

آب و توسعه پایدار

سال ششم - شماره دوم (پیاپی ۱۳)
آذرماه ۱۳۹۸

بهبست آب، انرژی و غذا



فهرست مقالات

- کاربرد مدل سازی در مدیریت رابطه پیوندی آب، غذا و انرژی

زینب اسلامی، سمیه جنت رستمی، افشین اشرفزاده

- ضرورت پیوند آب، انرژی و غذا بر اساس برنامه استراتژیک توسعه پایدار

وحیده صفایی، کامران داوری، یاور پورمحمد

- پردازش مفهوم هیدروپلیتیک

حسین مختاری هشی، مراد کاویانی راد

- مدیریت بهره برداری سنتی از منابع آب در روستاهای ایران

پریسا نجفلو، جعفر یعقوبی، جعفر نیکبخت

- تهیه مدل شناسایی نقاط مورد نیاز ساماندهی سازه های رودخانه ها در سطح مناطق وسیع (مطالعه موردی: استان گلستان)

محسن مغربی، رسول دخیلی، عباسعلی قزل سوفلو

- بررسی تطبیقی ابزارهای مدل سازی خدمات هیدرولوژیکی اکوسیستم

زهراسدالهی، مصطفی کشتکار

- شیوه های مدیریت آب های سطحی و زیرزمینی در فعالیتهای معدنی

مجتبی مصفا

- بررسی مؤلفه های سازمانی مدیریت منابع آب و فاضلاب جزیره قشم

زهرافتخاری فر، محمد عبدالحسینی، محمد رضا فرزانه، فرامرز مومنی

- شاخصی یکپارچه بر مبنای مسائل هیدرولوژی، محیط زیست، معیشت و سیاست گذاری: شاخص پایداری حوضه

ترجمه: مهسا رحمانی

- بررسی علل کاهش آبدی قنوت و راهکارهای سازگاری با آن

(مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)

اردلان ذوالفقاران، فریبرز عباسی، محمد جلیبی، محمدکریمی

سال ششم - شماره دوم (پیاپی ۱۳) - آذر ۱۳۹۸

این نشریه طبق نامه شماره ۱۲۶۶۳۱/۱۸/۳ مورخ ۱۳۹۴/۰۶/۲۹ از کمیسیون بررسی نشریات علمی وزارت علوم تحقیقات و فناوری، اعتبار علمی دریافت نموده است. همچنین این نشریه در تاریخ ۱۳۹۴/۱۱/۰۵ موفق به دریافت پروانه انتشار نشریه از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی به شماره ثبت ۷۶۷۶۶ شده است.

صاحب امتیاز

مدیر مسئول

سرمدیر

دانشگاه فردوسی مشهد

ناصر شاهنوشی فروشانی / استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

بیژن قهرمان / استاد بازنشسته گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

اعضای هیئت تحریریه

کاظم اسماعیلی / دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

علی باقری / دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس

محمد جلیلی / دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

کامران داوری / استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

عباسعلی قزل سوفلو / استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

مهدی مفتاح هلقی / دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

شورای سیاست گذاری

احمد سیاحی (ریاست شورا) / مدیر کل دفتر تحقیقات، توسعه فن آوری و ارتباط با صنعت شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

حسین اسماعیلیان / مدیر عامل شرکت آب و فاضلاب مشهد

محمد علایی / مدیر عامل شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی

سید یحیی موسوی / دبیر اندیشگاه آب شرکت مدیریت منابع آب ایران

ناصر شاهنوشی فروشانی / مدیر مسئول نشریه

بیژن قهرمان / سرمدیر نشریه

مشاوران هیئت تحریریه

انوش نوری اسفندیاری / اندیشکده تدبیر آب ایران

سید حسین سجادی فر / شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

ثمانه توکلی امینیان / شرکت آب و فاضلاب مشهد

احمد قندهاری / شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی

مهدی کلاهی / دانشگاه فردوسی مشهد

کارشناس اجرایی

ویراستاری

طراحی جلد

ناشر / چاپ

شماره شاپا

تارنما/رایانامه

آدرس

حامی مالی

پایگاه های نمایه شده

مهری شاهدی، فاطمه طالبی حسین آباد

مهری شاهدی، مر جان قوچانیان (فنی و ادبی) / آرزو حسینی، مائده اسکوهی (لاتین)

محمدرضا شیخی

انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد / چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

۲۴۲۳-۵۴۷۴

<http://jm.um.ac.ir/index.php/WSD> / jwsd@um.ac.ir

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دفتر نشریه، صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

شرکت آب و فاضلاب مشهد

پایگاه استنادی علوم ایران (ISC)، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، بانک اطلاعات

نشریات کشور (MAGIRAN)



الف	سرمقاله: پیوند آب، انرژی و غذا/ انوش نوری اسفندیاری (مشاور هیئت تحریریه نشریه)
ب	یادداشت کوتاه: لزوم تعادل در خوداتکایی محصولات کشاورزی و پایداری منابع آب/ مهدی ضرغامی (استاد گروه آب، دانشگاه تبریز)
۱	کاربرد مدل‌سازی در مدیریت رابطه پیوندی آب، غذا و انرژی زینب اسلامی، سمیه جنت رستمی، افشین اشرف زاده
۹	ضرورت پیوند آب، انرژی و غذا بر اساس برنامه استراتژیک توسعه پایدار وحیده صفایی، کامران داوری، یاور پورمحمد
۱۵	پردازش مفهوم هیدروپلیتیک حسین مختاری هشی، مراد کاویانی راد
۲۷	مدیریت بهره‌برداری سنتی از منابع آب در روستاهای ایران پریسا نجف‌لو، جعفر یعقوبی، جعفر نیکبخت
۳۹	تهیه مدل شناسایی نقاط موردنیاز ساماندهی سازه‌ای رودخانه‌ها در سطح مناطق وسیع (مطالعه موردی: استان گلستان) محسن مغربی، رسول دخیلی، عباسعلی قزل سوفلو
۴۷	بررسی تطبیقی ابزارهای مدل‌سازی خدمات هیدرولوژیکی اکوسیستم زهرا اسدالهی، مصطفی کشتکار
۵۵	شیوه‌های مدیریت آب‌های سطحی و زیرزمینی در فعالیت‌های معدنی مجتبی مصفا
۶۱	بررسی مؤلفه‌های سازمانی مدیریت منابع آب و فاضلاب جزیره قشم زهرا افتخاری‌فر، محمد عبدالحسینی، محمدرضا فرزانه، فرامرز مومنی
۶۹	شاخصی یکپارچه بر مبنای مسائل هیدرولوژی، محیط‌زیست، معیشت و سیاست‌گذاری: شاخص پایداری حوضه ترجمه: مهسا رحمانی
۷۷	بررسی علل کاهش آبدهی قنوات و راهکارهای سازگاری با آن (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی) اردلان ذوالفقاران، فریبرز عباسی، محمد جلینی، محمد کریمی
۸۱	آشنایی با نشریه و راهنمای چارچوب مقالات
۸۳	یادداشت تحلیلی: پیش‌درآمدی بر سیمپوزیوم ملی مسائل حل نشده بیلان آب کشور/ مجتبی شفيعی و همکاران
۸۷	گزارش: شرکت آب و فاضلاب مشهد، شرکت برتر در حوزه پژوهش و فناوری



پیوند آب، انرژی و غذا

رابطه توسعه، منابع طبیعی و محیط‌زیست، معمولاً به گونه‌ای تعریف شده که پیشران‌هایی (Drivers) چون رشد و تحرک جمعیتی، توسعه اقتصادی، تجارت جهانی، شهرنشینی، تنوع رژیم غذایی، تحولات فرهنگی و تکنولوژیکی و تغییرات آب و هوایی، فشار زیاد و غیرقابل تحملی را بر منابع وارد آورده‌اند. بنا به محاسبات مجمع جهانی اقتصاد، انتظار می‌رود در دو دهه آینده، تقاضا برای آب، انرژی و مواد غذایی ۳۰ تا ۵۰ درصد نسبت به وضع موجود افزایش یابد. فشار بیشتر بر منابع، اهمیت پیوند آب و انرژی و غذا را افزایش خواهد داد. در حال حاضر، بطور میانگین ۷۰ درصد برداشت از منابع آب در جهان برای مصارف کشاورزی است و حدود ۳۰ درصد کل انرژی تولید شده در جهان در زنجیره تامین مواد غذایی و سایر فعالیت‌های کشاورزی مصرف می‌شود. کمبودهای هریک از این منابع می‌تواند بی‌ثباتی اجتماعی و سیاسی، درگیری ژئوپلیتیکی و آسیب‌های محیط‌زیستی جهان‌ناپذیر به وجود آورد. پذیرش نابرابری‌های اقتصادی و تشویق به پاسخ‌های کوتاه‌مدت در تولید و مصرف سبب تضعیف پایداری در درازمدت می‌شود.

فشارهای ناشی از پیشران‌های توسعه بر منابع آب- به دلیل حاکمیت مدیریت عرضه- در دهه‌های گذشته به حدی بوده که سبب ایجاد فاصله رو به افزایشی میان تقاضا و انتظارات و امکانات عرضه آب کشور شده است. پیامدهای این عدم تعادل، آثار گسترده مشهودی چون تعرض به حق‌آبه‌های متقدم، کاهش محصولات و خسارت‌های اقتصادی، خشک‌شدن تالاب‌ها، دست‌برد به ذخایر ثابت آب زیرزمینی و نظایر آن داشته که آثار ثانویه آن در حوزه تولیدات غذایی و انرژی و به‌طور متقابل آثار سیاست‌های مخرب در بخش انرژی و غذا بر ایجاد بحران دراز مدت یا ساختاری در بخش آب، متأسفانه کمتر مورد توجه و بررسی‌های کارشناسانه و دانشگاهی قرار گرفته است. در نتیجه پیوند میان آب، غذا و انرژی و داد و گرفت (Trade-off) و تأثیر هم‌افزون آن‌ها بر بهزیستی، کاهش فقر و توسعه پایدار، کماکان پوشیده مانده است. بنابراین، بحث اصلی در این زمینه آشکارسازی و توجه دادن به امکان هم‌افزایی و داد و گرفت در سیاست‌گذاری‌ها با توجه به پیوند سه بخش مهم آب، انرژی و غذا است. چون با تمرکز صرف بر یکی از بخش‌های آب، انرژی و یا مواد غذایی، بدون در نظر گرفتن روابط و پیوندهای بین آن‌ها، به ناگزیر جامعه ممکن است خطرات جدی و عواقب ناخواسته‌ای را متحمل شود. بنابراین، این رویکرد، یک

چشم‌انداز کلی از پایداری است که تلاش می‌کند تا موازنه و تعادلی میان هدف‌ها و خواسته‌های متفاوت از دیدگاه اقشار جامعه و یکپارچگی اکوسیستم‌ها، به وجود آورد.

به عنوان نمونه، اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی، فقط مشکلی در ارتباط با بخش آب نیست، بلکه مصرف انرژی با افت سطح آب و کف‌شکنی چاه‌ها، افزایش می‌یابد و قیمت انرژی بر میزان برداشت آب چاه مؤثر است و کاهش آبدهی و افزایش شوری چاه‌ها، توان تولیدات غذایی را نیز دچار مخاطره جدی می‌نماید. همه‌ی این پیوندها، اگر درست مدیریت نشود، می‌تواند بر روند خشک‌شدن تالاب‌ها، تخلیه روستاها، توسعه مناطق غیررسمی شهری و افزایش فقر، تأثیر جدی بگذارد. یا افزایش تخصیص آب سدهای مخزنی بزرگ برای تولید کشاورزی می‌تواند بر آب تخصیصی برای تولید ماه‌ها یا ساعات اوج مصرف تأثیر بگذارد و بالعکس افزایش تولید برق در ساعات و ماه‌های مورد نیاز ممکن است بر آب و تولید کشاورزی اثرگذار باشد. افزایش مصرف انرژی بخش کشاورزی، امکانات صادرات و کسب درآمد ارزی بخش انرژی را کاهش می‌دهد. با مصرف بیشتر آب برای تولید مواد غذایی (که می‌توان از بازار جهانی وارد کرد) و صدور آب مجازی در مناطق و کشوری که با بحران آب زیرزمینی روبروست، فرایند بحران درازمدت را تشدید خواهد کرد. به همین منوال می‌توان از آثار و تبعات سیاست‌های توسعه بی‌رویه سامانه‌های آبیاری تحت فشار و کشت گلخانه‌ای برای تأمین هدف کارایی آب و تأثیر متفاوت آن‌ها بر مصرف انرژی و میزان برداشت از ذخایر ثابت آب زیرزمینی- هدف ایجاد تعادل در برداشت از آبخوان- سخن گفت.

با توسعه شهرنشینی و حاشیه‌نشینی و عرضه بی‌رویه آب شهری و تبدیل آن به فاضلاب شهری، مشکلات عدیده‌ای برای آلودگی محصولات کشاورزی و محیط زندگی ساکنین حاشیه شهرها و محیط‌زیست طبیعی فراهم می‌شود که برای پرهیز از آن‌ها و پالایش آب، تقاضای اضافی انرژی- برای پالایش آب آلوده و حفاظت محیط‌زیست- ایجاد خواهد شد.

ارزان بودن انرژی برای پمپاژ آب به ارتفاعات در دامنه کوه‌ها، به تقاضا برای توسعه و گسترش بی‌رویه باغات و تعرض به حقایق‌های پایین‌دست و کاهش تولید محصولات کشاورزی دامن خواهد زد. تقاضا برای توسعه صنایع آب‌بر متکی به انرژی ارزان، فشار بر منابع را افزایش خواهد داد و موجبات کاهش سهم آب کشاورزی و کاهش تولیدات غذایی را فراهم خواهد کرد. اجرای طرح بزرگ انتقال آب در عرصه طبیعی و ناهموار کشور، بجای مدیریت تقاضا و مصرف آب، بی‌تردید به افزایش تقاضا برای انرژی بیشتر، دامن خواهد زد. چنین است، نمک‌زدایی از آب دریا و یا اجرای متمرکز سامانه‌های جمع‌آوری و دفع فاضلاب به جای سامانه‌های پراکنده و غیر متمرکز در سطح شهرهای بزرگ، یا تخصیص پساب شهری برای تغذیه آبخوان، به جای تولید کشاورزی.

Moraru (Taylor & Francis). doi: 10.1081/E-EAFE2-120048376.

Bizikova L., Roy D., Swanson D., David Venema H. and McCandless M. 2013. The Water-Energy-Food Security Nexus: Towards a Practical Planning and Decision-Support Framework for Landscape Investment and Risk Management. Winnipeg, Canada: International Institute for Sustainable Development (IISD).

Asian Development Bank. 2013. Thinking about water differently: Managing the water-food-energy nexus. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank (ADB).

UN-ESCAP. 2013. Water-Food-Energy Nexus in Asia and the Pacific Region. Discussion Paper. Bangkok: UN-ESCAP.

European Report on Development (ERD). 2012. Confronting Scarcity: Managing Water, Energy and Land for Inclusive and Sustainable Growth. Brussels: European Commission, Overseas Development Institute (ODI), European Centre for Development Policy Management (ECDPM), German Development Institute (GDI/DIE).

Hoff H., Fielding M. and Davis M. 2013. Turning Vicious Cycles into Virtuous Ones. Focus, Rural 21.

ICIMOD. 2012. Contribution of Himalayan ecosystems to water, energy, and food security in South Asia: A nexus approach. Kathmandu, Nepal: International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD).

UNECE Task Force on Water-Food-Energy- Ecosystems. 2013. Water-Food-Energy-Ecosystems Nexus for Reconciling Different Uses in Transboundary River Basins – UNECE Water Convention Draft Methodology.

