابله با تاثیرات آن

برای کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم بر منابع آب کشاورزی، نیاز به رویکردهای مدیریت منابع آب، استفاده از فناوری‌های نوین آبیاری، و اتخاذ استراتژی های سازگاری با تغییرات اقلیمی وجود دارد [۳۰]

تاثیر تغییر اقلیم بر محیط‌زیست

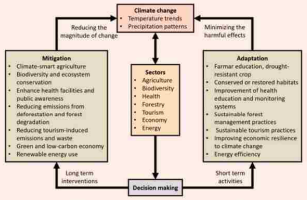
تنوع زیستی و اکوسیستم‌ها نقش حیاتی در پایداری جوامع انسانی ایفا می‌کنند و خدمات ارزشمندی ارائه می‌دهند. این خدمات شامل جذب و ذخیره کربن، تعدیل اثرات رویدادهای اقلیمی شدید، حفظ رطوبت خاک و بهبود کیفیت هوا، ایجاد موانع طبیعی در برابر طوفان‌ها و سیل‌ها، و همچنین تأمین خدمات فرهنگی همچون فرصت‌های تفریحی و بهبود سلامت روانی و جسمی هستند [۳۲,۳۳]. تغییرات اقلیمی تأثیرات گسترده‌ای بر اکوسیستم‌های زمینی داشته و به طور خاص تنوع زیستی را به شدت تحت تأثیر قرار داده است. این تغییرات با اصلاح فنولوژی گیاهان (مانند افزایش طول فصل رشد و آغاز زودتر فصل گرده‌افشانی) و تغییر در چرخه‌های زندگی جانوران (مانند مهاجرت زودتر پرندگان، شروع زودهنگام تولیدمثل، و افزایش طول فصل تولیدمثل حشرات گرماپسند) همراه بوده است. این روندها که عمدتا ناشی از افزایش دما هستند، پیش‌بینی می‌شود در دهه‌های آینده نیز ادامه پیدا کنند و تأثیرات عمیقی بر ساختار و عملکرد اکوسیستم‌ها بگذارند [۳۴].

علاوه بر این، گرمایش جهانی موجب تغییرات قابل توجهی در محدوده جغرافیایی گونه‌های گیاهی و جانوری می‌شود. این تغییرات نه تنها می‌توانند ترکیب گونه‌ها را دگرگون کنند، بلکه بر تعاملات متقابل میان آن‌ها نیز اثرگذارند [۳۵]. شواهد نشان می‌دهند که برخی گونه‌ها به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر یا ارتفاعات بیشتر مهاجرت کرده‌اند، در حالی که برای برخی دیگر انقراض‌های محلی و منطقه‌ای گزارش شده است [۳۶]. این تغییرات اکوسیستم‌های طبیعی را به طور عمیق تحت تأثیر قرار می‌دهند و می‌توانند پایداری و عملکرد آن‌ها را به چالش بکشند. گونه‌هایی که بیشتر تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرند، شامل جمعیت‌های کوچک، گونه‌هایی با محدوده اقلیمی محدود (مانند آنهایی که در عرض‌های جغرافیایی بالا یا ارتفاعات زیاد زندگی می‌کنند) و گونه‌هایی هستند که توانایی مهاجرت آن‌ها به دلیل موانع انسانی مانند تغییر کاربری زمین، جنگل‌زدایی و گسترش شهرنشینی محدود شده است. این محدودیت‌ها، به‌ویژه شکسته شدن زیستگاه‌ها، تحرک گونه‌ها را دشوارتر می‌کنند و باعث می‌شوند مهاجرت گونه‌ها معمولا از تغییرات اقلیمی عقب بماند (شکل ۸). این روند می‌تواند به کاهش تدریجی تنوع زیستی و اختلال در عملکرد اکوسیستم‌ها منجر شود [۳۷].

شماتیکی از تاثیرات تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم‌های آبی و محیط‌زیست

کاهش و سازگاری با تغییر اقلیم

ادراک کشاورزان از تهدید و شدت تغییرات اقلیمی مهم‌ترین عامل انگیزشی در کاهش داوطلبانه است. با این حال، تطبیق به اطلاعات مرتبط بستگی دارد براین، با استراتژی‌های کاهشی، تعداد[۳۹]. علاوه افرادی که در معرض تنش آبی قرار می‌گیرند کاهش می‌یابد، اما افراد باقی‌مانده به دلیل مواجهه با تنش های افزایش‌یافته به استراتژی‌های تطبیقی نیاز خواهند داشت [۴۰]. استفاده از سیستم‌های مدیریت سنتی و سیستم‌های مدیریت اکولوژیکی، مانند تنوع زیستی، مدیریت خاک و استحصال آب، می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا فناوری‌های سازگار در برابر این مداخلات آموزشی که بر جنبه‌های محلی، ملموس و قابل اجرا تمرکز دارند و می‌توانند توسط رفتار فردی نظارت شوند، در ارائه آموزش تغییرات اقلیمی برای توسعه اکولوژیکی موفق‌ترین هستند [۴۴]. کشاورزان اساساً از تطبیق حمایت می‌کنند، اما کاهش گازهای گلخانه‌ای تنها توسط تعداد کمی تأیید می‌شود که نشان‌دهنده نیاز به تمرکز بر مداخلاتی است که هر دو ویژگی تطبیق و کاهش را دارند [۴۵,۴۶]. روش‌های اصلی تطبیق کاهش را می توان به طور کلی به فناوری‌های حفظ منابع، فناوری های سیستم‌های زراعی و مداخلات اجتماعی-اقتصادی یا سیاستی تقسیم کرد [۴۷]. روش‌هایی که برای کاهش و سازگاری تأثیر تغییرات اقلیمی وجود دارد را می‌توان در شکل ۹ مشاهده کرد.



تاثیرات بخش‌های مختلف تغییرات اقلیمی همراه با اقدامات شازگاری و کاهش اثرات

منابع

[1] G.S. Malhi, M. Kaur, P. Kaushik, Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review, Sustainability 13 (2021) 1318.
[2] D.P. Stone, The changing Arctic environment, Cambridge University Press, 2015.
[3] M.L. Parry, Climate change 2007-impacts, adaptation and vulnerability: Working group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC, Cambridge University Press, 2007.
[4] I.P.O.C. Change, Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability, Geneb-ra, Suíça (2001).
[5] D.A. Davies, The Role of the WMO in Enviromental Issues, Int. Organ. 26 (1972) 327–336.
[6] W. Clark, On the practical implications of the carbon dioxide question, IIASA Work. Pap. (1985).
[7] R.A. Warrick, Carbon dioxide, climatic change and agriculture, Geogr. J. (1988) 221–233.
[8] D.J. Griggs, M. Noguer, Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Weather 57 (2002) 267–269.
[9] D.I. Stern, R.K. Kaufmann, Anthropogenic and natural causes of climate change, Clim. Change 122 (2014) 257–269.
[10] S.A. Montzka, E.J. Dlugokencky, J.H. Butler, Non-CO2 greenhouse gases and climate change, Nature 476 (2011) 43–50.
[11] K.J. Van Groenigen, C.W. Osenberg, B.A. Hungate, Increased soil emissions of potent greenhouse gases under increased atmospheric CO2, Nature 475 (2011) 214–216.
[12] A. Popp, H. Lotze-Campen, B. Bodirsky, Food consumption, diet shifts and associated non-CO2 greenhouse gases from agricultural production, Glob. Environ. Chang. 20 (2010) 451–462.
[13] F.P. O'Mara, The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future, Anim. Feed Sci. Technol. 166 (2011) 7–15.
[14] J.P. Lesschen, M. van den Berg, H.J. Westhoek, H.P. Witzke, O. Oenema, Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors, Anim. Feed Sci. Technol. 166 (2011) 16–28.
[15] A. Soltani, M.H. Rajabi, E. Zeinali, E. Soltani, Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran, Energy 50 (2013) 54–61.
[16] R. Mendelsohn, The impact of climate change on agriculture in developing countries, J. Nat. Resour. Policy Res. 1 (2009) 5–19.
[17] W.E. Easterling, P.K. Aggarwal, P. Batima, K.M. Brander, L. Erda, S.M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber, Food, fibre and forest products, Clim. Chang. 2007 (2007) 273–313.
[18] R.M. Adams, B.H. Hurd, S. Lenhart, N. Leary, Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review, Clim. Res. 11 (1998) 19–30.
[19] V. Karimi, E. Karami, M. Keshavarz, Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran, J. Integr. Agric. 17 (2018) 1–15.
[20] Y. Kang, S. Khan, X. Ma, Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security–A review, Prog. Nat. Sci. 19 (2009) 1665–1674.
[21] A.J. Challinor, J. Watson, D.B. Lobell, S.M. Howden, D.R. Smith, N. Chhetri, A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation, Nat. Clim. Chang. 4 (2014) 287–291.
[22] C. Müller, J. Elliott, J. Chryssanthacopoulos, D. Deryng, C. Folberth, T.A.M. Pugh, E. Schmid, Implications of climate mitigation for future agricultural production, Environ. Res. Lett. 10 (2015) 125004.
[23] M. Stevanović, A. Popp, H. Lotze-Campen, J.P. Dietrich, C. Müller, M. Bonsch, C. Schmitz, B.L. Bodirsky, F. Humpenöder, I. Weindl, The impact of high-end climate change on agricultural welfare, Sci. Adv. 2 (2016) e1501452.
[24] G.-J. Nabuurs, R. Mrabet, A.A. Hatab, M. Bustamante, H. Clark, P. Havlík, J.I. House, C. Mbow, K.N. Ninan, A. Popp, Agriculture, forestry and other land uses (AFOLU), in: Clim. Chang. 2022 Mitig. Clim. Chang., Cambridge University Press, 2023: pp. 747–860.
[25] P. Gowda, J.L. Steiner, C. Olson, M. Boggess, T. Farrigan, M.A. Grusak, Agriculture and rural communities, Impacts, Risks, Adapt. United States Fourth Natl. Clim. Assess. 2 (2018) 391–437.
[26] D.R. Reidmiller, C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, B.C. Stewart, Impacts, risks, and adaptation in the United States: Fourth national climate assessment, volume II, (2017).
[27] A. Raihan, A review of the global climate change impacts, adaptation strategies, and mitigation options in the socio-economic and environmental sectors, J. Environ. Sci. Econ. 2 (2023) 36–58.
[28] K.D. Frederick, P.H. Gleick, Water resources and climate change, in: Greenh. Warm., Routledge, 2016: pp. 133–143.
[29] X. Cai, X. Zhang, P.H. Noël, M. Shafiee□Jood, Impacts of climate change on agricultural water management: a review, Wiley Interdiscip. Rev. Water 2 (2015) 439–455.
[30] R.D. Singh, C.P. Kumar, Impact of climate change on groundwater resources, in: Proc. 2nd Natl. Gr. Water Congr. 22nd March, Citeseer, 2010: pp. 332–350.
[31] K. Abbass, M.Z. Qasim, H. Song, M. Murshed, H. Mahmood, I. Younis, A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures, Environ.
[32] N. Uy, R. Shaw, Y. Takeuchi, Chapter 8 livelihoods: Linking livelihoods and ecosystems for enhanced disaster management, in: Environ. Disaster Linkages, Emerald Group Publishing Limited, 2012: pp. 131–143.
[33] N. Myers, Environmental services of biodiversity., Proc. Natl. Acad. Sci. 93 (1996) 2764–2769.
[34] J. Feehan, M. Harley, J. Van Minnen, Climate change in Europe. 1. Impact on terrestrial ecosystems and biodiversity. A review, Agron. Sustain. Dev. 29 (2009) 409–421.
[35] J.M. Montoya, D. Raffaelli, Climate change, biotic interactions and ecosystem services, Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci. 365 (2010) 2013–2018.
[36] I.-C. Chen, J.K. Hill, R. Ohlemüller, D.B. Roy, C.D. Thomas, Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming, Science (80-.). 333 (2011) 1024–1026.
[37] H.M. Pereira, L.M. Navarro, I.S. Martins, Global biodiversity change: the bad, the good, and the unknown, Annu. Rev. Environ. Resour. 37 (2012) 25–50.
[38] M. Muruganandam, S. Rajamanickam, S. Sivarethinamohan, M.K.R. Gaddam, P. Velusamy, R. Gomathi, G. Ravindiran, T.R. Gurugubelli, S.K. Muniasamy, Impact of climate change and anthropogenic activities on aquatic ecosystem–A review, Environ. Res. 238 (2023) 117233.
[39] J.C. Semenza, G.B. Ploubidis, L.A. George, Climate change and climate variability: personal motivation for adaptation and mitigation, Environ. Heal. 10 (2011) 1–12.
[40] D.P. van Vuuren, M. Isaac, Z.W. Kundzewicz, N. Arnell, T. Barker, P. Criqui, F. Berkhout, H. Hilderink, J. Hinkel, A. Hof, The use of scenarios as the basis for combined assessment of climate
change mitigation and adaptation, Glob. Environ. Chang. 21 (2011) 575–591.
[41] M.A. Altieri, C.I. Nicholls, The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate, Clim. Change 140 (2017) 33–45.
[42] Heydari, M., Khaledian, M., Biglouei, M., & Ghasemnezhad, M. (2023). Opportunities and Challenges of Using Smart Mobile Apps in Irrigation of Agricultural Products. Water Management in Agriculture, 9(2), 103-114.
[43] R. Lal, J.A. Delgado, P.M. Groffman, N. Millar, C. Dell, A. Rotz, Management to mitigate and adapt to climate change, J. Soil Water Conserv. 66 (2011) 276–285.
[44] A. Anderson, Climate change education for mitigation and adaptation, J. Educ. Sustain. Dev. 6 (2012) 191–206.
[45] J.G. Arbuckle Jr, L.W. Morton, J. Hobbs, Understanding farmer perspectives on climate change adaptation and mitigation: The roles of trust in sources of climate information, climate change beliefs, and perceived risk, Environ. Behav. 47 (2015) 205–234.
[46] P. Smith, J.E. Olesen, Synergies between the mitigation of, and adaptation to, climate change in agriculture, J. Agric. Sci. 148 (2010) 543–552.
[47] B. Venkateswarlu, A.K. Shanker, Climate change and agriculture: adaptation

معرفی هوش مصنوعی در رشته مهندسی آب: مدیریت منابع آب

Introduction of artificial intelligence in the field of water engineering: water resources management

ایمان حاجی‌راد
دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

آبخوان

مقدمه

شاخه‌ای از علوم رایانه است که هدف آن ساخت ماشین‌هایی است (AI) هوش مصنوعی که بتوانند وظایفی را انجام دهند که نیاز به هوش انسانی دارند. این فناوری در واقع تلاش برای شبیه‌سازی هوش انسان در کامپیوترها است و به معنای برنامه‌ریزی ماشین‌هایی است که بتوانند مانند انسان فکر کنند و رفتار او را تقلید کنند. هوش مصنوعی شامل تمامی ماشین هایی می‌شود که بتوانند مانند ذهن انسان عمل کنند و وظایفی مثل یادگیری و حل مسئله را انجام دهند. این سیستم‌ها به¬گونه‌ای طراحی می‌شوند که بتوانند دستورات و وظایف محول شده را به درستی و با دقت اجرا کنند. پایه‌های اصلی هوش مصنوعی بر سه مفهوم استوار است: یادگیری، درک، و استدلال. این حوزه یک علم میان‌رشته‌ای است و با استفاده از روش هایی مانند یادگیری ماشین و یادگیری عمیق توانسته تغییرات گسترده‌ای در فناوری و صنعت ایجاد کند، منابع آب در سراسر جهان در حال کاهش هستند و خشکسالی به یکی از بزرگ‌ترین تهدیدها برای مردم دنیا تبدیل شده است. کمبود آب اکنون اصلی‌ترین چالش در مسیر توسعه پایدار به شمار می‌رود؛ مشکلی که روزبه‌روز شدیدتر می‌شود. افزایش جمعیت، بالاتر رفتن استانداردهای زندگی، تغییر رژیم‌های غذایی، و تأثیرات مخرب تغییرات اقلیمی همگی به تشدید این بحران دامن می‌زنند. پژوهشگران بر این باورند که در آینده، جنگ‌ها نه بر سر منابع انرژی، بلکه بر سر آب رخ خواهد داد، و قرن بیست‌ویکم می‌تواند شاهد «جنگ های آب» باشد . ایران نیز با میانگین بارندگی سالانه‌ای که تنها حدود یک‌سوم میانگین جهانی است، از میان ۱۱۶ کشور جهان، رتبه چهاردهم را از نظر بحران آب دارد

برای عبور از این بحران و کنترل منابع آبی موجود، استفاده از مدیریت یکپارچه و هوشمند منابع آب ضروری به نظر می‌رسد. چنین راهکارهایی می‌توانند به بهره‌وری بهتر، کاهش هدررفت و استفاده پایدار از منابع کمک کنند. مدیریت منابع آب شامل وظایفی است که به حفظ منابع آب، برداشت و استفاده از آن، برنامه‌ریزی برای منابع آبی موجود و توزیع مناسب آب بین مصرف‌کنندگان، و همچنین تنظیم سیاست‌ها و شیوه‌های اجرایی مرتبط با این موارد می‌پردازد. این شیوه‌ها باید به¬گونه‌ای طراحی و اجرا شوند که منابع آب به‌طور پایدار در بلندمدت حفظ شوند. پیچیدگی‌های مدیریت منابع آب و اولویت‌بندی مصرف آب، به همراه گستردگی منابع آبی متعارف و غیرمتعارف، نیاز به استفاده از شیوه‌های کارآمد و هوشمند را برای بهره‌برداری مؤثر از منابع مختلف آبی به‌وجود می‌آورد. الگوریتم‌های هوش مصنوعی می توانند برای مدیریت منابع آب، از جمله نظارت بر دسترسی به آب‌های زیرزمینی یا آب‌های سطحی، هزینه‌ها و تقاضای آب از سوی شهرداری‌ها، و همچنین تقاضای آب توسط صنایع و معادن، استفاده شوند. با افزایش شهرنشینی و رشد تقاضا برای آب، مدیریت تأمین آب در فصل‌های کم‌آب یکی از چالش‌های اصلی مدیران شهری است. از طرف دیگر، دفع فاضلاب بدون تصفیه مناسب به محیط زیست منجر به آلودگی منابع آبی می‌شود. هوش مصنوعی می‌تواند در طراحی مدل‌هایی برای زیرساخت‌های توزیع آب به کار گرفته شود تا تأمین آب سالم و پایدار را به‌طور کارآمد برای عموم مردم فراهم کند. سیستم‌های هوشمند می‌توانند با استفاده از اینترنت اشیا، یادگیری عمیق و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، برای نظارت بر جریان آب، استفاده بیش از حد، آلودگی و پیشنهاد استراتژی‌های مناسب مدیریت منابع آب به کار روند. این سیستم‌ها می‌توانند در جهت کاهش مصرف آب، اعمال محدودیت‌های مصرف در خانه‌ها و تنظیم تعرفه‌ها برای مصرف بهینه آب کمک کنند

مدیریت منابع آب در زمینه‌های مختلفی همچون کشاورزی، تأمین آب عمومی، صنعت، معدن، تولید برق آبی و فرهنگ آب ضروری است. در کشاورزی، چالش اصلی در دسترسی به آب و استفاده بهینه از آن است، که نیازمند شیوه‌های پایدار برای صرفه‌جویی و برداشت بهینه آب می‌باشد. در مجموع، استفاده از تکنیک‌های هوشمند و الگوریتم‌های پیشرفته در مدیریت منابع آب می‌تواند راه‌حل‌های مؤثری برای مقابله با بحران آب و بهره‌برداری پایدار از این منابع ارائه دهد ذکاربردهای هوش مصنوعی بسیار گسترده است. در پزشکی، این فناوری برای تشخیص بیماری‌ها و توسعه داروهای جدید استفاده می‌شود. در صنعت، بهینه‌سازی تولید و کنترل کیفیت را تسهیل می‌کند. در کشاورزی، مدیریت منابع آب و پایش سلامت محصولات را ممکن می‌سازد

.

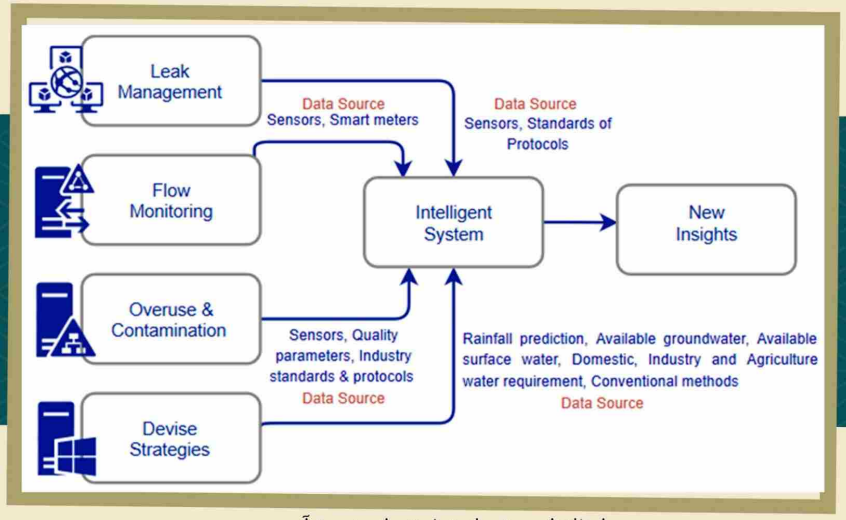
همچنین، در حمل‌ونقل خودروهای خودران و بهینه‌سازی ترافیک، و در خدمات مالی تحلیل بازار و کشف تقلب از دیگر کاربردهای آن هستند

در حوزه مهندسی آب، هوش مصنوعی نقش کلیدی در مدیریت و حفاظت از منابع آبی ایفا می‌کند. این فناوری می‌تواند جریان آب و ذخایر آن را پیش‌بینی کند، کیفیت آب را پایش کرده و آلودگی ها را شناسایی کند. با تحلیل داده‌های هواشناسی، مدل‌های پیشرفته‌ای برای پیش‌بینی سیلاب‌ها ارائه می‌دهد که در مدیریت بحران بسیار مفید است. همچنین، در کشاورزی، سیستم‌های آبیاری هوشمند بر اساس نیاز واقعی گیاهان طراحی می‌شوند که به صرفه‌جویی در مصرف آب کمک می‌کند. همچنین، سیستم های هوشمند مانند اینترنت اشیا، یادگیری عمیق و الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند در فرآیندهایی مانند مدیریت نشت، نظارت بر جریان، جلوگیری از استفاده بیش از حد، شناسایی آلودگی و طراحی راهبردهای استفاده مناسب از منابع آب به کار گرفته شوند

علاوه بر این، ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی برای شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی و طراحی شبکه‌های توزیع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند و امکان مدیریت بهینه منابع آب را فراهم می‌کنند. هوش مصنوعی با ارائه راهکارهای هوشمندانه، به حفظ .منابع آبی و ایجاد آینده‌ای پایدار کمک می‌کند

توجه به منابع آب شهری برای تأمین نیازهای روزافزون آب، حفظ محیط‌زیست، پیشگیری از بحران‌ها و ارتقاء کیفیت زندگی شهروندان ضروری است. روش‌های هوش مصنوعی به طور عمده به دلیل توانایی بالای آن‌ها در استدلال، انعطاف‌پذیری، مدل سازی و پیش‌بینی تقاضا و ظرفیت آب در برنامه‌ریزی منابع آب شهری به کار میروندد پژوهشی به منظور حفظ محیط آبی مناطق شهری روش جدیدی بنام برنامه‌ریزی منابع آب هوشمند و پیشنهاد شده است. رویکرد هوشمند و (AIDWRP) تطبیقی تطبیقی به عنوان یک زیرمجموعه از تکنیک‌های هوش مصنوعی مدل‌سازی مؤثری برای برنامه‌ریزی محیطی به منظور توسعه پایدار منابع آب ارائه می‌دهد

با استفاده از این روش، می‌توان به بهینه‌سازی استفاده از منابع آب دست یافت و همزمان کارایی اقتصادی محلی را افزایش داد. به عبارت دیگر، این رویکرد می‌تواند به حفظ منابع آبی و بهبود شرایط اقتصادی در مناطق شهری کمک کند برآورد دقیق تبخیر-تعرق با استفاده از هوش مصنوعی به بهینه‌سازی مصرف آب، پیش‌بینی تغییرات اقلیمی، و حفظ منابع آبی کمک می‌کند. این اطلاعات دقیق به کشاورزان و مدیران منابع آب امکان می‌دهد تا تصمیمات مؤثرتری بگیرند و در نهایت به افزایش تولیدات کشاورزی و مدیریت بحران‌های آب منجر شود.



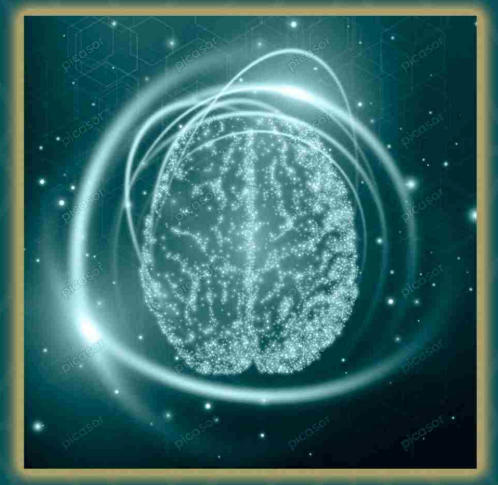
استفاده از سیستم های هوشمند برای مدیریت آب

در این زمینه افضل و همکاران در جزیره پرنس ادوارد، با استفاده از هوش مصنوعی و مدل‌های یادگیری عمیق، تبخیر-تعرق مرجع را برآورد کردند

نتایج نشان داد که این روش‌ها توانسته‌اند تبخیر-تعرق مرجع را با دقت بالا پیش‌بینی کنند و برآوردها نشان داد که در فصل‌های تابستان، میزان آن بیشتر از بارش باران است. این موضوع نیاز به آبیاری مکمل برای حفظ تولیدات کشاورزی را در شرایط خشک تأکید کرد دفع زباله‌های جامد شهری، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، یک چالش بزرگ است که تأثیرات اجتماعی و زیست محیطی آن رو به افزایش است

ساده‌ترین روش دفع، دفن زباله در زمین است، اما این روش می‌تواند مشکلاتی از جمله آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی را ایجاد کند. در ایران، زباله‌های شهری به‌دلیل ترکیب بالای مواد آلی، خطر آلودگی بیشتری دارند. نفوذ شیرابه‌ها به آب های زیرزمینی، خطراتی برای سلامت محیط و منابع آب شرب ایجاد می‌کند

شناسایی منابع آلودگی آب‌های زیرزمینی به‌دلیل ویژگی‌های متغیر آن‌ها چالش برانگیز است. شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان ابزاری برای مرتبط کردن ورودی ها با خروجی‌ها، در این زمینه مورد توجه قرار گرفته‌اند. باقری و همکاران در مطالعه-ای به معرفی مدل‌های منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی و ارزیابی نفوذ شیرابه از یک محل دفن زباله به آب‌های زیرزمینی پرداختند. محل مورد مطالعه در نزدیکی شهر سنندج در غرب ایران واقع شده و زباله‌های دفع‌شده عمدتاً شامل مواد آلی است. مدل‌ها همچنین برای تحلیل آلودگی‌های مختلف که هنگام نفوذ شیرابه به آب‌های زیرزمینی مضر هستند، به‌کار رفتند. نتایج مدل‌سازی به همراه تحلیل آلودگی‌ها به‌عنوان مبنایی برای ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی نفوذ شیرابه به آب‌های زیرزمینی در منطقه مطالعه استفاده شد



منابع

[۱]. Afzaal, H., Farooque, A. A., Abbas, F., Acharya, B, and Esau, T. ۲۰۲۰. Computation of evapotranspiration with artificial intelligence for precision water resource management. Applied Sciences. ۱۰(۵): ۱۶۲۱.

[۲]. Bagheri, M., Bazvand, A, and Ehteshami, M. ۲۰۱۷. Application of artificial intelligence for the management of landfill leachate penetration into groundwater, and assessment of its environmental impacts. Journal of Cleaner Production. ۱۴۹: ۷۸۴-۷۹۶.

[۳]. Belhassan, K. (۲۰۲۱). Water scarcity management. Water safety, security and sustainability: Threat detection and mitigation, ۴۴۳-۴۶۲.

[۴]. Ertel, W. (۲۰۲۴). Introduction to artificial intelligence. Springer Nature.

[۵]. Jaboob, A., Durrah, O., & Chakir, A. (۲۰۲۴). Artificial Intelligence: An Overview. Engineering Applications of Artificial Intelligence, ۳-۲۲.

[۶]. Krishnan, S. R., Nallakaruppan, M. K., Chengoden, R., Koppu, S., Iyapparaja, M., Sadhasivam, J., & Sethuraman, S. (۲۰۲۲). Smart water resource management using Artificial Intelligence: A review. Sustainability, ۱۴(۲۰), ۱۳۳۸۴.

[۷]. Xiang, X., Li, Q., Khan, S, and Khalaf, O. I. ۲۰۲۱. Urban water resource management for sustainable environment planning using artificial intelligence techniques. Environmental Impact Assessment Review. ۸۶: ۱۰۶۵۱۵.