Andrews-Speed P., Bleischwitz R., Boersma T., Johnson C., Kemp G. and VanDeveer S. 2012. The Global Resource Nexus. The Struggles for Land, Energy, Food, Water, and Minerals. Washington D.C., USA: Transatlantic Academy.

این پیوندها، همه، بیانگر طبیعت پیچیده و بهم پیوسته سیستم‌های منابع محلی، استانی، کشوری و جهانی است که اهمیت توجه به بهم پیوستگی آن‌ها در تأمین هدف‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی، نباید دست کم گرفته شوند. اندرکنش این پیوندها، پیچیده و پویا هستند و از این‌رو، سیاست‌گذاری‌های این سه بخش و تنظیم مقررات، تعرفه‌گذاری، ایجاد سازمان و فرآیندها، نمی‌توانند موضوعات صرفاً بخشی و مستقل و جدا از یکدیگر تلقی شوند. این ارتباطات و پیوندها در زمینه‌های دگرگون‌شونده -بر مبنای پیش‌رانه‌های تغییر- واقعیت پیدا می‌کنند که توجه جدی به آن‌ها در پژوهش‌های کاربردی و سیاست‌پژوهی برای ایجاد موازنه میان هدف‌ها و خواسته‌های استفاده‌کنندگان از این منابع، همراه با حفظ انسجام و یکپارچگی اکوسیستم‌ها، از اهمیت بالایی برخوردارند. زیرا شناسایی این پیوندها برای ایجاد همکاری و جلوگیری از تنش‌های بالقوه، مفید هستند. البته برای تحقق این امر، باید هدف‌ها و تعاملات میان گروداران شامل مصرف‌کنندگان، تنظیم‌گرها، سیاست‌گذاران و تولیدکنندگان در بخش‌های غذا، آب و انرژی به خوبی مشخص باشد.

در بررسی این پیوندها، مفهوم‌سازی‌های متعددی از نظر محدوده کار، هدف‌های مشخص و فهم پیش‌رانه‌ها به وجود آمده و مفاهیم، چارچوب‌ها و روش‌های متفاوتی به پیوندهای میان آب، انرژی و غذا پرداخته‌اند (Moohtar و Daher، ۲۰۱۲؛ Bizikova و همکاران، ۲۰۱۳؛ ADB، ۲۰۱۳؛ UN-ESCAP، ۲۰۱۳) که برخی از آن‌ها حتی زمین و خاک (ERD، ۲۰۱۲؛ Hoff و همکاران، ۲۰۱۳) و کانی‌ها را نیز در بر می‌گیرند (ICIMOD، ۲۰۱۲؛ UNECE، ۲۰۱۳؛ Andrews-Speed و همکاران، ۲۰۱۲).

منابع:

Mohtar R. H. and Daher B. 2012. "Water, energy, and food: the ultimate nexus," in Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering, 2nd Edn, eds D. R. Heldman and C. I.

بوده و نقش برجسته‌ای در توسعه و استقلال کشور دارد. از طرفی این بخش، نه تنها مصرف‌کننده انرژی است، بلکه مهم‌ترین عرضه‌کننده انرژی نیز محسوب می‌گردد. لذا اتخاذ تدابیر جامع در راستای دستیابی به توسعه پایدار با استفاده از چارچوب‌ها و رهیافت‌های میان‌رشته‌ای و تخصصی و از طریق ایجاد توازن و تعادل پویا و بهینه در تولید و مصرف منابع، ضروری است. بر همین اساس ایجاد تعادل در همبست آب-انرژی و غذا ضروری است. بر اساس این رهیافت، آب، انرژی و امنیت غذایی عناصر کلیدی برای کاهش فقر، از طریق تضمین ارتباط عادلانه بین منابع و بهبود معیشت است، که به‌طور هم‌زمان، حفظ بوم‌سازگان، بقای سلامت محیط‌های طبیعی و بهره‌برداری از آن‌ها را از طریق تأمین ارائه خدمات به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم برای

لزوم تعادل در خوداتکایی محصولات کشاورزی و پایداری منابع آب



تقاضا برای آب، انرژی و مواد غذایی ۳۰ تا ۵۰ درصد، در دو دهه آینده افزایش خواهد داشت. از طرفی حدود ۷۰ درصد از مصرف آب فعلی جهان، به بخش کشاورزی اختصاص دارد. این بخش به‌عنوان مهم‌ترین بخش تولیدکننده مواد غذایی محسوب می‌شود که مستقیماً با امنیت غذایی و سلامت جامعه در ارتباط

یادداشت کوتاه

مهدی ضرغامی / استاد گروه آب، دانشکده مهندسی، دانشگاه تبریز

امرار معاش، لازم و ضروری می‌داند. نظر به وجود بحران‌های محیط‌زیستی و آبی تهدیدکننده امنیت غذایی و انرژی کشور، می‌توان استنباط کرد که این رویکرد رهنمودهای لازم برای سیاست‌گذاری توسعه پایدار در کشور را فراهم می‌نماید. به طور مشخص در پیوند آب-غذا خوداتکایی در تأمین امنیت غذایی از طریق ارتقاء در تولید محصولات کشاورزی حاصل می‌شود. ارتقای امنیت غذایی، تولیدکالاهای اساسی برای جمعیت رو به رشد کشور و کاهش وابستگی به واردات از اولویت‌های بخش کشاورزی به شمار می‌رود. اما از سوی دیگر دستیابی به خوداتکایی ۹۵ درصدی در تولید محصولات کشاورزی (طبق برنامه ششم توسعه) در نهایت منجر به افزایش برداشت بیش از ظرفیت مجاز منابع آب در کشوری خواهد شد که آبخوان‌های آن با کسری تجمعی حدود ۱۳۱ میلیارد مترمکعب مواجه است. نتیجه این اقدام منجر به فشار بر منابع آب، تشدید اوضاع، ناپایداری در منابع آب و آسیب‌های محیط‌زیستی جبران‌ناپذیر خواهد شد. در نتیجه این دو هدف، در عمل در تعارض با هم می‌باشند. لذا لازم است با سیاست‌گذاری صحیح میان نهادهای مختلف اجرایی و سیاست‌گذاری کلان کشور از جمله وزارت نیرو و وزارت جهاد کشاورزی به تعادلی در اهداف و برنامه‌های دو وزارتخانه و نیز به یک تعریف دقیق و مشترکی از مفاهیمی همچون پایداری در منابع آب و خوداتکایی کشاورزی رسید. در این راستا نشست هم‌اندیشی در چهارمین کنگره ملی آبیاری و زهکشی، دانشگاه ارومیه، ۲۲ آبان ۱۳۹۸ با حضور حدود ۷۰ نفر از خبرگان کشور برگزار گردید.

بر اساس گزارش این نشست، بایستی شیوه حکمرانی مرسوم در کشور از حالت دستوری و بالا به پایین به حکمرانی پایین به بالا تغییر یابد. در این نظام حکمرانی، دولت بایستی نقش تسهیل‌گری و تنظیم‌گری داشته باشد. در این حالت است که با مشارکت عمومی ذی‌مدخلان و ذی‌نفعان در حوضه، می‌توان انتظار داشت که برای دو هدف متعارض خوداتکایی محصولات کشاورزی و پایداری منابع آب، به یک نقطه تعادلی دست یافت. اما قبل از آن لازم است تا اطلاعات موجود تدقیق گردد و برای سیاست‌گذاری کارآمدتر، اطلاعات بیش‌تری با دقت زیاد و قابل اعتماد تولید گردد؛ چرا که اطلاعات پایه‌ای کشور ناکافی و بعضاً نادقیق است و متأسفانه به موقع در دسترس مدیران و سیاست‌گذاران قرار نمی‌گیرد. از سوی دیگر هر پیشنهاد و

هر نقشه راهی که در کشور برای مشکل آب مطرح می‌گردد، لازم است که با سیاست‌های بالادستی هماهنگ باشد؛ در غیر اینصورت حتی در صورت اجماع تمامی نهادها، ضمانت و قابلیت اجرایی نخواهد داشت. لذا نقش نهاد بالادستی مانند شورای عالی آب و اقتداربخشی به آن، بسیار ضروری است. همچنین سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کلان کشور می‌توانند به جهت بهبود وضعیت کنونی منابع آب به مبحث واردات آب مجازی توجه نمایند؛ به‌طوری‌که به جای تمرکز روی خودکفایی در تولید محصولات اساسی می‌توان با ملاحظات لازم، پتانسیل خودکفایی در آن محصولات را مد نظر قرار داده و جهت ترمیم منابع آب تا حد امکان نسبت به واردات آن محصولات اقدام و در صورتی‌که بنا به دلایلی عرصه بر واردات تنگ شد با استفاده از پتانسیل‌های از قبل فراهم شده، بلافاصله در فصل زراعی بعد نسبت به تولید آن اقدام نمود. از طرفی با اصلاح سبد غذایی و باز طراحی الگوی تغذیه مانند جایگزینی با سبدهای غذایی مطلوب و کم‌آب‌بر، افزایش سهم ماهی و محصولات دریایی و استفاده از منابع پروتئینی جدید نظیر قارچ و توفو طبق استانداردهای مطرح شده و با رعایت نکات بهداشتی و با در نظر گرفتن ملاحظات فرهنگی و ذائقه‌ای و ظرفیت تولید محصولات کشاورزی، می‌توان میزان استفاده از منابع آب را نیز کاهش داد. همچنین مسائل و مشکلات کنونی، ناشی از یک بخش و نهاد خاص نمی‌باشد، بلکه در تمامی بخش‌ها، کم و بیش اشکالاتی وجود دارد. لذا بایستی به جهت برون‌رفت از بحران، سازمان‌ها و نهادهای مختلف هم‌فکر و هم‌راستا گردند. در نهایت نیز لازم است تا در بخش سیاست‌گذاری کلان کشور، بحث آمایش سرزمین در کشور با جدیت پیگیری و تعیین تکلیف شود.

پی‌نوشت:

۱- این یادداشت برگرفته از نشست هم‌اندیشی با آدرس ذیل می‌باشد. همچنین آقای مهندس احسان شریفی مقدم دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری-آب دانشگاه تربیت مدرس در ویراستاری یادداشت حاضر کمک نموده‌اند.

"دبیرخانه شورای عالی آب (۱۳۹۸)، گزارش نشست هم‌اندیشی تدوین برنامه اقدام مشترک برای خوداتکایی محصولات کشاورزی و پایداری منابع آب به کمک شورای عالی آب، چهارمین کنگره ملی آبیاری و زهکشی، دانشگاه ارومیه".

Article Type: Applied

نوع مقاله: کاربردی

Application of Modeling in Management of Water, Energy, and Food Nexus

Z. Eslami¹, S. Janatrostami^{2*}, A. Ashrafzadeh³

1, 2, 3- M.Sc. Graduate, Assistant Professor, and Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

*(Corresponding Author Email: janatrostami@guilan.ac.ir)

Received: 14-07-2018

Accepted: 02-01-2019

کاربرد مدل سازی در مدیریت رابطه پیوندی آب، غذا و انرژی

زینب اسلامی^۱، سمیه جنت رستمی^{۲*}، افشین اشرفزاده^۳

۱، ۲ و ۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: janatrostami@guilan.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۲۳

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۱۲

Abstract

Three vital sources of Water-Energy-Food (WEF) are inextricably interrelated so that may also produce environmental impacts such as greenhouse gas emissions in production/delivery process. Therefore, green-house-gas emission control plays a key role in WEF nexus management. Effective planning and management of limited WEF resources to meet current and future socioeconomic demands for sustainable development is challenging. Nexus management for WEF security necessitates integrated tools that are useful for effective planning and management strategies and policies. Hence, the comprehensive tools should be used for identifying the trade-offs and interactions among various sectors of water, energy, and food. In this study, the nexus in the integrated management of the sources by optimisation method is investigated. Also, a hypothetical optimisation model of the water, energy, and food nexus is examined. This model is applied to quantitatively analyse the interrelationships and trade-offs among system components including energy supply, electricity generation, water supply-demand, food production, and mitigation of environmental impacts. The results demonstrated how these types of analyses could be helpful for decision makers and stakeholders to make cost-effective decisions for optimal WEF management.

Keywords: Optimisation, Sustainable development, Social and economic demands, Environmental impacts.

چکیده

سه منبع حیاتی مهم آب، انرژی و غذا با یکدیگر در ارتباط هستند که ممکن است در فرآیند تولید و توزیع این منابع، اثرات زیست محیطی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز ایجاد شود. بنابراین در مدیریت ارتباط بین این سه منبع، کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برنامه‌ریزی و مدیریت مناسب منابع محدود آب، انرژی و غذا برای تأمین نیازهای اقتصادی و اجتماعی جامعه در راستای توسعه پایدار، همواره مسئله‌ای چالش برانگیز است. روش مدیریت رابطه پیوندی در راستای برقراری امنیت آب، انرژی و غذا، یک روش جامع‌نگرانه است که می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های سیاسی و اقتصادی یک منطقه مفید باشد. بنابراین برای شناسایی و بررسی تعاملات و برهم‌کنش‌های بین بخش‌های آب، انرژی و مواد غذایی لازم است از ابزارهای یکپارچه و جامع‌نگرانه‌ای استفاده شود. در این مقاله، دیدگاه رابطه پیوندی در مدیریت یکپارچه منابع با رویکرد بهینه‌سازی معرفی می‌شود. در این راستا، یک مدل مدیریتی بهینه‌سازی پیوند آب، انرژی و غذا به صورت فرضی بررسی شد. در این مدل، تعاملات و برهم‌کنش‌های بین اجزای سیستم مانند تأمین انرژی، تولید برق، تقاضای تأمین آب، تولید مواد غذایی و همچنین کاهش اثرات زیست محیطی ارزیابی شد. نتایج بررسی‌ها در مدل‌سازی نشان داد که چگونه این نوع آنالیزها می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان و ذینفعان یک منطقه کمک کند تا تصمیمات مقرون به صرفه‌ای در مدیریت بهینه منابع آب، انرژی و غذا بگیرند.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، توسعه پایدار، نیازهای اقتصادی و اجتماعی، اثرات زیست محیطی.

منابع مهم تولید انرژی به صورت تجدیدناپذیر هستند که استفاده از آنها باعث تولید گازهای گلخانه‌ای می‌شود. بسیاری از دانشمندان معتقدند که افزایش انتشارات گازهای گلخانه‌ای به طور قابل توجهی باعث گرم شدن جهانی و تغییر اقلیم می‌شود (IPCC, ۲۰۱۴). به عنوان مثال در ایالت متحده آمریکا، ۵ درصد از کل انتشارات گازهای گلخانه‌ای مربوط به استفاده از انرژی در بخش آب است که این مقدار در خیلی از کشورها به مراتب بیشتر است (Rothausen و Conway, ۲۰۱۱). نیروگاه‌های حرارتی مقادیر قابل توجهی از گازهای گلخانه‌ای را تولید می‌کند و همچنین تکنولوژی‌های موجود در بخش کشاورزی سبب شده است که تقریباً ۳۰ درصد از کل انتشارات گازهای گلخانه‌ای مربوط به این بخش باشد (FAO, ۲۰۱۱). افزایش مصرف انرژی برای برقراری امنیت غذایی در راستای افزایش تقاضای آب، منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. در مدیریت منابع با هدف توسعه پایدار، کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای برای کاهش اثرات تغییر اقلیم حیاتی می‌باشد. بنابراین در جهت کاهش اثرات نامطلوب زیست‌محیطی بهتر است در مدیریت روابط پیوندی آب، انرژی و غذا، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز کنترل شود (Kaddoura و Khatib, ۲۰۱۷).

سیستم یکپارچه آب، انرژی و غذا دارای تعاملات و فرآیندهای پیچیده و پویایی هستند، زیرا تغییر هر یک از این بخش‌ها، علاوه بر اینکه بر روی هر یک از سه بخش دیگر در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی تأثیر می‌گذارد، بلکه عوامل مختلف اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، فنی و محیط‌زیست نیز متأثر این تغییر است. مدیریت رابطه پیوندی با هدف تأمین امنیت آب، انرژی و مواد غذایی مستلزم استفاده از یک روش یکپارچه و یا ابزاری برای آنالیز یکپارچه سیستم است که توانایی شناسایی تعاملات و برهم‌کنش‌های بین بخش‌های مختلف این سیستم را داشته باشد تا به اهداف برنامه‌ریزی مقرون به صرفه و مدیریت سیاسی و استراتژیکی ایده‌آل برسد. آنالیز مدیریت رابطه پیوندی آب، انرژی و غذا باید توانایی پاسخگویی به سؤالاتی نظیر "به طور همزمان، استراتژی مطلوب برای مدیریت آب، انرژی و غذا چیست؟" و یا "چگونه اقدامات کاهش گازهای گلخانه‌ای بر توزیع انرژی، تولیدات مواد غذایی و مصرف آب تأثیر می‌گذارد؟" را داشته باشد (Hoff, ۲۰۱۱). تخصیص و مصرف بهینه منابع آب، انرژی و مواد غذایی بدون اعمال شرایط و بررسی یکپارچه منابع مختلف و تأیید روابط بین‌المللی امکان‌پذیر نیست (Kaddoura و Khatib, ۲۰۱۷).

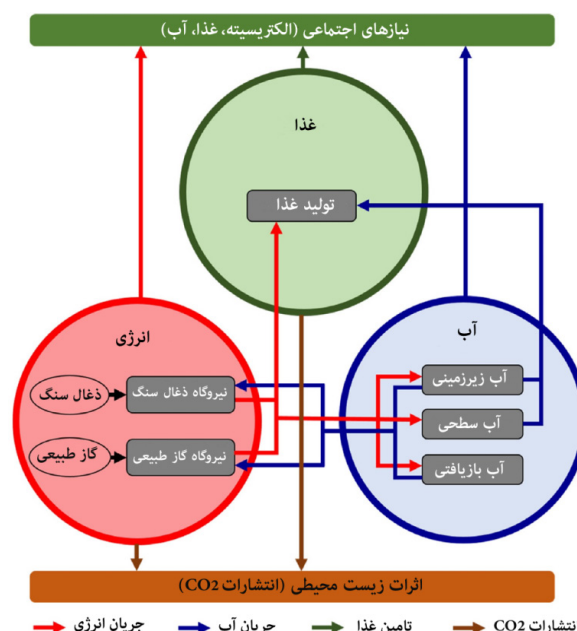
روش‌های مبتنی بر مدل، ابزاری موثر در حل چنین مسائلی در برنامه‌ریزی‌ها هستند. این روش‌ها روابط به هم پیوسته آب، انرژی و مواد غذایی را به صورت کمی بررسی نموده که در تصمیم‌گیری‌های مربوط به سیستم پیچیده آب، انرژی و غذا

در سراسر جهان، آب، انرژی و مواد غذایی منابع حیاتی مهمی برای تأمین نیازهای اقتصادی-اجتماعی و رسیدن به توسعه پایدار اقتصادی هستند. این منابع به طور جدایی‌ناپذیری با یکدیگر در ارتباط هستند، به طوری که هر یک از این منابع وابستگی قابل توجهی نسبت به یکدیگر دارند. آب نقش مهمی را در هر یک از مراحل توسعه انرژی شامل استخراج، تولید و فرآوری سوخت‌های فسیلی، تولید برق و تصفیه ضایعات مربوط به فعالیت‌های انرژی ایفا می‌کند. حدود ۹۰ درصد از برق تولیدی در ایالات متحده، با استفاده از نیروگاه‌های حرارتی تولید می‌شود، که در آن، مقادیر قابل توجهی از آب برای خنک کردن، مصرف می‌گردد. از طرف دیگر، آب و انرژی برای تولید مواد غذایی در کشاورزی مورد نیاز است، که عمده‌تاً برای آبیاری، تولید و فرآوری محصولات کشاورزی استفاده می‌گردد (Kaddoura و Khatib, ۲۰۱۷). بزرگترین مصرف‌کننده آب در سطح جهان، بخش کشاورزی است، به طوری که در قرن گذشته، ۹۰ درصد از مصرف جهانی آب شیرین برای تولیدات کشاورزی صرف شده است. در مدیریت آب، برای عملیات پمپاژ، جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب، لازم است انرژی مصرف شود. انرژی در تولید مواد غذایی و پردازش مکانیزه، آماده‌سازی زمین، تولیدات کود، ابزارهای کشاورزی، آبیاری، بسته‌بندی، فرآوری و ذخیره‌سازی مواد غذایی مورد نیاز است، که طبق بررسی‌های انجام شده، حدود ۳۰ درصد از کل مصرف انرژی جهان مربوط به مراحل تولید و عرضه مواد غذایی است. در متون علمی، روابط به هم پیوسته بین سه منبع حیاتی آب، انرژی و مواد غذایی، تحت عنوان رابطه پیوندی آب، انرژی و غذا نامیده می‌شود. رویکرد پیوندی آب، انرژی و غذا یک چشم‌انداز کلی از پایداری است که تلاش می‌کند بین اهداف مختلف، منافع و نیازهای مردم و محیط‌زیست تعادل برقرار کند (شاه‌محمدی و همکاران، ۱۳۹۶). کلمه پیوند، به معنای یک اتصال یا مجموعه‌ای از اتصالات دو یا چند مسئله است. امروزه، با توجه به اهمیت محدودیت این سه منبع حیاتی و افزایش سریع جمعیت جهان، مفهوم رابطه پیوندی در مدیریت منابع آب، انرژی و غذا، توجه محققان زیادی را در سطح بین‌المللی به خود معطوف کرده است. بررسی نرخ رشد جمعیت جهان نشان داد که جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰، ۵۰ درصد نسبت به جمعیت فعلی افزایش خواهد داشت، که این افزایش جمعیت باعث افزایش تقاضا برای مواد غذایی و به موازات آن باعث افزایش تنش در منابع محدود آب و انرژی در مقیاس‌های مختلف منطقه‌ای خواهد شد (IEA, ۲۰۱۰). بنابراین، برنامه‌ریزی مناسب و مصرف بهینه منابع محدود آب، انرژی و غذا برای تأمین نیازهای اجتماعی و اقتصادی یک جامعه در شرایط کنونی و آینده در راستای توسعه پایدار و حفظ محیط‌زیست، مسئله‌ای چالش‌برانگیز است.

مفید می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه رابطه پیوندی آب، انرژی و غذا انجام شده است که در آن‌ها بر مدیریت رابطه پیوندی منابع در دو حالت بررسی جامع سه بخش منفرد مدیریت منابع آب، سیستم‌های مدیریت انرژی و یا برنامه‌ریزی تولید محصولات کشاورزی به صورت رابطه پیوندی آب، انرژی و غذا (Hoff, ۲۰۱۱؛ Halalsheh و همکاران، ۲۰۱۵؛ Daher و Mohtar, ۲۰۱۵) و یا بررسی دو بخش تحت عنوان رابطه پیوندی آب و انرژی (Basheer و Elagib, ۲۰۱۸؛ Dale و Bilec, ۲۰۱۴) و رابطه پیوندی آب و غذا (Grafton و همکاران، ۲۰۱۵؛ Blanco و همکاران، ۲۰۱۲؛ Liu و همکاران، ۲۰۰۷؛ Amarasinghe, ۲۰۰۵) متمرکز شده است. گاهی اوقات، ممکن است به همراه رابطه پیوندی منابع، مسائل خاصی مانند وضعیت اقتصادی آب و یا منابع دیگر نیز بررسی شود. تاکنون، مدل‌های متفاوتی برای بررسی رابطه پیوندی توسعه یافته است که چارچوب آن‌ها با هدف درک بهتر رابطه پیوندی بین منابع مختلف طراحی شده است. به عنوان مثال Lall و Mays (۱۹۸۱)، یک مدل برنامه‌نویسی

توسعه مدل بهینه‌سازی پیوند آب، انرژی و غذا

در این بخش توسعه مدل بهینه‌سازی مدیریت پیوند آب، انرژی و غذا (WEFO)^۴، در چند دوره اقتصادی-اجتماعی به صورت یک سیستم فرضی بر اساس مطالعه Vesselinov و Zhang (۲۰۱۷) توصیف می‌شود. تعاملات و برهم‌کنش‌های بین سه منبع در مدل WEFO و همچنین محدودیت‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- نمایش تعاملات و برهم‌کنش‌ها در مدل WEFO

ریاضی برای مدیریت منابع آب و انرژی پیشنهاد کردند، یا اینکه Dubreuil و همکاران (۲۰۱۳)، ماژولی در مدل سیستم انرژی جهانی^۳، برای ارزیابی ارتباط بین انرژی و آب طراحی کردند. Daher و Mohtar (۲۰۱۵)، برای مدل‌سازی رابطه پیوندی آب، انرژی و غذا، مدل Nexus Tool ۲,۰ را توسعه دادند. با توجه به اینکه، این مدل توانایی مدل‌سازی تعاملات و برهم‌کنش‌های سه منبع را دارد، اما دارای محدودیت‌هایی مانند عدم بررسی همه اثرات زیست‌محیطی نیز می‌باشد. به طور کلی در مدل‌سازی رابطه پیوندی آب، انرژی و غذا، مدلی که بتواند در یک چارچوب کلی، روابط پیچیده بین سه منبع و اثرات زیست‌محیطی آن‌ها را برای بهینه‌سازی مدیریت رابطه پیوندی منابع بررسی نماید، وجود ندارد. در این مقاله سعی شده است، چارچوب توسعه یک مدل بهینه‌سازی رابطه پیوندی آب، انرژی و غذا معرفی شود که توانایی پردازش تصمیمات مدیریتی را داشته باشد. در این مدل، علاوه بر بررسی تقاضای اجتماعی و اقتصادی، کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز بررسی می‌شود.

سیستم فرضی مورد بررسی، شامل دو نیروگاه حرارتی (ذغال سنگ و گاز طبیعی) برای تولید برق در سه دوره برنامه‌ریزی پنج ساله است. در این سیستم، آب مورد نیاز برای تولید برق از منابع آب‌های سطحی، زیرزمینی و آب بازیافتی تأمین می‌شود. برق تولیدی برای انتقال آب مورد نیاز در نیروگاه‌ها، تولید مواد غذایی و تأمین نیازهای اجتماعی و اقتصادی استفاده می‌شود. برای تولید مواد غذایی و فرآوری آن‌ها، منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی (به دلیل مسائل مربوط به ایمنی سلامت انسان‌ها، آب بازیافتی استفاده نمی‌شود) و انرژی (برق) مورد نیاز است. در فرآیند تولید برق و مواد غذایی، گازهای گلخانه‌ای به خصوص CO₂ منتشر می‌شود. در مدل بهینه‌سازی، چگونگی برنامه‌ریزی منابع انرژی و آب، تولید برق و تولید مواد غذایی برای دستیابی به حداقل هزینه کل سیستم با توجه به کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای بررسی می‌شود (نمای کلی مسئله در شکل (۱) آورده شده است). در ادامه، متغیرهای تصمیم، تابع هدف و محدودیت‌های مدل بهینه‌سازی معرفی می‌شود.

متغیرهای تصمیم: متغیرهای تصمیم مدل بهینه‌سازی شامل مقدار انرژی منابع ذغال سنگ و گاز طبیعی، ظرفیت نیروگاه برای تولید برق، مقدار آب‌های سطحی و زیرزمینی مورد نیاز برای تولید مواد غذایی، مقدار آب‌های سطحی و زیرزمینی و آب بازیافتی مورد نیاز برای تولید برق و تقاضاهای اجتماعی و اقتصادی برای تولید آب، غذا و انرژی در طول چند دوره بررسی می‌شود.

تابع هدف: هدف بهینه‌سازی مدل مدیریتی WEFO، حداقل کردن کل هزینه سیستم است که هزینه کل از مجموع هزینه‌های تأمین انرژی، تأمین آب، تولید برق، تولید مواد غذایی و هزینه‌های کاهش انتشار CO₂ است (رابطه ۱).

$$\min f=a+b+c+d+e \quad (1)$$

که در این رابطه، a هزینه‌های تأمین انرژی برای تولید برق؛ b هزینه‌های تولید برق؛ c هزینه‌های تأمین آب؛ d هزینه‌های تولید مواد غذایی و e نیز هزینه‌های کاهش انتشار CO_2 است. هزینه‌های تأمین انرژی برای تولید برق (a)، با استفاده از رابطه (2) بدست می‌آید.

$$a = \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^k ES_{jt} ESC_{jt} \quad (2)$$

که، ES_{jt} تأمین انرژی z در دوره برنامه‌ریزی t (PJ)؛ ESC_{jt} متوسط هزینه‌های تأمین انرژی z در دوره برنامه‌ریزی t (میلیون دلار/PJ)؛ z نوع تأمین انرژی و منبع انرژی مورد استفاده در نیروگاه‌ها؛ m تعداد تأمین انرژی و نیروگاه‌ها و k تعداد دوره برنامه‌ریزی است. به طور کلی، هیچ محدودیتی برای پارامترهای مختلف مورد استفاده در این مدل وجود ندارد. به عنوان مثال، تعداد نیروگاه‌ها یا دوره‌های برنامه‌ریزی می‌تواند هر عدد صحیح بزرگتر از صفر باشد.

هزینه‌های تولید برق (b)، با استفاده از رابطه (3) بدست می‌آید.

$$b = \sum_{j=1}^m FC_j + \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^k X_{jt} PC_{jt} \quad (3)$$

که، FC_j هزینه‌های ثابت نیروگاه z (میلیون دلار)؛ X_{jt} میزان تولید انرژی نیروگاه با استفاده از انرژی z در دوره برنامه‌ریزی t (PJ)؛ و PC_{jt} میانگین هزینه‌های عملیاتی برای تولید برق در نیروگاه z در دوره برنامه‌ریزی t (میلیون دلار/PJ) است.

هزینه‌های تأمین آب برای تولید برق و مواد غذایی (c)، با استفاده از رابطه (4) بدست می‌آید.

$$c = \sum_{t=1}^k (GW_t^F CGW_t^F + SW_t^F CSW_t^F) + \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^k (GW_{jt}^e CGW_{jt}^e + SW_{jt}^e CSW_{jt}^e + RW_{jt}^e CRW_{jt}^e) \quad (4)$$

که GW_t^F و SW_t^F به ترتیب مقدار آب زیرزمینی و سطحی مورد استفاده برای تولید مواد غذایی در دوره t (gal)؛ CGW_t^F و CSW_t^F به ترتیب هزینه‌های تأمین آب‌های زیرزمینی و سطحی مورد استفاده برای تولید مواد غذایی در دوره t (\$/gal)؛ GW_{jt}^e و SW_{jt}^e به ترتیب مقدار آب‌های زیرزمینی، سطحی و باز یافتی مورد استفاده در نیروگاه z در دوره t (gal) و CGW_{jt}^e و CSW_{jt}^e و CRW_{jt}^e به ترتیب هزینه‌های تأمین آب‌های زیرزمینی، سطحی و باز یافتی برای نیروگاه z در دوره t (gal/\$) هستند. هزینه‌های تولید غذا (d)، با استفاده از رابطه (5) بدست می‌آید.

$$d = \sum_{t=1}^k CFO_t FO_t \quad (5)$$

که FO_t مقدار مواد غذایی تولید شده در دوره برنامه‌ریزی t (ton) و CFO_t هزینه هر واحد تولید مواد غذایی در دوره t (million \$/ton) است.