آبخوان

امنیت غذایی و توسعه پایدار: راهبردهایی برای مقابله با ناامنی در جهان امروز

Food Security and Sustainable Development: Strategies for Coping with Insecurity in Today's World

سید مهدی سلارخراسانی

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران

چکیده

امنیت غذایی یکی از چالش‌های کلیدی قرن بیست و یکم است که با توجه به رشد جمعیت، تغییرات اقلیمی و نابرابری‌های اقتصادی اهمیت بیشتری یافته است. گزارش‌های اخیر نشان می‌دهد که حدود ۸۰۰ میلیون تا ۱/۲ میلیارد نفر در سراسر جهان از ناامنی غذایی و سوءتغذیه رنج می‌برند. در این مقاله به بررسی ابعاد مختلف امنیت غذایی شامل دسترس‌پذیری، دسترسی، پایداری و استفاده زیستی پرداخته شده و رابطه این ابعاد با عوامل اجتماعی، اقتصادی و سیاسی تحلیل می‌شود. علاوه بر این، به پیچیدگی تعاریف و دیدگاه‌های مختلف درباره امنیت غذایی و نقش مؤسسات جهانی در ایجاد سیاست‌های موثر پرداخته شده است. در نهایت، تأکید بر اهمیت هماهنگی بین‌المللی و لزوم همکاری‌های چندجانبه در مبارزه با ناامنی غذایی، به‌ویژه در مناطق آسیب .پذیر، نتیجه‌گیری شده است

مقدمه

موضوع امنیت غذایی به عنوان یکی از عوامل اصلی توسعه پایدار و رفاه اجتماعی در دهه‌های اخیر مورد توجه محققان، سیاست گذاران و سازمان‌های بین‌المللی قرار گرفته است. امنیت غذایی نه تنها به معنای تأمین غذای کافی برای امروز است، بلکه نیازمند رویکردی فراگیر است که به آینده نیز توجه داشته باشد. سازمان‌های بین‌المللی، از جمله سازمان ملل متحد و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد ، به‌طور مداوم به اهمیت امنیت غذایی پرداخته و آن را از دیدگاه‌های مختلف بررسی کرده‌اند. اهمیت امنیت غذایی از این رو دوچندان می‌شود که دسترسی به غذای کافی، سالم و مغذی نه تنها به زندگی سالم افراد کمک می‌کند، بلکه بر عملکرد اقتصادی، اجتماعی و سیاسی کشورها نیز تأثیر می‌گذارد

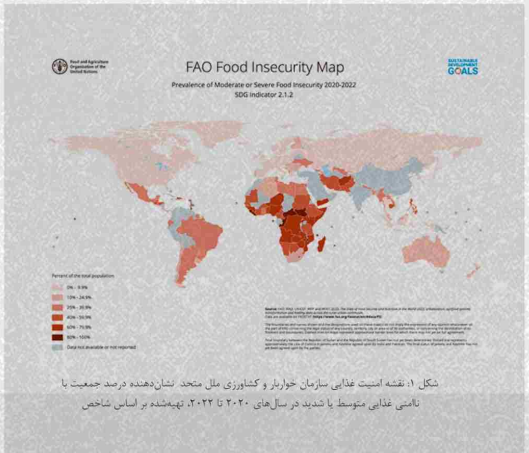
طی چهل سال گذشته، تعداد افراد دچار گرسنگی و سوءتغذیه بین ۸۰۰ میلیون تا ۱/۲ میلیارد نفر تخمین زده شده است [۱]، و این آمار به ویژه در کشورهای در حال توسعه بیشتر به چشم می خورد. از سوی دیگر، کشورهای توسعه‌یافته نیز با ناامنی غذایی مواجه هستند، هرچند که مشکلات آن‌ها عمدتاً ناشی از نابرابری اقتصادی و ناتوانی در دسترسی به غذای با کیفیت است. برخلاف باور عمومی، ناامنی غذایی تنها محدود به کشورهای فقیر و در حال توسعه نیست؛ بلکه در کشورهای .توسعه‌یافته نیز به شکل‌های مختلفی، از جمله در قالب فقر غذایی و سوءتغذیه، بروز می‌کند [۲،۳] با وجود تحقیقات گسترده، امنیت غذایی همچنان مفهومی پیچیده و چندوجهی باقی مانده است. بسیاری از افراد این مفهوم را با ایمنی غذا (یعنی تضمین بهداشتی و سالم بودن غذا) اشتباه می گیرند و برخی دیگر معتقدند که تنها مسئله کشورهای فقیر است. اما در واقعیت، مفهوم امنیت غذایی فراتر از دسترسی به غذاهای سالم و مغذی است و ابعاد متعددی از جمله دسترس‌پذیری غذا، دسترسی اقتصادی و فیزیکی، پایداری و استفاده زیستی را شامل می‌شود. بدون شناخت و درک درست این ابعاد، نمی‌توان به اهداف امنیت غذایی جهانی دست یافت و از اثرات زیان‌بار .سوءتغذیه جلوگیری کرد

در شرایط کنونی، مسائل مختلفی مانند تغییرات اقلیمی، بلایای طبیعی، جنگ‌ها، تحریم‌ها و بحران‌های اقتصادی به شدت بر امنیت غذایی تأثیرگذار بوده‌اند. تغییرات اقلیمی به ویژه با کاهش تولید محصولات کشاورزی، افزایش خشکسالی و آسیب به منابع طبیعی به طور مستقیم و غیرمستقیم به ناامنی غذایی دامن می‌زند. از سوی دیگر، نابرابری‌های اقتصادی و اجتماعی موجب می‌شود که حتی در جوامعی که تولید و دسترس‌پذیری غذا بالاست، دسترسی به آن برای همه .افراد جامعه امکان‌پذیر نباشد

این مقاله به بررسی ابعاد مختلف امنیت غذایی و تعاریف آن، دیدگاه‌های متفاوت درباره این موضوع و عوامل مؤثر در بهبود و حفظ امنیت غذایی پرداخته و راهکارهای ممکن برای کاهش ناامنی غذایی در سطح جهانی را مورد بررسی قرار می‌دهد. با توجه به ماهیت چندوجهی و پیچیده امنیت غذایی، رویکردی جامع و یکپارچه برای مقابله با این چالش ضروری است

تعریف امنیت غذایی

امنیت غذایی به معنای دسترسی مداوم به غذای کافی، سالم و مغذی برای همه افراد جامعه در هر زمان و به منظور آینده‌ای پایدار است. از امنیت غذایی شامل چهار بعد اساسی است که عبارتند از دسترس‌پذیری، دسترسی، پایداری ،(FAO) دیدگاه سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و استفاده زیستی. هر کدام از این ابعاد به نحوی در تامین امنیت غذایی موثر هستند و نبود هر یک از این ابعاد می‌تواند منجر به ناپایداری امنیت غذایی در سطح فردی و اجتماعی شود [۴]



شکل ۱: نقشه امنیت غذایی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد. نشان‌دهنده درصد جمعیت با ناامنی غذایی متوسط یا شدید در سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲، تهیه‌شده بر اساس شاخص

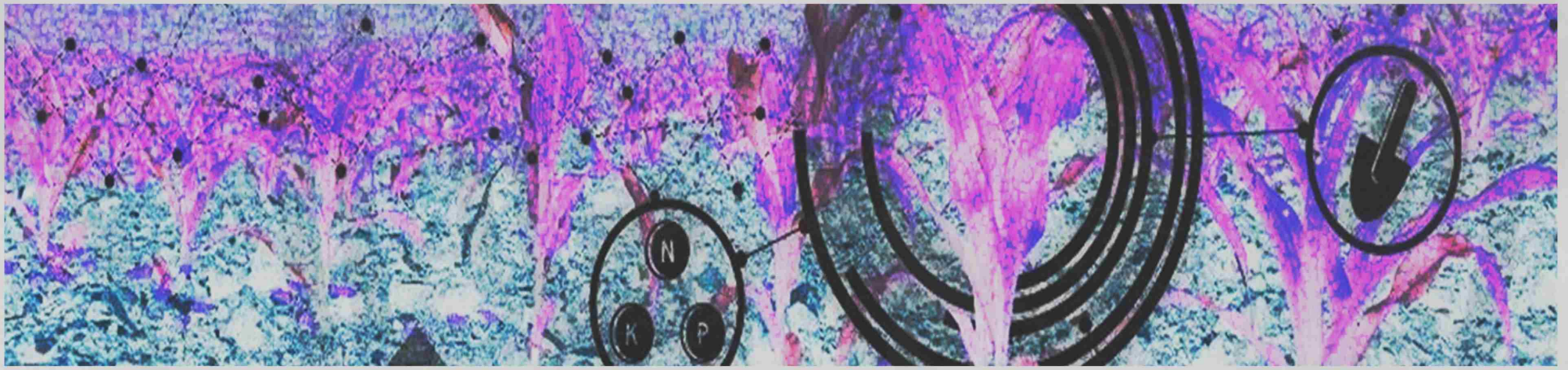
شکل ۱ نشان‌دهنده وضعیت ناامنی غذایی متوسط یا شدید در سراسر جهان بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲ است. رنگ‌های تیره‌تر نشان دهنده درصد بالاتری از جمعیت مبتلا به ناامنی غذایی هستند. همان طور که در نقشه مشخص است، مناطق جنوب صحرای آفریقا، بخش هایی از خاورمیانه و آمریکای لاتین بیشترین میزان ناامنی غذایی را دارند. در مقابل، کشورهای اروپایی و بخش‌هایی از آمریکای شمالی و شرق آسیا درصد پایین‌تری از جمعیت مبتلا به این مسئله را نشان می‌دهند. این توزیع، تأثیرات نابرابر عوامل اقتصادی، سیاسی، و اقلیمی را بر امنیت غذایی در مناطق مختلف جهان نشان می‌دهد

دسترس‌پذیری

دسترس‌پذیری به مقدار و کیفیت غذای موجود برای مصرف اشاره دارد و در سطح کلان بیشتر به عوامل مربوط به تولید داخلی، واردات و ذخیره‌سازی وابسته است. رشد تکنولوژی‌های کشاورزی، بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل و انبارداری و نیز دسترسی به منابع طبیعی، همگی به‌عنوان عوامل مؤثر در افزایش دسترس‌پذیری غذا شناخته می‌شوند. بر اساس تحقیقات صورت‌گرفته، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های کشاورزی مدرن و ایجاد زیرساخت‌های مناسب می‌تواند کمک شایانی به افزایش تولید مواد غذایی کند، که در نهایت منجر به ارتقای امنیت غذایی خواهد شد [۶,۷].

دسترسی

این بعد از امنیت غذایی به توانایی دسترسی فیزیکی و اقتصادی افراد به غذا اشاره دارد. حتی اگر میزان تولید مواد غذایی کافی باشد، وجود مشکلات اقتصادی یا نبود زیرساخت‌های مناسب می‌تواند مانع دسترسی افراد به غذا شود. در بسیاری از کشورها، افراد کم‌درآمد یا اقشار آسیب‌پذیر بیشتر در معرض تهدیدات ناشی از نداشتن دسترسی اقتصادی به مواد غذایی قرار دارند. علاوه بر این، فراهم‌سازی حمایت‌های اجتماعی و امداد غذایی در شرایط اضطراری، از جمله عوامل مؤثر در تضمین دسترسی همه افراد به غذا هستند [۹,۸,۶].



پایداری

پایداری در امنیت غذایی به معنای اطمینان از دسترسی پایدار به غذا در مواجهه با تغییرات و شوک‌های محیطی و اقتصادی است. بلایای طبیعی مانند سیل و خشکسالی، بحران‌های اقتصادی، جنگ و تغییرات آب‌وهوایی از عواملی هستند که ممکن است پایداری امنیت غذایی را به چالش بکشند. بنابراین، مدیریت منابع، سیاست‌گذاری‌های هوشمند و برنامه‌های آمادگی برای شرایط بحرانی به عنوان ابزارهایی برای حفظ پایداری و جلوگیری از نوسانات دسترسی به غذا شناخته می‌شوند. تقویت این بعد از امنیت غذایی از طریق سیاست‌گذاری‌های ملی و بین‌المللی به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه ضروری است [۱۰].

استفاده زیستی

استفاده زیستی به فرآیندی اشاره دارد که در آن بدن توانایی جذب و استفاده از مواد مغذی موجود در غذا را دارد. این بُعد از امنیت غذایی تنها به دسترسی به غذا محدود نمی‌شود، بلکه به کیفیت تغذیه و سلامت عمومی نیز وابسته است. تغذیه نامناسب و عدم آگاهی از نیازهای تغذیه‌ای می‌تواند منجر به کمبودهای تغذیه‌ای شود، حتی اگر فرد به غذای کافی دسترسی داشته باشد. بهداشت عمومی، آب سالم و آگاهی از نیازهای تغذیه‌ای نیز در این بعد از امنیت غذایی اهمیت ویژه‌ای دارند، زیرا جذب ناکافی مواد مغذی ممکن است به مشکلات جدی سلامت عمومی منجر شود [۱۲, ۱۱].

پیچیدگی تعاریف و دیدگاه‌ها

امنیت غذایی در طول سال‌ها، به‌دلیل ابعاد مختلف و رویکردهای متنوع در این حوزه، تعاریف و چارچوب‌های متفاوتی پیدا کرده است. از دیدگاه سازمان ملل متحد، امنیت غذایی زمانی محقق می‌شود که افراد جامعه بتوانند دسترسی فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی به غذای کافی، سالم و مغذی برای داشتن یک زندگی فعال و سالم داشته باشند. در این دیدگاه، تأمین غذا به عنوان حق اساسی انسان‌ها بر (USDA) مورد توجه است و اهمیت بالایی به عدالت و پایداری منابع داده می‌شود [۱۳]. در مقابل، وزارت کشاورزی ایالات متحده معیارهایی تأکید می‌کند که علاوه بر دسترسی به غذای کافی، به جنبه‌های قابل قبول بودن اجتماعی مصرف غذا نیز توجه دارند و به عنوان مثال، تاکید می‌کنند که غذا باید نه تنها از نظر کیفی مناسب باشد، بلکه با فرهنگ و ارزش‌های اجتماعی جامعه نیز سازگار باشد [۱۵ ۱۴,]. این تفاوت‌ها، نشان‌دهنده چندوجهی و پیچیدگی امنیت غذایی و لزوم هماهنگی بین سیاست‌گذاران و نهادهای جهانی است، چرا که هرگونه تعریف متفاوت می‌تواند برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌های داخلی و بین‌المللی را تحت تأثیر قرار دهد.

دیدگاه‌های متفاوت نسبت به امنیت غذایی

امنیت غذایی موضوعی چندرشته‌ای است که شامل حوزه‌هایی چون کشاورزی، بهداشت عمومی، اقتصاد، جامعه‌شناسی و سیاست‌گذاری می‌شود. این گستردگی باعث می‌شود هر یک از این رشته‌ها با توجه به اهداف و معیارهای خود به تحلیل امنیت غذایی بپردازند. برای مثال، در حوزه کشاورزی تمرکز اصلی بر تولید پایدار و بهره‌وری در تولید مواد غذایی است، چرا که افزایش تولید یکی از اصول اساسی برای تأمین غذای کافی و کاهش ناامنی غذایی است [۱۳]. اما جامعه‌شناسان بیشتر بر تأثیرات اجتماعی و فرهنگی ناامنی غذایی تمرکز دارند؛ آن‌ها به عواملی مانند توزیع نابرابر غذا و اثرات ناامنی غذایی بر سلامت روانی و اجتماعی افراد می‌پردازند. اقتصاددانان نیز تأثیرات

حکمرانی جهانی و مسئولیت‌پذیری

به‌منظور مقابله با ناامنی غذایی در سطح جهانی، لازم است که نهادهای مختلف در سطح ملی و بین‌المللی مسئولیت‌ها را به اشتراک بگذارند و به همکاری بپردازند. سازمان ملل متحد به‌عنوان یکی از نهادهای برجسته جهانی، با همکاری سایر نهادهای بین‌المللی و منطقه‌ای همچون اتحادیه اروپا و همچنین سازمان‌های غیردولتی، تلاش دارد تا از طریق سیاست‌گذاری‌های مرتبط، تأمین منابع و برنامه‌های توسعه، امنیت غذایی جهانی را ارتقا دهد. این نهادها از طریق تدوین سیاست‌های کلان و فراهم‌سازی بستر مناسب برای انتقال دانش و تجربه، به کشورها کمک می‌کنند تا به سمت ارتقای امنیت غذایی و کاهش ناامنی غذایی حرکت کنند [۱۵ ۱۴, ۱۳,]. با این حال، تضاد منافع میان کشورها و نبود اجماع جهانی بر سر روش‌های اجرایی به عنوان موانعی جدی برای دستیابی به راهکارهای جامع و موثر در این حوزه شناخته می‌شود. مشارکت و هماهنگی بیشتر بین نهادهای جهانی و دولت‌ها در ایجاد زیرساخت‌های پایدار و تضمین حقوق غذایی برای همه افراد در سطح جهانی ضروری است.

نتیجه‌گیری

امنیت غذایی به عنوان یک موضوع پیچیده که ابعاد مختلفی از زندگی انسان‌ها را در بر می‌گیرد، نیازمند نگاهی جامع و همکاری‌های گسترده در سطح جهانی است. با توجه به تأثیرات عمیق ناامنی غذایی بر سلامت عمومی، کاهش کیفیت زندگی، ایجاد نابرابری‌های اجتماعی و کاهش رشد اقتصادی، برخورداری از رویکردی یکپارچه و هدفمند برای حل این مسئله امری ضروری است. ناامنی غذایی می‌تواند باعث افزایش فقر، نابرابری، و کاهش بهره‌وری نیروی کار شود و در نهایت توسعه پایدار جامعه را به خطر بیندازد.

دستیابی به امنیت غذایی تنها از طریق هماهنگی بین‌المللی و سیاست‌گذاری‌های هم‌راستا میان کشورها و نهادهای جهانی امکان‌پذیر است. کشورهای مختلف باید به توسعه سیاست‌های کشاورزی پایدار، بهبود دسترسی به منابع غذایی، کاهش وابستگی به واردات و حمایت از جوامع محلی اهمیت بیشتری دهند. همچنین، نقش سیستم‌های حمل‌ونقل و زیرساخت‌های ذخیره‌سازی در دسترس‌پذیری غذا و کاهش هدررفت مواد غذایی غیرقابل چشم‌پوشی است. از سوی دیگر، تلاش‌های بین‌المللی برای ارتقای آگاهی عمومی و توسعه برنامه‌های آموزشی در جهت ارتقای بهداشت و تغذیه نیز می‌تواند به توانمندسازی افراد و جوامع در مدیریت منابع غذایی و بهبود استفاده زیستی از مواد مغذی کمک کند.

با نگاهی به آینده، ضروری است که سیاست‌های جهانی به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند تغییرات اقلیمی، رشد جمعیت و بحران‌های اقتصادی را به خوبی مدیریت کنند. تنها از طریق اتحاد، تبادل دانش و تجربه، و اقدامات مشترک می‌توان به مقابله با چالش‌های فراگیر امنیت غذایی پرداخت. این مقاله بر ضرورت همگرایی تلاش‌های ملی و بین‌المللی تأکید می‌کند و نشان می‌دهد که تضمین امنیت غذایی برای نسل‌های آینده نیازمند برنامه‌های عملی، تعهدات قوی و همکاری‌های گسترده میان تمامی بخش‌ها و سطوح جامعه است.

منابع

1- Hilhorst, B., Balikuddembe, W. O., Thuo, S., & Schütte, P. Food and agriculture organization of the united nations Rome. 2011.

2- Gibson, M. (2016). The feeding of nations: redefining food security for the 21st century. CRC Press.

3- Gibson, M. (2012). Food security—a commentary: what is it and why is it so complicated?. Foods, 1(1), 18-27.

4- Agriculture Organization of the United Nations. Economic, & Social Department. (2005). The State of Food Insecurity in the World, 2005: Eradicating World Hunger-Key to Achieving the Millennium Development Goals. Food & Agriculture Org.

5- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. (2023). The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Retrieved from https://www.fao.org/faostat/en/#data/FS

6- Riely, F. (1999). Food Security Indicators and Framework for Use in the Monitoring and Evaluation of Food Aid Programs. Food and Nutrition Technical Assistance Project (FANTA), Washington DC: Academy for Educational Development, US Agency for International Development.

7- Birhane, T., Shiferaw, S., Hagos, S., & Mohindra, K. S. (2014). Urban food insecurity in the context of high food prices: a community based cross sectional study in Addis Ababa, Ethiopia. BMC public health, 14, 1-8.

8- en, A. Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation; Clarendon Press:

9- Oxford, UK, 1981; p. 166.

10- Kluvers, R., & Isbister, T. (2015). Resource Dependency and the NGO Response to Famine: A Theoretical Study. Corporate Ownership & Control, 13(1), 1006-1013.

11- Samimi, C., Fink, A. H., & Paeth, H. (2012). The 2007 flood in the Sahel: causes, characteristics and its presentation in the media and FEWS NET. Natural Hazards and Earth System Sciences, 12(2), 313-325.

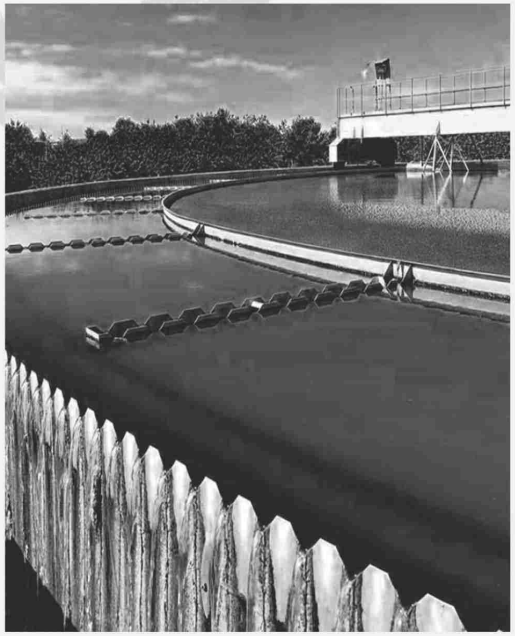
12- Duncan, J. (2015). Global food security governance: Civil society engagement in the reformed Committee on World Food Security. Routledge.

13- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2005). Trade reforms and food security: Conceptualizing the linkages. Food & Agriculture Organi.

14- Anderson, S. A. (1990). Core indicators of nutritional state for difficult-to-sample populations. The Journal of nutrition, 120, 1555-1598.

15- Coleman-Jensen, A., Gregory, C., & Singh, A. (2014). Household food security in the United States in 2013. USDA-ERS Economic Research Report, (173).

آبخوان



وضعیت بهره‌وری آب

Water productivity status

مهسا حیدری

دانشجوی دکتری دانشگاه محقق اردبیلی

سینا کوثری

دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

مقدمه

بحران آب، به‌ویژه در منطقه خاورمیانه که بیشتر کشورها در اقلیم‌های خشک یا نیمه‌خشک قرار دارند، به یک چالش فراگیر تبدیل شده است [۱]. رشد جمعیت و افزایش تقاضا در بخش‌های مختلف، همراه با کاهش بارندگی‌ها ناشی از تغییرات اقلیمی، این بحران را تشدید کرده است. در ایران، کمبود آب به‌عنوان یک بحران جدی یا حتی ورشکستگی آبی مطرح می‌شود که پیامدهای آن به رقابت های شدید در بخش‌های کشاورزی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی منجر شده است [۲-۴]. وابستگی شدید بخش کشاورزی به منابع آب، این بحران را تشدید کرده است. کشاورزی در سطح جهانی، با مصرف حدود ۷۰ درصد از کل منابع برداشت‌شده آب، بزرگ‌ترین مصرف کننده آب به شمار می‌آید. در ایران، اقلیم نیمه‌خشک و نیاز به تولید مواد غذایی، وابستگی به کشاورزی فاریاب را افزایش داده است؛ به‌طوری که بر اساس آمار وزارت نیرو، حدود ۹۰ درصد از منابع آب استحصال‌شده به این بخش اختصاص دارد. رشد جمعیت و افزایش تولیدات کشاورزی، سطح زیر کشت اراضی آبی را گسترش داده و موجب برداشت بیشتر از منابع آب سطحی و زیرزمینی شده است. پیش‌بینی (FAO) سازمان خواربار جهانی کرده است که مصرف آب کشاورزی تا سال ۲۰۵۰ به دلیل تقاضای جهانی ۱۱ درصد افزایش خواهد یافت، در حالی که این افزایش با کاهش منابع آبی و خشکسالی‌های مکرر همراه خواهد بود. میانگین مصرف آب کشاورزی در ایالات متحده بین ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ مترمکعب در هکتار و در کشورهای آسیایی بین

تا ۱۷۰۰۰ مترمکعب در هکتار گزارش شده است، که احتمالاً با شرایط کنونی به روند ۵۰۰۰ افزایشی خود ادامه خواهد داد [۵]. بنابراین، اصلاح و بهبود اراضی فاریاب از ضروریات است. هرچند کشاورزی صنعتی مدرن به افزایش تولید و دسترسی بیشتر به غذا کمک کرده است، اما این سیستم پیامدهای محیط‌زیستی متعددی به دنبال داشته است؛ از جمله آلودگی و تخریب خاک، آلودگی نیتروژن و فسفر، کاهش تنوع زیستی و تخریب زیستگاه‌ها، افت تاب آوری چشم‌اندازهای کشاورزی، تهدید سلامت انسان و کاهش درآمد کشاورزان، و همچنین کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی و توزیع منابع آبی. ازاین‌رو، تغییر به‌سوی سیستم‌های پایدار کشاورزی و غذایی برای افزایش تولید و کاهش پیامدهای منفی زیست‌محیطی کشاورزی امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است [۶-۹]

سیستم کشاورزی و غذای پایدار

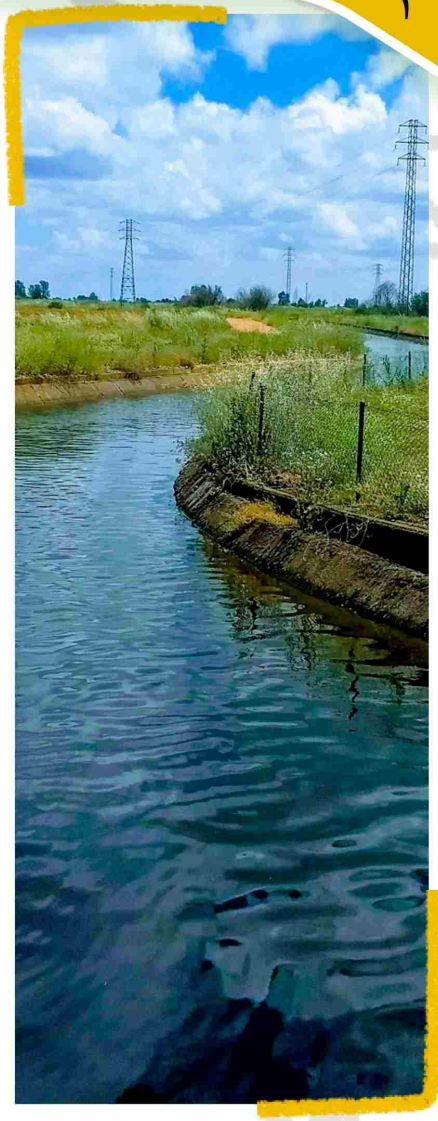
سیستم‌های غذایی پایدار بر این اصل بنا شده‌اند که تولید و فرآوری مواد غذایی باید به گونه‌ای باشد که نه تنها نیازهای غذایی کنونی را برآورده کند، بلکه سلامت زمین و توانایی نسل‌های آینده برای تأمین نیازهای خود را نیز حفظ نماید. این سیستم از منظر اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی به گونه‌ای تعریف می‌شود که توانایی سازگاری با تغییرات اقلیمی را داشته باشد، سلامت اکوسیستم‌ها را حفظ کند، کاهش تنوع زیستی را متوقف و معکوس سازد، و در عین حال غذایی کافی، ایمن، سالم و مغذی فراهم آورد [۱۰]. طبق تعریف سازمان . سیستم غذایی پایدار، سیستمی است که امنیت غذایی و تغذیه را ،(FAO) خواربار و کشاورزی برای همگان فراهم می‌کند و پایه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی لازم را برای تداوم امنیت غذایی و تغذیه نسل‌های آینده تضمین می‌نماید. کشاورزی پایدار، که از سوی وزارت تعریف شده، به معنای تولید مواد غذایی، الیاف و سایر (USDA) کشاورزی ایالات متحده محصولات کشاورزی با استفاده از تکنیک‌هایی است که از محیط‌زیست، سلامت عمومی، جوامع انسانی و رفاه حیوانات حفاظت می‌کند. برای درک اهمیت کشاورزی پایدار باید به مزایا و نقش‌های گوناگون آن در جامعه امروزی توجه شود. هدف اصلی آن تأمین نیازهای غذایی جهان، بدون به خطر انداختن منابع مورد نیاز نسل‌های آینده، و نقش کلیدی آن تأمین امنیت غذایی جهانی است

ضرورت بهره‌وری آب

سیاست‌گذاری‌های دولتی باید به‌گونه‌ای تدوین شود که استفاده بهینه از منابع آب، به ویژه در بخش کشاورزی، تشویق شود تا دستیابی به سیستم‌های کشاورزی و غذایی پایدار امکان‌پذیر گردد. در حوزه علوم و مهندسی آب، شاخص‌های گوناگونی برای تحلیل و ارزیابی بهره‌وری منابع آبی تعریف شده است؛ به‌طوری‌که در چند دهه اخیر، مفاهیمی همچون بهره وری آب، راندمان، کارایی مصرف آب و مدیریت بهینه آب مورد توجه متخصصان قرار گرفته اند. بهره‌وری آب ، به عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی در مدیریت منابع آبی، نقشی اساسی در دستیابی به کشاورزی پایدار دارد. با افزایش جمعیت و تقاضای فزاینده برای محصولات غذایی، بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر تبدیل شده است

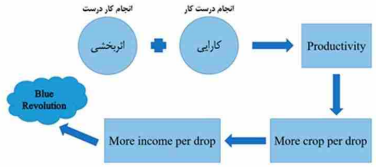
بهره‌وری بالای آب، یعنی تولید بیشتر محصول با مصرف آب کمتر، نه‌تنها به حفظ منابع آبی کمک می‌کند، بلکه کیفیت و کمیت تولیدات غذایی را نیز ارتقا می‌بخشد. افزون بر این، بهره‌وری بهینه آب به کشاورزان امکان می‌دهد تا در برابر تغییرات اقلیمی و نوسانات جوی انعطاف‌پذیرتر عمل کنند. برای مقابله با چالش‌های آبی موجود و تضمین پایداری منابع، تأکید بر افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی ضروری است. بهبود بهره‌وری در این بخش، نقشی حیاتی در کاهش رقابت بر سر منابع محدود، جلوگیری از تخریب محیط زیست و تأمین امنیت .غذایی ایفا می‌کند (شکل ۱)

شکل ۱- شماتیکی از مفاهیم کشاورزی پایدار و تغذیه پایدار، با تمرکز بر حفظ محیط‌زیست و مدیریت پایدار



درک نادرست درباره تفاوت بین بهره‌وری آب با کارایی مصرف آب

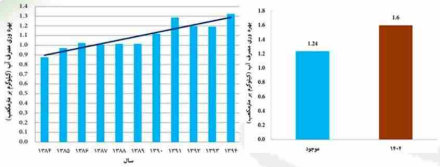
برخی کشاورزان و مهندسان همچنان اصطلاحات کارآیی را به‌طور متقابل و نادرست (WP) و بهره‌وری آب (WUE) مصرف آب استفاده می‌کنند که این مسئله باعث برداشت نادرست از این مفاهیم می‌شود. تمایز دقیق بین این اصطلاحات ضروری است تا از هرگونه سوءتفاهم جلوگیری شود. در دهه ۱۹۶۰، اصطلاح کارآیی مصرف آب اغلب به جای بهره‌وری آب به‌کار می‌رفت، اما از اوایل دهه ۱۹۸۰ مجلات معتبر، مقالاتی را که در آن این دو مفهوم به‌درستی متمایز نشده بودند، نمی‌پذیرفتند. واژه بهره‌وری نیز معمولاً به‌اشتباه به‌جای تولید، کارآیی و راندمان به‌کار می‌رود. به‌عنوان مثال، گاهی فرض می شود که افزایش تولید یا راندمان به‌طور حتم به افزایش بهره‌وری منجر می‌شود؛ در حالی که این فرض همیشه درست نیست. تولید به کل محصول تولید شده اشاره دارد، اما بهره‌وری نسبت محصول تولید شده به منابع (نهاده‌های) مصرف‌شده را می‌سنجد (شکل ۲). بنابراین تولید بیشتر به‌تنهایی نشان‌دهنده بهره‌وری بیشتر نیست و استفاده صحیح از واژه‌های بهره‌وری، تولید، کارآیی و اثربخشی .نیازمند دقت است [۱۱]