هزینه‌های کاهش انتشار CO_2 (e)، نیز با استفاده از رابطه (6) بدست می‌آید.

$$e = \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^k CEA_t CC_{jt} X_{jt} + \sum_{t=1}^k CFA_t FO_t FF_t \quad (6)$$

که CEA_t هزینه‌های کاهش CO_2 در تولید برق دوره t (\$/kg)؛ CFA_t هزینه‌های کاهش CO_2 در تولید مواد غذایی دوره t (\$/ton)؛ CC_{jt} واحد انتشار CO_2 بر واحد تولید برق در دوره t (million kg/PJ) و FF_t نیز واحد انتشار CO_2 بر واحد تولید مواد غذایی در دوره t (ton/ton) است.

محدودیت‌های مدل بهینه‌سازی: محدودیت‌های مدل شامل موارد زیر است:

۱- بیان جرمی سوخت‌های فسیلی: برق تولیدی هر نیروگاه در هر دوره برنامه‌ریزی نباید بیشتر از مقدار تأمین انرژی در آن دوره باشد.

$$X_{jt} FE_{jt} \leq ES_{jt} \quad \forall j, t \quad (7)$$

که در این رابطه، FE_{jt} واحد حامل انرژی در هر واحد تولید برق z در دوره t (PJ/PJ) است.

۲- محدودیت‌های دسترسی به انرژی فسیلی: سوخت‌های فسیلی عرضه شده مانند ذغال سنگ و گاز طبیعی نباید بیشتر از مقدار دسترس بودن آن‌ها طی دوره‌های برنامه‌ریزی باشد.

$$ES_{jt} \leq AV_{jt} \quad \forall j, t \quad (8)$$

که AV_{jt} در دسترس بودن منبع تأمین انرژی z در دوره t (PJ) است. تقاضای انرژی برای تولید مواد غذایی: انرژی مصرف شده برای تولید مواد غذایی نباید بیشتر از حداکثر مجاز برق برای تولید مواد غذایی باشد.

$$ER_t^F \cdot FO_t \leq AER_{tmax}^F \quad \forall t \quad (9)$$

که AER_{tmax}^F حداکثر برق موجود برای تولید مواد غذایی در دوره t (PJ) و ER_t^F تقاضای انرژی واحد برای تولید مواد غذایی در دوره t (PJ/ton) است.

۴- مقدار انرژی مورد نیاز برای جمع‌آوری، تصفیه و تحویل آب: مصرف برق برای جمع‌آوری، تصفیه و تحویل آب نباید بیشتر از مقدار حداکثر مجاز برق موجود برای جمع‌آوری، تصفیه و تحویل آب بر حسب PJ (AER_{tmax}^w) باشد.

$$ER_t^w \cdot (GW_t^F + SW_t^F + \sum_{j=1}^m (GW_{jt}^e + SW_{jt}^e + RW_{jt}^e)) \leq AER_{tmax}^w \quad \forall t \quad (10)$$

که ER_t^w تقاضای انرژی واحد برای جمع‌آوری، تصفیه و تحویل آب در دوره t (PJ/gal) است.

۵- محدودیت‌های تقاضای برق: برق تولیدی نیروگاه‌ها باید بتواند پس از تأمین مواد غذایی و جمع‌آوری، تصفیه و تحویل آب، نیازهای اجتماعی و اقتصادی برق را تأمین کند.

$$\sum_{j=1}^m X_{jt} - ER_t^F \cdot FO_t - ER_t^w \cdot (GW_t^F + SW_t^F + \sum_{j=1}^m (GW_{jt}^e + SW_{jt}^e + RW_{jt}^e)) \geq D_t^e \quad \forall t \quad (11)$$

که D_t^e نیازهای اقتصادی و اجتماعی در دوره t (PJ) است.

۶- محدودیت‌های تقاضای آب برای تولید مواد غذایی: آب عرضه شده، باید بتواند نیازهای آبی تولید مواد غذایی را تأمین کند.

$$(1 - \delta)(GW_t^F + SW_t^F) \geq WF_t \cdot FO_t \quad \forall t \quad (12)$$

که δ عامل تلفات تحویل آب به زیر سیستم غذا و WF مقدار واحد مصرف آب در واحد تولید مواد غذایی در دوره t (gal/ton) است.

۷- محدودیت‌های تقاضای آب برای تولید برق: آب مورد نیاز برای تولید برق باید تأمین شود.

$$(1 - \mu_j) \cdot (GW_{jt}^e + SW_{jt}^e + RW_{jt}^e) \geq \alpha_j \cdot X_j \quad \forall t \quad (13)$$

که μ_j فاکتور تلفات تحویل آب به نیروگاه j ، و α_j تقاضای آب واحد برای هر واحد تولید برق در نیروگاه j (gal/GWh) است.

۸- محدودیت‌های منابع آب در دسترس: مقدار تخصیص آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی نمی‌تواند از حداکثر مقدار آب زیرزمینی و سطحی قابل در دسترس دوره t ، بیشتر باشند.

$$GW_t^F + \sum_{j=1}^m GW_{jt}^e \leq SY_t \quad \forall t \quad (14)$$

$$SW_t^F + \sum_{j=1}^m SW_{jt}^e \leq ASW_t \quad \forall t \quad (15)$$

همچنین مقدار تخصیص آب بازیافتی نیز نمی‌تواند از حداکثر مجاز آب قابل بازیافت بیشتر باشد.

$$\sum_{j=1}^m RW_{jt}^e \leq ARW_t \quad \forall t \quad (16)$$

در این روابط، SY_t و ASW_t به ترتیب مقدار آب زیرزمینی و سطحی در دسترس (gal) و ARW_t حداکثر مجاز آب بازیافتی در دسترس (gal) است.

۹- محدودیت‌های تقاضای غذا: مقدار غذای تولید شده باید نیازهای غذایی اجتماعی و اقتصادی را تأمین کند. در رابطه (۱۷)، D_t^F ، مقدار نیاز غذایی در دوره t (ton) است.

$$FO_t \geq D_t^F \quad \forall t \quad (17)$$

۱۰- محدودیت‌های کنترل انتشار CO_2 : مقادیر CO_2 تولید شده نباید بیشتر از حداکثر مجاز انتشار CO_2 در دوره زمانی موردنظر باشد.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^k X_{jt} CC_{jt} (1 - \phi_{jt}) + \sum_{t=1}^k FO_t FF_t \leq TMCC \quad (18)$$

که ϕ_{jt} راندمان متوسط کاهش انتشارات CO_2 در نیروگاه j در دوره t و $TMCC$ حداکثر انتشار CO_2 در طول دوره‌های زمانی (million ton) است.

۱۱- محدودیت‌های غیر منفی بودن متغیرهای تصمیم:

$$X_{jt}, ES_{jt}, FO_t, GW_t^F, SW_t^F, GW_{jt}^e, SW_{jt}^e, RW_{jt}^e \geq 0 \quad \forall j, t \quad (19)$$

روش حل مدل بهینه‌سازی: به دلیل اینکه تمام معادلات و روابط موجود بین متغیرهای تصمیم در توابع هدف و محدودیت‌ها به صورت خطی هستند، بنابراین مدل بهینه‌سازی به صورت خطی بوده و با استفاده از روش‌های مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی (الگوریتم سیمپلکس^۵) حل می‌شود.

داده‌ها و اطلاعات: پارامترهای مربوط به هزینه، مقادیر ثابت و

محدودیت‌های مدل در سه دوره ۵ ساله در جدول‌های (۱) تا (۳) آورده شده است. علاوه بر این، هزینه‌های ثابت تولید برق در نیروگاه‌های ذغال‌سنگ و گاز طبیعی به ترتیب ۶۵ و ۷۵ میلیون دلار است. آب موردنیاز برای هر واحد برق تولیدی در نیروگاه‌های ذغال‌سنگ و گاز طبیعی به ترتیب ۰/۳۳ gal/KWh و ۰/۴۴ است. تلفات آب در نیروگاه‌های ذغال‌سنگ و گاز طبیعی و همچنین تولید مواد غذایی به ترتیب ۱۵، ۱۰ و ۱۵ درصد است. بازده متوسط کاهش CO_2 در نیروگاه‌های ذغال‌سنگ و گاز طبیعی در طی سه دوره برنامه‌ریزی، ثابت و برابر با ۸۰ و ۸۵ درصد است. همچنین، مقدار انتشار CO_2 به ازای هر واحد تولید مواد غذایی در سه دوره برنامه‌ریزی نیز ثابت و برابر با ۰/۴۸ ton/ton است.

با توجه به کمبود اطلاعات، همه پارامترهای ذکر شده در جدول (۱) و بعضی از پارامترهای جدول (۲) دارای عدم قطعیت هستند که دامنه عدم اطمینان هر یک از این پارامترها داخل پراتنز آورده شده است.

جدول ۲- مقادیر پارامترهای مربوط به محدودیت‌های منابع

دوره‌های پنج ساله متوالی، k			
k=۳	k=۲	k=۱	
۱۲۶(۱۲۵، ۱۲۷)	۱۱۵(۱۱۴، ۱۱۶)	۱۰۵(۱۰۴، ۱۰۶)	تقاضای برق (PJ)
۷۵۰۰۰(۷۴۹۰۰، ۷۵۱۰۰)	۷۱۰۰۰(۷۰۹۰۰، ۷۱۱۰۰)	۶۷۰۰۰(۶۶۹۰۰، ۶۷۱۰۰)	تقاضای غذا (ton)
۲۴۰(۲۳۷، ۲۴۱)	۲۶۵(۲۶۲، ۲۶)	۲۸۵(۲۸۲، ۲۸۶)	دسترسی به ذغال‌سنگ (PJ)
۱۰۵(۱۰۳، ۱۰۹)	۱۱۷(۱۱۵، ۱۱۹)	۱۲۹(۱۲۷، ۱۳۲)	دسترسی به گاز طبیعی (PJ)
۴۶(۴۵، ۴۷)	۴۸(۴۷، ۴۹)	۵۰(۴۹، ۵۱)	حداکثر آب زیرزمینی در دسترس (billion gal)
۲۷(۲۶، ۲۸)	۳۰(۲۹، ۳۱)	۳۲(۳۱، ۳۳)	حداکثر مقدار آب موجود در آب (billion gal)
۲۴(۲۳، ۲۵)	۲۷(۲۶، ۲۸)	۳۰(۲۹، ۳۱)	حداکثر مقدار قابل بازیافت (billion gal)
		۱۵/۲(۱۵، ۱۵/۴)	حداکثر انتشار CO_2 (million ton)

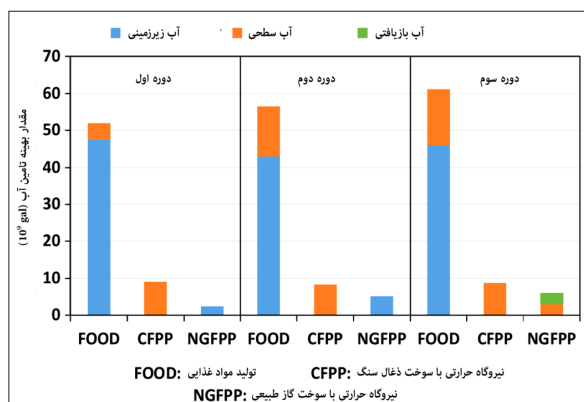
جدول ۱- مقادیر هزینه تأمین انرژی و آب، تولید برق، تولید مواد غذایی و کاهش CO2 در سه دوره ۵ ساله

دوره‌های پنج ساله متوالی، k			
k=۳	k=۲	k=۱	
۳/۲۲(۲/۳، ۶/۶)	۳/۰۷(۲/۵، ۳/۵)	۲/۸۶(۲/۳، ۳/۲)	میانگین هزینه‌های عملیاتی برای تأمین انرژی ذغال سنگ (million \$/PJ)
۵/۲۶(۴/۵، ۵/۸)	۴/۹۱(۴/۲، ۵/۵)	۴/۷۳(۴/۱، ۵/۱)	میانگین هزینه‌های عملیاتی برای تأمین انرژی ذغال سنگ (million \$/PJ)
۰/۲۲(۰/۲، ۰/۳)	۰/۱۸(۰/۱، ۰/۳)	۰/۱۶(۰/۱، ۰/۳)	میانگین هزینه‌های عملیاتی برای تولید برق در نیروگاه‌های ذغال سنگ (million \$/PJ)
۰/۵۸(۰/۴، ۰/۷)	۰/۵۵(۰/۴، ۰/۷)	۰/۵۲(۰/۴، ۰/۷)	میانگین هزینه‌های عملیاتی برای تولید برق در نیروگاه‌های گاز طبیعی (million \$/PJ)
۱۸۰(۱۶۵، ۱۹۵)	۱۶۵/۵(۱۵۰، ۱۸۰)	۱۴۹/۵(۱۳۵، ۱۶۵)	هزینه‌های واحد تولید مواد غذایی (\$/ton)
۱۶۳۰۰(۱۵۲۰۰، ۱۶۸۰۰)	۱۴۵۰۰(۱۳۱۰۰، ۱۶۹۰۰)	۱۲۶۰۰(۱۱۴۰۰، ۱۳۰۰۰)	هزینه‌های کاهش CO2 برای تولید برق (\$/million kg)
۱۳/۱(۱۰، ۱۶)	۱۱/۹(۹/۵، ۱۴/۵)	۱۰/۸(۹، ۱۳)	هزینه‌های کاهش CO2 برای تولید مواد غذایی (\$/ton)
۲/۸۳(۲/۵، ۳/۵)	۲/۴۲(۱/۹، ۲/۹)	۱/۹۶(۱/۶، ۲/۶)	هزینه‌های تأمین آب زیرزمینی برای تولید مواد غذایی (\$/10³ gal)
۳/۳۸(۲/۹، ۳/۹)	۲/۵۶(۲/۱، ۳/۱)	۲/۲۳(۱/۶، ۲/۸)	هزینه‌های تأمین آب سطحی برای تولید مواد غذایی (\$/10³ gal)
۲/۹۸(۲/۲، ۳/۵)	۲/۴۹(۱/۹، ۲/۹)	۲/۰۷(۱/۶، ۲/۶)	هزینه‌های تأمین آب زیرزمینی برای تولید برق نیروگاه ذغال سنگ (\$/10³ gal)
۲/۶۲(۱/۸، ۳)	۲/۱۹(۱/۶، ۲/۸)	۱/۷۵(۱/۲، ۲/۵)	هزینه‌های تأمین آب زیرزمینی برای تولید برق نیروگاه گاز طبیعی (\$/10³ gal)
۲/۵۷(۱/۷، ۳/۲)	۲/۱۹(۱/۵، ۳)	۱/۸۲(۱/۲، ۲/۸)	هزینه‌های تأمین آب سطحی برای تولید برق نیروگاه ذغال سنگ (\$/10³ gal)
۳/۱۵(۲/۳، ۳/۶)	۲/۶۷(۲، ۳/۳)	۲/۱۸(۱/۶، ۲/۸)	هزینه‌های تأمین آب سطحی برای تولید برق نیروگاه گاز طبیعی (\$/10³ gal)
۴/۵۲(۴، ۵/۵)	۴/۳۷(۳/۸، ۵/۲)	۴/۱۵(۳/۶، ۴/۹)	هزینه‌های تأمین منابع آب بازیافت شده برای تولید برق نیروگاه ذغال سنگ (\$/10³ gal)
۴/۶۶(۴، ۵/۲)	۴/۴۸(۳/۹، ۵/۲)	۴/۳۲(۳/۸، ۴/۹)	هزینه‌های تأمین منابع آب بازیافت شده برای تولید برق نیروگاه گاز طبیعی (\$/10³ gal)

جدول ۳- محدودیت‌ها و ثابت‌های مدل بهینه‌سازی

دوره‌های پنج ساله متوالی، k			
k=۳	k=۲	k=۱	
۲/۷۵	۲/۶۴	۲/۵۲	نیاز واحد انرژی برای تولید مواد غذایی (10 ^۶ PJ/ton)
۳/۹۱	۳/۷۹	۳/۵۶	نیاز واحد انرژی برای جمع‌آوری، تصفیه و تحویل آب (KWh/1000 gal)
۶۹۴ × ۱۰ ^۲	۶۷۶ × ۱۰ ^۲	۶۵۹ × ۱۰ ^۲	آب مورد نیاز برای تولید مواد غذایی (gal/ton)
۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۳	بیشترین برق در دسترس برای تولید غذا (PJ)
۱/۲۵	۱/۱۵	۱	بیشترین برق در دسترس برای جمع‌آوری، تصفیه و تحویل آب (PJ)
۲/۸	۳	۳/۲	واحد حامل انرژی بر واحد تولید برق در نیروگاه ذغال سنگ (PJ/PJ)
۲/۳	۲/۴	۲/۶	واحد حامل انرژی بر واحد تولید برق در نیروگاه گاز طبیعی (PJ/PJ)
۲۴۷/۰۸	۲۵۴/۸۹	۲۶۱/۰۳	انتشار گازهای گلخانه‌ای CO2 به ازای تولید برق در نیروگاه ذغال سنگ (million kg/PJ)
۱۴۶/۱۹	۱۴۹/۹۸	۱۵۲/۵۸	انتشار گازهای گلخانه‌ای CO2 به ازای تولید برق در نیروگاه گاز طبیعی (million kg/PJ)

ایجاد الگوهای متفاوت مصرف آب برای تولید مواد غذایی در سه دوره شده است. بررسی مقادیر تخصیص منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین آب‌های بازیافتی در شکل (۳) نشان می‌دهد که منابع آب در دسترس و هزینه تأمین آب در نیروگاه‌های مختلف، نقش مهمی در تخصیص منابع آب مورد نیاز برای نیروگاه‌ها دارد.