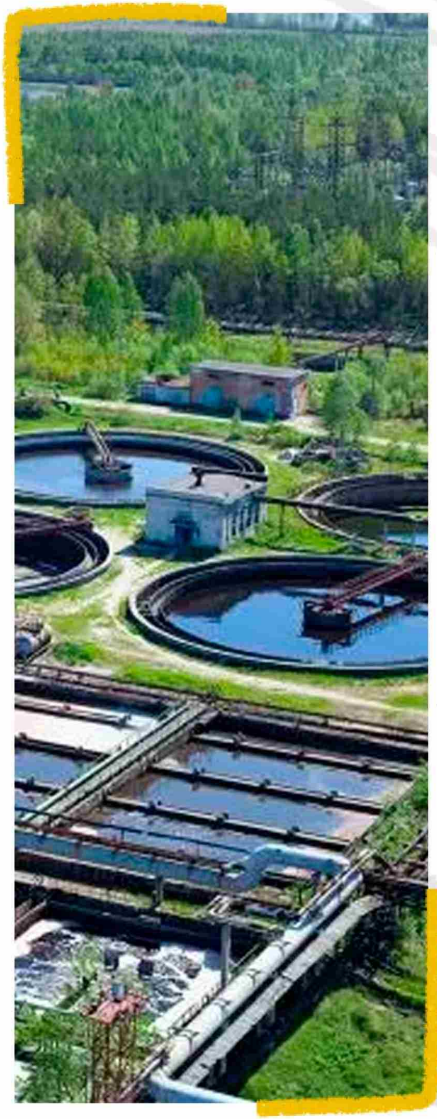
شکل ۲- شماتیکی از مفهوم بهره‌وری آب و انقلاب آبی

در کشاورزی، کارآیی مصرف آب به درصد آبی اشاره دارد که به گیاه داده می‌شود و به‌طور مؤثر توسط آن جذب شده و در فرآیندهای رشد و تولید محصول مورد استفاده قرار می‌گیرد، بدون اینکه هدر رود. این آب از طریق فرایندهای مختلفی نظیر زهکشی، تبخیر از خاک برهنه، جذب سطحی و سایر عوامل اتلاف نمی‌شود. در مقابل، بهره‌وری آب به میزان محصولی اشاره دارد که از یک واحد آب ورودی به دست می‌آید [۱۲]. این شاخص نشان می‌دهد که چه مقدار خروجی از مصرف هر واحد آب حاصل می‌شود و شامل مزایایی است که آب برای تولید محصول، ایجاد درآمد و اشتغال به همراه دارد (شکل ۳)، نسبت به حجم آبی که برای این نتایج مصرف .شده است [۱۱]

شکل ۳- شماتیکی از مفهوم بهره‌وری آب و مزایای اقتصادی و اشتغال‌زایی مرتبط با آن



شکل ۴- روند تغییرات بهره‌وری مصرف آب در کشور طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۴ و مقایسه وضعیت موجود با مقدار هدف‌گذاری شده در برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله

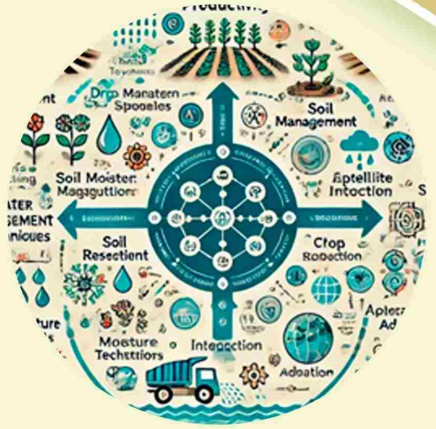


وضعیت بهره‌وری آب کشاورزی در کشور از گذشته تا افق ۱۴۱۰ در سال ۱۳۷۹، میانگین بهره‌وری آب در اراضی فاریاب، بر اساس کل تولیدات کشاورزی (زراعی و باغی) و کل مصرف آب در بخش کشاورزی، بدون در نظر گرفتن ترکیب محصولات و تفاوت بارندگی در مناطق مختلف کشور، حدود ۰/۷ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب آبیاری برآورد شد. این مقدار در سال ۱۳۸۳-۱۳۸۲ به ۰/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت و در سال ۱۳۸۶، بهره‌وری آب به ۰/۸۸کیلوگرم بر مترمکعب رسید که هنوز کمتر از هدف برنامه (۰/۹۶کیلوگرم بر مترمکعب) بود. طبق اهداف برنامه سوم توسعه، بهره‌وری آب در بخش کشاورزی ایران باید به یک کیلوگرم به ازای هر مترمکعب می‌رسید؛ اما این هدف تا پایان برنامه چهارم نیز محقق نشد. پس از پایان برنامه چهارم، توافقی بر سر میزان دقیق بهره‌وری آب وجود نداشت. با توجه به تمرکز بر افزایش بهره‌وری آب در برنامه‌های مدیریت آبی کشور، سازمان برنامه و بودجه نمودار ۱۰ ساله‌ای از بهره‌وری آب ارائه کرد که نشان می‌دهد بهره‌وری مصرف آب بین سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲ از ۰/۹۴تا ۱/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بوده و متوسط بهره‌وری آب در سال ۱۳۹۴ حدود ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود. به طور میانگین، هر سال بهره‌وری آب حدود ۰/۰۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت. بر اساس برنامه‌های بلندمدت و با توجه به افزایش جمعیت و توسعه بخش کشاورزی، بهره‌وری آب در کشور تا سال ۱۴۰۴ باید به حداقل ۱/۶ تا ۲ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب برسد. تفاوت بهره‌وری آب در محصولات مختلف و بین استان‌های کشور، همچنین در مقایسه با کشورهای با شرایط اقلیمی مشابه، نشان‌دهنده پتانسیل افزایش بهره‌وری آب کشاورزی است. خوشبختانه، شاخص بهره‌وری آب در کشور در سال‌های اخیر روند صعودی .داشته است که اثربخشی اقدامات انجام‌شده را نشان می‌دهد (شکل ۴)

شکل ۵ نمای کلی چشم‌انداز افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی تا افق ۱۴۱۰ را نشان می‌دهد. برای دستیابی به این هدف، کل مصرف آب باید ۳۸ درصد کاهش یافته و از ۷۷ میلیارد مترمکعب به ۴۸ میلیارد مترمکعب برسد. همان‌طور که مشخص است، چشم‌انداز بهره‌وری آب در افق ۱۴۱۰ برای محصولات زراعی به ۲/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شده است. برای دستیابی به این هدف، لازم است سیاست‌گذاری‌های دقیقی به‌کار گرفته شود تا از راهکارهای مؤثر افزایش بهره‌وری آب بهینه استفاده گردد

شکل ۵- نمای کلی از چشم‌انداز افزایش بهره‌وری آب تا افق ۱۴۱۰

راهکارهای افزایش بهره‌وری آب



شکل ۳- شماتیکی از مفهوم بهره‌وری آب و مزایای اقتصادی و اشتغال‌زایی مرتبط با آن

عوامل مؤثر بر عملکرد محصول (صورت کسر معادله بهره‌وری) و میزان آبی که به گیاه داده می‌شود یا باید داده شود (مخرج همان کسر)، به‌طور واضح بر بهره‌وری آب تأثیر می‌گذارند. مطالعات داخلی و بین‌المللی در زمینه افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی نشان می‌دهند که این ارتقا تنها به تکنولوژی‌های جدید آبیاری محدود نیست. بلکه نیازمند مجموعه‌ای از اقدامات تلفیقی شامل بهبود در تدابیر فنی، زراعی و مدیریتی است [۱۳]. این راهکارها شامل سیستم‌های نوین آبیاری و زهکشی، بهره‌گیری از مالچ و بایوچار، اصلاح بذر و بهینه‌سازی مصرف کود و آب، مدیریت آفات، و تنظیم الگوی کشت می‌شود (شکل ۷). در بخش مدیریتی نیز، بازنگری در روش های عرضه آب، تنظیم حجم و زمان‌بندی حقابه، قیمت‌گذاری مناسب آب، و سیاست‌گذاری‌های مؤثر اهمیت دارند. دو رویکرد کلی برای ارتقای بهره وری آب در کشاورزی وجود دارد: مستقیم و غیرمستقیم (شکل ۶).

الف) رویکرد مستقیم

- افزایش عملکرد محصول بدون تغییر در مصرف آب

این روش بر افزایش عملکرد محصول بدون نیاز به کاهش مصرف آب تمرکز دارد. اقدامات شامل برنامه ریزی مؤثر کودی، انتخاب ارقام مناسب، بهبود روش‌های کشت مانند زمان کاشت، آماده‌سازی زمین، استفاده از ماشین‌آلات مناسب، کنترل علف‌های هرز، و مدیریت آفات است. بهبود کیفیت محصول و کاهش هزینه‌ها نیز به افزایش بهره‌وری کمک می‌کند

- کاهش مصرف آب با حفظ عملکرد محصول

این رویکرد بر کاهش حجم آب مصرفی از طریق بهینه‌سازی مصرف آب بر اساس نیازهای فیزیولوژیکی گیاه، مدیریت مصرف‌های غیرضروری، و بهبود روش‌های کشت تمرکز دارد. این تغییرات می‌تواند شامل اصلاح تاریخ کاشت، تغییر روش کشت مانند نشاکاری، تنظیم آرایش کاشت، و استفاده از روش‌های نوین آبیاری به جای سیستم‌های سنتی باشد

- رویکرد تلفیقی

این رویکرد ترکیبی از دو روش قبلی است که همزمان با کاهش مصرف آب، عملکرد محصول را نیز افزایش می‌دهد. در این روش، مصرف‌های غیرضروری شناسایی شده و مدیریت می‌شوند، سیستم‌های آبیاری بهبود می‌یابند، و از کودها و عملیات زراعی بهینه بهره‌گیری می‌شود. به‌کارگیری روش‌های مدیریتی نوین مانند زهکشی کنترل‌شده و سیستم‌های بازیافت زهاب نیز می‌تواند بهره‌وری را با کاهش مصرف و افزایش عملکرد محصولات به‌طور مؤثری افزایش دهد

ب) رویکرد غیرمستقیم

این رویکرد بر عوامل پشتیبانی تمرکز دارد که به‌طور غیرمستقیم بر بهره‌وری تأثیر می گذارند. عواملی مانند کاهش تلفات محصول از مرحله برداشت تا رسیدن به مصرف کننده، بهینه‌سازی مصرف انرژی در ماشین‌آلات کشاورزی، جلوگیری از شستشوی کودها و کاهش ضایعات محصول در مراحل پس از برداشت می‌توانند تأثیر قابل توجهی داشته باشند. انتخاب زمان مناسب برداشت، بسته‌بندی صحیح، و ایجاد زنجیره تأمین کارآمد از تولید تا مصرف نیز به افزایش بهره‌وری کمک می‌کنند. مکانیزاسیون یکی از عوامل مهم در افزایش بهره‌وری و تولید است که شامل عملکرد ماشین‌آلات در آماده‌سازی زمین، کاشت، برداشت، و مدیریت منابع آب و خاک است. تولید در محیط‌های کنترل‌شده مانند گلخانه‌ها، امکان کنترل مصرف نهاده‌ها و بهره وری بالاتر را فراهم می‌کند. این محیط‌ها با ایجاد شرایط ایده‌آل برای رشد، امکان تولید بیشتر با مصرف آب کمتر را فراهم کرده و بهره‌وری چشم‌گیری را ایجاد می‌کنند (شکل ۷).

شکل ۷- راهکارهای افزایش بهره‌وری در بخش‌های مختلف کشاورزی

چالش‌های پیش روی بهره‌وری آب

- نبود داده‌های متقن در زمینه منابع آب (برداشت‌ها و مصارف)
- حکمرانی نامناسب آب، بیلان منفی آب، فرونشست زمین، پایین بودن راندمان
- آبیاری و بهره‌وری آب
- توجه ناکافی به استحصال آب از منابع نامتعارف
- تغییر اقلیم و کاهش بارش، افزایش تبخیر-تعرق
- نارسایی در طراحی و پیاده‌سازی الگوی بهینه کشت
- پایین بودن سهم خاک‌های کلاس یک، دو، سه و پایین بودن درصد ماده آلی خاک،
- پایین بودن حاصل‌خیزی
- پایین بودن سطح تحصیلات رسمی بهره‌برداران کشاورزی، ضعف مهارت شاغلین و
- دانش آموختگان
- نابسامانی بازار و پایین بودن سهم تولیدکننده از بهای پرداختی مصرف‌کننده
- بالابودن درصد تلفات و ضایعات و استفاده ناکارآمد از بقایای محصولات کشاورزی

منابع

[1] S. Khairy, M. Shaban, A.M. Negm, O.W. Eldeen, E.M. Ramadan, Drainage water reuse strategies: Case of El-Bats drain, Fayoum Governorate, Egypt, Ain Shams Eng. J. 13 (2022) 101681. https://-doi.org/10.1016/j.asej.2021.101681.

[2] K. Madani, Water management in Iran: what is causing the looming crisis?, J. Environ. Stud. Sci. 4 (2014) 315–328. https://doi.org/10.1007/s13412-014-0182-z.

[3] M. Ketabchy, Investigating the Impacts of the Political System Components in Iran on the Existing Water Bankruptcy, Sustainability 13 (2021) 13657. https://doi.org/10.3390/su132413657.

[4] A. AghaKouchak, K. Madani, A. Mirchi, Iran's Socio-economic Drought: Challenges of a Water-Bankrupt Nation, Iran. Stud. 49 (2016) 997–1016. https://doi.org/10.1080/00210862.2016.1259286.

[5] S. Ta, N. In, R. At, W. Cosgrove, F. Rijsberman, Challenge for the 21st century: Making water everybody's business, Sustain. Dev. Int. 2 (2000).

[6] S. Kosari, M. Parsinejad, A. Mokhtaran, S. Zebardast, Predicted feasibility and economic return of drainage water recycling in an arid region, Agric. Water Manag. 302 (2024) 108983. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108983.

[7] M. MasoomiBalsi, S. Kosari, M. Parsinejad, M. Yazdani, M. Navabian, Removal or reduction of nitrogen and phosphorous pollutants from paddy fields drainage water in vegetated drainage ditches, Iran. J. Soil Water Res. (2024). https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.375972.669702.

[8] R.S. Shahmohamadloo, C.M. Febria, E.D.G. Fraser, P.K. Sibley, The sustainable agriculture imperative: A perspective on the need for an agrosystem approach to meet the United Nations Sustainable Development Goals by 2030, Integr. Environ. Assess. Manag. 18 (2022) 1199–1205. https://doi.org/10.1002/ieam.4558.

[9] H. Duff, P.B. Hegedus, S. Loewen, T. Bass, B.D. Maxwell, Precision Agroecology, Sustainability 14 (2022). https://doi.org/10.3390/su14010106.

[10] T. Allen, P. Prosperi, Modeling Sustainable Food Systems, Environ. Manage. 57 (2016) 956–975. https://-doi.org/10.1007/s00267-016-0664-8.

[11] R. Ragab, Misconceptions and misunderstandings in agricultural water management: Time for revisiting, reflection and rethinking, Irrig. Drain. (2024).

[12] D.J. Molden, Accounting for water use and productivity, International Water Management Institute, 1997. https://econpapers.repec.org/RePEc:ags:iwmibo:113623.

[13] M.H. Ali, M.S.U. Talukder, Increasing water productivity in crop production—A synthesis, Agric. Water Manag. 95 (2008) 1201–1213. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.06.008.

[14] E. Playán, L. Mateos, Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity, Agric. Water Manag. 80 (2006) 100–116.

آبخوان

• حکمرانی آب چیست؟ •

What is water governance?

نیما مقدم

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران

۱. کلیات

آب مایه حیات است، لذا از دیرباز منشا اختلافات میان ذی‌نفعان بوده است، این ذی نفعان عموما شامل تمامی آب بران اعم از افراد، کشاورزان، سازمان‌های دولتی، خصوصی و حتی محیط زیست بوده است. درست است که گمان بر آن می رود که عدم رعایت حقابه زیست بوم موجب آن نمی‌شود که صدای اعتراضی از سمتی شنیده شود، اما این تصور غلط باعث شده که سالیان سال فریاد خاموش اعتراض طبیعت و ۹انتقام‌جویی های آن شنیده و دیده نشود و به عدم رعایت حقابه زیست بوم ادامه داده شود. بنابراین حکمرانی آب به کلیه اقدامات جهت مدیریت منابع آبی برای تأمین پایدار نیازهای انسانی و زیست‌محیطی اشاره دارد .[۱]
پس از یک دهه تحقیق و پژوهش جهانی در حوزه آب، شواهد روشنی از منظر جهانی چالش‌های آب و نقش انسان‌ها به عنوان عوامل موثر این چرخه به دست آمده است. شواهد حاکی این واقعیت‌اند که روندهای اینچنین عدم رعایت حقابه و آلودگی آب حداکثر در پنجاه سال آینده جبران ناپذیر، همه‌گیر و موجب تشدید تنش‌های جهانی خواهند بود .[۲,۳]

از این رو مدیریت پایدار منابع آب و افزایش امنیت اب، بیش از هر چیز یک چالش حکمرانی است که نمی‌توان آن را از سیاست جدا کرد. حکمرانی و مدیریت اغلب به یک معنا بکار می‌روند اما باید میان این دو تفاوت قائل شد؛ از دیدگاه نظری در واقع مدیریت به تمام اقدامات تحقیقاتی و پژوهشی، تحلیل و پایش و توسعه و اجرا برای حفظ منابع گفته می‌شود، اما حکمرانی منابع کنشگران و آب بران را نیز دخیل می‌کند؛ به بیان دیگر، حکمرانی قوانینی را وضع می‌کند که مدیریت در پی آن وارد و اقدام می‌کند .[۴]

۲. رویکردهای حکمرانی آب

حکمرانی منابع آب یک مسئله پیچیده است که نیاز به رویکردهای چندبعدی و چندسطحی دارد. در این راستا، رویکردهای مختلفی برای مدیریت بهینه منابع آب وجود دارد که هر یک به نحوی به ویژگی‌ها و چالش‌های خاص این حوزه پاسخ می‌دهد.

یکی از رویکردهای کلیدی در حکمرانی آب، حکمرانی مشارکتی است که به دنبال جلب نظر و مشارکت تمامی ذینفعان در فرایند تصمیم‌گیری است. در این زمینه، نرم برای جمع Google Forms و SurveyMonkey افزارهایی مانند آوری نظرات و اولویت‌های مردم استفاده می‌شوند. همچنین به تسهیل روند Trello و Asana ابزارهای مدیریت پروژه مانند همکاری و پیگیری فعالیت‌ها کمک می‌کند.

حکمرانی یکپارچه از دیگر رویکردهای مهم در این حوزه است که بر هم‌افزایی میان سطوح مختلف حکمرانی تأکید دارد. به WEAP و ArcGIS مانند GIS برای این منظور، نرم‌افزارهای تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف مدیریتی کمک می‌کنند.

حکمرانی چندسطحی نیز یکی از رویکردهای مؤثر در مدیریت منابع آب است که نیاز به هماهنگی و همکاری بین سطوح مختلف حکمرانی دارد. در این راستا، ابزارهای ارتباطی مانند به تسهیل ارتباطات و همکاری بین Microsoft Teams و Slack اعضای تیم‌ها کمک می‌کند.

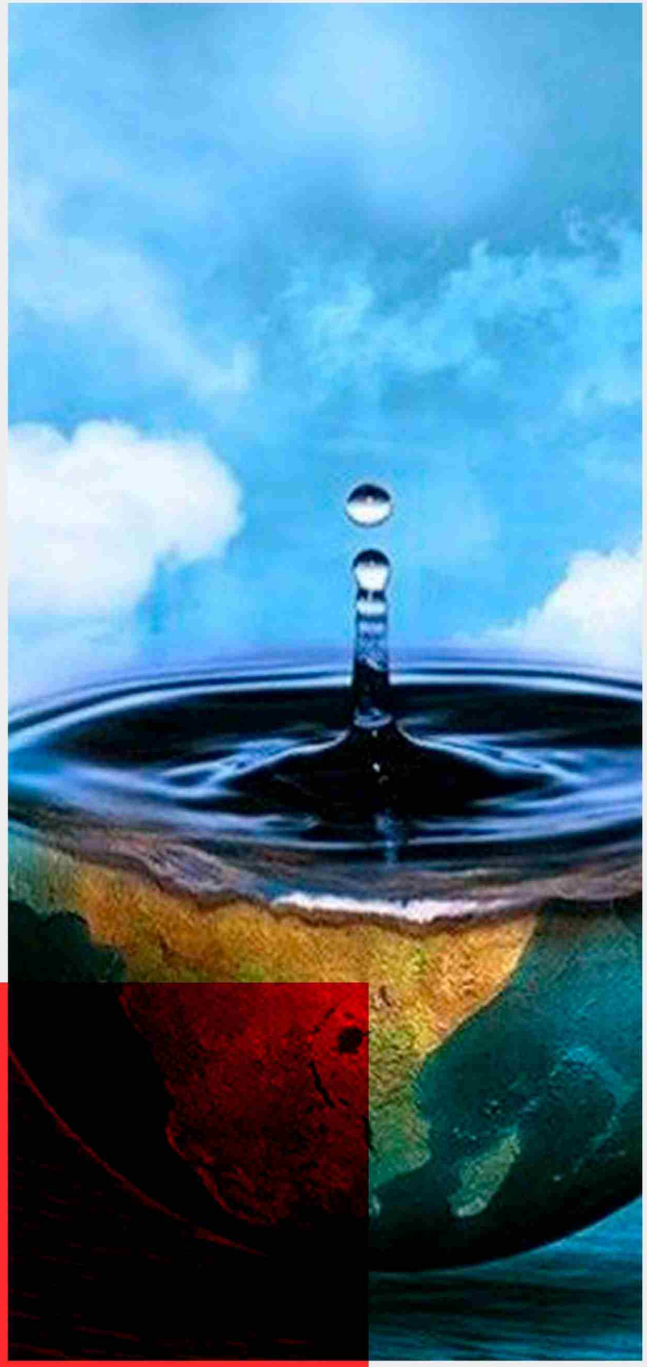
رویکرد حکمرانی مبتنی بر دانش بر اساس استفاده از داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها برای بهبود تصمیم‌گیری استوار است. در این زمینه بسیار Python و R نرم‌افزارهای آماری مانند کارآمد هستند و به کاربران اجازه می‌دهند تا داده‌ها را تجزیه EndNote و Mendeley ،و تحلیل و مدل‌سازی کنند. هم‌چنین به مدیریت منابع علمی و تدوین مستندات تحقیقاتی کمک می‌کنند.حفظ و توسعه پایدار منابع آب نیز یکی از جنبه‌های و LEAP مهم حکمرانی است که به کمک نرم‌افزارهایی نظیر امکان‌پذیر می‌شود. این نرم‌افزارها به شبیه‌سازی WaterCAD مصرف و حفظ آب کمک می‌کنند و امکان بهینه‌سازی استفاده از منابع را فراهم می‌آورند. حکمرانی اکوسیستمی از دیگر رویکردهای مهم در مدیریت آب است که به سلامت و کیفیت اکوسیستم‌های آبی توجه دارد. نرم‌افزارهایی نظیر در این زمینه به تجزیه و تحلیل GIS و Ecopath with Ecosim اثرات اکولوژیکی و پایش سلامت اکوسیستم‌ها کمک می کنند.حکمرانی مبتنی بر حقوق نیز بر اهمیت دسترسی به آب و حقوق بشر تاکید دارد. استفاده از نرم‌افزارهایی مانند برای نظارت بر وضعیت Salesforce و Human Rights Tracker دسترسی به آب در میان گروه‌های آسیب‌پذیر، مؤثر واقع می شود.در نهایت، حکمرانی تطبیقی به بررسی و مقایسه تجارب کشورهای مختلف در زمینه مدیریت منابع آب پرداخته و به OECD iLibrary و Stata استفاده از نرم‌افزارهایی نظیر کاربران این امکان را می‌دهد که از تجربیات موفق کشورهای دیگر بهره‌برداری کنند و بهترین شیوه‌ها را برای مدیریت منابع آب پیاده‌سازی کنند.

به طور کلی، استفاده از این رویکردها و نرم‌افزارهای مرتبط، می‌تواند به بهبود مدیریت منابع آب و پاسخگویی به چالش‌های مرتبط با آن کمک کند. این رویکردهای یکپارچه و مشارکتی زمینه‌ساز تصمیم‌گیری‌های بهتر و پایدارتر در زمینه حکمرانی آب خواهند بود

جنبه‌های گوناگون حکمرانی آب

۱.۳. حکمرانی آب سطحی

حکمرانی آب سطحی به مجموعه‌ای از سیاست‌ها، قوانین، و فرآیندهایی اطلاق می‌شود که مدیریت و بهره‌برداری از منابع آبی سطحی مانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، و تالاب‌ها را تنظیم می‌کند. این نوع حکمرانی شامل برنامه‌ریزی برای حفاظت از کیفیت آب، توزیع عادلانه آب بین کاربرهای مختلف، کنترل سیلاب‌ها و حفظ بوم‌سازگان‌های آبی است. همچنین، حکمرانی آب سطحی نیازمند همکاری بین ذینفعان مختلف، از جمله دولت‌ها، جوامع محلی، و بخش خصوصی، برای اطمینان از پایداری و توسعه منابع آبی است.



۲.۳. حکمرانی آب زیرزمینی

حکمرانی آب زیرزمینی به مدیریت و تنظیم منابع آبی زیرزمینی اشاره دارد که غالباً از طریق چاه‌ها و قنات‌ها استخراج می‌شوند. این حکمرانی شامل نظارت بر میزان برداشت، حفاظت از کیفیت منابع آب زیرزمینی از آلودگی، و برنامه‌ریزی برای استفاده پایدار از این منابع است. چالش‌های حکمرانی آب زیرزمینی شامل تغییرات اقلیمی، افزایش مصرف آب، و حفظ تعادل اکولوژیکی است. همکاری بین بخش‌های مختلف دولت و ذینفعان در مدیریت آب زیرزمینی ضروری است .[۵]

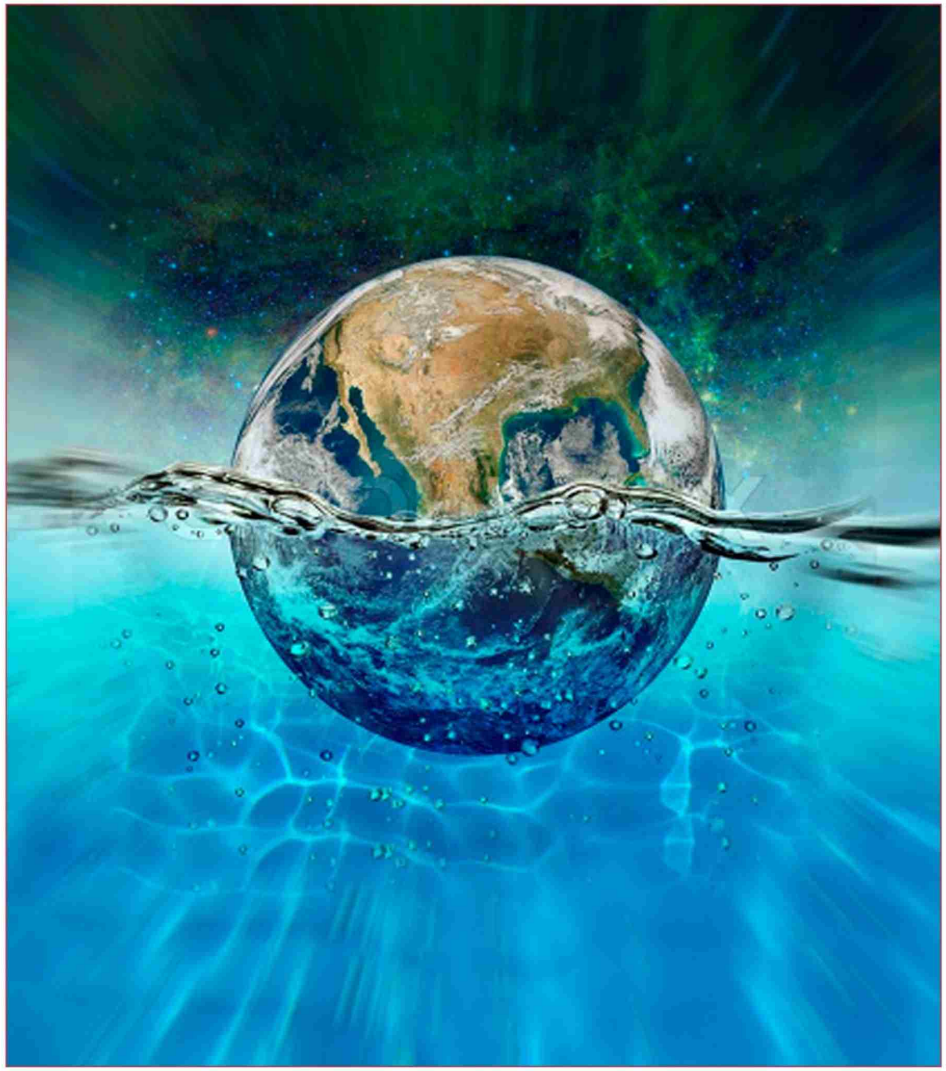
۳.۳. حکمرانی بین‌المللی

حکمرانی بین‌المللی به چارچوب‌ها و توافقات بین کشورهای مختلف برای مدیریت و حفاظت از منابع مشترک، شامل منابع آب، اشاره دارد. این نوع حکمرانی به‌ویژه در مواردی که منابع آبی مانند رودخانه ها و دریاها از مرزهای ملی عبور می‌کنند، اهمیت دارد. توافقنامه‌های بین‌المللی، کنوانسیون‌ها، و سازمان‌های جهانی (مانند سازمان ملل و کمیسیون‌های منطقه‌ای) در این زمینه فعال هستند تا همکاری‌های بین‌المللی را تقویت کنند، تعارضات را حل‌وفصل کنند و بهبود مدیریت منابع آبی را تسهیل کنند .[۶]

۴.۳. حکمرانی داخلی

حکمرانی داخلی به مجموعه‌ای از فرآیندها و ساختارهای مدیریتی در داخل یک کشور برای مدیریت منابع آبی در سطوح محلی و ملی اشاره دارد. این شامل تدوین قوانین و سیاست‌های مربوط به توزیع و استفاده از آب، نظارت بر کیفیت و کنترل آلودگی، و مشارکت جوامع محلی در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با منابع آب است. حکمرانی داخلی باید به نیازهای مختلف جامعهٔ محلی پاسخگو باشد و به ایجاد تعادل .بین توسعه اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست کمک کند

منابع



[1]. Moghaddam, N. (2024). Managing water resources to mitigate drought impacts due to climate change in the United States with a focus on the state of California. Iran-Water Resources Research, 20(2), 194-217. https://-doi.org/10.22034/iwrr.2024.448106.2748

[2]. Vörösmarty, C. J., Pahl-Wostl, C., Bunn, S. E., & Lawford, R. (2013). Global water, the anthropocene and the transformation of a science. Current Opinion in Environmental Sustainability, 5(6), 539-550.

[3]. Pahl-Wostl, C., Arthington, A., Bogardi, J., Bunn, S. E., Hoff, H., Lebel, L., ... & Tsegai, D. (2013). Environmental flows and water governance: managing sustainable water uses. Current Opinion in Environmental Sustainability, 5(3-4), 341-351.

[4]. Pahl-Wostl, C. (Ed.). (2017). Water governance in the face of global change: From understanding to transformation (Vol. 1). Springer. https://-doi.org/10.1007/978-3-319-21855-7

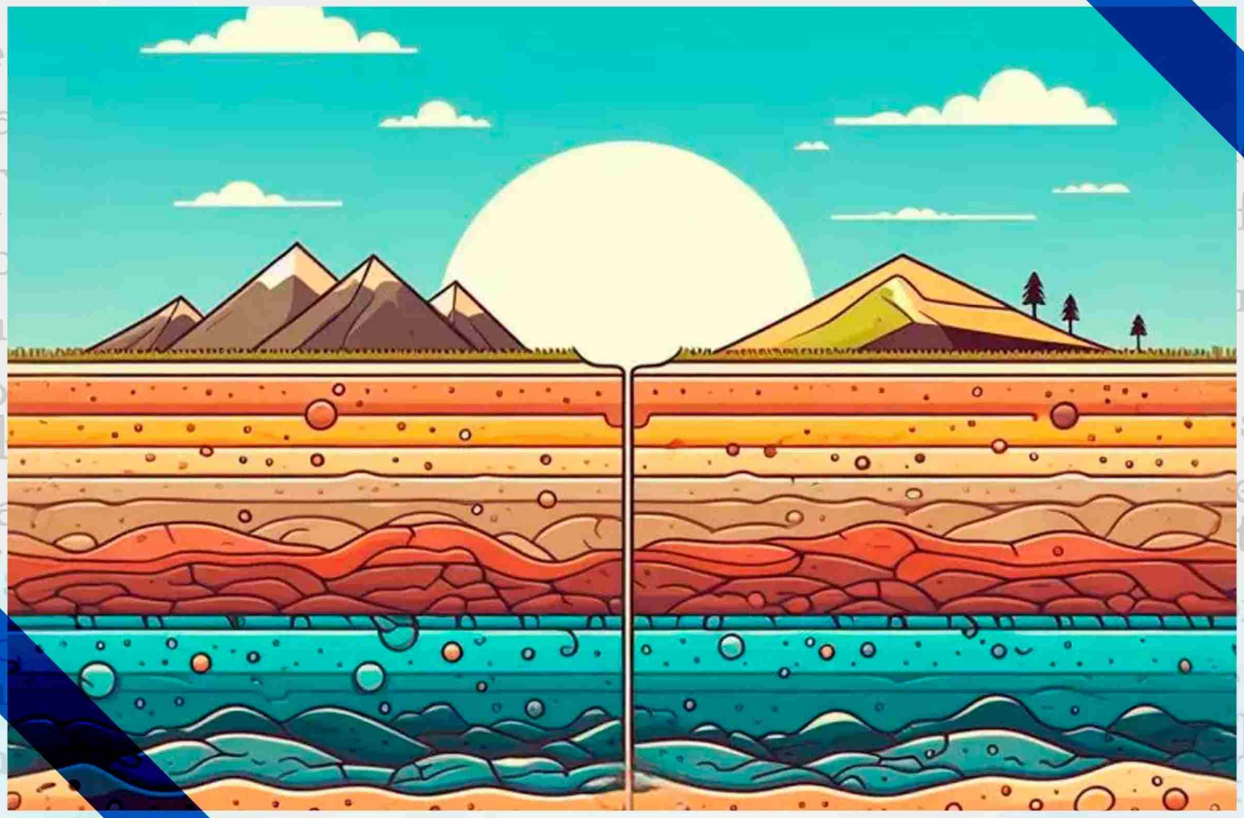
[5]. Hosseini, S. M., Parizi, E., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2019). Assessment of sustainable groundwater resources management using integrated environmental index: Case studies across Iran. Science of the total environment, 676, 792-810.

[6]. Herbert, C., & Döll, P. (2019). Global assessment of current and future groundwater stress with a focus on transboundary aquifers. Water Resources Research, 55(6), 4760-4784.

آبخوان

وضعیت آبخوان‌های کشور

The state of the country's aquifers



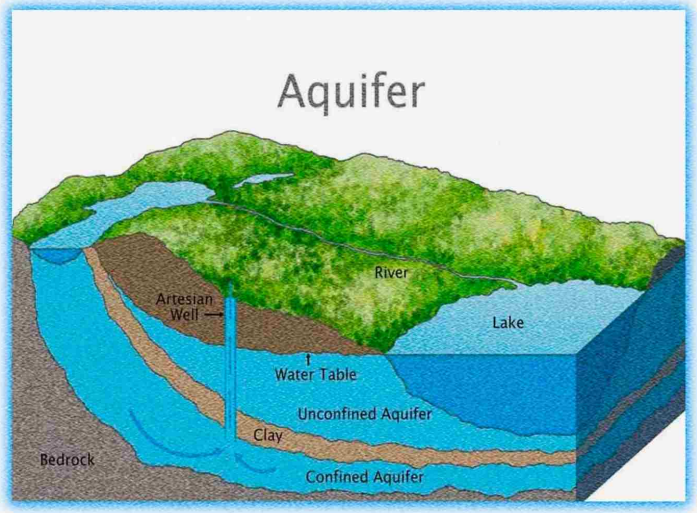
سینا کوثری

دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

مقدمه

آب زیرزمینی ستون فقرات امنیت آب و غذا در مناطق خشک و نیمه‌خشک، از جمله ایران، به شمار می‌رود و تحت تأثیر تغییرات مکانی و زمانی ناشی از نوسانات طبیعی و کمبود منابع آب سطحی قرار دارد. آب زیرزمینی حدود ۶۰ درصد از کل آب مورد نیاز در ایران را تأمین می‌کند، در حالی که بخش کشاورزی بیش از ۹۰ درصد از برداشت آب را به خود اختصاص داده است [۱,۲]. استخراج سیستماتیک آب زیرزمینی در ایران دست‌کم به دو و نیم هزار سال پیش بازمی‌گردد، زمانی که قنات‌ها به‌عنوان مجاری زیرزمینی برای انتقال آب زیرزمینی به سطح زمین با استفاده از نیروی گرانش حفر شدند. قنات‌های ایرانی که هزاران سال توسعه و تولید کشاورزی را در ایران ممکن ساخته بودند، در قرن بیستم با پیشرفت‌های فناوری و مدرن‌سازی کشاورزی به تدریج خشک شدند. حفر چاه‌های عمیق امکان بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی را فراهم کرد، در حالی که افزایش ساخت سدها و انحراف آب‌های سطحی موجب کاهش تغذیه آبخوان‌ها شد [۳]. این دو عامل، سطح آب زیرزمینی را کاهش داده و برداشت آب از طریق قنات‌های تاریخی را دشوارتر ساختند. توسعه شدید منابع آبی برای تأمین معیشت بیش از ۸۰ میلیون نفر و آبیاری حدود ۵/۹ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی فشار بر منابع آب زیرزمینی را به طور قابل‌توجهی افزایش داده است [۴,۵] و با تغییرات اقلیمی تشدید شده است [۲,۶].

به‌طور میانگین، بیش از نیمی از ظرفیت طراحی‌شده مخازن ایران بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ خالی بوده است که باعث افزایش وابستگی به منابع آب زیرزمینی شده است. در نتیجه، ایران در کنار کشورهایی مانند هند، ایالات متحده، عربستان سعودی و چین در زمره کشورهایی با بالاترین نرخ کاهش منابع آب زیرزمینی در قرن ۲۱ قرار گرفته است [۷]. بنابراین کشور ایران در سده گذشته عوامل مختلفی از جمله افزایش جمعیت، حفر چاه‌های غیرمجاز با پیشرفت فناوری و تسهیل حفاری چاه ها منجر به تبدیل ایران به یکی از بزرگ‌ترین تخلیه‌کنندگان منابع آب زیرزمینی در جهان شده است. از طرفی عواملی نظیر کمبود بارش [۸] و رخداد خشک‌سالی‌های پی‌درپی [۹] در سال‌های اخیر، عدم اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب جهت مهار سیلاب‌ها و احیای آبخوان‌ها منجر به کسری ذخیره منابع آب زیرزمینی و کاهش توان مدیریتی در آبخوان‌ها شده‌است. در حال حاضر میزان کسری تجمعی ذخیره منابع آب زیرزمینی ایران به بیش از ۱۳۲ میلیارد مترمکعب رسیده که تنها حدود ۱۰۵ میلیارد مترمکعب از این رقم مربوط به ۱۷ سال اخیر و ۱۸ میلیارد مترمکعب آن مربوز به پنج سال اخیر است . با افزایش تعداد چاه‌ها در دهه گذشته، تعداد نقاط برداشت از منابع آب زیرزمینی با ۸۴/۹ درصد افزایش ۵۴۶۰۰۰ در سال ۲۰۰۲ به بیش از ۱۰۰۰۰۰۰ در سال ۲۰۱۵ رسیده است. در حال حاضر تعداد ۷۹۴۰۰۰ حلقه چاه فعال (مجاز و غیرمجاز) در کنار ۴۱۱۶۹ رشته قنات و ۱۷۴۲۴۸ چشمه در کشور وجود دارند که از منابع آب زیرزمینی برداشت می‌نمایند.



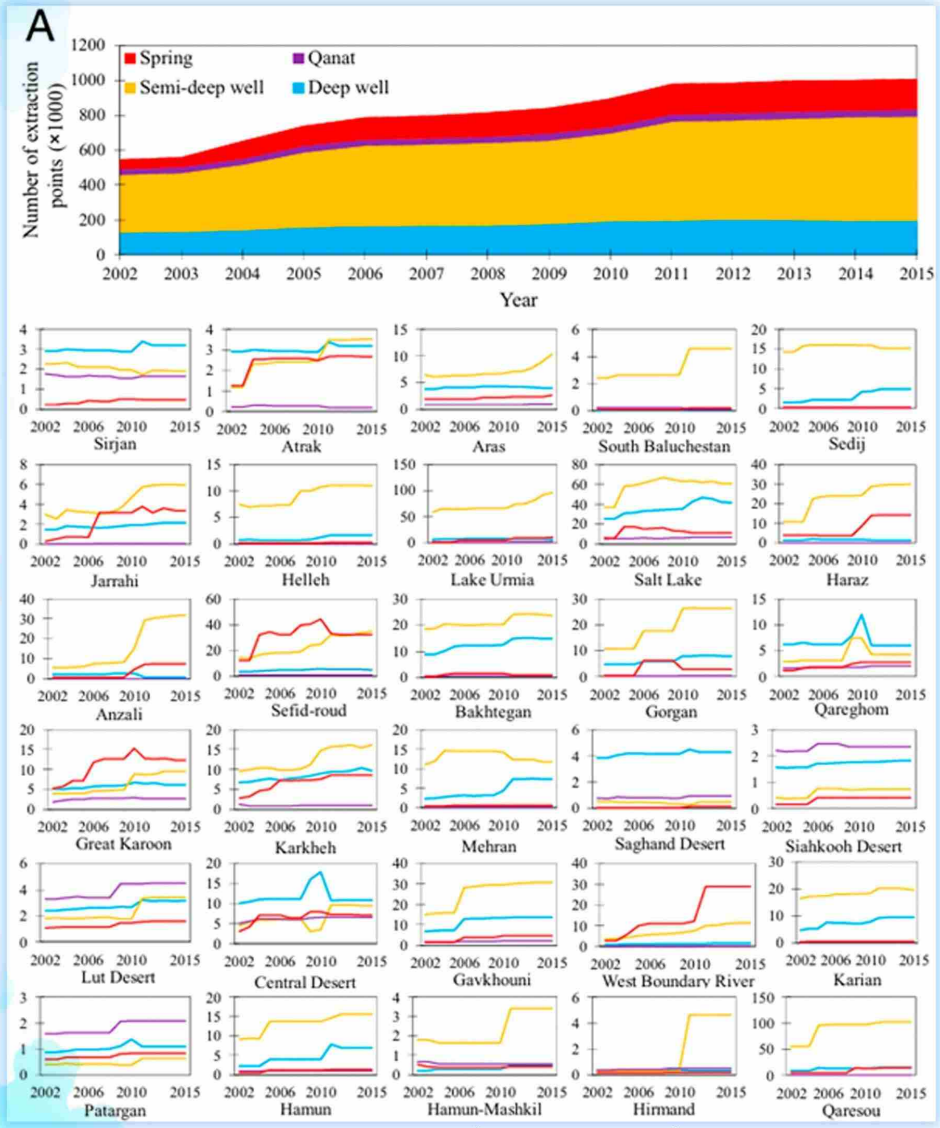
اثرات برداشت بیش از حد آب زیرزمینی

ایران با مشکلات و تنش‌های شدید مدیریت منابع آب دست‌وپنجه نرم می‌کند. با توجه به تعداد چاه‌های غیرمجاز در آبخوان‌های کشور، امکان کنترل مناسب برداشت آب زیرزمینی وجود ندارد. برداشت بیش‌ازحد آب زیرزمینی به مجموعه‌ای از مشکلات اجتماعی و زیست محیطی معاصر منجر شده است، از جمله خشک شدن تالاب‌ها، بیابان‌زایی، طوفان‌های شن و گردوغبار، کاهش کیفیت آب و جابجایی جمعیت [۱۱]. فرونشست زمین ناشی از تخلیه آب زیرزمینی اکنون به یک مخاطره انسانی برای زیرساخت‌های حیاتی و ساکنان دشت‌های آسیب‌پذیر تبدیل شده است [۱۲]. پدیده فرونشت زمین به‌وفور در نقاط مختلف کشور و به‌ویژه فلات مرکزی بع عنوان کانون بحرانی در برداشت منابع آب زیرزمینی، قابل مشاهده است. علاوه‌براین، کاهش سطح آب زیرزمینی به دلیل فرآیندهای طبیعی مانند نفوذ آب شور، کیفیت آب زیرزمینی را نیز تخریب کرده است [۱۳]. افزایش فشار بر معیشت روستاییان و تشدید تنش‌ها بین کاربران آب زیرزمینی، خطرات امنیت غذایی و آبی را افزایش داده و مسائل اجتماعی-سیاسی مرتبط با مهاجرت جمعیت روستایی به مناطق شهری را به وجود آورده است [۱۴,۱۵]

برداشت آب زیرزمینی کشور

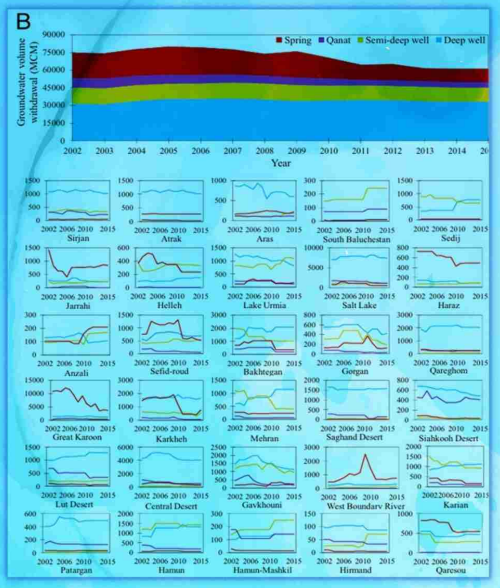
در ادامه به تغییرات روند زمانی و توزیع مکانی کاهش منابع آب زیرزمینی و شوری کشور می‌پردازیم که اطلاعات ارزشمندی برای مدیریت مؤثر آبخوان‌ها در سراسر ایران (در تمام ۳۰ زیرحوضه ایران) فراهم می‌کند و بینش‌هایی را برای سایر کشورهایی که با مسائل مشابه امنیت آبی مواجه هستند، ارائه می‌دهد. تعداد نقاط برداشت آب زیرزمینی در سراسر ایران به‌سرعت افزایش یافته است (شکل ۱)، که تعادل طبیعی منابع آب زیرزمینی را در بسیاری از آبخوان‌ها مختل کرده است. تعداد چاه‌های عمیق، نیمه‌عمیق، قنات‌ها و چشمه‌ها که برای تأمین تقاضای رو به افزایش آب استفاده می‌شوند، به ترتیب ۵۲/۴، ۸۱/۴، ۲۲/۲ و ۲۲۱/۷ درصد افزایش یافته است و در مجموع تعداد نقاط برداشت از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵، ۸۴/۹ درصد افزایش یافته است (شکل ۱). به‌طور کلی، چاه‌های نیمه عمیق در بیشتر زیرحوضه‌ها از چاه‌های عمیق بیشتر هستند، به جز در حوضه‌های اصلی فلات مرکزی و قره‌قوم، جایی که سطح آب زیرزمینی بسیار عمیق است (تا عمق ۲۵۰ متر). این وضعیت ممکن است نفوذ آب شور را در نزدیکی دریاچه‌های شور داخلی (مانند دریاچه نمک، تالاب جازموریان و دریاچه بختگان) تسریع کند. چشمه‌ها در شمال و غرب ایران غالب هستند (مانند زیرحوضه‌های سفیدرود، رود مرزی غربی و کارون بزرگ)، جایی که بیشتر رودخانه‌های دائمی جریان دارند. همچنین، تعداد زیادی قنات در زیرحوضه‌های خشک، از جمله کویر سیاه‌کوه، کویر مرکزی، کویر لوت و پاتارگان وجود دارد [۳].

مجموع برداشت آب زیرزمینی از ۷۴/۶ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۰۲ به ۶۱/۳ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۱۵ کاهش یافته است (شکل ۲)، این در حالی است که تعداد نقاط برداشت افزایش یافته است و دلیل احتمالی برای این روند وجود دارد: ۱) فشار فزاینده بر آبخوان های کم‌عمق که باعث کاهش ذخایر آب زیرزمینی و کاهش بازده و کیفیت آب کم‌عمق شده است، و ۲) اثربخشی بالقوه نظارت، مدیریت و سیاست‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی. هرچند در واقعیت این روند تحت تأثیر ترکیبی از هر دو دلیل قرار دارد، داده‌های میدانی نشان می دهند که بسیاری از مناطق به محدودیت‌های فیزیکی منابع آب زیرزمینی تجدیدپذیر رسیده‌اند، که این موضوع نشان‌دهنده شکست عمده برنامه های مدیریت آب زیرزمینی است. علاوه‌براین، مدت زمان بهره‌برداری از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق ۱۷/۲ درصد افزایش یافته است که نشان دهنده تلاش عمدی برای افزایش برداشت آب زیرزمینی است. با این حال، میزان برداشت از تمامی منابع کاهش یافته است (چاه‌های نیمه‌عمیق: ۱۲/۳- درصد؛ چشمه‌ها: ۴۷/۱- درصد؛ قنات‌ها: ۴۲/۱- درصد)، به‌جز چاه‌های عمیق که افزایش ۵/۴ درصدی را نشان می‌دهند (شکل ۲). این موضوع بیانگر این است که برداشت شدید آب زیرزمینی همچنان ادامه داشته است، علیرغم ادعای دولت در مورد اجرای سیاست‌های تنظیم برداشت آب زیرزمینی [۳].



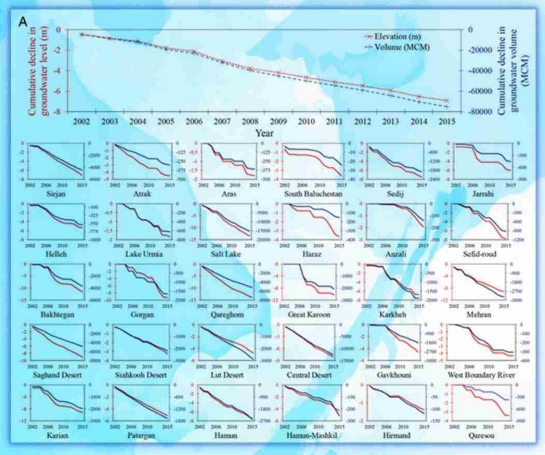
شکل ۱: تعداد نقاط برداشت آب زیرزمینی شامل چاه‌های عمیق (آبی)، چاه‌های نیمه‌عمیق (زرد)، قنات‌ها (بنفش) و چشمه‌ها (قرمز) [۳]

در همین دوره، کل تخلیه از گره‌های آب زیرزمینی حدود ۵۱/۰ درصد کاهش یافته است. سهم چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در تأمین کل آب زیرزمینی ایران از ۴۲/۱ به ۵۴/۱ درصد و از ۱۸/۷ به ۲۰/۰ درصد افزایش یافته است. این افزایش‌ها همزمان با کاهش سهم چشمه‌ها (از ۲۸/۴ به ۱۸/۳ درصد) و قنات‌ها (از ۱۰/۸ به ۷/۶ درصد) در فاصله سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ بوده است (شکل ۲). افزایش تعداد چاه‌هایی که از اعماق بیشتری آب برداشت می‌کنند، بهره‌وری چشمه‌ها و قنات‌ها را با کاهش سطح آب زیرزمینی کاهش داده است [۳].



شکل ۲: برداشت سالانه آب زیرزمینی از نقاط برداشت در ایران و هر یک از ۳۰ زیرحوضه طی سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵. حجم کل آب زیرزمینی استخراج‌شده سالانه حدود ۱۸ درصد در سراسر ایران کاهش یافته است که عمدتا به دلیل محدودیت در دسترسی به منابع آب زیرزمینی است [۳]

در مقیاس مکانی دقیق‌تر، میانگین سطح آب زیرزمینی ثبت‌شده در ۱۲,۲۳۰ پیزومتر پراکنده در سراسر کشور بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ در بازه ۲/۷ تا ۲۴۴/۵ متر متغیر بوده است (شکل ۵) که عمیق‌ترین سطح آب زیرزمینی در حوضه آبریز قره‌قوم مشاهده شده است. اگرچه داده‌های صریحی در مورد تغذیه آب زیرزمینی در مقیاس کشوری در دسترس نیست، نتایج مربوط به کاهش خالص سالانه در حجم و سطح آب زیرزمینی نشان‌دهنده یک تراز منفی بین تخلیه و تغذیه آب زیرزمینی در همه زیرحوضه‌ها و در سطح کشور است (شکل ۵). افت گسترده سطح آب زیرزمینی در پنج دهه گذشته باعث افزایش تعداد دشت‌های ممنوعه شده است، جایی که حفاری چاه‌های جدید (به جز برای آب آشامیدنی) ممنوع است. در حال حاضر تنها ۲۱۵ دشت (۳۵ درصد) از مجموع ۶۰۹ دشت ایران به‌عنوان دشت‌های آزاد طبقه‌بندی می‌شوند، جایی که دولت مجوز حفاری چاه‌های جدید را صادر می‌کند [۳]. افزایش تعداد دشت‌های ممنوعه نشان‌دهنده ناکافی بودن سیاست‌های نظارتی برای مدیریت منابع آب زیرزمینی تحت فشار است (شکل ۵).



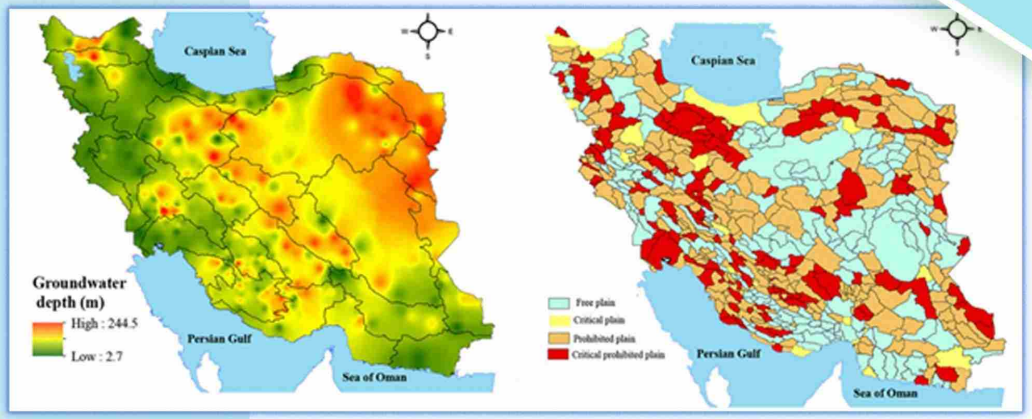
شکل ۳: روند زمانی کاهش تجمعی حجم منابع آب زیرزمینی و سطح آب زیرزمینی [۳]

کاهش سطح آبخوان

برداشت گسترده آب زیرزمینی باعث تخلیه خالص سالانه حدود ۵/۴ کیلومتر مکعب آب غیرتجدیدپذیر (یعنی تراز منفی در آبخوان‌ها) در سراسر ایران شده است (شکل ۳). مجموع برداشت آب زیرزمینی غیرتجدیدپذیر طی دوره ۱۴ ساله این مطالعه حدود ۷۵ کیلومتر مکعب بوده است. برای درک اهمیت این رقم، باید توجه داشت که میانگین کل سالانه آب تجدیدپذیر ایران (شامل آب‌های سطحی و زیرزمینی) که مقامات رسمی منابع آب ادعا می‌کنند، به دلیل تغییرات انسانی و اقلیمی از ۱۳۰ کیلومتر مکعب به کمتر از ۱۰۰ کیلومتر مکعب کاهش یافته است [۱۱]

بر اساس داده‌های تاریخی موجود از شرکت مدیریت منابع آب ایران برداشت آب زیرزمینی غیر تجدیدپذیر کشور (حدود ۶۶ میلیون IWRMC)، مترمکعب) برای اولین بار در سال ۱۹۶۵ گزارش شد. تخمین زده می‌شود که تخلیه تجمعی ذخایر آب زیرزمینی فسیلی ایران تا سال ۲۰۱۹ به حدود ۱۳۳ کیلومتر مکعب رسیده باشد. این مقدار تخلیه حدود ۳/۴ برابر حجم ذخیره مخزن سد سه‌دره در چین (شکل ۴) است که بزرگی تخلیه آب زیرزمینی غیر تجدیدپذیر در ایران را به تصویر می‌کشد

شکل ۴: تصویری از سد سه‌دره در چین



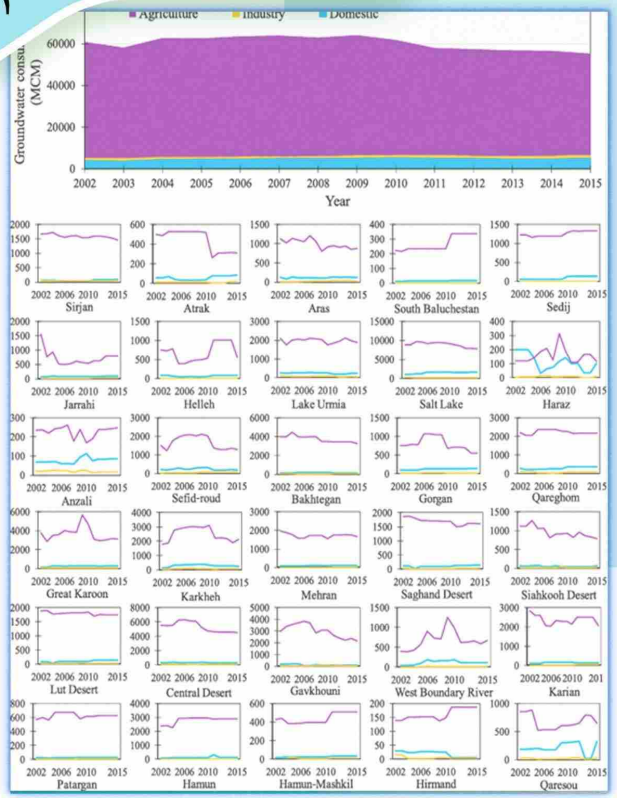
شکل ۵: توزیع مکانی میانگین سطح آب زیرزمینی و وضعیت دشت‌های ایران [۳]

سهم هر بخش در کاهش آب زیرزمینی

مصرف آب زیرزمینی از ۶۰/۷ کیلومتر مکعب در سال ۲۰۰۲ به ۵۵/۲ کیلومتر مکعب در سال ۲۰۱۵ کاهش یافته است (شکل ۶). به دلیل یارانه‌های سنگین در انرژی و آب، مصرف آب کشاورزی عملاً فقط به دلیل کمبود آب سطحی و آب زیرزمینی شیرین محدود می‌شود، که این امر منجر به تجاوز گسترده از ظرفیت تأمین آب تجدیدپذیر، که به آن ورشکستگی آبی می‌گویند [۱۱]، و همچنین برخی خسارات زیست‌محیطی (مانند خشک شدن تالاب‌ها، فرسایش خاک و بیابان‌زایی) می‌شود که در بازه زمانی کوتاه قابل جبران نیستند [۳]. سهم بخش کشاورزی در مصرف آب زیرزمینی از ۹۱ درصد در سال ۲۰۰۲ (۵۵/۳ کیلومتر مکعب) به ۸۷/۶ درصد در سال ۲۰۱۵ (۴۸/۳ کیلومتر مکعب) کاهش یافت، در حالی که مصرف آب زیرزمینی در بخش‌های خانگی و صنعتی به ترتیب از ۷/۲ درصد (۴/۳۶ کیلومتر مکعب) به ۱۰/۲ درصد (۵/۶۰ کیلومتر مکعب) و از ۱/۸ درصد (۱/۱۰ کیلومتر مکعب) به ۲/۳ درصد (۱/۲۶ کیلومتر مکعب) افزایش یافت. در این دوره، تغییر سالانه در مصرف آب زیرزمینی کشاورزی در بیشتر زیرحوضه‌ها منفی بود (شکل ۳)، که عمدتاً به دلیل کاهش بازده آب زیرزمینی با کیفیت بالا بوده است. زیرحوضه دریاچه نمک بیشترین کاهش در مصرف آب زیرزمینی را برای هر دو بخش کشاورزی و صنعت نشان داده است

تغییرات کیفی آب زیرزمینی

هدایت الکتریکی متوسط ثبت‌شده در ۱۴۸۵۰ چاه مشاهده‌ای توزیع‌شده در سطح کشور، طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ بین نوسان (µS/cm) ۳۴/۶ تا ۳۶۳۰۷/۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر داشت. متوسط سالانه شوری در مناطق مرکزی و شرقی ایران بیشتر از سایر نواحی کشور می‌باشد (شکل ۷). بیش از نیمی از زیرحوضه‌ها (۱۶ از ۳۰) دارای «خطر شوری بسیار بالا» بودند، یعنی شوری بین ۲۲۵۰ تا ۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر (USSL) طبق دستورالعمل‌های آزمایشگاه شوری ایالات متحده برای طبقه‌بندی آب آبیاری. این زیرحوضه‌ها به آب‌های زیرزمینی با کیفیت حاشیه‌ای تا پایین رسیدند که تنها برای آبیاری گیاهان مقاوم به شوری مناسب است. تنها زیرحوضه انزلی در شمال ایران، با شوری کم تا متوسط بر اساس متوسط سالانه شوری مشخص شد. به‌علاوه، حداکثر سالانه شوری در ۲۰ از ۳۰ زیرحوضه از ۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر فراتر برای آبیاری گیاهان USSL رفت که بالاترین حد در طبقه‌بندی مقاوم به شوری در خاک‌های سبک است.