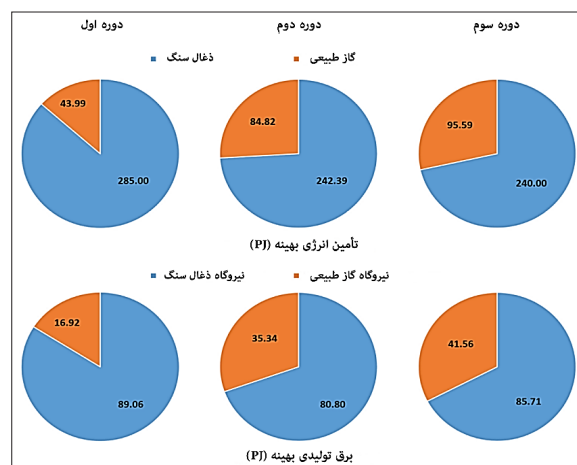
شکل ۳- مقادیر بهینه آب تخصیص داده شده برای تولید مواد غذایی و برق

در حالت بهینه، کل هزینه‌های سیستم مورد بررسی، ۵/۴۰ میلیارد دلار بدست آمد که ۳/۴۷ میلیارد دلار از آن برای تأمین انرژی، ۱/۱۴ میلیارد دلار از آن کاهش میزان انتشار CO₂ و سایر هزینه‌ها نسبتاً کوچک هستند (هزینه‌های تولید برق، تأمین آب و تولید مواد غذایی به ترتیب برابر با ۰/۲۴، ۰/۵۲، و ۰/۰۳ میلیارد دلار هستند). در ادامه با توجه به بازه‌های عدم قطعیت هر یک از پارامترها، حساس‌ترین پارامترها در هر یک از دوره‌های برنامه‌ریزی با استفاده از آنالیز حساسیت جهانی، می‌تواند بررسی گردد. نتایج بدست آمده در این بخش، نقش مهمی در تعریف سناریوها و تعیین سیاست‌های برنامه‌ریزی در مسئله مورد مطالعه خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، چارچوب مدل بهینه‌سازی رابطه پیوندی آب، انرژی و غذا به صورت یکپارچه توسعه داده شد. مدل معرفی شده به صورت چند دوره‌ای بود و از آنجا که تمام روابط این مدل به صورت خطی است با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی حل می‌شود. اجزای مختلف مدیریت پیوندی مدل شامل برنامه‌ریزی تأمین انرژی، برق تولیدی، تأمین آب و تقاضا، تولید مواد غذایی و کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. این مدل می‌تواند به طور همزمان تعاملات بین بخش‌های آب، انرژی و غذا را بررسی کرده و تأثیر استراتژی‌ها و سیاست‌های مختلف اجتماعی و اقتصادی در تصمیم‌گیری را در هر یک از بخش‌ها و کل سیستم ارزیابی نماید. نتایج بررسی‌ها در این مقاله نشان داد که مدل بهینه‌سازی رابطه

جواب‌های مدل بهینه‌سازی آب، انرژی و غذا برای سیستم‌های انرژی و آب به صورت شکل‌های (۲) و (۳) ارائه شده است. مقادیر بهینه تولید مواد غذایی در سه دوره برنامه‌ریزی برابر با ۶۷۰۰۰، ۷۱۰۰۰ و ۷۵۰۰۰ تن بدست آمد که مطابق با مقادیر تقاضای اجتماعی و اقتصادی مواد غذایی است (جدول ۲). مقادیر بهینه برق تولیدی در سه دوره، به ترتیب برابر با ۱۰۵/۹۸ PJ، ۱۱۶/۱۴ و ۱۲۷/۲۷ بدست آمد که کمی بیشتر از مقادیر تقاضای اجتماعی-اقتصادی برق است که در جدول (۲) آورده شده است. مقادیر برق تولیدی اضافی برای تولید مواد غذایی و همچنین جمع‌آوری، تصفیه و تحویل آب، استفاده می‌گردد. از نظر تأمین انرژی، نتایج نشان داد که بهتر است منبع اصلی انرژی در افق برنامه‌ریزی، ذغال‌سنگ با هزینه‌های تأمین کمتر باشد، اما در دوره دوم و سوم، بیشتر از گاز طبیعی برای تولید برق استفاده می‌شود. نسبت گاز طبیعی به کل انرژی تأمین شده در دوره‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۱۳، ۲۶ و ۲۸ درصد افزایش خواهد یافت که بیانگر محدودیت‌های زیست‌محیطی است. بنابراین با توجه به میزان منبع گاز طبیعی در نیروگاه‌ها، مقدار انرژی تولیدی نیز از دوره اول تا سوم افزایش خواهد یافت (شکل ۲).



شکل ۲- مقادیر بهینه تأمین انرژی و انرژی تولیدی در سه دوره برنامه‌ریزی (از چپ به راست)

در بررسی دو منبع آب و انرژی لازم است توجه شود که در تولید مواد غذایی نسبت به تولید انرژی، منابع آب بیشتری مصرف می‌شود. همچنین به دلیل مسائل مربوط به سلامتی در تولید مواد غذایی از آب بازیافتی استفاده نمی‌شود. نتایج ارائه شده در شکل (۳) نشان داد که بخش عمده آب‌های زیرزمینی به جز درصد کمی در نیروگاه‌های گاز طبیعی، در تولید مواد غذایی استفاده می‌شود. کاهش حداکثر منابع آب‌های زیرزمینی در دسترس باعث

Case studies in Pennsylvania and Arizona. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 7: 237–746.

Dubreuil A., Assoumou E., Bouckaert S., Seloise S. and Maizi N. 2013. Water modeling in an energy optimization framework-The water-scarce middle east context. *Applied Energy*, 101: 268–279.

Grafton R.Q., Williams J. and Jiang Q., 2015. Food and water gaps to 2050: preliminary results from the global food and water system (GFWS) platform. *Food Security Food Security*, 7 : 209–220.

Halalsheh, M., Ouarda, T. and Al-Jayousi, O., 2015. The Water-Energy-Food Nexus in the Arab Region: Nexus Technology & Innovation Case Studies (Policy Brief 6). s.l:The League of Arab States.

Hoff H. 2011. Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm.

IEA. 2010. World Energy Outlook 2010. Paris: OECD/ International Energy Agency.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Working Group II Report "Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability". IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Kaddoura S. and Khatib S.E. 2017. Review of water-energy-food Nexus tools to improve the Nexus modelling approach for integrated policy making. *Environmental Science and Policy*, 77: 114–121.

Lall U. and Mays L.W. 1981. Model for planning water-energy systems. *Water Resources Research*, 17(4): 853–865.

Liu J., Williams J.R., Zehnder A.J.B. and Yang H. 2007. GEPIC-modelling wheat yield and crop water productivity with high resolution on a global scale. *Agricultural Systems*, 94: 478–493.

Rothausen S. and Conway D. 2011. Greenhouse-gas emissions from energy use in the water sector. *Nature Climate Change*, 1: 210–219.

Zhang X. and Vesselinov V.V. 2017. Integrated modeling approach for optimal management of water, energy and food security nexus. *Advances in Water Resources*, 101: 1–10.

پیوندی آب، انرژی و غذا می‌تواند به تصمیم‌گیران و ذینفعان یک منطقه کمک کند تا کمبودهای تعاملات پیچیده بین بخش‌های آب، انرژی و مواد غذایی را ارزیابی نموده و از این طریق، برای مدیریت یکپارچه آب، انرژی و مواد غذایی، تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌ای در راستای توسعه پایدار داشته باشند.

پی‌نوشت

- 1- Water, Energy and Food Nexus (WEF)
- 2- Nexus
- 3- TIAM-FR
- 4- Water, Energy and Food security nexus Optimization model
- 5- Simplex Algorithm

منابع

شاه‌محمدی، ع.، مفاخری، ص.، ویسی، ه. و خوشبخت، ک. ۱۳۹۶. رهیافتی برای دستیابی به توسعه پایدار پیوند آب، غذا و انرژی. یافته‌های پژوهشی سیاستی، شبکه مطالعات سیاست‌گذاری عمومی.

Amarasinghe U. 2005. PODIUMSIM: CPSP Report 10 Country Policy Support Program. International Commission on Irrigation and Drainage, New Delhi, India.

Basheer M. and Elagib N.A. 2018. Sensitivity of Water-Energy Nexus to dam operation: A Water-Energy Productivity concept. *Science of the Total Environment*, 616–617: 918–926.

Blanco M., Van Doorslaer B. and Britz W. 2012. Assessing Agriculture-water Relationships: a Pan-European Multidimensional Modelling Approach, 126th Seminar June 27–29 2012 Capri, Italy. European Association of Agricultural Economists. No 126031, 126th Seminar, June 27-29, 2012, Capri, Italy from European Association of Agricultural Economists.

Daher B. and Mohtar R. 2015. Water-energy-food (WEF) Nexus Tool 2.0: guiding integrative resource planning and decision-making. *Water International*, 40: 5-6, 748-771. *Water Int.* 1–24.

Dale A.T. and Bilec M.M. 2014. The Regional Energy & Water Supply Scenarios (REWSS) Model, Part II:

Article Type: Conceptual

نوع مقاله: مفهومی

Necessity of Water, Energy, and Food Nexus Based on the Strategic Plan for Sustainable Development

V. Safaee¹, K. Davary^{2*}, Y. Pourmohammad³

1, 2, 3- M.Sc. graduated, Professor & PhD graduated, Water Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

*(Corresponding Author Email: kamdav@um.ac.ir)

Received: 09-05-2018

Accepted: 15-07-2019

ضرورت پیوند آب، انرژی و غذا بر اساس برنامه استراتژیک توسعه پایدار

وحیده صفایی^۱، کامران داوری^{۲*}، یاور پورمحمد^۳

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و دانش آموخته دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: kamdav@um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۲۴

Abstract

Water, food, and energy supply is one of the main issues that the growing world population has been faced, and Iran is not excepted. Following the UN Millennium Development Goals, researchers have presented a variety of interdisciplinary approaches to achieve a dynamic balance between the resource production and consumption. The most important approach is the Water, Energy, and Food (WEF) Nexus. Due to the available resources scarcity which are intensifying on a daily basis, every opportunity should be exploited to balance the current consumption and resources. The Nexus approach enhances productivity by integrating water, energy, and their recycles. This article refers to the strategic relationship between sustainable development with respect to the Nexus of water, food, and energy, as well as identifying the policies of these three sectors, to ensure that they are targeted for optimal use of resources.

Keywords: Nexus approach, WEF security, Dynamic balance, WEF cycle.

چکیده

تأمین آب، غذا و انرژی یکی از اصلی‌ترین مسائل پیش‌رو برای جمعیت رو به رشد جهان است که اکثر کشورهای جهان از جمله ایران را با آن مواجه کرده است. به دنبال تعیین اهداف هزاره سوم سازمان ملل متحد، پژوهشگران رویکردهای میان‌رشته‌ای متنوعی را برای دستیابی به نوعی تعادل پویا در تولید و مصرف منابع ارائه داده‌اند که از مهم‌ترین آن‌ها رویکرد هم‌بست آب، انرژی و غذا است. با توجه به محدودیت‌های منابع موجود که روزبه‌روز تشدید می‌گردد، باید از هر فرصتی به‌منظور برقراری تعادل و تناسب بین جریان مصرف و بهره‌برداری از منابع بهره‌مند شد. رویکرد هم‌بست، سبب افزایش بهره‌وری به کمک یکپارچه‌سازی چرخه آب، غذا و انرژی می‌گردد. در این مقاله با توجه به ضرورت پیوند آب، انرژی و غذا به ارتباط استراتژیک توسعه پایدار اشاره شده است و ضمن بررسی سیاست‌های این سه بخش، به حصول اطمینان نسبت به هدفمندسازی در جهت استفاده بهتر از منابع پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: رویکرد بهم‌پیوسته، امنیت، تعادل پویا، چرخه آب، انرژی و غذا.

یافته است. هر استراتژی که بدون توجه به ارتباطات بین آب، انرژی و غذا، تنها بر روی یک بخش از ارتباطات تمرکز داشته، ریسک‌های متعددی از جمله ریسک در برقراری امنیت اقتصادی، ریسک در تأمین نیاز بشر و نهایتاً ریسک در تأمین سلامت انسان را در برمی‌گیرد (شاه‌محمدی و همکاران، ۱۳۹۶).

نظر به وجود بحران‌های محیط‌زیستی و آبی که امنیت آب، غذا و انرژی کشور را به مخاطره انداخته است؛ می‌توان استنباط کرد که این رویکرد رهنمایی برای سیاست‌گذاری در راستای اهداف توسعه پایدار در کشور را به همراه دارد. به منظور بیان ضرورت توجه به این رویکرد به عنوان استراتژی مناسب سیاست‌گذاری در راستای توسعه پایدار، در ادامه به تبیین راهکارهای اعمال آن در کشور پرداخته می‌شود.