شکل ۶: میانگین سالانه مصرف آب زیرزمینی در بخش‌های کشاورزی (بنفش)، خانگی (آبی) و صنعتی (زرد) در سراسر کشور و در هر زیرحوضه از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ [۳]

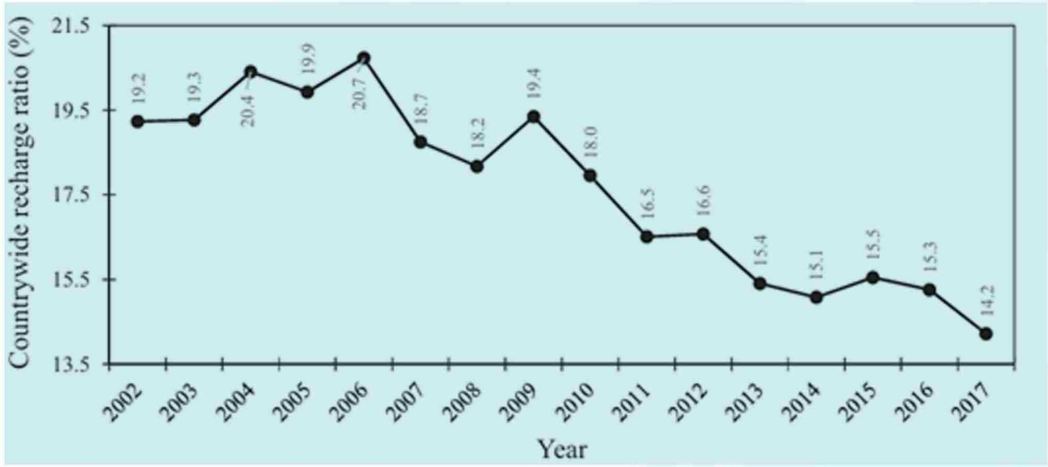
شکل ۷: توزیع مکانی متوسط سالانه هدایت هیدرولیکی و تغییرات متوسط سالانه شوری از سال ۲۰۱۵-۲۰۰۲ [۱۶]

بالاترین سطح شوری در زیرحوضه‌های مهران و هله (بیش از ۳۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) در مجاورت خلیج فارس ثبت شد، که نشان‌دهنده نفوذ آب شور به سفره‌های آب زیرزمینی ساحلی است. در سه زیرحوضه (هیرمند، دشت سگند و دشت سیاهکوه)،هدایت هیدرولیکی متوسط سالانه از حد ۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر فراتر رفت که نشان‌دهنده عدم قابلیت آب‌های زیرزمینی برای آبیاری است. در بیشتر مناطق ایران (۲۸ از ۳۰ زیرحوضه)، متوسط سالانه شوری افزایش یافته است، به‌ویژه در مناطق مرکزی، شرقی و جنوب غربی (شکل ۷). افزایش شوری در آب‌های آبیاری می‌تواند باعث کاهش کیفیت خاک و تولیدات کشاورزی و تسریع روند بیابان زایی شود [۱۶]. در عین حال، کیفیت آب زیرزمینی در برخی از زیرحوضه‌ها در شمال ایران به‌طور کمی در زمینه نرخ شوری متوسط سالانه بهبود یافته است برای مثال، در هراز و انزلی که مقدار شوری متوسط سالانه به ترتیب ۴۰/۶ و ۹/۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در سال کاهش یافته است (شکل ۷).

تغذیه آبخوان‌های ایران

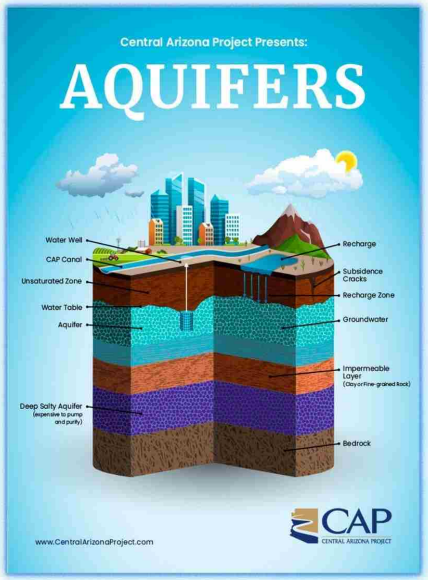
نوری و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی تغذیه ۶۶۶ آبخوان کشور پرداختند. شبکه آن‌ها شامل ۴۹۲ دشت از مجموع ۶۰۹ دشت، ۶۶۶ سفره آب زیرزمینی و ۱۲۲۹۳ پیزومتر فعال است که سطح آب زیرزمینی را در فواصل ماهانه اندازه‌گیری می‌کنند. تغییر سالانه در شارش آب زیرزمینی در سراسر کشور از ۱۰/۳- میلی‌متر در سال در حوضه بزرگ کارون تا ۱/۹+ میلی‌متر در سال در حوضه انزلی متغیر است که میانگین آن در سطح ملی حدود ۳/۸- میلی‌متر در سال می باشد.میانگین تغذیه آب زیرزمینی در سراسر کشور برای دوره مطالعه (۲۰۱۷-۲۰۰۲) حدود ۳۹/۶ میلی‌متر در سال برآورد شده که کمی بیشتر از بالاترین حد بازه جهانی گزارش شده برای مناطق خشک و نیمه‌خشک (یعنی ۰/۲ تا ۳۵ میلی‌متر در سال) است. با این وجود، به رغم اینکه ایران عمدتاً در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، برخی مناطق دارای بارش سالانه بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر در سال هستند

که باعث می‌شود نرخ تغذیه آب زیرزمینی در سطح کشور از محدوده جهانی گزارش‌شده برای این مناطق بالاتر باشد . نسبت تغذیه آب زیرزمینی در سطح کشور (شکل ۸)، که به‌عنوان نسبت تغذیه به بارش تعریف می‌شود، از ۲۱ درصد در سال ۲۰۰۶ به ۱۴ درصد در سال ۲۰۱۷ کاهش یافته و میانگین آن در دوره مطالعه ما حدود ۱۷ درصد بوده است که به‌طور نزدیک به میانگین جهانی نسبت تغذیه آب زیرزمینی (یعنی ۱۶ درصد) نزدیک است. ترکیب کاهش تغذیه و بهره‌برداری بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی منجر به این شده است که تقریباً ۴۲۲ از ۶۰۹ دشت ایرانی در وضعیت بحرانی و ممنوعه قرار گیرند [۱۶]

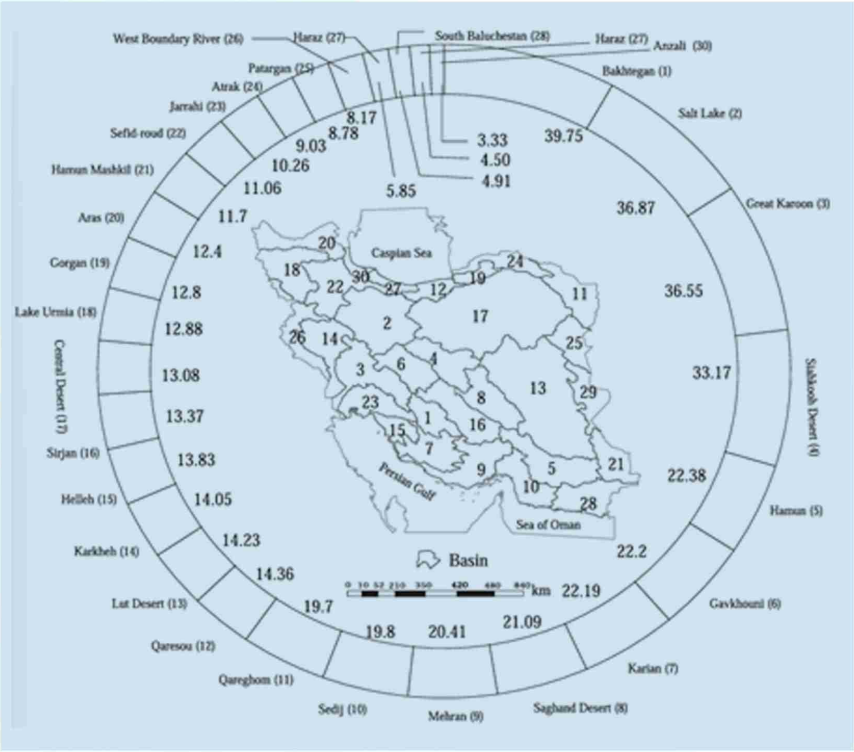


شکل ۸: روند زمانی نسبت تغذیه آب زیرزمینی، که به‌عنوان نسبت تغذیه به بارش تعریف می شود، در ایران از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۷ [۱۶]

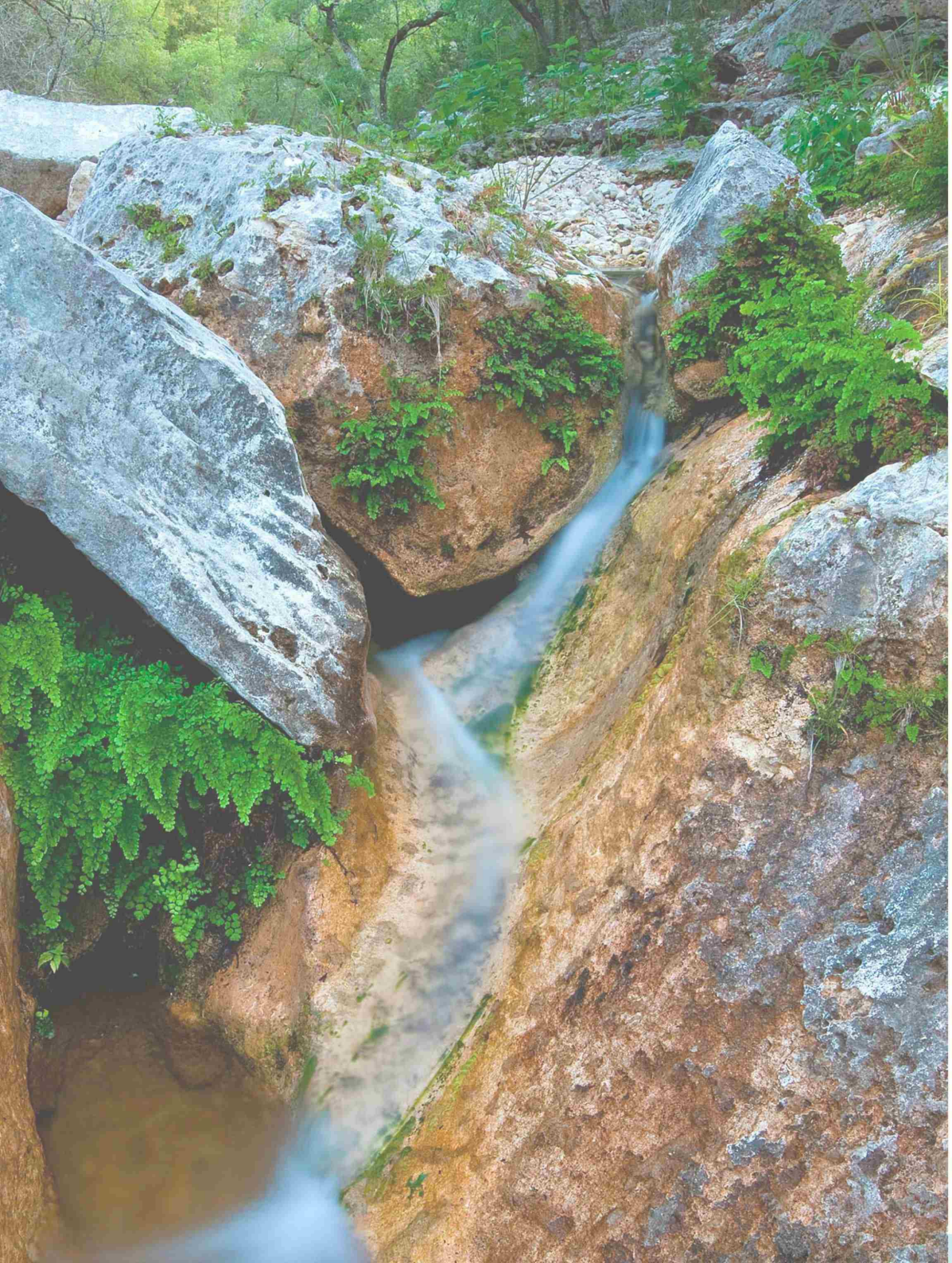
درعین‌حال، بسیاری از دشت‌های آزاد در نواحی بیابانی یا کوهستانی واقع شده‌اند که سفره‌های آب زیرزمینی آن‌ها پتانسیل محدودی برای استفاده از منابع آب دارند. بااین حال، در مقیاس جغرافیایی کوچک‌تر، یعنی در حوضه‌ها، نسبت تغذیه میانگین در دوره این مطالعه از ۳/۳ درصد (در حوضه انزلی) تا ۳۹/۸ درصد (در حوضه باختگان) متغیر بود (شکل ۹). به‌طور کلی، نسبت تغذیه میانگین در حوضه‌هایی که کمترین کاهش در ذخیره آب زیرزمینی را دارند، مانند حوضه‌های انزلی و هراز، کمتر است و این حوضه‌ها در نواحی مرطوب شمال ایران واقع شده‌اند. در مقابل، نسبت تغذیه میانگین در حوضه‌هایی که بیشترین کاهش در ذخیره آب زیرزمینی را دارند، مانند حوضه‌های باختگان و دریاچه نمک، بالاتر است.



که این حوضه‌ها در مناطق خشک‌تر واقع شده‌اند و منابع آب زیرزمینی عمدتاً برای تأمین آب شرب و آب مورد نیاز برای محیط‌زیست استفاده می‌شوند (تا ۹۰ درصد). نکته جالب این است که حوضه‌های انزلی و هراز که پایین‌ترین نسبت تغذیه را داشتند، تنها حوضه‌هایی بودند که روند کاهش هدایت الکتریکی آب زیرزمینی را در طول دوره مطالعه نشان دادند. این کاهش در هدایت الکتریکی ممکن است ناشی از کاهش ورود آلاینده‌ها به آب زیرزمینی از طریق نفوذ باشد [۱۶]



شکل ۹: میانگین نسبت تغذیه آب زیرزمینی (٪) در هر حوزه آبریز ایران از ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۷



منابع

[1] A. Mirzaei, B. Saghafian, A. Mirchi, K. Madani, The groundwater‐energy‐food nexus in Iran's agricultural sector: implications for water security, Water 11 (2019) 1835.

[2] M. Maghrebi, R. Noori, R. Bhattarai, Z. Mundher Yaseen, Q. Tang, N. Al‐Ansari, A. Danandeh Mehr, A. Karbassi, J. Omidvar, H. Farnoush, Iran's agriculture in the anthropocene, Earth's Futur. 8 (2020) e2020EF001547.

[3] R. Noori, M. Maghrebi, A. Mirchi, Q. Tang, R. Bhattarai, M. Sadegh, M. Noury, A. Torabi Haghighi, B. Kløve, K. Madani, Anthropogenic depletion of Iran's aquifers, Proc. Natl. Acad. Sci. 118 (2021) e2024221118.

[4] P.W. English, The origin and spread of qanats in the Old World, Proc. Am. Philos. Soc. 112 (1968) 170–181.

[5] K. Madani, Reasons behind Failure of Qanats in the 20th Century, in: World Environ. Water Resour. Congr. 2008 Ahupua'A, 2008: pp. 1–8.

[6] S. Ashraf, A. AghaKouchak, A. Nazemi, A. Mirchi, M. Sadegh, H.R. Moftakhari, E. Hassanzadeh, C.‐Y. Miao, K. Madani, M. Mousavi Baygi, Compounding effects of human activities and climatic changes on surface water availability in Iran, Clim. Change 152 (2019) 379–391.

[7] P. Döll, H. Müller Schmied, C. Schuh, F.T. Portmann, A. Eicker, Global‐scale assessment of groundwater depletion and related groundwater abstractions: Combining hydrological modeling with information from well observations and GRACE satellites, Water Resour. Res. 50 (2014) 5698–5720.

[8] M.R. Mansouri Daneshvar, M. Ebrahimi, H. Nejadsoleymani, An overview of climate change in Iran: facts and statistics, Environ. Syst. Res. 8 (2019) 1–10.

[9] M.A. Asadi Zarch, H. Malekinezhad, M.H. Mobin, M.T. Dastorani, M.R. Kousari, Drought monitoring by reconnaissance drought index (RDI) in Iran, Water Resour. Manag. 25 (2011) 3485–3504.

[10] M.M. Rasouli, E. Valipour, H. Ketabchi, Groundwater Resources Withdrawal and Depletion Estimation Methods (Part 2: An Overview of the World and Iran Condition), Water Irrig. Manag. 13 (2023) 407–427.

[11] A. AghaKouchak, K. Madani, A. Mirchi, Iran's Socio‐economic Drought: Challenges of a Water‐Bankrupt Nation, Iran. Stud. 49 (2016) 997–1016. https://doi.org/DOI: 10.1080/00210862.2016.1259286.

[12] M. Motagh, R. Shamshiri, M.H. Haghighi, H.‐U. Wetzel, B. Akbari, H. Nahavandchi, S. Roessner, S. Arabi, Quantifying groundwater exploitation induced subsidence in the Rafsanjan plain, southeastern Iran, using InSAR time‐series and in situ measurements, Eng. Geol. 218 (2017) 134–151.

[13] H. Ghahremanzadeh, R. Noori, A. Baghvand, T. Nasrabadi, Evaluating the main sources of groundwater pollution in the southern Tehran aquifer using principal component factor analysis, Environ. Geochem. Health 40 (2018) 1317–1328.

[14] E. Nabavi, Failed policies, falling aquifers: Unpacking groundwater overabstraction in Iran, Water Altern. 11 (2018) 699.

[15] M. Mehrparvar, A. Ahmadi, H.R. Safavi, Social resolution of conflicts over water resources allocation in a river basin using cooperative game theory approaches: a case study, Int. J. River Basin Manag. 14 (2016) 33–45.

[16] R. Noori, M. Maghrebi, S. Jessen, S.M. Bateni, E. Heggy, S. Javadi, M. Noury, S. Pistre, S. Abolfathi, A. AghaKouchak, Decline in Iran's groundwater recharge, Nat. Commun. 14 (2023) 6674.

محمدنبی جلالی
دانشجوی دکتری منابع آب؛ دانشگاه تهران

ضرورت شناخت پارادایم‌های مدیریت آب جهت پیاده‌سازی حکمرانی مطلوب آب

The need to know the paradigms of water management in order to implement the optimal water governance

مقدمه

یک نقطه شروع مفید برای درک چگونگی پیاده‌سازی حکمرانی آب؛ شناخت پارادایم‌های مدیریت آب می‌باشد. جوامع تخصیص دهنده و مدیریت‌کننده آب در سراسر جهان متنوعند و از نظر اجتماعی، سیاسی و اقتصادی نیز به طور متفاوتی توسعه یافته¬اند. اقتصادهای شمال؛ نسبتاً غنی و در سیستم‌های تجارت جهانی یکپارچه شده¬اند و برعکس کشورهای توسعه نیافته متکثر و متنوع و غالباً فقیر هستند و توسعه نیافته¬اند. به همین منوال رویکردهای مدیریت آب نیز در اقتصادهای کشورهای شمال از جنوب متفاوت بوده و شرایط فرهنگی، اجتماعی، سیاسی و اقتصادی تفاوت‌ها را تعیین کرده است. اقتصاد سیاسی کشورهای صنعتی برای بیش از یک قرن از این باور که منابع طبیعی، از جمله منابع آب، قابل کنترل و تابع علم و صنعت‌ست، الهام گرفته شده است. پس از شکست سرمایه‌داری و آگاهی کشورهای صنعتی از ضرورت اجتماعی پرداختن به دغدغه‌های کارگری سبب شد نسخه‌ای از مدرنیته بازتابی جهت تعدیل ایدئولوژی‌ها لیبرال، سوسیالیست دمکرات و حتی محافظه‌کار در سیاست‌های کشورهای در حال صنعتی شدن تجویز گردد. به مرور فشارهای منفی بر منابع طبیعی در دوارن مدرنیته صنعتی جایش را به تحلیل‌های کلاسیک محیط‌زیستی و گفتمان قطعیت‌ها جای خود را به عدم‌قطعیت داد و رویکردهای آبی مدرنیته صنعتی که تبلورش در سدسازی برای مهار آب نمود داشت؛ توسط جامعه شمال خطرآفرین و غیرقابل اجرا و غیر قابل صرفه شناخته شدند آخرین سال قرن بیستم شاهد سطح بی‌سابقه‌ای از گفتمان بین المللی بین مصرف‌کنندگان، مدیران و سیاست‌گذاران آب جهان بود. گزارشات متعددی برای دومین مجمع جهانی آب در لاهه در مارس ۲۰۰۰ تهیه گردید ولیکن نویسندگان گزارشات نتوانستند از فرضیات خود مبنی بر اینکه آب یک پدیده هیدرولوژیکی است و نه یک منبع چند بعدی که در اقتصادهای سیاسی تودرتو در هم آمیخته در هم‌تنیده چشم‌پوشی کنند. از همین رو شناخت پارادایم هایی که نحوه درک و مدیریت منابع آب را در طول قرن بیستم تعیین کرده اند، ضروری می‌نماید. جهت درک تأثیر پارادایم‌ها بر مدیریت آب؛ تونی آلن پنج پارادایم مدیریت آب را از دوران پیش از مدرنیته تاکنون شناسایی کرده است. تفسیر او با تفکر دوران پیشامدرن شروع می‌شود و سپس به مدرنیته صنعتی می پردازد و در مسیر خود به مدرنیته بازتابی ادامه می‌دهد که منجر به تأکید بر محیط زیست، اقتصاد و ساختارهای نهادی می‌شود

دوران پیشامدرن

دوران پیشامدرن، در این برهه ظرفیت استفاده از آب از لحاظ ظرفیت فنی یا سازمانی محدود بوده است و پارادایم شکل گرفته در این دوران متأثر از نگاه به طبیعت بوده؛ و مبتنی بر این نظریه .فلسفی‌ست که در طبیعت‌ست که قوه به فعل تبدیل می‌شود

دوران مدرنیته صنعتی

در اواخر قرن بیستم میلادی دیوان سالاری آب با شعار حتی یک قطره آب نباید به دریا برسد بدون اینکه به نفع بشر باشد در نقاط مختلف جهان شکل گرفت؛ از طرفی با توجه به پیشرفت‌ها در علوم هیدرولیکی و هیدرولوژی زمینه برای کنترل منابع آب ایجاد گردید و جوامع و دولت‌های بوروکراتیک و سرمایه‌داری از طریق توسعه علم، توجه صرف به رویکردهای مهندسی و تاکید بر زیر ساخت‌ها؛ سعی در کنترل منابع آبی داشتند. به طور مثال اکثریت مردم بر این باور بودند که استفاده هرچه بیشتر آب در کشاورزی ایده بسیار خوبی است. این پارادایم بر این استوار بود که می‌توان طبیعت را کنترل کرد و این رویکرد بر هر دو نسخه سرمایه‌داری و سوسیالیستی مدرنیته صنعتی در ۷۵ سال اول قرن تسلط داشت؛ مدرنیته صنعتی تحت پارادایم مأموریت هیدرولیکی در این دوران آشکار می شود؛ بنا به تعریف وستر ماموریت هیدرولیکی در این دوره با اعتقاد قوی بر اینکه هر قطره آبی که به دریا می‌ریزد در واقع تلف می‌شود و دولت‌ها باید زیرساخت‌های هیدرولیکی لازم را برای به دست آوردن هر چه بیشتر آب برای مصارف انسانی فراهم کنند؛ متبلور می‌شود و فعالیت‌های اصل چهار ترومن را می‌توان نقطه عطفی در مدرن .سازی شیوه‌های بهره برداری منابع آب در این دوران دانست پایان این پارادایم در نیمکره شمالی با معرفی مفهوم جنبش سبز ادامه می یابد و پس از سه دهه گفتمان، تغییر چشمگیری در ایده‌ها و سیاست‌ها پس از دهه ۱۹۷۰ در رابطه با مدیریت آب در کشورهای جامعه شمالی ایجاد گردید و جوامع شمالی به شدت از خطرات زیست محیطی آگاه شدند؛ ولیکن این مهم برای کشورهای جامعه جنوبی اتفاق نیفتاد

دوران مدرنیته بازتابی

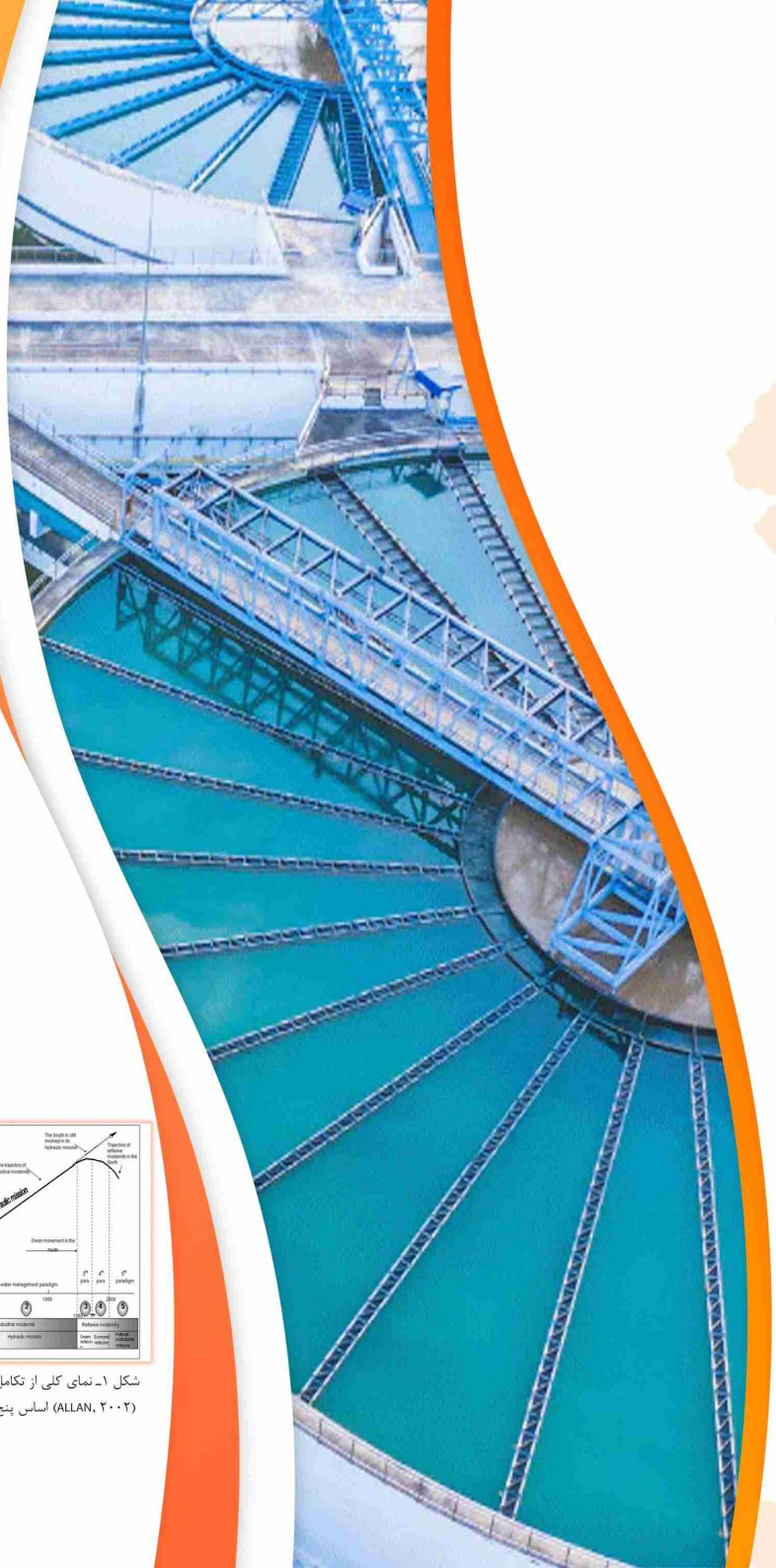
مدرنیته بازتابی که توسط جامعه‌شناسانی مانند بک؛ گیدنز و لش برای گذار از مدرنیته صنعتی به کار گرفته شده؛ به معنای نوسازی مدرنیته و نه گسست از مدرنیته می‌باشد و به عبارتی به نوسازی و احیای سنت‌ها می پردازد که توسعه پایدار در قلب آن قرار دارد.

با ظهور بحران‌های زیست‌محیطی ایده مدرنیته صنعتی که مبتنی بر این بود که طبیعت در جهت تامین منافع می‌بایست تحت کنترل باشد؛ به چالش کشیده شد و در پاسخ به این بحران نهضت‌های زیست‌محیطی در جهت ارتقا آگاهی های زیست محیطی در کشورهای صنعتی و جامعه شمال افزایش یافت؛ این دوران مبتنی بر این تصور بوده که منابع آب ابعاد زیست¬محیطی دارد و به جای اینکه تحت تأثیر اتحاد علم، مهندسی و سرمایه‌گذاری مهار شود، آسیب می‌بینند و همچنین محوریت اقتصاد آب و مدیریت یکپارچه منابع آب نیز برای دست‌یابی به توسعه پایدار در دوران مدرنیته بازتابی در نظر گرفته شد. تونی آلن پاسخ بازتابی را که در کشورهای شمال در سه پارادایم مدیریت آب مشهود است؛ در سه فاز تعریف کرده است:

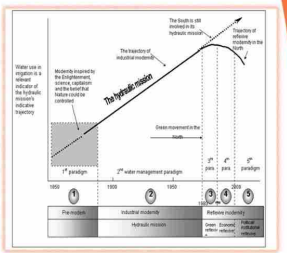
این پارادایم به تغییر اولویت‌های تخصیص و مدیریت :Green Reflection پارادایم آب با الهام از آگاهی زیست¬محیطی جنبش سبز می‌پردازد که فعالان محیط¬زیستی موفق شدند دولت‌های مناطق نیمه خشک صنعتی را به تخصیص آب به محیط¬زیست و کاهش تخصیص به کشاورزی متقاعد کنند. هر چند مبارزات آن‌ها در دهه ۱۹۶۰ آغاز شد اما در دهه ۱۹۸۰ بود که شواهدی از اثرات زیست ¬محیطی بر گرفته از سیاست‌های آبی آشکار شد. به¬طور¬کلی در این دوره جنبش اجتماعی سبز بین¬المللی و آگاهی از هزینه و اثرات زیان‌بار به محیط¬زیست که ناشی از مأموریت هیدرولیکی بوده؛ مورد توجه کشورها جامعه شمال قرار گرفت.

این پارادایم از اقتصاددانانی الهام گرفته شد که به :Economic Reflection پارادایم جلب توجه مصرف¬کنندگان آب در کشورهای شمال به ارزش اقتصادی آب و اهمیت آن به عنوان یک ورودی اقتصادی کمیاب اشاره داشتند؛ به¬طور¬کلی این ایده به دهه ۱۹۹۰ برمی‌گردد که در آن آب یک منبع اقتصادی است و لذا باید ارزش اقتصادی آب در نظر گرفته شود.