شکل ۱- پیوند پویا بین آب، انرژی و غذا

تاریخچه و ضرورت توسعه پایدار

با اتمام بازه زمانی اهداف توسعه هزاره (MDGs)^۲ که در بزرگ‌ترین گردهمایی سران دولت‌ها در سپتامبر سال ۲۰۰۰ در نیویورک به تصویب رسیده بود، موضوع تدوین شاخص‌های توسعه پایدار (SDG) در اجلاس ریو به‌علاوه بیست در ریودوژانیرو برزیل در سال ۲۰۱۲ مطرح شد. در این اجلاس مقرر گردید اهداف جدید، جایگزین اهداف توسعه هزاره شوند تا در آینده معیاری برای ارزیابی فعالیت‌های بشر در خصوص توسعه پایدار گردد. پس از برگزاری اجلاس یاد شده با مشارکت صاحب‌نظران از سراسر دنیا، سازمان ملل متحد، شاخص‌های توسعه پایدار را تدوین و تصویب نمود. بر اساس این شاخص‌ها کشورها مکلف شدند به صورت دوره‌ای گزارش‌های کشوری و ملی خود را تهیه و به مجامع بین‌المللی ارائه نمایند. توجه به اینکه توسعه پایدار یک رویکرد همه‌جانبه می‌باشد، بسیار حائز اهمیت است. پرداختن به توسعه تنها در یک بخش بدون در نظر گرفتن اثرگذاری آن بر سایر بخش‌ها، همواره مشکلات عدیده‌ای

رشد جمعیت، توسعه صنعتی و پیدایش سریع فن‌آوری‌های جدید، جهان را تغییر می‌دهد. افزایش تقاضای آب برای مصارف شهری، کشاورزی و صنعتی، رقابت بر سر تخصیص منابع محدود آب را بین مناطق مختلف و بین انواع مصرف‌کنندگان تشدید می‌کند. کمبود منابع آب شیرین، یکی از بزرگ‌ترین مسائلی است که جهان در حال توسعه به صورت روزافزون با آن مواجه است (Loucks و همکاران، ۲۰۰۵؛ de Amorim و همکاران، ۲۰۱۸). تقاضا برای انرژی نیز در سرتاسر منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا رشد چشم‌گیری دارد. همانند آب، تقاضا برای انرژی، نه تنها با افزایش جمعیت، بلکه متأثر از صنایع متقاضی انرژی و سبک زندگی‌ها دست‌خوش تغییر است (Sowers، ۲۰۱۴). بخش اعظمی از تولید غذای مردم دنیا به تولید محصولات کشاورزی وابسته است. کشاورزی مهم‌ترین مصرف‌کننده آب و انرژی می‌باشد که به طور مجازی عرضه‌کننده آب و انرژی نیز محسوب می‌شود. در نتیجه باید تعادل و توازن بین جریان برداشت و بهره‌برداری از منابع تولید و میزان بهره‌وری ایجاد شود (شاه‌محمدی و همکاران، ۱۳۹۶).

درواقع بهره‌برداری از منابع بایستی متعادل و در راستای توسعه پایدار باشد. توسعه پایدار بر اساس تعریف در سال ۱۹۹۲ در «کنفرانس زمین» عبارت است از «رفع نیازهای نسل حاضر بدون مصالحه با نسل‌های آینده در راستای تأمین نیازهای ایشان»، به عبارت دیگر دستیابی به الگوهای نوینی از توسعه و بهره‌برداری از منابع طبیعی و زیست‌محیطی به موازات فعالیت‌های توسعه که در آن ضمن برآوردن کلیه نیازهای اساسی نسل حاضر، باید ساز و کارهایی را فراهم کرد تا نسل‌های آینده از این مواهب بهره‌برند (پوراصغر سنگاچین، ۱۳۹۴). با توجه به اهداف توسعه پایدار و افزایش جمعیت و به تبع آن کاهش منابع، از سال ۲۰۱۵ به بعد سازمان ملل متحد مجموعه‌ای از اهداف را موسوم به SDGs^۳ با هدف دستیابی به توسعه پایدار درازمدت جوامع انسانی و تضمین فراهمی غذا، آب و انرژی به منظور پایداری برای نسل‌های آینده در دستور کار خود قرار داده است (HLPE، ۲۰۱۵). به منظور اجرایی ساختن اهداف توسعه پایدار، پژوهشگران در کشورهای مختلف رهیافت‌های بین‌رشته‌ای را برای دستیابی به توازن پویا و بهینه در تولید و مصرف منابع ارائه کرده‌اند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها هم‌بست یا پیوند آب، انرژی و غذا است.

بر اساس این چارچوب، اجزای رویکرد هم‌بست که شامل آب، انرژی و امنیت غذایی می‌باشد، همواره همبستگی و وابستگی متقابلی نسبت به هم دارد (شکل ۱؛ Rasul، ۲۰۱۴) و این سه عنصر مهم، قانونی برای کاهش فقر هستند؛ با این ضمانت که منابع کافی برای حفظ و بهبود معیشت به صورت عادلانه تأمین گردد. با توجه به محدودیت منابع کنونی جهان، این رابطه ابعاد جدیدتر و قوی‌تری

را ایجاد کرده است که با نگاهی ساده به تاریخ توسعه بشر مثال‌های فراوان آن را می‌توان یافت. بدین منظور برای جلوگیری از تنش‌های جدی محیط‌زیستی باید دیدگاه و رویکرد هم‌بستگی را مدنظر قرار داد. موضوع توسعه پایدار و شاخص‌های ناظر بر آن‌ها موضوع فرابخشی و جامع بوده که کلیه ابعاد توسعه اقتصادی و اجتماعی، فرهنگی و نیز سلامت محیط‌زیست را شامل می‌شود. بر اساس چنین شاخص‌هایی کشورها در آینده ارزیابی خواهند شد. در کشور ایران تاکنون توجه شایانی به موضوع توسعه پایدار و توجه به شاخص‌های آن صورت نگرفته است. بدین منظور ادغام این شاخص‌ها در تدوین سیاست حوزه‌های مختلف و اجرای آن در برنامه‌های توسعه، ضروری است. لازم است به این شاخص‌ها به عنوان شاخص‌های هدف در حوزه‌های مختلف توسعه، توجه شود (شاه‌محمدی و همکاران، ۱۳۹۶).

وضعیت منابع آب، انرژی و غذا

در جهان امروز حدود ۷۸۰ میلیون نفر از دسترسی به آب سالم و ۱/۵ میلیارد نفر از دسترسی به برق محروم‌اند، همچنین می‌توان بیان کرد برای اکثر فقیران جهان، زمین‌های زراعی منبع اصلی معیشت آن‌ها به شمار می‌آید (Tidwell و همکاران، ۲۰۱۶). بر اساس گزارش فاو، بخش کشاورزی برای تأمین غذای جمعیت افزایش یافته تا سال ۲۰۵۰ لازم است تولیدات خود را به میزان ۶۰ درصد افزایش دهد که در پی آن نیاز مصرف آب در بخش کشاورزی تا ۱۰ درصد افزایش خواهد داشت (FAO، ۲۰۱۱). بر اساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی، مقدار مصرف انرژی تا سال ۲۰۳۵ حدود ۵۰ درصد افزایش خواهد یافت. در نتیجه با رشد تقاضا رقابت بر سر منابع نیز افزایش می‌یابد. تضمین فراهمی آب، غذا و انرژی و تأمین امنیت هر سه بخش بدون کاهش منابع طبیعی به عنوان یک چالش بزرگ جهان شناخته می‌شود (Biol، ۲۰۱۰). در واقع مجمع جهانی اقتصاد، مشکل امنیت آب، انرژی و غذا را این‌گونه بیان می‌کند که سرعت بالای افزایش جمعیت و رشد اقتصادی باعث فشارهای غیرقابل تحملی بر منابع شده است. انتظار می‌رود در دو دهه آینده تقاضا برای آب، انرژی و غذا ۳۰ تا ۵۰ درصد افزایش یابد؛ افزایش تقاضا سبب افزایش نابرابری‌های اقتصادی شده و تشویق به پاسخ کوتاه‌مدت در تولید و مصرف، باعث تضعیف پایداری درازمدت می‌گردد. با توجه به سومین گزارش، اکنون می‌توان گفت، بحران آب اساساً بحران حکمرانی است و جوامع برای چگونگی حکمرانی کاراتر آب با چالش‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی روبه‌رو خواهند بود. حکمرانی آب، انرژی و غذا یک نوع رفتار کنترل‌کننده است که به کمک اقدامات مدیریتی و یا با وضع مقررات مطلوب در طیف وسیعی از سیستم‌های سیاسی، اجتماعی، زیست‌محیطی، اقتصادی و اداری

کاربرد دارد. این حکمرانی در نهایت سبب بهبود شرایط بهره‌برداری از سه مؤلفه آب، انرژی و غذا می‌گردد. لازم به ذکر است حکمرانی خوب می‌تواند به عنوان یک ابزار ضروری برای توسعه پایدار در بخش انرژی، ظرفیت‌های کشورهای در حال توسعه را برای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی جذب کند و سبب توسعه اقتصادی گردد.

راه حل اساسی پیش‌روی مدیران و سیاست‌گذاران برای برون‌رفت از بحران‌های زیست‌محیطی اصلاح یا بازسازی نظام حکمرانی در کشورها، برای رفع این تقابل است؛ زیرا شکل موجود توسعه با پایداری منابع طبیعی در اغلب کشورهای جهان به خصوص ایران در تقابل می‌باشد. در این رابطه رویکرد پیوند آب، انرژی و غذا سعی در بیان پیچیدگی‌ها و وابستگی‌های سیستم‌های منابع جهانی برای جوامع دارد. در این رهیافت نوظهور بحث امنیت آبی با امنیت انرژی عجین است. بخش زیادی از حکمرانی نامناسب به عدم رابطه پویا بین نحوه استفاده از آب در تولید غذا و انرژی مرتبط است. از این رو در اغلب کشورها به خصوص ایران با وجود منابع محدود آب و انرژی، بیشتر از قبل به مکانیسمی برای دستیابی به این پویایی نیاز دارد.

ضرورت پیوند آب، انرژی و غذا

بی‌ثباتی اجتماعی و سیاسی در پی کمبود منابع ایجاد می‌شود که آسیب‌های زیست‌محیطی جبران‌ناپذیری را نیز به دنبال دارد. تمرکز بر روی یکی از بخش‌های ارتباط آب، انرژی و مواد غذایی بدون در نظر گرفتن روابط بین آن‌ها خطرات جدی و عواقب ناخواسته‌ای را متحمل خواهد شد (World Economic Forum، ۲۰۱۱). مقوله هم‌بست یا پیوند^۲ در ابتدا در نشست جهانی اقتصادی در سال ۲۰۰۸ شکل گرفت؛ اما در چند سال گذشته این اصطلاح کاربرد بیشتری داشته و نقش مهمی را در ادبیات جهانی پیدا کرده است؛ از جمله اجلاس‌های بُن در آلمان و ششمین نشست جهانی آب در فرانسه در سال ۲۰۱۲ و نیز مذاکرات ریو به علاوه بیست (Rio+20) در سال ۲۰۱۲. موضوع هم‌بست، تأثیر نیروهای محرک مانند تغییر اقلیم، تحولات اجتماعی-اقتصادی و فشارهای ناشی از ازدیاد جمعیت و افزایش مصرف ناشی از این فشارها را بررسی می‌کند. آنچه حائز اهمیت است، رویکرد پیوند آب، غذا و انرژی را نمی‌توان به عنوان یک شعار دانست، بلکه در حقیقت، واقعیت میان‌رشته‌ای را بیان می‌کند. این رویکرد ارتباط اجزای مختلف سیستم‌های پیچیده اجتماعی و محیط‌زیست را نشان می‌دهد. تداخل و همبستگی آب، انرژی و غذا با توجه به موضوع کمبود و امنیت منابع طبیعی بیش‌ازپیش پررنگ می‌شود (هاشمی، ۱۳۹۴)؛ در واقع می‌توان گفت رویکرد پیوند آب، انرژی و غذا چشم‌اندازی از توسعه پایدار است که تلاش می‌کند تا تعادل میان اهداف مختلف، از جمله منافع و نیازهای مردم و محیط‌زیست را برقرار سازد (Hoff، ۲۰۱۱).

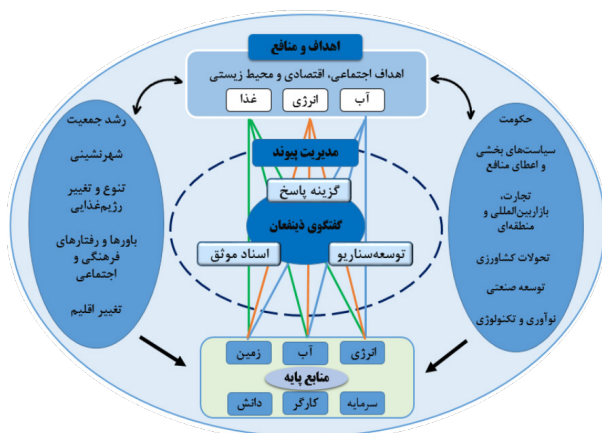
ترکیب جریان‌های سیاستی با پیوند آب، انرژی و غذا

با توجه به ابهامات موجود بر معنای دقیق امنیت آب و غذا و عدم وجود تعریفی واحد از این دو اصطلاح، به‌طور کلی می‌توان امنیت آب و امنیت غذا را به‌عنوان معیار دسترسی مردم در مکان و زمان به آب و غذا دانست. امنیت آب در واقع تضمین‌کننده بهره‌برداری صحیح از منابع تجدیدپذیر آب و مهار کردن برداشت غیرمجاز از آب‌های غیرقابل تجدید و محدود ساختن اثرات مخرب این برداشت است. در جهان امنیت غذایی که بر اساس ازدیاد تولید غذا به کمک آبیاری و تولید محصولات بهتر استوار می‌باشد، به یک سیاست متمایز و برجسته کشاورزی، تبدیل شده است. این سیاست حمایت و پشتیبانی سازمان‌ها و آژانس‌های بین‌المللی را با هدف تولید غذای بیشتر برای مردم و ایجاد امنیت اجتماعی که همان کاهش گرسنگی و فقرزدایی می‌باشد را در پی داشته است (هاشمی، ۱۳۹۴).

درواقع در ایران امنیت غذایی به سیاست‌های انرژی، وابستگی زیادی دارد. توسعه منابع آب و امنیت غذایی از سیاست‌های بخش انرژی مخصوصاً نفت، تأثیر گرفته است و منجر به توسعه ناپایدار شده است. به‌طور کلی می‌توان گفت ارتباط امنیت آب و غذا در مقوله تجارت آب مجازی یافت می‌شود؛ بنابراین اگر تجارت آب مجازی در برنامه توسعه مدنظر قرار گیرد، در نتیجه مدیریت منابع آبی کشور کمتر دچار تنش خواهد شد (Madani، ۲۰۱۴).

در راهکارهای سیاستی به منظور نیل به اهداف امنیت آب، انرژی

و غذا، حضور تمامی ذی‌نفعان و صاحب‌نظران به منظور مشارکت در تصمیم‌گیری و اجرای طرح‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت، همواره از ملزومات پیوند صحیح این سه عنصر در جامعه امروزی است. لازم به ذکر است، امروزه برای مدیریت و حکمرانی پایدار منابع محیط‌زیستی به چارچوب نظری متفاوت از گذشته و نیز شناسایی راهکارهای پیشبرد رویکردهای نوین نیازمند است (FAO، ۲۰۱۴). چارچوب نظری باید درک ذی‌نفعان و صاحب‌نظران را نسبت به منابع و شیوه مدیریت آن‌ها تغییر دهد و روش‌شناسی متناظر با آن، باید قابلیت شناخت و مداخله سیستماتیک به منظور پایدارسازی منابع را تقویت کند (شکل ۲؛ Kates، ۲۰۱۸).



شکل ۲- رویکرد فائو در پیوند آب، انرژی و غذا

درک کرد. بدین منظور به ابزارهای جدیدی برای تحلیل نیاز است. در جستجوی ارضای این نیاز و به منظور بهره‌مندی از ابزارهای مدل‌های پیشرفته، موسسه محیط‌زیست استکهلم (SEI)، یک حلقه اتصال مابین سیستم‌های تصمیم‌گیری برای آب، انرژی و غذا ساخته است (Sieber و Rutherford، ۲۰۰۵).