در سال‌های آخر دهه ۱۹۹۰ مدیریت :Political/Institutiona Reflectionl پارادایم پدیدار شد که به ضرورت یک رویکرد کل نگر و (IWRM) یکپارچه منابع آب به همکاری‌های سیاسی می‌پردازد و استدلال می‌کند که مدیریت آب HOLISM یک فرآیند سیاسی است و مصرف کنندگان و سیاست‌گذاران آب در سیستم های سیاسی عمل می کنند و این «تعادل» از طریق فرآیندهای سیاسی به دست می آید



هر چند اصول زیست محیطی و مبانی اقتصادی مربوط به ارزش آب در مفهوم مدیریت بسیار بیشتر از شناخت صرف IWRM محور مرکزی هستند. اما IWRM یکپارچه منابع آب یک فرآیند شدیداً سیاسی IWRMارزش زیست¬محیطی و مداخلات اقتصادی است. بلکه است زیرا مصرف‌کنندگان آب منافعی دارند و نمی‌خواهند با چنین مداخلاتی از آن‌ها کاسته رویکردهایی را شامل مشارکت، مشاوره و نهادهای سیاسی فراگیر IWRM شود. به¬طور¬کلی تا میانجی‌گری بین ذی‌مدخلان مصرف‌کننده آب و آژانس‌هایی که آب را مدیریت می‌کنند، را ارائه می‌دهد که مستلزم آن است که منافع جامعه مدنی، سلسله مراتب (دولت)، جنبش و بخش خصوصی می¬بایست در گفتمان سیاست‌گذاری گنجانده شود.NGO های اجتماعی در مجموع تونی الن معتقدست پارادایم سوم و پارادایم چهارم (اقتصادی) در حال بسط و گسترش می‌باشد و پارادایم پنجم در مدرنیته بازتابی که بر مدیریت آب به عنوان یک فرایند سیاسی تاکید دارد؛ میتواند تکمیل کننده و جاده راه توسعه پایدار باشد.



شکل ۱ـ نمای کلی از تکامل مدیریت منابع آب بر اساس پنج پارادایم مدیریت آب (ALLAN, ۲۰۰۲)

نتیجه‌گیری

به¬طور¬کلی بررسی پارادایم‌های مدیریت آب برای اقتصادهای کم آب با ایده برگرفته از مدرنیته و مسیرهای مصرف آب در اقتصاد سیاسی جامعه شمال و جنوب در دو قرن گذشته و به ویژه در طول ۵۰ سال گذشته نشان می‌دهد که مسیر مدرنیته بازتابی مصرف آب در در دوران مدرنیته IWRM اقتصادهای جنوب و کمتر توسعه یافته اجرا نشده است. پارادایم بازتابی در مصرف کنندگان آب و سیاستمداران جامعه شمال به آرامی در حال افزایش است. در مقابل، در جامعه جنوب، مصرف¬کنندگان آب و سیاستمداران در برابر پذیرش سه پارادایم بازتابی مقاومت کرده¬اند. هرچند استثناهایی در جامعه جنوب در سطح محلی وجود دارد که در آن جوامع محلی آب خود را از طریق مؤسسات شفاف مدیریت می‌کنند؛ ولیکن جامعه جنوب هنوز به شدت درگیر مأموریت هیدرولیکی و درگیرودار صنعتی شدن خود و کنترل منابع آب برای افزایش بازده کشاورزی و تولید برق می‌باشد؛ و این در حالی است که باید توجه گردد که درسی که از جامعه شمال می‌آید این است که مسیر مدرنیته بازتابی باید توسط کشورهای جنوب در راستای توسعه پایدار طی شود و ضمن آنکه به این مهم نیز باید توجه گردد که تصویری که تونی الن از جریان مدرنیته بازتابی در سیاست‌های آب کشورهای شمال می‌سازد نباید نسخه تجویزی برای اصلاح سیاست‌های آب کشورهای جنوب باشد؛ بلکه کشورهای جنوب می‌بایستی مسیر توسعه خود را در نوسازی سنت‌های بومی خود ردیابی کنند.

در مجموع بنظر پارادایم بعدی مدیریت منابع آب این است که علاوه بر توجه به ابعاد زیست محیطی و اقتصادی آب به ابعاد مغفول مانده دیگر آب مانند بعد اجتماعی آب متمرکز گردد و همچنین دست‌یابی به سازوکاری جهت ادغام فناوری و نوآوری به عنوان یک فرآیند سیاسی و نه فقط صرفا به عنوان یک فرآیند فنی با سیاست‌گذاری آب، با اتخاذ رویکردی فراگیر و تأکید بر بعد نهادی مدیریت یکپارچه منابع آب و در نظر داشتن احیای سنت‌های بومی می‌باشد

منابع

1- Allan, T. 2006. Millennial water management paradigms: making IWRM work. Available at http://www.mafhoum.com/press/53aE1.htm (Verified 10 March 2008).

2- Beck, U., Giddens, A. and Lash, S. 1994. Reflexive Modernization: Politics, Tradition and Aesthetics in the Modern Social Order. Cambridge: Polity Press.

3- Allan JA (2002) The Middle East water question: Hydropolitics and the global economy. Ib Tauris

4- Wester P (2009) Capturing the waters: The hydraulic mission in the Lerma–Chapala Basin, Mexico (1876–1976). Water History, Springer 1(1):9–29

5- Balali MR, Keulartz J, and Korthals M (2009) Reflexive water management in arid regions: The case of Iran. Environmental Values, White Horse Press 18(1):91– 112, Available at: http://www.-jstor.org/stable/ 30302117

آینده پژوهی وضعیت کشاورزی در ایران

Future research of the agricultural situation in Iran

فاطمه خیاط
دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

مقدمه

در پایان سدهٔ بیستم میلادی، ناکارآمدی روش‌هایی همچون پیش‌بینی، به دلیل نادیده گرفتن برخی عوامل و تغییرپذیری‌های سریع جهان، آشکار شد. عدم پاسخگویی این روش‌ها پژوهشگران را به این نتیجه رساند که برای دستیابی به تصمیم‌های بهینه و تحقق اهداف بهتر، باید تصویری دقیق از آینده ترسیم کرد. در مقابل، افرادی که درک درستی از آینده ندارند، به ناچار با تصمیم‌های نادرست متضرر می‌شوند. امروزه در این حوزه، اصطلاحات متعددی نظیر آینده‌پژوهی، آینده‌اندیشی، قلمرو آینده، پیش‌بینی، آینده‌نگاری و آینده‌شناسی به کار می‌روند. هریک از این اصطلاحات مبتنی بر نظریه‌ها و پیش‌فرض‌های متفاوتی هستند و از روش‌های خاص خود استفاده می‌کنند. در این مقاله، تمرکز ما بر آینده‌پژوهی خواهد بود.

آینده پژوهی تلاشی نظام‌مند برای نگاهی بلندمدت به آینده در حوزه‌های دانش، اقتصاد، فرهنگ و هنر، محیط‌زیست و جامعه است. این حوزه به لحاظ مفهومی و نظری، قابلیت زیادی برای شناخت، تحلیل و ارائه طرح‌های مداخله در روندهای آینده در زمینه‌های مختلف، از جمله محیط‌زیست دارد [۱]. آینده‌پژوهی رویکردی علمی و سیستماتیک است که با هدف شناسایی و تحلیل روندها، نیروهای پیشران و عدم‌قطعیت‌های آینده، به تدوین راهبردها و برنامه‌های بلندمدت می‌پردازد. این فرآیند به سازمان‌ها امکان می‌دهد تا با پایش تغییرات محیطی، درونی و بیرونی، فرصت‌ها و تهدیدهای پیش‌رو را شناسایی کرده و با تقویت تفکر راهبردی مدیران، احتمال دستیابی به اهداف و چشم‌اندازهای خود را افزایش دهند. تجربه نشان داده است که نادیده گرفتن آینده‌پژوهی در تدوین برنامه‌های راهبردی، موجب کاهش کارایی این برنامه‌ها و عدم تطابق آن‌ها با شرایط متغیر آینده می‌شود.

آینده‌پژوهی در کشاورزی به معنای بررسی و تحلیل روندها، ارزیابی فناوری‌های نوین و خلق چشم‌اندازهای آینده در حوزه‌هایی نظیر خاک، آب، پوشش گیاهی، امنیت غذایی و صنایع کشاورزی است. این حوزه با بهره‌گیری از سناریوهای متنوع، به بررسی و مواجهه با چالش‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی مرتبط با کشاورزی می‌پردازد. سناریونویسی، به عنوان یکی از اصلی‌ترین روش‌های آینده‌پژوهی در کشاورزی، مدیران و سیاست‌گذاران را قادر می‌سازد تا با تحلیل عدم‌قطعیت‌ها و شناسایی فرصت‌های موجود، مسیرهای مختلف را پیش‌بینی کرده و برنامه‌ریزی مناسبی برای مواجهه با چالش‌ها تدوین کنند.

در سراسر جهان از روش‌های گوناگونی برای پیش‌بینی آینده‌های جایگزین استفاده می‌شود که یکی از متداول‌ترین آن‌ها سناریوها است. این روش به دلیل نیاز به حضور طیف وسیعی از کارشناسان برای کشف آینده‌های ممکن و مطلوب و ارائه اطلاعات پیچیده در قالبی قابل فهم به تصمیم‌گیران، به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین روش‌ها در آینده‌نگاری منابع آب شناخته شده است. از طرفی، با توجه به کمبود اطلاعات و در نتیجه بالا بودن عدم قطعیت در حوزه آب، روش سناریو به‌عنوان ابزاری مناسب در این حوزه شناخته می‌شود. سناریو ابزاری است که تصورات ما را درباره محیط‌های جایگزین آینده تنظیم و مرتب می‌کند؛ محیط‌هایی که تصمیمات ما ممکن است در آن‌ها اجرا شود.

در مطالعه باقری و همکاران (۱۳۹۹)، به طراحی و بررسی سناریوهای آینده پژوهی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی پرداخته شده است [۲]. در این تحقیق، ۴۰ نیروی پیشران تأثیرگذار بر آینده مؤسسه در حوزه‌های مختلف شناسایی شدند. سناریوهای ارائه‌شده شامل سناریوهای "آینده مطلوب"، "آینده مرسوم" و "آینده دوران سختی" هستند که تأکید زیادی بر نقش سیاست‌گذاری و مدیریت کلان کشور، بهره‌وری منابع و تغییرات اقلیمی دارند. در این سناریوها، توجه به روابط بین‌المللی و استفاده از فناوری‌های نوین برای مقابله با بحران‌های زیست محیطی و آب به طور برجسته‌ای مطرح شده است.

از سوی دیگر، در مطالعه معروفی و همکاران (۱۴۰۱)، که به بررسی آینده پژوهی کشاورزی در استان‌های ایلام، کرمانشاه، لرستان و همدان پرداخته است، نیز از روش سناریونگاری برای تحلیل تغییرات محتمل در کشاورزی این مناطق استفاده شده است [۳]. این مطالعه چهار سناریو ارائه می‌دهد: "توسعه پایدار کشاورزی"، "فشار مضاعف بر منابع طبیعی"، "توسعه ناپایدار کشاورزی" و "کشاورزی غیراقتصادی" که هرکدام به عواملی مانند تجاری‌سازی زنجیره‌های ارزش، جهانی شدن بازارها، فناوری‌های کشاورزی و تغییرات اقلیمی توجه دارند.

با مقایسه این دو مطالعه، می‌توان به شباهت‌های قابل توجهی دست یافت. هر دو تحقیق به اهمیت عوامل کلیدی مانند تغییرات اقلیمی و بحران منابع طبیعی اشاره دارند و در هر دو مطالعه سناریونگاری به عنوان ابزاری برای پیش‌بینی تغییرات آینده استفاده شده است. در مطالعه باقری و همکاران (۱۳۹۹) سناریوهای مختلف بر اساس عوامل سیاسی و مدیریتی طراحی شدند، در حالی که در تحقیق معروفی و همکاران (۱۴۰۱) فشارهای زیست محیطی و چالش‌های منابع طبیعی مورد توجه قرار گرفته است. این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که هر دو تحقیق به ابعاد مختلف آینده پژوهی کشاورزی پرداختند، اما تمرکز آن‌ها بر جنبه‌های مختلفی از موضوع است.

نکته جالب توجه این است که یافته‌های هر دو مطالعه با نتایج مطالعات مشابه جهانی، مانند تحقیق فلمینگ و همکاران (۲۰۲۱) که به سناریونگاری کشاورزی در استرالیا پرداختند، همخوانی دارند [۴]. این مطالعات همگی بر اهمیت استفاده از روش‌های نوین در برنامه‌ریزی کشاورزی و افزایش انعطاف‌پذیری کشاورزی در برابر تغییرات آینده تأکید می‌کنند. بنابراین، این دو مطالعه به‌طور مشترک می‌توانند ابزارهایی مفید برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران به منظور طراحی استراتژی‌هایی برای کشاورزی پایدار در آینده فراهم کنند.

در این مطالعه به اهمیت آینده‌پژوهی در کشاورزی پرداخته شد و تأکید شد که این رویکرد با تحلیل روندها و نیروهای پیشران آینده، به سازمان‌ها و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی‌های استراتژیک و بلندمدت خود را بر اساس پیش‌بینی تغییرات و چالش‌ها انجام دهند. استفاده از سناریوها به‌ویژه در شرایط عدم‌قطعیت، ابزاری مؤثر برای شبیه‌سازی آینده‌های مختلف و شناسایی فرصت‌ها و تهدیدها است که به تصمیم‌سازان کمک می‌کند تا راهبردهایی متناسب با وضعیت‌های احتمالی طراحی کنند. نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که توجه به عواملی مانند تغییرات اقلیمی، بحران آب، فناوری‌های نوین و همکاری‌های بین‌المللی می‌تواند در آینده پژوهی کشاورزی و منابع آب نقشی تعیین‌کننده ایفا کند. بنابراین، آینده‌پژوهی نه تنها برای مقابله با بحران‌ها، بلکه برای شناسایی فرصت‌های جدید و ارتقای تاب‌آوری سیستم‌های کشاورزی در برابر تغییرات آینده ضروری است.

منابع

1. Zeynati Fakharabad, & Asgari Moghaddam. (2021). Foresight of the security consequences of the water crisis in the border regions of Iran. Geography and Human Relations, 4(3), 1-17. [In Persian]

2. Bagheri, N., Keshavarz-Tark, M., Abbasi, A., Abbasi, & Bardbar. (2020). Foresight of the Agricultural Engineering Research Institute in the Horizon of 2025. Strategic Research Journal in Agricultural and Natural Resources Sciences, 5(1), 1-18. [In Persian]

3. Maroofi, A., Hasanpour, S., Omidi Shahabadi, O., Hoseini, A., & Azizpour, F. (2022). Foresight of the Iran's Agricultural Sector in 2024 Using Structural Analysis and System Dynamics. Quarterly Journal of The Macro and Strategic Policies, 10(39), 610-642. [In Persian]

4. Fleming, A., Jakku, E., Fielke, S., Taylor, B. M., Lacey, J., Terhorst, A., & Stitzlein, C. (2021). Foresighting Australian digital agricultural futures: Applying responsible innovation thinking to anticipate research and development impact under different scenarios. Agricultural Systems, 190, 1031

آبخوان

Flood Modeller
by Jacobs

معـــــرفـــــی نـــــرم افـــــزار

Flood modeler

علی حاجی الیاسی
کاندیدای دکتری مهندسی عمران دانشگاه تهران

مقدمه

یک نرم‌افزار جامع، Flood Modeller نرم‌افزار شامل ابزارهای تهیه نقشه‌های منطقه سیلاب، پیش‌بینی سیلاب، روش‌های مدیریت سیلاب، مدل‌سازی جریان درون کانال‌ها، مدل‌سازی رسوبات و کیفیت آب است. دریافت این نرم‌افزار از طریق شبکه اینترنت به‌صورت رایگان است. این نرم‌افزار به دلیل استفاده از سه روش متنوع در شرایط مختلف، سرعت بالایی داشته که در مقایسه با مدل‌های دوبعدی دیگر، می‌توان استفاده از این مدل را ارجح دانست. این نرم افزار قادر خواهد بود جریان یک‌بعدی و دوبعدی را مدل‌سازی نماید، در حالی‌که بسیاری از نرم‌افزارهای دوبعدی موجود به صورت شبه‌دوبعدی عمل می‌کنند. همچنین این نرم‌افزار قابلیت اجرای نرم‌افزارهایی را نیز داراست که در صورت SWMM ازجمله لزوم، می‌توان از این نرم‌افزار برای مقایسه نتایج استفاده نمود[۱]. در مدل‌سازی با در این نرم‌افزار، با استفاده TUFLOW ماژول از ابزار خاصی که درون نرم‌افزار موجود است، قابلیت مشاهده نتایج به‌صورت سه‌بعدی نیز امکان‌پذیر خواهد بود. در وارد کردن داده های ورودی علاوه بر اینکه می‌توان از نقشه های رقومی و داده‌های کامپیوتری استفاده کرد، می‌توان در حالت یک‌بعدی از وارد کردن مقاطع به‌صورت دستی نیز بهره برد. در این نرم‌افزار به دلیل اینکه علاوه بر داده های رستری، یک‌سری از نقشه‌های منطقه به‌صورت عکس‌های هوایی در اختیار نرم‌افزار قرار داده می‌شوند، بنابراین نتایج خروجی از این نرم‌افزار هم به‌صورت ملموس و قابل استفاده برای عموم و در صورت نیاز به‌صورت گراف‌ها و داده‌های تخصصی در دسترس خواهد بود. تمامی سازه‌های هیدرولیکی از قبیل پل، سرریز، پمپ و غیره را می‌توان در .این مدل پیاده‌سازی کرد [۲]

مدل قادر به مدل‌سازی حلقه، شاخه‌ها و اتصالات نیز خواهد بود و از قانون کلی برابری دبی ورودی و دبی خروجی در شاخه‌ها و لوپ‌ها تبعیت می‌کند. برای محاسبات مربوط به جریان پایدار از دو روش کاملاً جدید، متفاوت و دقیق استفاده شده است. مجموعاً این نرم‌افزار ازجمله نرم‌افزارهای جامع در زمینه‌ی مدل سازی یک‌بعدی و دوبعدی بوده که مشکلات مدل‌های گذشته در آن مرتفع و از روش‌های جدیدتر و به‌روزتری جهت مدل‌سازی در آن استفاده شده است [۱-۲]. با توجه به اینکه در این مدل از کلیه مباحث هیدرولیک استفاده و حتی به‌صورت مفصل بحث شده است، لذا استفاده در مدیریت بحران شهری و تدریس این نرم‌افزار در دروس دانشگاهی خصوصا برای رشته های مرتبط با آب نظیر علوم و مهندسی آب، آبخیزداری و آبخوانداری، دید مناسبی از دروس مرتبط به کاربران خواهد داد[۱]. در ادامه به بررسی جنبه های مختلف این نرم افزار پرداخته خواهد شد

مدل‌سازی یک‌بعدی: ابزارهای پیشرفته Flood Mod-مدل‌سازی یک‌بعدی در نرم‌افزار eller از سریع‌ترین و مقاوم‌ترین راهکارهای موجود به شمار می‌روند. در صورت خروج جریان رودخانه‌ای از بستر خود یا سرریز شدن سیستم فاضلاب، این ابزارها امکان اتصال دینامیک به مدل‌های دوبعدی را فراهم می کنند. این اتصال پویا به کاربران اجازه می‌دهد جریان‌های سطحی و عمق‌ها را با دقت بالا شبیه‌سازی و نمایش دهند. این ویژگی منحصربه‌فرد، ابزارهای مدل‌سازی یک‌بعدی را به گزینه‌ای ایده‌آل برای طیف گسترده‌ای از کاربردهای مهندسی و محیط‌زیستی تبدیل کرده است؛ از جمله شبیه‌سازی جریان‌های رودخانه‌های پرشیب، مصب‌های تحت تأثیر جزر و مد، و سیستم‌های زهکشی زیرزمینی [۳]. شکل ۱ نمایی از محیط نرم‌افزار و اجزای .تشکیل‌دهنده آن را نشان می‌دهد

شکل ۱. نمایی کلی از محیط نرم افزار

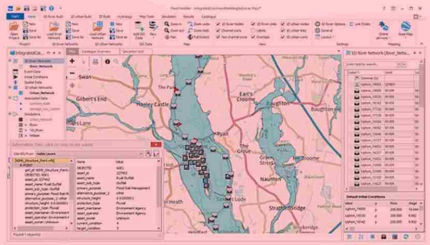
مدلسازی یک‌بعدی رودخانه

شامل Flood Modeller هسته اصلی نرم‌افزار ابزاری کاملاً پیشرفته و هیدرودینامیکی برای مدل‌سازی یک‌بعدی رودخانه است که برای رژیم‌های جریان زیر بحرانی، فوق بحرانی و انتقالی طراحی شده است. این ابزار قابلیت‌های متنوعی از جمله مسیریابی سیلاب با روش‌های ماسکینگهام و ماسکینگهام-کانج را ارائه می دهد که محاسبه دبی پایین‌دست را به‌صورت ساده‌تر امکان‌پذیر می‌سازد. مدل‌ساز یک‌بعدی رودخانه در این نرم‌افزار شامل مجموعه گسترده‌ای از سازه‌های هیدرولیکی، نظیر دریچه‌ها، برداشت‌ها، سرریزها، و پمپ‌ها است. این سازه‌ها را می‌توان با استفاده از قواعد منطقی مدیریت کرد تا عملیات‌هایی مانند باز و بسته کردن دریچه‌ها یا روشن و خاموش کردن پمپ‌ها به‌صورت خودکار انجام شوند[۳]. این نرم‌افزار دسترسی به روش‌های مختلف هیدرولوژیکی را فراهم کرده و امکان استفاده از جدیدترین مجموعه داده‌ها را از طریق رابط ارائه می‌دهد. این مجموعه داده‌ها شامل GIS داده‌های ایستگاه‌های اندازه‌گیری ،FEH Online سازمان محیط‌زیست، و آرشیو ملی جریان Flood است. ابزارهای جامع UKCEH رودخانه به کاربران امکان می‌دهند شبکه Modeller های یک‌بعدی پایداری را توسعه دهند که می توانند به‌صورت پویا به حوزه‌های دوبعدی متصل شوند تا نمایش دقیق‌تری از جریان‌ها و عمق‌های سطحی ارائه کنند [۳]. در شکل ۲، نمایی از محیط نرم‌افزار در هنگام مدل‌سازی یک‌بعدی نمایش داده شده است

ماژول کیفیت آب در این نرم‌افزار امکان شبیه‌سازی آلاینده‌ها، دمای آب، انتقال رسوبات چسبنده، تعامل عوامل کیفی با رسوبات، فیتوپلانکتون و را فراهم می‌آورد. این ماژول همچنین قادر به پیش‌بینی نرخ انتقال رسوبات و الگوهای فرسایش و رسوب‌گذاری در کانال‌های رودخانه است pH

مدل‌ساز یک‌بعدی شهری

امکان شبیه‌سازی Flood Modeller مدل‌ساز یک‌بعدی شهری در نرم‌افزار ،(US EPA) سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا SWMM بر اساس مدل دقیق سیستم‌های زهکشی و سرریزهای فاضلاب ترکیبی را فراهم می‌آورد. این قابلیت برای ارزیابی تأثیر رویدادهای شدید بر سیستم‌های زیرسطحی بسیار مناسب است. هنگامی که شبکه‌های زهکشی یا فاضلاب به ظرفیت کامل خود می‌رسند، می‌توان آن‌ها را به مدل‌های یک‌بعدی متصل کرد تا جریان‌های سطحی ناشی از آن‌ها و ریسک‌های ترکیبی سیلاب در منطقه موردنظر شبیه‌سازی Flood Modeller رودخانه یا دوبعدی این امکان را به کاربران می‌دهد که به‌سرعت شبکه‌های یک‌بعدی شامل تقاطع‌ها (چاهک‌ها)، لوله‌ها، Flood Modeller نرم‌افزار GIS شوند. رابط محل‌های خروج و سایر سازه‌های مرتبط را ایجاد کنند. علاوه بر این، کاربران می‌توانند جریان‌های ورودی مستقیم، زیرحوضه‌ها و ایستگاه‌های باران‌سنج مرتبط را تعریف کرده و از گزینه‌های متنوعی برای نفوذپذیری بهره‌مند شوند [۳]



شکل ۲. نمایی از محیط نرم افزار در هنگام شبیه سازی سیلاب شهری در حالت یک بعدی

این نرم‌افزار امکان مشاهده نتایج سری زمانی را با ترسیم متغیرهای مختلف، مانند تقاطع‌ها و لوله‌ها، در بازه‌های زمانی مشخص فراهم می‌کند. همچنین، نمودارهای مقاطع طولی موجود در نرم‌افزار می‌توانند سطح آب را در امتداد مسیر مستقیم بین هر دو گره نمایش دهند. این نمودارها قابلیت انیمیشن سازی دارند و می‌توانند تغییرات سطح آب را در طول زمان نشان دهند. برای مواقعی که کاربران نیاز به اجرای مدل‌های متعددی دارند، ابزار اجرای دسته این نرم‌افزار می‌تواند مجموعه‌ای از شبیه‌سازی‌ها را (batch runner) ای مدیریت کند. این ابزار امکان تنظیم سناریوهای متعدد را فراهم کرده و اجرای خودکار و بهینه‌سازی شده هر سناریو را انجام می‌دهد [۳]

مدل سازی دوبعدی

با بهره‌گیری از قدرت و سرعت مدل‌های دوبعدی پیشرفته خود، امکان تسریع در پیشبرد پروژه‌ها را فراهم می‌کند. مدل Flood Modeller نرم‌افزار توسعه یافته است، نتایجی بسیار دقیق و با جزئیات بالا ارائه می‌دهد؛ چه در حال شبیه (GPU) دوبعدی این نرم‌افزار که بر پایه پردازنده گرافیکی سازی یک سایت خاص، کل حوضه آبریز، یا انجام یک مطالعه ملی باشید

هر آنچه نیاز دارید در این مجموعه نرم افزاری هست

با استفاده از معادلات آب کم‌عمق، پارامترهایی مانند عمق آب، سرعت و مسیر جریان را محاسبه می‌کند. این ابزار می‌تواند به Flood Modeller ۲D صورت مستقل برای ارزیابی ریسک سیل ناشی از بارش‌های شدید، سیلاب ناگهانی، شکست سد یا مخزن، آب‌گرفتگی ساحلی، و بسیاری از کاربردهای دیگر به کار گرفته شود. این نرم‌افزار همچنین قابلیت اتصال پویا به مدل‌های یک‌بعدی رودخانه و شهری را دارد. این ویژگی امکان مدل‌سازی یکپارچه حوضه را فراهم می‌کند و به نمایش دقیق‌تر سیلاب رودخانه‌ای و درک بهتر ریسک سیلاب در مناطق شهری کمک شایانی می .کند[۳]. در شکل ۳، خروجی نرم‌افزار پس از پهنه‌بندی سیل در حالت دوبعدی به نمایش درآمده است

شکل۳. نمایی از مدلسازی دو بعدی سیلاب شهری در نرم افزار [۳]

به کاربران این امکان را Flood Modeller در نرم‌افزار GIS رابط می‌دهد که به‌سرعت و با سهولت یک حوزه دوبعدی تعریف کنند و نقشه‌های پس‌زمینه را همراه با سایر لایه‌های اطلاعاتی مانند نقشه‌های منطقه سیلابی سازمان محیط یا نقشه جهانی سیلاب AIMS زیست، مجموعه دارایی‌های نمایش دهند. این قابلیت شامل ویرایش ویژگی‌های Fathom و افزودن سازه‌ها به‌صورت LiDAR توپوگرافی در داده‌های مستقیم در حوزه دوبعدی است، که در بسیاری از موارد نیاز به استفاده از مدل یک‌بعدی را برطرف می‌سازد. برای بهینه سازی مدل، امکان ترکیب چندین حوزه دوبعدی با اندازه‌ها و وضوح مختلف فراهم است. تحلیل نتایج دوبعدی و بررسی تغییرات عمق آب به‌سرعت و با سهولت انجام می‌شود. همچنین، قابلیت انیمیشن داخلی این نرم‌افزار امکان مشاهده و ضبط نتایج مدل را فراهم می‌کند. کاربران می توانند محدوده‌های سیلاب را برای استفاده در گزارش‌ها یا ابزارهای دیگر مانند گوگل ارث صادر کنند[۳]

هیدرولوژی+: هیدرولوژی+ ابزاری نوآورانه برای دیجیتالی کردن روند تحلیل‌های هیدرولوژیکی است. این ماژول ثبات، تکرارپذیری، و استفاده آسان از جدیدترین روش‌های هیدرولوژیکی را تضمین می‌کند. این نرم‌افزار تمامی مراحل تحلیل هیدرولوژیکی، از جمله جمع‌آوری داده WINFAP ها و بصری سازی آن‌ها، ترسیم حوضه آبریز، تحلیل کاربرد روش های هیدرولوژی و تهیه گزارش ReFH۲، و جامع را پوشش می‌دهد. هیدرولوژی + با ایجاد تغییرات اساسی در هیدرولوژی سیلاب، انعطاف‌پذیری و صرفه‌جویی در زمان بیشتری را برای هیدرولوژیست‌ها و مدل‌سازان هیدرولیکی فراهم کرده است[۳]

مزایای این نرم افزار در یک نگاه

- به‌طور جهانی به‌عنوان نرم‌افزاری سریع و مطمئن شناخته شده است
- اتصال پویا به مدل‌های دوبعدی برای نمایش دقیق‌تر ریسک سیلاب
- شامل طیف گسترده‌ای از سازه‌ها به همراه قواعد کنترل عملیاتی
- به‌اشتراک‌گذاری خروجی‌ها با استفاده از نمودارهای مختلف، انیمیشن‌ها و ابزارهای تجسم
- دسترسی به جدیدترین روش‌های هیدرولوژیکی
- زمان اجرای سریع مدل‌ها با استفاده از پردازنده مرکزی (CPU) و پردازنده گرافیکی (GPU) - تا ۹۶٪ سرعت بیشتر با GPU
- دسترسی به داده‌های منابع ثالث برای ساخت سریع و GIS آسان مدل‌های دوبعدی با استفاده از رابط
- مدل‌سازی دقیق و مطمئن از چندین منبع سیلاب
- تولید و به‌اشتراک‌گذاری انواع خروجی‌ها، از جمله داده های عمق، جریان و سرعت
- اتصال پویا به مدل‌های یک‌بعدی برای نمایش دقیق جریان‌های رودخانه‌ای یا زیرسطحی

منابع

۱. شفاعی بجستان، محمود و سامانی دهقانی، دانیال.(۱۳۹۵). معرفی نرم افزار و مدیریت سیلاب شهری (مطالعه موردی: منطقه دزفول)، سومین کنفرانس ملی مدیریت بحران و اچ اس ای در شریان های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری، تهران

۲. شفاعی بجستان، محمود و فتحی، احمد و دهقانی سامانی، دانیال.(۱۳۹۵). مدل سازی یک بعدی و دو بعدی رودخانه دز با استفاده از نرم افزار ،همایش ملی آب و سازه های هیدرولیکی،دزفول

۳. https://www.floodmodeller.com/

آبخوان

معرفی گرایش هیدروانفورماتیک

Introducing the trend of hydroinformatics

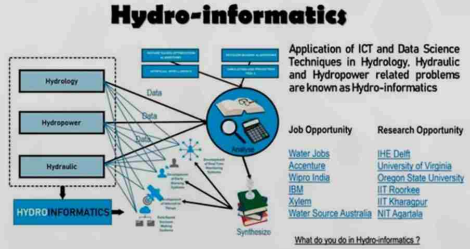
سیناکوثری
دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

مقدمه

اصطلاح هیدروانفورماتیک را برای توصیف ادغام دو فناوری معرفی کرد: (۱۹۹۱) Michael B. Abbott سه دهه پیش، پروفسور هیدرولیک محاسباتی و مدیریت و بصری‌سازی داده‌های مبتنی بر رایانه. نگرانی او بر نیاز به ارتباط مؤثرتر میان افرادی که مانند او در مدل‌سازی و طراحی سیستم‌های هیدرولیکی فعالیت می‌کردند و کسانی که تحت تأثیر این سیستم‌ها قرار می‌گرفتند، متمرکز بود. او تشخیص داد که تصمیم‌گیری‌های مرتبط با سازه‌های هیدرولیکی توسط افرادی صورت می‌گیرد که با مدل‌سازی هیدرولیکی محاسباتی و نحوه بهره‌گیری از نتایج این مدل‌ها برای تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌تر آشنایی کافی ندارند. او بر این باور بود که باید راه بهتری برای برقراری ارتباط و ایجاد اعتماد میان مدل‌سازان سازه‌های هیدرولیکی و تمامی افراد درگیر یا نگران از تأثیرات احتمالی تصمیمات مرتبط با این سازه‌ها وجود داشته باشد. به عقیده مایک، این راه بهتر از طریق توسعه یک فناوری جدید محقق می‌شد. او این فناوری را «هیدروانفورماتیک» نامید که به مدل‌سازی و مدیریت جریان‌های آب و اطلاعات اختصاص داشت [۱]. هیدرو در زبان انگلیسی معادل کلمه یونانی آب است. انفورماتیک به سیستم‌های اطلاعاتی، علم، مهندسی، فناوری یا نظریه مرتبط است. در عمل، تمامی این حوزه‌ها به کامپیوتر وابسته هستند. پیشرفت‌های فناوری رایانه‌ای، زمینه‌ساز پیشرفت‌های هیدروانفورماتیک نیز شده‌اند. پروفسور مایکل، هیدروانفورماتیک را به‌عنوان یک فناوری برای انتقال دانش حاصل از مدل‌سازی سیستم‌های هیدرولیکی، هیدرولوژیکی و منابع آب به جامعه و قابل درک کردن آن تعریف کرد. او هیدروانفورماتیک را به‌عنوان واسطی میان علم آب، فناوری و جامعه در نظر گرفت و آن را یک «فرادانش » جدید برای انتقال دانش معرفی کرد که در این مورد، حاصل مدل‌های محاسباتی فرآیندهای هیدرولیکی و هیدرولوژیکی است. این فناوری با هدف پاسخگویی به نیازهای اجتماعی، تعامل و هم‌افزایی سازنده‌ای میان فناوری‌های ارتباطی و علم و فناوری‌های مرتبط با آب ایجاد می‌کند [۲-۴]. این مقاله مروری تلاش می‌کند تا به طور مختصر این پیشرفت‌ها را از زمان ابداع این اصطلاح توسط ابت مورد بررسی قرار دهد

تاریخچه توسعه

هیدروانفورماتیک به‌عنوان یک حوزه چندرشته‌ای در اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی توسط پروفسور مایکل شکل گرفت. این مفهوم در پاسخ به نیازهای فزاینده‌ای برای یکپارچه‌سازی فناوری‌های پیشرفته محاسباتی با دانش مدیریت منابع آب و هیدرولوژی مطرح شد. در ابتدا، تمرکز اصلی این حوزه بر بهره‌گیری از مدل‌های محاسباتی هیدرولیک و هیدرولوژیک برای بهبود دقت در تحلیل و طراحی سیستم‌های آب‌رسانی، زهکشی و سازه‌های هیدرولیکی بود. پیشرفت در قدرت پردازش کامپیوترها و توسعه الگوریتم‌های پیشرفته محاسباتی امکان انجام شبیه‌سازی‌های پیچیده‌تر را فراهم کرد. با گذشت زمان، هیدروانفورماتیک از یک فناوری محدود به مدل سازی فراتر رفت و به ابزاری برای تسهیل ارتباط بین دو بخش ذکر شده تبدیل شد. هیدرولیک محاسباتی به‌عنوان یک رشته مستقل در اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی شکل گرفت، زمانی که کامپیوترها و فناوری‌های پردازش داده برای مدل‌سازی و تحلیل هیدرولوژیکی و هیدرولیکی به کار گرفته شدند. این فناوری، مانند سایر فناوری‌های مبتنی بر رایانه، به‌مرور زمان پیشرفت کرد [۵]. با پیشرفت فناوری کامپیوتر، امکان توسعه مدل‌های پیچیده‌تر و دقیق‌تری فراهم شد که می‌توانستند فرآیندهای متغیر مکانی و زمانی تعیین کننده کمیت و کیفیت آب را شبیه‌سازی کنند (شکل ۱).



شکل ۱۰: شماتیکی از مفهوم هیدروانفروماتیک و فرصت‌های تحقیقی و شغلی آن

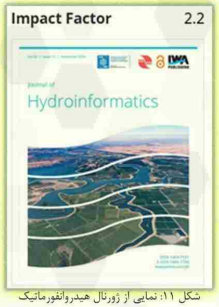
این پیشرفت‌ها منجر به ایجاد ابزارهای نرم‌افزاری جدیدی برای مدل‌سازی، تحلیل داده و بصری‌سازی شدند. ویژگی‌های این ابزارها اغلب در برنامه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری تعاملی مبتنی بر داده و گرافیک کامپیوتری گنجانده می‌شدند که با هدف تسهیل یادگیری، ارتباط و مشارکت ذینفعان طراحی شده بودند. هیدروانفورماتیک به‌عنوان یک عنوان کلی برای رویکردهای مدل‌سازی جدیدی که پژوهشگران برای شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولیکی و هیدرولوژیکی معرفی کردند، مطرح شد. نخستین کنفرانس هیدروانفورماتیک که در سال ۱۹۹۴ در دلفت برگزار شد، نمونه‌های اولیه‌ای از کاربرد شبکه‌های عصبی، روش‌های محاسبات تکاملی و محاسبات تطبیقی را در مقابل مدل‌های مبتنی بر فیزیک ارائه کرد. برخی از این روش‌ها امروزه به‌عنوان بخشی از هوش مصنوعی شناخته می‌شوند [۱].

نقش (شکل ۲) Journal of Hydroinformatics تأسیس نشریه مهمی در پذیرفته شدن و جایگاه‌یابی هیدروانفورماتیک به‌عنوان بخشی اساسی از هیدرولیک محاسباتی و مهندسی منابع آب داشت. از زمان انتشار اولین شماره این نشریه در سال ۱۹۹۹، هیدروانفورماتیک به تکامل و گسترش خود ادامه داده است.

این حوزه به یکی از زمینه‌های مهم پژوهش در علوم هیدرولوژی و مهندسی آب و همچنین در مدیریت عملی منابع آب تبدیل شده است.

در سال‌های اولیه، تمرکز اصلی هیدروانفورماتیک بر توسعه ابزارهای نرم‌افزاری برای مدیریت داده‌ها، مدل‌سازی و نمایش آن‌ها بود. علاقه به تکنیک‌های مدل‌سازی داده‌محور افزایش یافت و این روش‌ها در پیش‌بینی رواناب و مقیاس‌بندی داده های اقلیمی، به همراه طیف گسترده‌ای از کاربردهای دیگر، مورد استفاده قرار گرفتند. ایده‌های جدیدی مانند الگوریتم‌های یادگیری ماشین، ماشین‌های بردار پشتیبان، منطق فازی و نظریه آشوب مورد بررسی قرار گرفتند. شبکه‌های عصبی به عنوان جایگزین یا مکمل مدل‌های عددی پیچیده هیدرودینامیکی سنتی به کار گرفته شدند، به‌ویژه در شبیه سازی سیلاب و ارزیابی آسیب‌پذیری دشت‌های سیلابی. روش های طبیعت‌محور مبتنی بر فرابتکاری‌ها به دلیل توانایی‌شان در مواجهه با مسائل مربوط به مقیاس و پیچیدگی، به‌ویژه محبوب و موفق شدند [۱].

امروزه، بیش از سه دهه پس از ظهور هیدروانفورماتیک، دامنه این حوزه گسترش یافته است تا چالش‌هایی را نه‌تنها در جنبه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، بلکه در ابعاد فرهنگی، اقتصادی، سیاسی، جامعه‌شناختی و حقوقی طراحی و مدیریت منابع آب نیز مورد بررسی قرار دهد. هیدروانفورماتیک به ماهیت اجتماعی مسائل مدیریت آب و فرآیندهای تصمیم گیری اذعان دارد و تلاش می‌کند تا این فرآیندهای اجتماعی را که بر مدیریت و استفاده از آب تأثیر می‌گذارند، درک کند [۶]

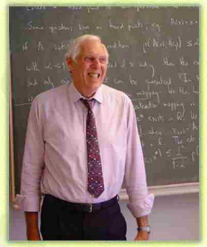


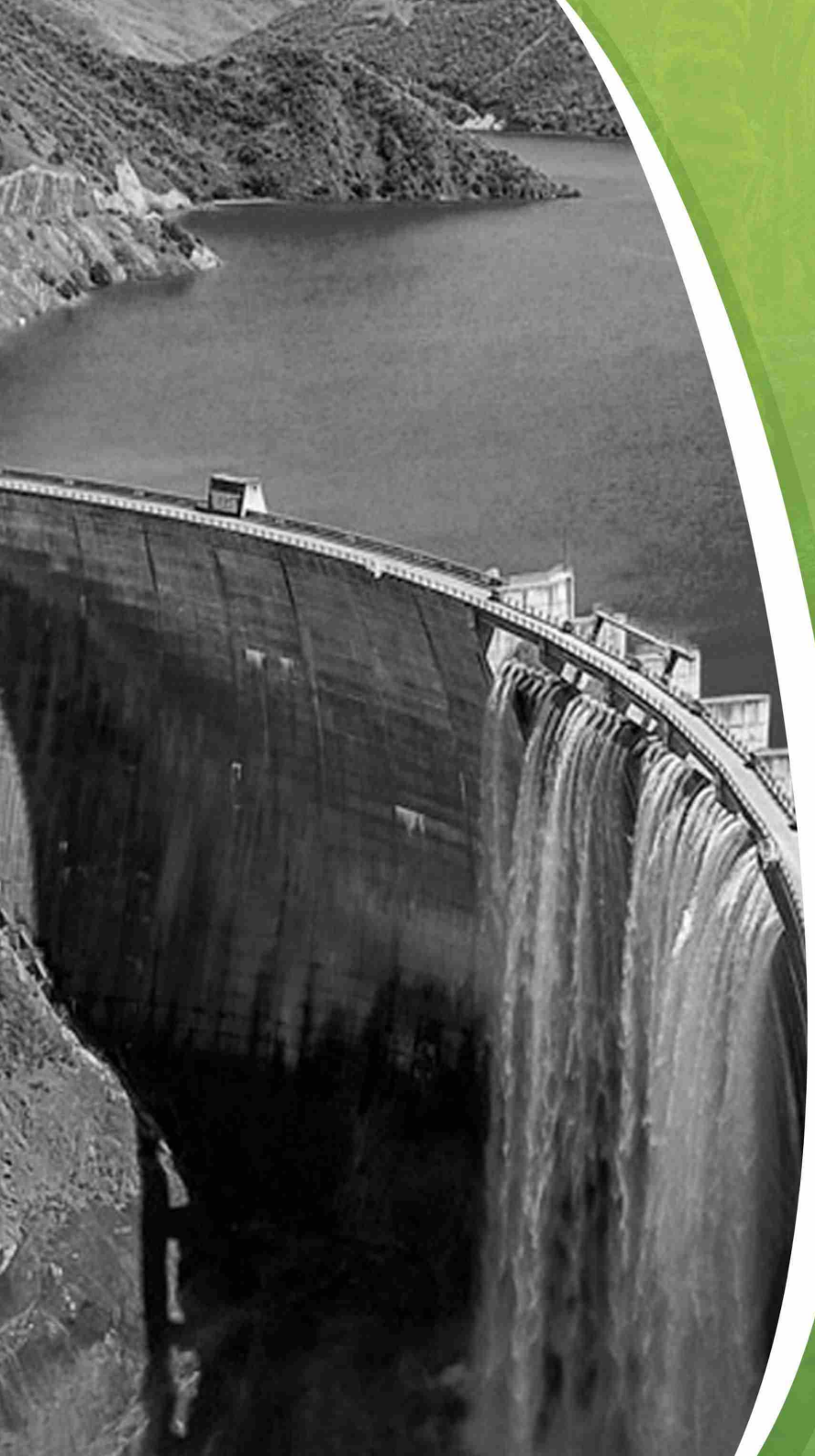
شکل ۱۱: نمایی از ژورنال هیدروانفورماتیک

توسعه‌دهندگان اولیه هیدروانفورماتیک

هیدروانفورماتیک فناوری است که از مشارکت‌های گسترده در رشته‌های مختلفی از جمله علوم کامپیوتر، مکانیک سیالات و مهندسی منابع آب، هیدرولوژی، جغرافیا و علوم محیط‌زیست بهره‌مند شده است. مشارکت‌کنندگان اولیه برجسته در هیدروانفورماتیک شامل گروهی از اساتید و دانشجویان بودند که با پروفسور مایکل (شکل ۳) در موسسه بین‌المللی مهندسی زیرساخت‌ها، هیدرولیک و محیط‌زیست که اکنون به نام موسسه آموزش آب شناخته می‌شود، در دلفت هلند همکاری داشتند. این افراد شامل پروفسور به همراه دانشجویان‌شان بودند. این دانشجویان شامل بودند که یکی از اولین کسانی بودند که کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی را برای پیش‌بینی رواناب و حل مسائل مختلف آب نشان دادند. نیز به‌خاطر کارهای پیشگامانه‌اش در توسعه و کاربرد مدل‌های برنامه‌نویسی ژنتیکی در هیدرولیک، مدل‌سازی بارش-رواناب، پیش‌بینی سیلاب و مدیریت منابع آب شناخته شده است. کارهای او کمک کرده‌اند تا پتانسیل برنامه‌نویسی ژنتیکی به‌عنوان ابزاری برای مدل‌سازی هیدرولیک و هیدرولوژیک نشان داده شود و به توسعه نسخه های پیشرفته‌تری از این فناوری کمک کرده است [۷-۹]

دیگر توسعه‌دهندگان اولیه هیدروانفورماتیک شامل دراگان ساو هستند که در زمینه‌های تلفیق داده‌ها، کالیبراسیون مدل‌ها و ابزارهای نرم‌افزاری برای مدیریت منابع آب، از جمله مفهوم شبکه آب هوشمند که از فناوری‌های پیشرفته حسگر و تحلیل داده‌ها برای بهبود طراحی و مدیریت شبکه‌های آب استفاده می‌کند، مشارکت داشته است. گریم دنی وسیمپسون تکنیک‌های بهینه‌سازی تکاملی را برای طراحی و مدیریت سیستم‌های توزیع آب توسعه دادند. آن‌ها همچنین به بهبود سیستم‌های پشتیبانی تصمیم برای مدیریت منابع آب کمک کردند که شامل الگوریتم‌های بهینه‌سازی، مدل‌های هیدرولوژیکی و سایر ابزارها برای کمک به مدیران آب در اتخاذ تصمیمات آگاهانه‌تر بود جیم کنج معادلات یک‌بعدی سنت-ونان برای جریان ناهموار کانال‌های باز را توسعه داد و به توسعه چندین مدل هیدرودینامیکی مانند مایک ۱۱ و سویک کمک کرد. نرم‌افزار ففلو (سیستم جریان زیرسطحی المان محدود) برای شبیه‌سازی و تجسم جریان آب‌های زیرزمینی، جرم و انتقال حرارت در محیط‌های متخلخل و شکاف‌دار زیرسطحی توسط هنس جورج ، ابتدا در موسسه مکانیک آکادمی علوم آلمان شرقی و سپس با استیفن کادن در وازی (موسسه برنامه‌ریزی و تحقیق سیستم‌های منابع آب) توسعه یافت. در سال ۲۰۰۷وازی، به بخشی از گروه موسسه هیدرولیک دانمارکی تبدیل شد


شکل ۱۲: پروفسور مایکل در حال تدریس یکی از کلاس‌های خود در موسسه -دلفت، هلند [۱]



جایی که ففلو همراه با دیگر مدل‌های مایک نگهداری و توزیع می‌شود [۱]. سایر موسسات که مدل‌های مختلفی برای مدیریت آب با رابط‌های گرافیکی تعاملی ارائه می‌دهند شامل دلتارس، سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده که ابزار اپنت را برای درک حرکت و سرنوشت اجزاء آب شرب در سیستم‌های توزیع نگهداری می‌کند، مرکز مهندسی هیدرولوژیک ارتش ایالات متحده که انواع مختلف مدل‌های هیدرولوژیک اچ ای سی را توسعه، نگهداری و توزیع می‌کند، و سرویس زمین‌شناسی ایالات متحده که نسخه‌های مختلف مدل آب زیرزمینی مودفلو را برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی شرایط آب زیرزمینی و تعاملات آب‌های زیرزمینی و سطحی توسعه و توزیع می‌کند.

ابزارهای هیدروانفورماتیک

امروزه هیدروانفورماتیک شامل مجموعه‌ای گسترده از ابزارها و رویکردها برای مدیریت و تحلیل سیستم‌های آب و داده‌های مرتبط است. ابزارهای اصلی هیدروانفورماتیک شامل موارد زیر است:

الف) سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (جی ای اس) برای تحلیل و تجسم داده‌های مکانی، مانند شبکه‌های رودخانه‌ای، مرزهای حوضه‌های آبریز و الگوهای استفاده از زمین.

ب) سنجش از راه دور با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و هوایی برای شناسایی تغییرات سطح آب، مناطق خشکسالی یا سیلاب و تغییرات استفاده از زمین در مناطق وسیع در طول زمان.

ج) نرم‌افزارهای مدل‌سازی بهینه‌سازی و شبیه‌سازی برای شناسایی و ارزیابی برنامه‌ها و سیاست‌های مدیریت جایگزین و برآورد اثرات فیزیکی، زیست‌محیطی و اجتماعی آن‌ها. این ابزارها می‌توانند در پیش‌بینی جریان‌های آب، کیفیت آب و دیگر جنبه‌های سیستم‌های آب در طول زمان و فضا و چگونگی واکنش آن‌ها به تغییرات الگوهای آب و هوایی، استفاده از زمین، تصمیمات مدیریتی و دیگر عوامل کمک کنند

د) نرم‌افزارهای مدیریت داده‌ها برای ذخیره‌سازی، مدیریت، تجسم و تحلیل داده‌های مرتبط با آب.

ه) بازی‌های هوشمند دیجیتال برای اطلاع‌رسانی و آموزش به بازیکنان در مورد نحوه عملکرد سیستم‌های هیدرولوژیک یا هیدرولیکی تحت ورودی‌های مختلف سناریو.

و) ابزارهای هوش مصنوعی شامل روش‌های یادگیری ماشین برای تحلیل سیستم‌های پیچیده و واقعیت مجازی را برای ارائه یک GIS و داده‌های محیطی بزرگ، و دوقلوهای دیجیتال که شبیه‌سازی دیجیتال و مدل سیستم ترکیب می‌کنند

به طور کلی، هیدروانفورماتیک یک حوزه میان‌رشته‌ای است که از مجموعه‌ای وسیع از ابزارها و فناوری‌ها از چندین رشته علمی از جمله علوم کامپیوتر، هیدرولوژی، جغرافیا و علوم محیطی بهره‌مند می‌شود

کاربردهای هیدروانفورماتیک

روش‌های هیدروانفورماتیک به مطالعه و تحلیل مجموعه گسترده‌ای از مسائل مدیریت، برنامه‌ریزی و عملیات منابع آب کمک کرده‌اند. این مسائل شامل موارد زیر بوده است

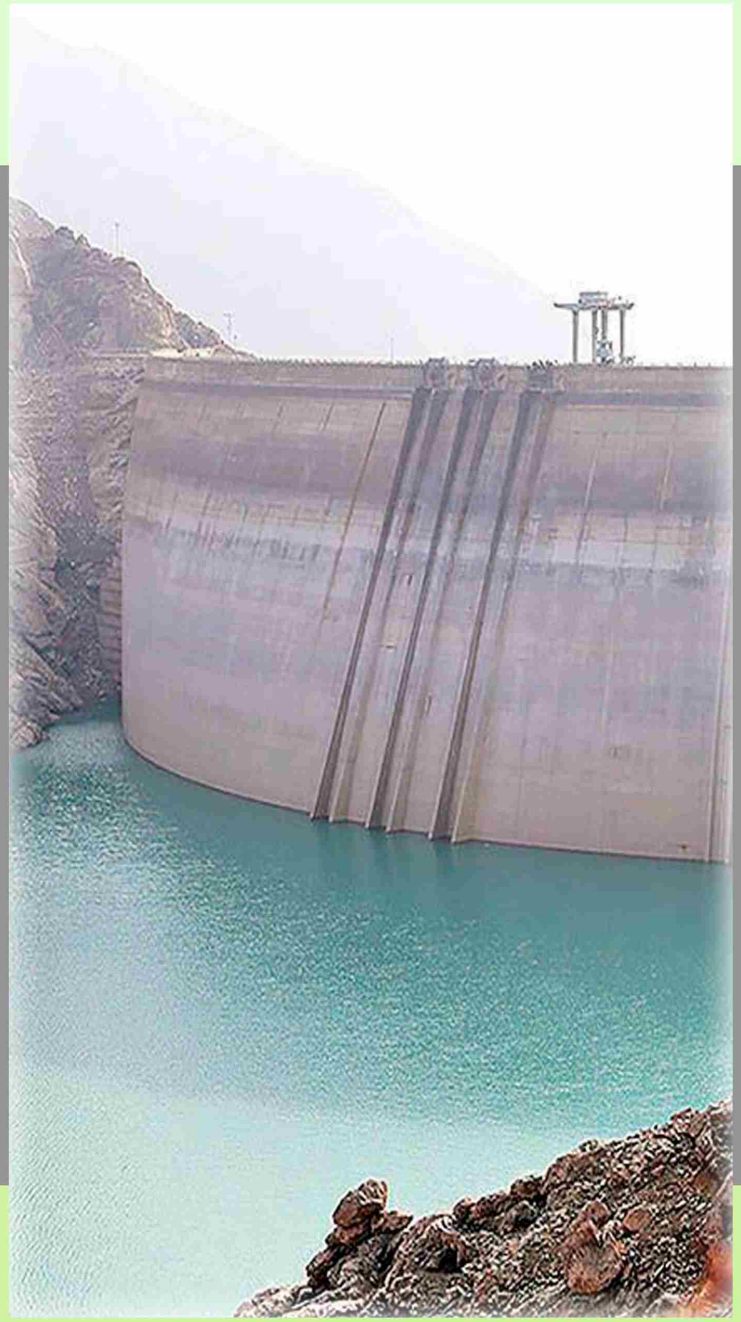
۱. پیش‌بینی جریان‌ها، سرعت‌ها و مدیریت شرایط بحرانی [۱۰,۱۱]
۲. توزیع منابع آب و جمع‌آوری فاضلاب [۱۲]
۳. مدیریت آبیاری [۱۳,۱۴]
۴. پایش محیط‌زیست [۱۵]
۵. مدیریت منابع آب زیرزمینی [۱۶]
۶. مدیریت زمین و منابع آب حوزه آبخیز [۱۷-۱۹]
۷. بهره‌برداری از مخازن و تنظیم جریان و تراز آب در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها [۲۰,۲۱]
۸. مدیریت مناطق ساحلی [۲۲,۲۳]
۹. ارزیابی‌های اثرات [۲۴-۲۶]
۱۰. مدیریت دانش و داده [۲۱,۲۷-۳۱]

به طور کلی، فناوری هیدروانفورماتیک در مجموعه‌ای گسترده از کاربردها مرتبط با آب و مدیریت آن استفاده شده است. استفاده از این فناوری باعث بهبود درک ما از عملکرد سیستم‌های آب جایگزین، ارتقاء توانمندی‌های تصمیم‌گیری و افزایش اثربخشی برنامه‌های آموزشی ما در ارتباط با توسعه و پایداری سیستم‌های منابع آب شده است [۳۱]

نگاهی به دروس و آزمون ورودی گرایش هیدروانفورماتیک

مطابق با شکل ۴ که جدیدترین دفترچه ثبت‌نام کنکور کارشناسی ارشد سازمان سنجش (سال ۱۴۰۳) می‌باشد، داوطلبانی که قصد پذیرش در این گرایش را دارند، باید دروس زیر را مطالعه کنند:

۱. زبان عمومی و تخصصی
۲. ریاضیات
۳. آمار و احتمالات
۴. مدیریت منابع آب
۵. دروس تخصصی گرایش‌های هواشناسی کشاورزی و هیدروانفورماتیک: شامل مباحثی مانند هوا و اقلیم‌شناسی، زراعت، باغبانی، خاک‌شناسی، آبیاری و گیاه
۶. .پزشکی با ضریب ۲
۷. .هیدرولیک با ضریب ۳



از جمله دانشگاه‌های برتر ارائه‌دهنده این گرایش، می‌توان به دانشگاه تهران اشاره کرد که با بهره‌گیری از اساتید برجسته و امکانات آموزشی مدرن، بستری مناسب برای پرورش متخصصان این حوزه فراهم کرده است. دانشجویان این گرایش در دوره کارشناسی ارشد ملزم به گذراندن ۳۲ واحد درسی هستند که شامل دروس تخصصی، اختیاری و پایان‌نامه می‌شود. از جمله مهم‌ترین دروس این گرایش می توان به موارد زیر اشاره کرد

روش‌های محاسباتی در مهندسی آب: این درس به دانشجویان کمک می‌کند تا .با روش‌های عددی و تحلیل‌های کامپیوتری در مسائل مهندسی آب آشنا شوند

مبانی سامانه‌های هوشمند: مباحث این درس شامل استفاده از الگوریتم‌های .یادگیری ماشین و تحلیل داده‌ها برای حل مسائل هیدرولوژیکی است

هیدروانفورماتیک: این درس به طور خاص به کاربرد فناوری‌های اطلاعاتی در .تحلیل و مدیریت منابع آب می‌پردازد

همچنین، دانشجویان می‌توانند دروس اختیاری مانند بهینه‌سازی در منابع آب و هیدرولیک محاسباتی را انتخاب کنند که این دروس، مهارت‌های تخصصی آن‌ها را .در زمینه‌های مختلف بهبود می‌بخشند

چشم‌انداز آینده

با توجه به چالش‌های روزافزون تغییرات اقلیمی و کمبود منابع آب، دانش آموختگان گرایش هیدروانفورماتیک نقش کلیدی در توسعه راه‌حل‌های پایدار و مبتنی بر فناوری برای مدیریت منابع آب ایفا می‌کنند. این رشته با تمرکز بر ابزارهای هوشمند و تحلیل داده، زمینه‌ساز ایجاد نوآوری در زمینه مدیریت و بهره .برداری بهینه از منابع آبی در کشور است

۱۴۰۲- علوم و مهندسی آب

عناوین دروس امتحانی: ۱- زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی)، ۲- ریاضیات، ۳- هیدرولیک و هیدرولیک انهار، ۴- رابطه آب و خاک و گیاه، ۵- سیستم‌های آبیاری، ۶- مهندسی زهکشی، ۷- هیدرولوژی، ۸- مکانیک خاک، ۹- ساختمان‌های انتقال و توزیع آب، ۱۰- هیدرولوژی آب‌های سطحی و زیرزمینی، ۱۱- آمار و احتمالات، ۱۲- مدیریت منابع آب، ۱۳- دروس تخصصی گرایش‌های هواشناسی کشاورزی و هیدروانفورماتیک (هوا و اقلیم‌شناسی، زراعت، باغبانی، خاک‌شناسی، آبیاری، گیاه‌پزشکی)

رشته	گرایش	کد ضریب	ضرایب دروس امتحانی براساس شماره دروس												
			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۱) علوم و مهندسی آب	۱) آبیاری و زهکشی	۱	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲) سازه‌های آبی ۳) رودخانه و اکوسیستم‌های آبی	۲	۲	۲	۳	۰	۰	۲	۲	۰	۳	۲	۲	۰	۰
	۴) منابع آب ۵) مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب	۳	۲	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۲	۳	۰
	۶) هواشناسی کشاورزی	۴	۲	۰	۲	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۳	۰	۵	
	۷) هیدرو انفورماتیک	۵	۲	۲	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۲	۲	
۲) مهندسی طبیعت	-	۳	۲	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۳	۰	
۳) حکمرانی آب	-														

شکل ۱۳: ضریب دروس آزمون کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آب

آبخوان

مصاحبه

interview

مصاحبه گر:

نیما مقدم

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران

مصاحبه با:

دکتر افشین اشرف‌زاده

دانشیار گروه

تدوین مصاحبه:

محراب هدایت‌پور

آقای دکتر سلام عرض میکنیم خدمت شما
ممنون از این هستیم که وقتتون رو در اختیار مصاحبه انجمن قرار دادید. اگر امکانش باشه لطفا اول خودتون رو یک معرفی بفرمایید و زمینه های تخصصی و تجربیات حرفه ای خودتون رو هم لطفا بفرمایید

خواهش میکنم
منم سلام میکنم به شما و خیلی خوشحالم که میتونم توی نشریه شما و انجمن نقش کوچیکی داشته باشم
در مورد معرفی خدمت شما عرض کنم من افشین اشرف زاده متولد سال ۵۳ هستم، سال ۷۱ وارد رشته‌ی آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز شدم و بعد از اینکه از اونجا فارغ التحصیل شدم سال ۷۶ به عنوان دانشجوی کارشناسی ارشد وارد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تهران شدم و تا سال ۸۴ که تحصیلاتم توی دوره‌ی دکتری به اتمام رسید توی این گروه بودم و بعد از اون هم به عنوان عضو هیئت علمی دانشگاه گیلان مشغول به کار شدم تا سال ۱۴۰۳ و از مهر ۱۴۰۳ هم مجددا دوباره برگشتم به گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران و الان هم در خدمت شما هستم