مدل LEAP در حوزه منابع انرژی و مصارف و مدل WEAP در حوزه منابع آب و مصارف دو ابزار تخصصی برای یکپارچه‌سازی و نگاه پیوندی آب، انرژی و غذا هستند. این دو ابزار به‌طور هم‌زمان اجرا و از طریق یک مرکز کنترل به یکدیگر وصل شده و به صورت پویا داده‌ها را رد و بدل می‌نمایند. به این معنا که هرکدام از این ابزارها، داده‌های موردنیاز خود را از دیگری دریافت نموده و در تحلیل‌ها به‌کار می‌گیرند (Stockholm Environment Institute، ۲۰۱۲).

نیل به اهداف پیوند آب، انرژی و غذا در کشور

با توجه به ضرورت پیوند آب، انرژی و غذا در کشور و نقش مؤثر برقراری این پیوند در رسیدن به توسعه پایدار، لذا باید به تأکید بر مدیریت پایدار منابع، توجه شود. رویکرد هم‌بست آب، انرژی

نحوه ارزیابی پیوند آب، انرژی و غذا

ارزیابی کمی پیوند آب، انرژی و غذا به دو روش امکان‌پذیر است. این روش‌ها که به طور گسترده استفاده می‌گردند به ترتیب روش پایین به بالا و بالا به پایین نام دارند (Rutherford و Böhringer، ۲۰۰۸). روش پایین به بالا کمیت ردپای منابع از محصولات و همچنین تجزیه و تحلیل فرآیندهای کلیدی را برای کاهش ردپای محصولات حیاتی مدنظر قرار می‌دهد. رویکرد بالا به پایین از روش «تصویر بزرگ» با مدل‌سازی سهم منابع و جریان سیستم آب، انرژی و غذا در یک سیستم اقتصادی استفاده می‌کند. دو روش بالا تمایل به واگرایی نسبت به هم دارند، یکی از بالا به پایین و در سطح کلان و ملی و روش دیگر در سطح مطالعات کوچک‌تر و محصولات استفاده می‌شود. شایان‌ذکر است روش‌های پایین به بالا و بالا به پایین دارای نقاط قوت و محدودیت‌های خاص خود در برآورد مطالعات مختلف عملکردی هستند (Feng و همکاران، ۲۰۱۱). در این راستا به منظور دستیابی به بهترین روش ارزیابی پیوند آب، انرژی و غذا و رسیدن به بهترین نتیجه‌ی تصمیم‌گیری، لازم است تعاملات و مبادلات متقابل سه منبع آب، انرژی و غذا را که به آن حالت هم‌بست گفته می‌شود،

و غذا به منظور اجرایی شدن سیاست‌ها، لازم است در شبکه‌ای از محققان، متخصصان و سیاست‌گذاران در زمینه‌های مرتبط، به اشتراک گذاشته شود، تا قابلیت‌های آن آشکار شده و اجماعی میان ذی‌نفعان دولتی و خصوصی برای تعهد به چنین رویکردی شکل گیرد. مجلس شورای اسلامی با تدوین قوانین بالادستی در زمینه توسعه صنایع، استفاده صحیح از منابع و نیز هماهنگی بین ارگان‌های مسئول و تعیین نقش هر نهاد در رسیدن به توسعه پایدار، نقش بسیار مهمی دارد. در این بین وزارتخانه‌های نیرو، کشاورزی، امور خارجه و صنعت، معدن و تجارت نقش اصلی را در این میان ایفا می‌کنند. در وزارت نیرو هماهنگی بین سه بخش معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، معاونت امور آب و آبفا و معاونت

امور برق و انرژی و نیز درگیر ساختن دفتر برنامه‌ریزی راهبری و نظارت به منظور تدوین طرح‌های توسعه‌ی کلان و ساماندهی به امور مربوط و همچنین هماهنگی با امور آب‌و‌خاک به منظور بهبود بهره‌وری آب و ساماندهی مصرف آب در بخش کشاورزی، لازم به نظر می‌رسد. پایش صنایع وابسته در تولید مواد غذایی و نظارت بر دیگر صنایع کشور نیز به منظور استفاده بهینه از انرژی و منابع آب کشور، باید مدنظر قرار گیرد. جدول (۱) به طور خلاصه، بخشی از نهادهای مؤثر در کشور و عملکرد آنان در نیل به توسعه پایدار و پیوند آب، غذا و انرژی، آورده شده است که این سازمان‌ها می‌توانند نقش مؤثری در سیاست‌گذاری این پیوند داشته باشد.

جدول ۱- نقش ارگان‌های مختلف در حصول اهداف رویکرد هم‌بست و توسعه پایدار در ایران

نهاد	سازمان	عملکرد
	وزارت نیرو	مجری طرح‌های آب و برق کشور و صیانت از منابع آب و انرژی و انتقال آن به نسل‌های آینده.
وزارتخانه‌ها	وزارت جهاد کشاورزی	مجری بخش کشاورزی و بهبود امور آب‌و‌خاک و منابع طبیعی
	وزارت صنعت و معدن و تجارت	تولید مواد غذایی و همچنین نظارت بر اقدامات صنعتی و سازگار با محیط‌زیست و امور بازرگانی در بخش کشاورزی
	وزارت امور اقتصادی و دارایی	تأمین مالی و بودجه
سایر نهادهای تصمیم‌گیرنده و مجری	وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی	توجه به کیفیت آب و ایمنی مواد غذایی
	سازمان حفاظت محیط‌زیست	حفاظت از محیط‌زیست و منابع طبیعی و تضمین بهره‌مندی صحیح و مستمر از محیط‌زیست نیل به توسعه پایدار
	مجلس شورای اسلامی	قانون‌گذاری در زمینه آب، انرژی و امنیت غذایی کشور بر اساس توسعه پایدار
مراکز علمی و سازمان‌های مردم‌نهاد	شرکت‌های دانش‌بنیان و مراکز فناوری	درگیر شدن در بخش اجرایی و تکنولوژی
	مراکز آموزش عالی	تربیت متخصصین و آموزش عمومی
	انجمن‌های علمی فعال	ارائه طرح و پیشنهادها
	سازمان‌های مردم‌نهاد	جذب سرمایه و آموزش

نتیجه‌گیری

رویکرد هم‌بست آب، انرژی و غذا، ارتباط و به هم پیوستگی میان این سه منبع را بیان می‌کند. این رویکرد در جریان نیل به توسعه پایدار تقویت شده است و در حال توسعه می‌باشد. این رویکرد می‌تواند چارچوبی انسجام‌بخش برای فراتر رفتن از رویکردهای گذشته‌ای باشد که در آن هر یک از سه رأس آب، انرژی و غذا به صورت جداگانه و بدون توجه به دیگر رئوس بررسی می‌شدند. عدم انسجام سیاستی و پایین بودن بهره‌وری در استفاده از منابع، سبب ایجاد و پررنگ‌تر شدن این رویکرد شده است. به کمک رویکرد هم‌بست، می‌توان امنیت همه جانبه منابع آب و انرژی را

که توأمان با دسترسی پایدار و عادلانه است، ارتقا بخشید. از نیازهای اولیه بشر امنیت است، امنیت به معنای اطمینان از آینده محیط‌زیستی که در آن قادر به تأمین نیازهای اولیه او همانند غذا، آب و انرژی باشد. از این رو جهت‌دهی سرمایه‌ها و منابع باید به سوی پایدارسازی خدمات اکوسیستمی بر مبنای مدیریت هم‌بست منابع حیاتی محیط‌زیست باشد تا قابلیت مدیریت سیستم‌های پیچیده و ارتباطات میان آن‌ها فراهم گردد. رویکرد هم‌بست آب، انرژی و غذا به منظور اجرایی شدن سیاست‌ها، لازم است در شبکه‌ای از محققان، متخصصان و سیاست‌گذاران در زمینه‌های مرتبط به اشتراک گذاشته شود، تا قابلیت‌های آن آشکار شده و اجماعی میان ذی‌نفعان دولتی و

خصوصی برای تعهد به چنین رویکردی شکل گیرد. در نتیجه یکی از راهبردهای پیشنهادی توسعه نهادی برای سیاست‌گذاری و گفتمان بخش‌های مختلف درگیر در پیوند آب، انرژی و غذا، دستیابی به اجماع و اساس مشترک می‌باشد.

پی‌نوشت

- 1- Sustainable Development Goals
 - 2- Millennium Development Goals
 - 3- Nexus
-

منابع

- پوراصغر سنگاچین، ف. ۱۳۹۴. اهداف توسعه هزاره (MDG) و اهداف توسعه پایدار (SDG) از MDG تا SDG. ماهنامه اجتماعی، اقتصادی، علمی و فرهنگی کار و جامعه، (۱۸۶): ۴۶-۶۰.
- هاشمی، س.م. ۱۳۹۴. آب برای صلح منطقه‌ای. روزنامه شرق-ضمیمه اقتصادی شرق، سال ۱۳۹۴ شنبه ۲۱ شهریور، شماره ۲۳۹۵: ۱۰۱-۱۰۳.
- شاه‌محمدی، ع.، مفاخری، ص.، ویسی، ه. و خوشبخت، ک. ۱۳۹۶. رهیافتی برای دستیابی به توسعه پایدار پیوند آب، غذا و انرژی. شبکه مطالعات سیاست‌گذاری عمومی یافته‌های پژوهشی سیاستی - شماره مسلسل: ۱۱۰۳۷۸. شماره شاپا: ۵۳۸۵-۲۴۲۳.
- Birol F. 2010. World energy outlook 2010. International Energy Agency, 1(3):1-23.
- Böhringer C. and Rutherford T.F. 2008. Combining bottom-up and top-down. Energy Economics, 30(2): 574-596.
- Sims R. 2011. Energy-smart food for people and climate. FAO Climate-Smart Knowledge Day, Durban.
- de Amorim W.S., Valduga I.B., Ribeiro J.M.P., Williamson V.G., Krauser G.E., Magtoto M.K. and de Andrade J.B.S.O. 2018. The nexus between water, energy, and food in the context of the global risks: An analysis of the interactions between food, water, and energy security. Environmental Impact Assessment Review, 72: 1-11.
- FAO. 2014. The Water-Energy-Food Nexus. A New Approach in Support of Food Security and Sustainable Agriculture.
- Feng K., Chapagain A., Suh S., Pfister S. and Hubacek K. 2011. Comparison of bottom-up and top-down

- approaches to calculating the water footprints of nations. Economic Systems Research, 23(4): 371-385.
- Glassman D., Wucker M., Isaacman T. and Champi-lou C. 2011. The water-energy nexus. Adding Water to the Energy Agenda, A World Policy Paper, EBG Capital, Environmental Investments.
- HLPE. 2015. Water for Food Security and Nutrition. A Report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome 2015.
- Hoff H. 2011. Understanding the nexus: Background paper for the Bonn2011 Nexus Conference.
- Kates R.W., Parris T.M. and Leiserowitz A. 2018. What is sustainable development?. Environment Science and Policy for Sustainable Development, 47(3): 9-21.
- Loucks D.P., Beek E., Stedinger J.R., Dijkman J.P.M., and Villars M.T. 2005. Water resources system planning and management an introduction to method, models and application. United Nation Educational Scientific and Cultural Organization (OUNESCO), Delft.
- Madani Kaveh. 2014. Water management in Iran: What is causing the looming crisis. Journal of Environmental Studies and Sciences, (4): 315-328.
- Rasul G. 2014. Food, water, and energy security in South Asia: a nexus perspective from the Hindu Kush Himalayan region. Environmental Science & Policy, 39: 35-48.
- Sieber J. and Purkey D. 2011. WEAP Water Evaluation and Planning System: User Guide. Somerville, MA: Stockholm Environment Institute, US Center.
- Sowers J. 2014. Water, Energy and Human Insecurity in the Middle East. Middle East Report 271, 2-48.
- Stockholm Environment Institute. 2012. Training Exercises for Integrated Water-Energy Planning: Linking WEAP and LEAP. U.S. Center, 11 Curtis Avenue, Somerville, MA 02144-1224, USA.
- Tidwell V. and Moreland B. 2016. Mapping the Energy-Water Nexus around the Pacific Rim (No. SAND-2016-0412R). Sandia National Lab.(SNL-NM), Albuquerque, NM (United States).
- World Economic Forum. 2011. Global Risks 2011, Sixth Edition, An Initiative of the Risk Response Network. Geneva: WEF.

Article Type: Conceptual

نوع مقاله: مفهومی

Explaining the Hydropolitics Concept

H. Mokhtari Hashi^{1*}, M. Kaviani Rad²

1- Assistant Professor in Political Geography, Faculty of Geography, University of Isfahan, Iran. 2- Associate Professor in Political Geography, Faculty of Geography, Kharazmi University, Iran.

*(Corresponding Author Email: h.mokhtari@geo.ui.ac.ir)

Received: 02-09-2018

Accepted: 22-04-2019

پردازش مفهوم هیدروپلیتیک

حسین مختاری هشی^{۱*}، مراد کاویانی راد^۲

۱- استادیار جغرافیای سیاسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه اصفهان.

۲- دانشیار جغرافیای سیاسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: h.mokhtari@geo.ui.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۲

Abstract

Water consumption is rapidly increasing due to population growth, urbanisation, development of agriculture and industry, etc. Also, factors such as climate change, changes in rainfall patterns, inefficient water distribution systems, and changes in water consumption pattern have led to the increase in water consumption compared to the volume of water (both surface and subsurface water resources). This has led to a spectrum of power relationships from cooperation to competition and tension between upstream and downstream communities as well as countries in shared water basins. This situation, especially in arid areas of the world will increase various tensions on local, national, and transnational scales. Findings indicate that the water crisis started a long time ago and will intensify in the future and water will be considered as a geopolitical issue. Political geography in the form of Hydropolitics, studies the cooperation and competition of interest groups on water resources at local, national, regional, and global levels to identify the interest groups' behaviour in various areas of the world. It appears that water crisis plays an important role in relations between communities, especially in arid regions. Therefore, water will be the major concern of all developmental, security, and welfare approaches in many countries. According to the hydropolitics, in the future, the territorialisation of political-spatial units will be based on the water which is possible through coexistence and interaction.

Keywords: Geopolitics, Hydropolitics, Water crisis, Climate Change, International rivers.

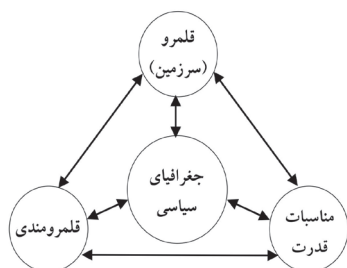
چکیده

مصرف آب به واسطه رشد فزاینده جمعیت، گسترش شهرنشینی، توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعت، دگرگونی‌های اقلیمی، تغییر الگوی بارش، ناکارآمدی سامانه توزیع و الگوی مصرف آب، موجب پیشی گرفتن مصرف آب بر حجم موجودی (رو و زیرزمینی) در بسیاری از بخش‌های جهان شده است. این وضعیت موجب بروز طیفی از مناسبات قدرت از همکاری تا رقابت میان کشورها و ذی‌نفعان واقع در حوضه‌های آبی مشترک و در مقیاس‌های فراملی و فروملی شده است. در این میان، کشورهای واقع بر نوار خشک جهان، وضعیت نگران‌کننده‌تری دارند. یافته‌ها گویای آن هستند که بحران آب دیرگاهی است که آغاز شده و در آینده نیز فزاینده‌گی و گستردگی بیشتری خواهد داشت. در این میان، دانش جغرافیای سیاسی در قالب گرایش هیدروپلیتیک این وضعیت را در طیفی از مناسبات قدرت واحدهای سیاسی- فضایی از مقیاس فروملی تا جهانی (از همکاری تا هم‌اوردی) واکاوی می‌کند. آب به مرور زمان، هرچه بیشتر به عنوان موضوعی ژئوپلیتیک در حوزه مسائل سیاسی و امنیتی در کانون مناسبات قدرت و سیاستگذاری‌ها قرار می‌گیرد و جستار بحران آب، از این پس، یکی از مسائل مهم در همه رویکردهای توسعه‌ای، امنیتی و رفاهی بسیاری از کشورها به‌ویژه کشورهای واقع بر کمربند خشک جهان خواهد بود. بر بنیاد رویکرد هیدروپلیتیک، در آینده قلمروسازی واحدهای سیاسی- فضایی سرشتی آب پایه خواهد داشت که این مهم نیز از راه همزیستی و تعامل ممکن است.