در واقع اگر اشتباه نکنم از جوان ترین اعضای هیئت علمی دانشگاهمون هستید شما

البته بعید بدونم جوان ترین
چون دیگه من کم کم به دوران میانسالی رسیدم و دیگه الان تقریبا ۵۰ سالمه، اساتید خیلی جوان تر از منم مسلما هستند ولی خب به هر حال من عمده‌ی دوران خدمتم رو توی دانشگاه گیلان بودم، تقریبا ۲۲_۲۳ سال اگر که با اون سال هایی که به عنوان استادِ اصطلاحا حق التدریس توی زمان دکتری من میرفتم دانشگاه گیلان اون هارو هم در نظر بگیریم تقریبا ۲۲_۲۳ سال هستش که سابقه دارم
تقریبا اواخر خدمتم هست و دارم بازنشسته میشم (با خنده)

ماشالا خیلی جوون موندین و ایشالا که سلامت باشید
آقای دکتر بیشتر از اینکه حالا ما قبل از اینکه بخوایم وارد مبحث اصلی بشیم یک نکته ای که خیلی به چشم میاد اینه که انگار که دانشجو های الان با دانشجو های قدیم فرق دارن در واقع انگار انتظارات اساتید از دانشجو های قدیم خیلی بیشتر بوده و الان انگار برآورده نمیشه
بنظر شما این تفاوت بین دانشجو های قدیم و جدید به چه صورت هستش؟

والا ببینید این تفاوت نسل هارو حتی اگر خیلی برگردید عقب تر بنظر من وجود داشته
از حدود ۱۰۰ سال پیش که شما در نظر بگیرید تا الان هر نسلی که اومده مسلما یه تفاوت هایی با نسل قبل از خودش داشته .و خب همین موضوع راجب دانشجو های فعلی هم صادق هست
حالا اگر ما خودمون رو یک نسل قدیمی تر در نظر بگیریم خب بله از نظر شرایط اجتماعی بالخره یه تفاوت هایی وجود داشت. اون زمانی که ما درس میخوندیم نسبت به شرایط احتماعی الان تفاوت هایی بود
از نظر در دست بودن تکنولوژی و ارتباط هایی که الان دانشجویان دارن، ابزار ها و ادوات آموزشی و تحصیلی‌ای که در اختیارشون هست، خب به نظر من از این دید بخواهیم نگاه کنیم دنیای ما با دانشجویان الان خیلی خیلی متفاوت بود؛ من یادمه زمانی که وارد دانشگاه شیراز شدم اونموقع خب عملا کسی به کامپیوتر شخصی دسترسی نداشت و این وضعیت ادامه

ولی الان میگم انتظار وجود داره که با توجه به این امکاناتی که در اختیار بچه ها هست که یه مقدار بچه ها تلاش بیشتری داشته باشندولی به هر حال نتیجه گیری بخوام بکنم از نظر کلیت وضعیت تحصیلی کم و بیش شاید بشه گفت که بچه های فعلی با زمان ما تقریبا در یک سطح قرار دارند

خیلی ممنون

آقای دکتر حالا شما خودتون یک استاد دانشگاه هستید و همونطور که فرمودید بیشتر از عمر کاریتون رو در دانشگاه به عنوان استاد گذراندید خودتون شخصا چه نگرشی نسبت به آینده‌ی رشته‌ی مهندسی آب توی ایران دارید؟
با توجه به اینکه خودتون گرایش منابع آب تدریس میکنید بنظر شما کدوم گرایش ها توی آینده اولویت بیشتری خواهند داشت؟

به نظر من خب رشته‌ی مهندسی آب اولا بخاطر اینکه یک رشته‌ی جامع هست من کمتر رشته‌ای رو سراغ دارم که این همه تنوع داشته باشه توی موضوعاتی که دانشگاه ها باهاش سر و کار دارند. توی همون دوران کارشناسی هم شما بخواهید در نظر بگیرید طیف وسیعی از موضوعات هست؛ از ... مسائل مرتبط با هواشناسی و هیدرولوژی شما بگیرید تا مسائل مربوط به عمران و سازه
الان هم خب که تکنولوژی های جدیدی اومده برای اندازه گیری داده هایی که ما توی مهندسی آب باهاشون سر و کار داریم، خود اون ها هم در حقیقت میشه گفت مجموعه جدید و متنوعی رو به این رشته‌ی ما اضافه کرده.
بنابراین آیندش آینده‌ی خیلی روشنی هست، حالا هرچند آینده‌ی رشته ما هم مثل تمام رشته های دیگه با توجه به شرایط اقتصادی خاص کشور تحت تاثیر قرار گرفته ولی در مجموع آینده‌ی این رشته به نظر من آینده‌ی روشنی هست.
اگر حالا سابقه‌ی تاریخی هم بخواهیم نگاه کنیم یه زمانی بود که عمده توجه ها به مسائل ساخت و ساز بود و کار های عمرانی خیلی زیاد انجام میشد. البته هنوز هم نمیشه انکار کرد که خب کار های عمرانی همچنان هم توی ایران هم توی دنیا انجام میشه ولی خب اگر مثلا برگردیم به ۷۰_۸۰ سال پیش اونموقع خیلی توجه به کار های عمرانی توی رشته مهندسی آب بیشتر بود.

آقای دکتر به نظر من چون توجه زیادی به مسائل عمرانی بود و به علم هیدرولوژی توجه‌ای نمیکردند باعث شده که ما یک مقدار بیش از حد ساخت و ساز عمرانی داشته باشیم.
من متاسفانه میبینم که هر جا جدیدا اطلاعیه ای میدن معمولا کاری که مربوط به آب باشه دنبال رشته ی عمران_آب هستند بیشتر
ولی به نظر من نقطه‌ی قوت یک مهندس آب اینه که هم مسائل محیط زیستی رو در نظر بگیره هم کیفیت آب رو، هم مسائل هیدرولوژیکی رو، هم مسائل زمین شناسی رو در نظر بگیره خیلی میتونه در کنار اون مهندس عمران کمک‌رسان باشه.

خب بله مسلماً

البته حالا یک کار عمرانی هم که میخواد انجام بشه همون ۶۰_۷۰ سال پیش هم حتما مطالعات هواشناسی داشته، مطالعات هیدلوژی داشته ولی خب میگم تمرکز بیشتر روی ساخت و ساز بوده در دهه های گذشته.
بعد به تدریج که این سازه ها ساخته شدند و حالا اثرات مطلوب و نامطلوبشون یه مقداری کم کم در حقیقت بیشتر شناخته شد حالا بیشتر بحث های مدیریتی یا تاثیر این سازه ها روی محیط زیست اینا یه مقداری شاید بشه گفت اهمیتش بیشتر شده.
خود ما هم تو ایران داریم میبینیم دیگه مثلا یه دوره دوره‌ی توسعه کشاورزی بود ولی الان اثرات اون توسعه‌ای که یه مقدار زیاد از حد صورت گرفته داره دیده میشه؛مثلا تاثیراتی که روی پهنه های آبی کشور داشته یا روی آب های زیرزمینی داشته. حالا با یک تاخیری شاید توی ایران هم یک چنین وضعیتی اتفاق بیفتد یا مثلا مسائل آلودگی ای که ما توی ایران داریم این ها چیز هایی هستش که قبلا توی دنیا اتفاق افتاده حالا میگم شاید ما با یک تاخیری با این مسائل رو به رو بشیم.
در این ۱۰_۱۵ سال اخیر هم با توجه به این که اندازه گیری ها خیلی خیلی در حقیقت شیوه هاشون تغییر کرده و سیستم های پایش ماهواره ای به

در این ۱۰_۱۵ سال اخیر هم با توجه به این که اندازه گیری ها خیلی خیلی در حقیقت شیوه هاشون تغییر کرده و سیستم های پایش ماهواره ای به وجود اومده گفتم اون هم یه حیطه‌ی کار جدید به گرایش های مهندسی آب اضافه کرده

حالا تمام این گرایش هایی که در رشته‌ی ما وجود داره همشون کاربرد های خاص خودشون رو دارند ولی به نظر من شاید الان وزن بیشتری به اون بخش مدیریتی و پایش شاید بشه گفت داده شده یعنی اندازه گیری دیتا هایی که ما لازم داریم، مدیریت اون سازه هایی که ساختیم، حتی یه بحث هایی وجود داره که یک سدی رو ما ساختیم ۶۰_۷۰ سال ازش استفاده کردیم حالا اگه برش داریم چه اتفاقی میفته؟ یه همچین مسائلی مثل بهره برداری های بهینه و تخصیص منابع آب به نیاز های مختلف. اینا یه مقدار انگار وزن بیشتری گرفته که توی دنیا هم به همین شکل هست توی دنیا هم خب بیشتر مسائل محیط زیستی براشون مهم هست، اندازه گیری ها براشون خیلی مهمه، شما خب همینطور میبینید دیگه توی اینترنت انواع و اقسام ابزار هایی که شما با استفاده از اون میتونید متغییر های مرتبط به آب مثل بارش و کیفیت و پارامتر دیگه رو اندازه بگیرید خب اینا رشد خیلی زیادی داشته تو چند سال اخیر

خب آقای دکتر حالا یک مقداری به دانشجو های ارشد و دکتری بپردازیم.

مهم ترین موضوع برای این قشر یک جورایی پایان نامه هستش حالا تو همین مبحث پایان نامه مهم ترین بحث برای دانشجو ها اینه که موضوع پایان نامه خودشون رو چطور باید انتخاب کنند یا چه معیار هایی رو باید در نظر داشته باشند در حیطه تحقیقاتی خودشون؟

شما به عنوان یک استاد که قطعا استاد راهنمای خیلی از دانشجویان بودید معمولا چه پیشنهادی به دانشجو های خودتون میکنید برای انتخاب موضوع؟

حالا به نظر من دانشجوی کارشناسی ارشد خب یه مقدار وظایفش و حیطه مسئولیت هاش بیشتر از دانشجوی کارشناسی هست.

توی دوره کارشناسی ارشد خب یه سری باز مطالب تئوری و ابزار هایی جدیدی هست که بچه ها با آن آشنا میشوند ولی خب وقتی وارد دوره پژوهش میشوند اولین وظیفشون این هست که یک موضوع در حقیقت مناسبی با اون رشته ای که دارند میخونند یا به عنوان موضوع پایان نامه یا موضوع رساله دکتری انتخاب بکنندبه نظر من اینکه شما یک دید خوبی نسبت به تحقیقات در رشته خودتون پیدا کنید مستلزم این هست که شما کار هایی که قبلا انجام شده رو بخونید یعنی نتایج کار هایی که قبلا انجام شده رو مطالعه بکنید. الان هم که خب خوشبختانه میگم دیگه منابع به اندازه کافی در دسترس هست. خیلی راحت شما میتوانید به همه‌ی پایان نامه ها، به همه مقالات، به همه‌ی طرح های پژوهشی که احیاناً انجام شده درسترسی داشته باشید.

یعنی در واقع اول اون فیلد اصلی که میخواهند روی آن کار کنند رو بدونند؟

اره

حالا این چجوری مشخص میشه؟

مثلا من تو گرایش خودمون مثال میزنم.

مثلا تو گرایش منابع آب خب شما میتوانید کار های مختلف انجام بدهید. میتونید بیاید تو هیدرولوژی های آب های سطحی کار کنید، میتونید وارد مباحث آب های زیرزمینی بشوید، میتونید وارد مباحث مدیریتی مثلا مخازن و سد ها و این مسائل بشوید

حتی میتوانید یک کاری انجام بدهید که نزدیک بشه به گرایش آبیاری و زهکشی یا گرایش هواشناسی یا حتی گرایش سازه های آبی یا مهندسی رودخانه.

حالا بالاخره هر کدوم از بچه ها وقتی که وارد دوره کارشناسی ارشد میشوند اینکه اصلا اون گرایش رو انتخاب کردند بر مبنای این هست که به درس هایی که در دوره کارشناسی خوندند توی اون گرایش احتمالا نزدیکی بیشتری احساس میکردند مثلا خب خیلی بدیهیه که یک دانشجو ممکنه با درس های مرتبط با آبیاری و زهکشی بیشتر ارتباط برقرار بکنه تا با درس های مرتبط با هیدرولیک و سیالات و درس های مرتبط با سازه... یا مثلا هیدرولوژی یا آب های زیرزمینی براش جذابیت بیشتری نسبت به دروس دیگر داشته باشه.

قاعدتا بر این اساس گرایش رو انتخاب کردند.

حالا وارد اون دوره که میشن بنظر من خوندن مقاله ها که حالا میتوانند با مقاله های فارسی هم شروع بکنند که خب خوشبختانه کم هم نیست. خوندن مقالات میتونه یک دیدی بهشون بده که میخواهند کدوم راه را انتخاب بکنند. مثل مقالات مروری که در حقیقت یک جمع بندی کرده از کار های تحقیقاتی دیگر

البته باید به این نکته هم توجه داشته باشند که اون حالا کار پژوهشی که میخواهند انجام بدهند احیانا آیا جنبه کاربردی و تخصصی هم مثلا حالا تو مسائل آب کشور میتونه داشته باشه یا نه؟

مثلا به عنوان مثال یکی از موضوعاتی که وزارت نیرو به عنوان متولی منابع آب کم کم داره خیلی بهش توجه میکنه همین بحث های استفاده از تکنیک های سنجش از دوری هستش تو اندازه گیری متغیر های اقلیمی یعنی برای اینکه وضعیت منابع آب کشور را بشناسیم لازمه که از این تکنیک ها و ابزار ها استفاده بکنیم.

وقتی توجه مثلا فرض بفرمایید وزارت نیرو که متولی منابع آب کشور هست به این سمت جلب شده که خب بهتره که ما بیایم از این ابزار استفاده بکنیم همین میتونه باعث بشه که زمینه های تحقیقاتی خیلی زیادی به وجود بیاد و شما اگه مثلا به مقاله هایی که تو دانشگاه های مختلف روش کار میشه نگاه کنید میبینید که یک توجه‌ای به این موضوعات شده یا مثلا فرض بفرمایید مسائل زیست محیطی که خب الان خیلی اهمیت پیدا کرده یا مثلا مسائل مرتبط با آب های زیرزمینی خیلی اهمیت پیدا کرده. این اهمیت کجا بوده؟ خب تو کاربرد بوده، تو مسائل اجرایی بوده و وزارت نیرو یا وزارت جهاد کشاورزی کم کم به این اهمیت پی بردن و این رسیده به دانشگاه ها.

میگم دیگه هم با صحبت کردن با اساتید میتوانند یک دید داشته باشند که الان چه موضوعاتی موضاعاتِ روز هست و بعد هم با خوندن نتایج کار های تحقیقاتی میتوان به یک جمع بندی رسید.

استاد الان به نظر شما به عنوان یک استاد دانشگاه که سالیان زیادی دارید تدریس میکنید بی تعارف به بچه ها توصیه میکنید که در آینده استاد دانشگاه بشوند تو این رشته؟

حالا بیشتر شما خودتون میدونید دانشجو هایی که کارشناسی این رشته رو میخونند اگه خیلی زرنگ باشند تا ترم ۶ ولی اگر معمولی بخواهند پیش بروند تازه ترم ۷ و ۸ متوجه میشوند که در واقعا چه رشته‌ای رو دارند میخونند و چه اهمیتی داره این رشته
حالا بیشتر این مصاحبه برای دانشجو های جدیدالورود هست وگرنه خب دانشجو های ارشد و دکتری تقریبا متوجه این موضوعات هستند
با توجه به این موضوع به نظر شما بیشتر برای نسل جدید چطور ما میتونیم یک نسل متخصص مهندسی آب رو با دیدگاه نوآورانه تربیت کنیم؟
یعنی چه کار هایی به نظر شما باید انجام بدهند یا به چه چیز هایی مسلح بشوند تا بتوانند یک نسل متخصص تری باشند؟

خب سوال خیلی سختیه و حالا شاید یک سوال کلی هم باشه نه فقط تو رشته ما بلکه تو تمام رشته ها ماهیت درس خوندن الان با ۳۰_۴۰ سال پیش خیلی متفاوت شده، ابزار هایی که بچه ها باید به آن مسلط و مسلح باشند خیلی بیشتر شده دیگه. گفتم دیگه زمان ما کسی که فارغ التحصیل میشد شاید تو تمام دوران تحصیلش یک بار هم کامپیوتر رو روشن نکرده بود ولی خب اگر الان بچه ها به این ابزار ها مسلط نباشند حالا هرچقدر هم مطالب نظری و تئوری رو خوب خونده باشند شاید نتوانند اون کارایی های لازم رو داشته باشند

در واقع تاکیدتون روی هیدروانفورماتیک هستش؟

منظورم بیشتر تسلط روی ابزار هایی هستش که ما توی رشتمون داریم ببینید یک سری مطالب تئوری هست که حتما باید تسلط کافی روی آن وجود داشته باشه چون رشته ما هم یک رشته‌ای هستش که خیلی متنوع هست مثلا فرض کنید که مفاهیم پایه‌ای تو هیدرولوژی، مفاهیم پایه‌ای تو مکانیک سیالات، مفاهیم پایه‌ای تو بحث های انتقال آب در خاک که خب حالا تو رشته ما خیلی ازش استفاده میشه. خب یه سری مفاهیم پایه هست که اینا فهمیدن و درکشون مستلزم این هست که بچه ها درک خوبی از ریاضیات داشته باشند، درک خوبی از شیمی داشته باشند، درک خوبی از فیزیک داشته باشند این ترتیب دروسی که چیده شده در دروس کارشناسی بی دلیل نبوده یعنی واقعا اگر کسی میخواد مهندس خوبی باشه باید ریاضیش خوب باشه، شیمیش خوب باشه، فیزیکشم خوب باشه بعد این درسا بهش کمک میکنه که اون مفاهیم پایه رو تو رشته خودش خیلی خوب یاد بگیره؛ هیدرولوژی رو خوب بفهمه، مکانیک سیالات یا مثلا هیدرولیک رو خوب بفهمه، اصول حرکت آب تو لوله های بسته که بعدا تو طراحی سیستم های آبیاری قراره از اون استفاده کنه رو خوب بفهمه، کارکرد پمپ ها رو خوب متوجه بشه خب اینا همه مسائل تئوریه حالا بغیر از این مسائل تئوری یک سری ابزار هایی هم داریم که بچه ها باید حتما به اون ها مسلط باشند مثلا توی گرایش منابع آب کسی اگر سنجش از دور و جی آی اس و استخراج داده های سنجش از دوری یا کار کردن با داده های سنجش از دور رو بلد نباشه هر چقدر هم مفاهیم نظری رو خوب متوجه شده باشه شاید باز هم اون کارایی لازم رو نباید نداشته باشه هم باید توجه به اون مباحث تئوری بشه که بچه ها در حقیقت اون مباحث رو به شکل اصولی یاد بگیرند هم اینکه توانایی های خودشون رو در کار کردن با ابزار های جدید افزایش بدهند.
الان مثلا تو این دو سه سال اخیر بنظرم کم کم اینجوری میشه که تو چند سال آینده اگر کسی بلد نباشه که با این سیستم هایی که مبتنی بر هوش مصنوعی هستند کار کنه خب خیلی ممکنه تو تخصص خودش و کار خودش عقب بیفته. شما اگر بلد باشید با این ابزار ها کار کنید همین سیستیم هایی که وجود داره که کم و بیش هم دانشجو ها از آن ها استفاده میکنند مثل مثلا چت جی پی تی یا سایر این ابزار هایی که خیلی هم رشدش سریعه شما اگر مقایسه بکنید وضعیت الان این ها رو حتی با یک سال پیش میبینید که خیلی متفاوت هست.
به هر حال دارم میگم که توجه به هردو تا باشه
حالا اون استفاده از ابزار رو شاید به شکل سیستماتیک توی دروس اساتید ازشون نخواهند که در حقیقت اون ها رو فرا بگیرند اون دیگه وظیفه خود دانشجوعه که خودش رو مسلط به اون ابزار بکنه یعنی مثلا من به عنوان استاد یک کاری از دانشجو میخوام اینکه از چه ابزاری استفاده میکنه برای انجام دادن اون کار خب این دیگه در حقیقت به خودش بر می‌گرده یه بخشی رو ما سعی میکنیم حالا توی درسایی که داریم آموزش

بدیم به بچه ها ولی خب عمده این کار بر می‌گرده به خود بچه هایی که حالا علاقه داشته باشند و دنبال یاد گرفتن این مطالب باشند و یک نکته خیلی مهمی هم که وجود داره اینه که هرچیزی که تو این دوره یاد میگیرید حتما یک زمانی بدرد شما خواهد خورد.
یعنی حتما یک زمانی فرصتی پیش میاد که اگر شما مسلح باشید به یک توانایی خاصی میتوانید از اون فرصت استفاده کنید والا ببینید استادی دانشگاه که خب یک بخش عمده‌ای از وظایف ما آموزش هست دیگه و هر کسی میتواند تو خودش ببیند که آیا واقعا به بحث آموزش علاقه دارد یا نه؟ چون مسلماً مثل هر شغل دیگه‌ای اگر که شما علاقه‌مند نباشید بهش مسلماً خب تو کارتون موفق نخواهید بود و حالا کسی که معلم هست اگر که تو کارش موفق نباشه یک جنبه موفقیت خودش هست یک جنبه هم حالا ممکنه که آسیبی که به دانشجو ها بزند هست دیگه. بنابراین مهم ترین نکته این هست که باید ببینید که تو خودتون سراغ دارید که علاقه‌مند باشید به آموزش یا نه. بعضی ها واقعا اصلا روحیاتشون با فرض بفرمایید که سر کلاس رفتن و آموزش ممکنه که نخونه.
بعضی ها خب حالا روحیشون خیلی روحیه‌ی کارشناسی هست که دوست دارند تو شرکت های مشاور کار های اجرایی انجام بدهند. حقیقتش رو بخواهید خود من یک دوره‌ای اون کار های شرکت های مشاور رو تجربه کردم و به این نتیجه رسیدم که شاید من خیلی آدم این کار نیستم و بیشتر مثلا علاقه‌مند بودم که در زمینه آموزش و پژوهش فعالیت بکنم. به هر حالا تو تجربه هایی که بچه ها به ویژه در دوره ارشد و دکتری کسب میکنند میتوانند کم کم متوجه بشوند که آیا معلم خوبی میتوانند باشند یا نه؟ یا اینکه نه مثلا علاقه دارند که در یک شرکت مشاور کار اجرایی انجام بدهند

آقای دکتر حالا صحبت از پژوهش شد
اون چیزی که اول به ذهن انسان میرسه تو پژوهش نوشتن مقاله و خوندن مقاله و این مباحث هست حالا بعداً کار های عملی مطرح میشه شما به عنوان در واقع استاد دانشگاه تهران به دانشجو های کارشناسی توصیه‌ای دارید که از مقاطع کارشناسی مقاله نوشتن رو فرا بگیرند یا دیدگاه شما این هست که فعلا نیازی نیست و از مقطع ارشد این کار را بکنند؟
چون متاسفانه ما میبینیم که در بعضی از دانشگاه ها و خب گاهاً دانشگاه تهران دانشجو بعد از این که تازه وارد مقطع ارشد میشه تازه میخواهد فرا بگیرد که اصلا مقاله چی هست به نظر شما این خوبه که از مقطع کارشناسی حداقل با این موضوع آشنا باشند؟

ببینید خب تو دوره کارشناسی اصلا هدف دانشجو ها نوشتن مقاله نیست. کلاً نوشتن مقاله هم هدف نیست شما تو دوره کارشناسی ارشد هم هدفتون انجام یک کار تحقیقاتی هست و خب هر کار تحقیقاتی نهایتاً به یک گزارشی منتهی خواهد شد که بعضی وقتا این گزارش صرفا همون پایان نامه هست و بعضی وقتا هم مجموعه مخاطبین بیشتری داشته باشد اون کار تحقیقاتی نتیجه کار تحقیقاتی رو به شکل یک مقاله منتشر میکنند.
یعنی نباید اینجوری فکر بکنیم که خب خود مقاله نوشتن یک کاری یا هدفی هست. حالا شده خیلی از بچه ها به من مراجعه کنند که ما میخواهیم یک مقاله بنویسیم یعنی در حقیقت از اونجا شروع میکنند که میخوام مقاله رو بنویسم ولی خب قاعدتاً اینجوری باید باشه که شما هدف رو باید بزارید فرض کنید بررسی کردن یا شناخت یک موضوع حالا وقتی که این کار رو انجام بدهید به نتایجی میرسید که میتوانید اون نتایج رو ارائه بدهید.
تو دوره کارشناسی حالا من خیلی توصیه نمیکنم ولی خب بچه ها میتوانند تو کار های تحقیقاتی همکاری داشته باشند اگر که علاقه داشته باشند به کار های پژوهشی. خیلی از دانشجو های کارشناسی ارشد و دکتری هم ممکنه استقبال بکنند مخصوصاً بچه هایی که کار هاشون کار های فیلد و کار های آزمایشگاهی هست ممکنه که از همکاری دانشجو های کارشناسی استقبال بکنند که شما حداقل با فضای پژوهش و تحقیق آشنا بشوید ولی به نظر من اینکه یک دانشجوی کارشناسی به صورت مستقل با هدف نوشتن مقاله شروع به این کار بکند خیلی شاید مطلوبیت زیادی نداشته باشد.
از این نظر هم که بچه ها آشنا بشوند با این مسائل خب تو دوره کارشناسی ارشد یک سری دروس پیشبینی شده مثل مثلاً درس سمینار و روش تحقیق هست وقتی بچه ها وارد دوره کارشناسی ارشد میشوند تو درس های مختلف ممکنه در حقیقت یک بخشی از کار یا تکلیفشون ارائه کردن اون پروژه به شکل یک مقاله باشد که تو اون درس ها هم کم کم میشود آشنا بشوند با مقاله که خیلی هم دیر نمیشه واقعا.

چون این دغدغه خیلی از دانشجو های کارشناسی بود که حالا مراجعه هم میکردند بعضی وقت ها به انجمن علمی، اینکه اول بشناسند مقاله چیه و چند نوع داره و اصلا هدف شناخت یک موضوع هست و بعد گزارش آن تبدیل به مقاله بشه خیلی موضوع مهمی بود

حالا متاسفانه این جوی که حالا شما میگید از یه زمانی تو دانشگاه ها شروع شد دیگه یعنی اهمیت خیلی زیادی به مقاله داده شد جالب اینه که کشور های اروپایی وقتی میخواهند از کشور های دیگه دانشجو بگیرند خیلی تاکید دارند که مقالات زیادی داشته باشند و بعد از اینکه تو اون دانشگاه ها خارجی مشغول به تحصیل می شوند تاکید دارند که زیاد مقاله ننویسید. یعنی اگر یک مقاله‌ای واقعا ارزش داشته باشد باید یک مدت زیادی روش وقت گذاشته بشه

حالا اون دیدگاهی که اون ها نسبت به جهان سوم دارند هست که باعث شده است این بچه ها همه فکر جمع آوری رزومه و در واقع این مباحث باشند

البته کلاً تو جامعه علمی دنیا هم یک همچین وضعیتی هست یعنی شما اگر نگاه کنید یک طیفی از محققین تو دنیا هدفشون صرفاً نوشتن مقاله هست و متاسفانه حالا این طیف از محققین بیشتر تو کشور های در حال توسعه هستند. الان شما مثلا کسایی که به قول معروف شاخص های مقاله بالایی دارند رو نگاه بکنید اغلب در کشور های در حال توسعه هستند و بخاطر بهایی هست که خود این کشور ها به نوشتن مقاله دادند ولی خب اگر اینجوری بود که اهمیت و تاکید رو پژوهش بود و خب وقتی یک پژوهشی انجام میشود مسلماً یک خروجی هم خواهد داشت و بقیه هم اتفاقاً علاقه‌مند هستند که خروجی کار شما را ببینند که چی بوده

حالا یک بخشی از آن ممکن است نظری باشه مثلا اصلا شما یک موضوعی که هیچ جنبه کاربردی‌ای نداشته باشد را بررسی کنید و برای خیلی ها هم ممکن است جذاب باشد.

آقای دکتر به عنوان سوال آخر اگر خاطره جالبی از دوران تدریس یا دانشجویی خودتون دارید برای بچه ها تعریف کنید خیلی ممنون میشیم

والا خاطره جالب که حالا تقریباً میشه گفت من از سال ۷۱ که وارد دانشگاه شیراز شدم همچنان تو دانشگاه هستم که الان تقریباً بیشتر از ۳۰ سال میشه خاطرات که مثل همه دانشجو های دیگر خاطراتی که از خوابگاه داشتیم، خاطراتی که از درس داشتیم با اساتید مختلف، اساتیدی که خب خیلی هاشون متاسفانه دیگر بین ما نیستند

خاطره خیلی دقیق و مشخصی رو یادم نمیاد حالا یک نکته‌ای رو در مورد یکی از اساتید قدیمی گروه مرحوم دکتر رحیمی که خدا رحمتشون کند ایشون یکی از بزرگان این رشته بودند. حتماً بچه ها یک سری حرف ها راجب اساتید میزنند حالا زمانی که ما خودمون هم دانشجو بودیم یک سری حالا صحبت ها، شایعات یا توصیفات در مورد همه‌ی اساتید داشتیم که اگر نباشه عجیبه چون بالاخره هرکسی دانشجو بوده خلاصه در مورد اساتید خیلی نظر داشته

من یادم میاد سال ۷۶ که اومدم اینجا، اومدم گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران آقای دکتر رحیمی که خدا رحمتشون کنه مدیر گروه بودند و ایشون خیلی آدم با پرستیژ و بانظمی بودند و استاد بسیار بسیار شاخصی بودند و حالا علاوه بر اینکه به تک تک دانشجو ها اهمیت میدادند هم به درسشون و هم به سایر مسائل غیر درسی.

یک چیزی که حالا بین بچه های خوابگاه پیچیده بود و میگفتند حالا من نمیدونم واقعا چقدر صحت داشت این قضیه من فقط اون رو براتون نقل میکنم آقای دکتر رحیمی معروف بودن به اینکه به دانشجو بعد از اینکه خودشون وارد کلاس میشوند اجازه‌ی ورود به کلاس نمیدهند و این خیلی معروف بود. بعد بچه ها تعریف میکردند که یک روز صبح آقای دکتر رحیمی و یک دانشجویی همزمان میرسند دم در کلاس و دانشجو به احترام آقای دکتر رحیمی میگه آقای دکتر شما بفرمایید تعارف میکنه به اصلاح که خب من نمیرم شما بفرمایید آقای دکتر رحیمی هم میروند داخل کلاس و در رو میبینند و اون دانشجو رو به کلاس راه نمیدهند (با خنده)

حالا اینو میگم که نمیدونم این موضوع از اون شایعات بود که در مورد اساتید پخش میشود یا اینکه واقعا اتفاق افتاده بود ولی خب دوران خوبی بود، حالا هم دوران دانشجویی در خوابگاه و هم دورانی که من به عنوان عضو هیئت علمی بودم همش در حقیقت دوران خوشایند بوده امیدوارم که برای همه دانشجو ها هم این دورانی که در دانشگاه تحصیل میکنند دوران خوشایندی باشه و هر موقع به آن فکر میکنند یاد خاطرات خوب بیافتند

دست شما درد نکنه آقای دکتر

ممنون از وقتی که گذاشتید

خسته نباشید

JOURNAL OF AQUIFER

2024_2025

Scientific-Promotional (Professional)

University of Tehran