واژه‌های کلیدی: ژئوپلیتیک، هیدروپلیتیک، بحران آب، تغییر اقلیم، رودخانه‌های بین‌المللی.

۱- ژئوپلیتیک (جغرافیای سیاسی)

بر بنیاد بسیاری از تعاریف که تاکنون از جغرافیای سیاسی به عمل آمده است، این علم به مطالعه کنش متقابل جغرافیا و سیاست می‌پردازد. یافته‌های موجود هم‌گویی آن هستند که پیشینه این کنش متقابل را بایستی در نخستین اجتماعات انسانی پی گرفت؛ یعنی همان زمانی که امنیت، هویت، منفعت و مصلحت گروهی در پیوند با «قلمرو» مطرح شدند. بر این پایه، از زمانی که کنش و منش انسان- اجتماع سرشتی قلمرومحور یافت، جغرافیای سیاسی در عرصه عمل، بنیاد نهاده شد. به هر روی، فهم جغرافیای سیاسی یا ژئوپلیتیک نیازمند درک کنش متقابل جغرافیا و سیاست است. در این میان، امر سیاسی در مفهوم مدرن خود کانون تمام فعالیت‌های اجتماعی در یک محدوده سرزمینی است. به تعبیری سیاست در متن تمام فعالیت‌های اجتماعی جمعی، رسمی و غیررسمی، عمومی و خصوصی وجود دارد. در این معنی، سیاست به مفهوم سامان داخلی و هدایت امور خارجی است. بر این پایه، جغرافیای سیاسی به سامان سیاسی سرزمین (سازماندهی سیاسی فضا) در داخل و خارج (کنش متقابل فضایی) اشاره دارد. به این تعبیر آنچه پدیده‌های فضایی را از امر سیاسی متمایز می‌کند، وجود مباحث سرزمین، توانش‌ها و ویژگی‌های طبیعی و مادی آن و کنش‌ها و واکنش‌های طبیعی افراد و اجتماع است. زمانی که پدیده‌های فضایی در کنش متقابل با امر سیاسی قرار می‌گیرند، جغرافیای سیاسی زاده می‌شود. در این میان، درک نسبت انسان و طبیعت از یک سو و انسان و امر سیاسی در ارائه تعریف از دانش جغرافیای سیاسی، کارکرد مهمی دارد. بی‌گمان، فهم جغرافیای سیاسی، مستلزم درک کنش متقابل جغرافیا (فضا) و سیاست (قدرت) یا تعامل بین‌مایه‌های جغرافیایی همانند فضا، مکان و قلمرو با امور مربوط به سیاست، قدرت و سیاست‌گذاری است. بر این اساس، «جغرافیای سیاسی به عنوان زیر مجموعه جغرافیای انسانی، علمی است که ابعاد سیاسی فضایی جغرافیایی در قالب کنش متقابل مناسبات قدرت (در ابعاد همزیستی، هم‌آوردی، کشمکش و جنگ) با قلمرو (فضا و سرزمین) و قلمرومندی (قلمروخواهی، قلمروسازی و قلمروداری) اجتماع انسانی را مطالعه می‌کند» (کاویانی‌راد، ۱۳۹۴).



شکل ۱- مدل مفهومی مؤلفه‌های جغرافیای سیاسی

پراکنش منابع طبیعی منطبق بر مرزهای سیاسی نیست. طبیعت به هر جایی، گونه خاصی از منابع و ذخایر را ارزانی داشته است. در این میان، هیچ یک از منابع طبیعی، به اندازه آب شیرین برای زیست و ماندگاری انسان، ارزش و اولویت ندارد. از این رو، فراهم کردن آب به‌ویژه در آن دست از واحدهای سیاسی- فضایی که کمبود منابع آب شیرین دارند، به کوشش‌های قلمروداران (کارگزاران و حاکمان) جهت و معنا داده است. کوشش برای دستیابی به آب شیرین پایدار همواره از نگرانی‌ها و دل‌مشغولی‌های واحدهای سیاسی- فضایی به‌ویژه در مناطق واقع بر کمر بند خشک جهان بوده است. به دلیل مسائلی نظیر دگرگونی اقلیم در مقیاس جهانی، تغییر الگوی بارش در مقیاس منطقه‌ای، کاهش بارش، ناکارآمدی الگوی مصرف و تشدید تغییرات الگوی پخش بارش در مقیاس ملی و فروملی، افت میزان اندوخته آبی آبخوان‌ها و فرونشست زمین در بسیاری از کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، جستار آب در جایگاه یکی از حساس‌ترین و شکننده‌ترین مسائل امنیتی قرار گرفته است. افزایش نیازهای آبی باعث می‌شود که این وضعیت در آینده تشدید گردد و تبعات امنیتی، اجتماعی، سیاسی، فرهنگی، اقتصادی و محیط‌زیستی ناشی از آن، چالش‌های بنیادی پایداری ایجاد نماید.

شواهد نشان می‌دهد که تنش‌های آبی که در برخی موارد به شکل بحران یا حتی جنگ آب متجلی شده‌اند، دیرگاهی است که در مقیاس فروملی و منطقه‌ای آغاز شده است. این در حالی است که برنامه‌ها و زیرساخت‌های موجود ناتوان از رویارویی با تنش آبی فراگیر کنونی و آینده هستند. در این میان، دانش جغرافیای سیاسی یا ژئوپلیتیک که بر سه عامل مناسبات قدرت، قلمرو و قلمرومندی استوار است، «مسئله آب» را در قالب دانش واژه هیدروپلیتیک در کانون بررسی و کاوش خود قرار داده است. پژوهش حاضر بر این فرضیه استوار است که بحران آب به واسطه رویکردهای توسعه‌ای و افزایش مصرف، در آینده تشدید خواهد شد. از این رو، الزام برخاسته از امنیت آبی واحدهای سیاسی- فضایی در حوزه قلمروداری و قلمروسازی موجب ترغیب آنها به در پیش گرفتن مناسبات همکاری جویانه هیدروپلیتیکی خواهد شد.

روش تحقیق

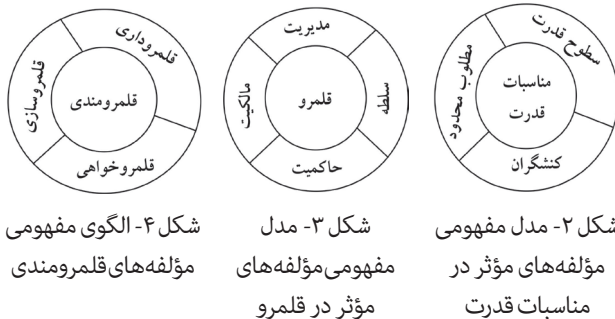
پژوهش حاضر ماهیتی بنیادی دارد و درون‌داده‌های (داده‌ها و اطلاعات) مورد نیاز به شیوه کتابخانه‌ای (کتاب، نشریات و منابع معتبر اینترنتی) گردآوری شده و واکاوی یافته‌ها نیز عمدتاً به شیوه کیفی و در مواردی نیز با استفاده از داده‌های آماری در قالب جداول انجام شده است.

در این تعریف، قدرت به عنوان بُن‌مایه سیاست به مفهوم توانایی خلقِ وضعیتِ مطلوب است که عملیاتی شدن آن مشروط به وجود دست‌کم دو واحد کنشگر (فرد، گروه، سازمان، کشور)، مناسبات میان واحدها و وجود مطلوب محدود است. اینکه کنشگران در چه سطحی از توانمندی قرار داشته باشند، تابع بنیادهای قدرت‌آفرین (مادی و معنوی) و مناسبات قدرت میان آنهاست که معمولاً طیفی از سازگاری تا ناسازگاری در ابعاد همزیستی، هم‌آوردی، کشمکش و جنگ را در بر می‌گیرد.

عنصر قلمرو (سرزمین)، فضای متأثر از قدرت، سلطه و مالکیت است که عمدتاً تأمین‌کننده منابع مادی و گاه معنوی قدرت به‌شمار می‌رود. درون‌مایه‌های فضا یا همان منابع، ذاتاً قدرت می‌آفریند. تلاش برای در اختیار گرفتن فضا، زمینه هم‌آوردی جریان‌ها و روندهای فضا‌ساز را فراهم می‌کند. از آنجا که قدرت به تبع اجتماع در عرصه فضا پراکنده است، کسانی بر مکان‌ها و فضاها حکم خواهند راند که توانش سامان‌دهی فرآیندها و روندهای (عینی و ذهنی) فضا‌ساز را در اختیار داشته باشند. از این‌رو، قلمرو، کنشگاه یا عرصه تجلی مناسبات قدرت و تعاملات فضایی واحدهایی به‌شمار می‌رود که مدعی مالکیت، حاکمیت و مدیریت آن هستند (شکل ۳).

قلمرومندی (در قالب قلمروخواهی، قلمروسازی و قلمروداری) شاخصه انسان و اجتماع جغرافیایی است که ناظر بر کوشش فردی و گروهی وی برای نگاهداشت و پاسداشت هویت، دارایی و فضایی است که در آن زندگی می‌کند و به آن تعلق دارد (شکل ۴). سوگیری کنش قلمرومندان انسان در اشکال متأثرسازی، نفوذ، عملیات، تعامل، محدودسازی، دسترسی، ادعای مالکیت، حاکمیت، مدیریت و پایش درون‌مایه‌های یک قلمرو جغرافیایی (مکان، فضا، محیط، شهر، روستا، کشور، ناحیه، منطقه و جهان) نمود می‌یابد که در برگزیده امور و عرصه‌های زیست انسانی (اعم از سیاست، اقتصاد و فرهنگ)

است. بخشی از این گُنش، سرشتی ذاتی و طبیعی دارد که از آن با عنوان قلمروخواهی یاد می‌شود، بخشی نیز برآیند فزون‌خواهی و سیطره‌جویی انسان است که در اشکال کشورگشایی، سلطه‌جویی بر دیگر قلمروها نمود می‌یابد که از آن با عنوان قلمروسازی یاد می‌شود. از این‌رو، مفهوم قلمرو و مرزهای جغرافیایی آن گویای گستره جغرافیایی حاکمیت، صلاحیت و تملک واحدهای سیاسی و بازیگران اجتماعی است که با مقوله قدرت به مفهوم فراگیر آن، همبستگی بالایی دارد.



شکل ۴- الگوی مفهومی مؤلفه‌های قلمرومندی

شکل ۳- مدل مفهومی مؤلفه‌های مؤثر در قلمرو

شکل ۲- مدل مفهومی مناسبات قدرت

از منظر جغرافیای سیاسی رفتار قلمروخواهانه، راهبردی جغرافیایی-سیاسی برای دستیابی به اهداف خاصی همانند پایش فضای جغرافیایی برای حفظ یا کسب قدرت یا مقاومت در برابر قدرت گروه مسلط است و از این اصل پیروی می‌کند که قلمرو موجودی طبیعی نیست، بلکه برآیند تنوع فعالیت‌ها و فرآیندهای اجتماعی به‌شمار می‌روند که در آنها فضا و جامعه در پیوند با هم قرار می‌گیرند. بر این اساس، قلمرو، محتوایی بیش از یک ظرف فضایی دارد و بازتابی از حضور اقتدار، قدرت و کنترل انسان به حساب می‌آید و مسائل مربوط به قلمرو و قلمروخواهی بُن‌مایه مسائل جغرافیایی سیاسی است (کاویانی‌راد، ۱۳۹۴).

داشته باشد. به دیگر سخن، آنچه اصالت دارد امنیت و رفاه جامعه است که دست‌یابی به آنها در قالب طیفی از مناسبات قدرت (از همزیستی تا جنگ) کاربردی می‌شود. برای نمونه امروزه گفتمان امنیت فراگیر و قلمروداری دموکراتیک در کانون گفتمان‌های جهانی هستند و هرگونه موضع‌گیری بیرون از این چهارچوب به منافع و مصالح کنشگران جغرافیای سیاسی آسیب می‌رساند. بر این پایه، رویکرد ژئوپلیتیک در پیوند با تصور ژئوپلیتیک کنشگران قدرت از مناسبات قدرت در مقیاس‌های مختلف و چینی است که از متغیرهای ژئوپلیتیک برای تقویت قدرت یا پاسداشت وضع موجود به کار می‌برند. از این‌رو، رویکردهای ژئوپلیتیک عمدتاً ماهیت گفتمانی دارند که به فراخور پیشرفت فناوری و صنعت و دگرگونی‌های سیاسی، فرهنگی، اقتصادی طی زمان جلوه و نمودی نو می‌یابند.

۲- رویکرد ژئوپلیتیک

وجود سه متغیر گُنش متقابل مناسبات قدرت، قلمرو و قلمرومندی، مسائل و رویدادهای جغرافیای سیاسی یا ژئوپلیتیک در مقیاس خرد تا کلان (فروملی تا جهانی) را از رخدادها و مسائل علوم همسایه (علوم سیاسی، روابط بین‌الملل و جامعه‌شناسی) متمایز می‌کند. از آنجا که «میل به بقا» و «میل به بهزیستی» در کانون توجه کنشگران و بازیگران جغرافیای سیاسی است و این مهم از رهگذر «شناخت وضع موجود به‌ویژه در بخش بنیادهای قدرت و مناسبات قدرت»، «ارزیابی منافع و مصالح در وضعیت کنونی و آینده» و «داشتن راهبرد برای پاسداشت وضع موجود یا دگرگون‌سازی آن» ممکن است. قلمروداران (همایندگان و کارگزاران) ناگزیر از چنین متغیرهای ژئوپلیتیک در سپهر گفتمان‌هایی هستند که کمترین هزینه و بیشترین دستاورد در امور امنیتی و رفاهی برای شهروندان

از دیگر سو، درهم تنیدگی مقیاس‌ها و اثرپذیری و اثرگذاری رویدادها و مسائل جغرافیای سیاسی، قلمروداران در مقیاس فروملی تا جهانی را ناگزیر به ارج‌گذاری به ارزش‌های جهانی در حوزه قلمروداری دموکراتیک، محیط زیست، حقوق شهروندی، کارآمدی، پاکدستی، گسترش زیرساخت‌های آموزش همگانی به‌ویژه در بخش فناوری‌های نو، توجه به افکار همگانی و آزادی بیان، پیکار با تهدیدهای نوپدید، صلح، تروریسم و غیره کرده است. بر این بنیاد، در هم‌تنیدگی مقیاس‌ها و گفتمانی بودن رویکردهای ژئوپلیتیک، فرصت‌ها و تهدیدهای بسیاری در برابر کنشگران جغرافیای سیاسی گشوده است و اینجاست که هنر راهبردشناسان (استراتژیست‌ها) و جغرافیدانان سیاسی در چینش متغیرهای ژئوپلیتیک در مقیاس‌های گوناگون جغرافیایی آشکار می‌شود که کدام گزینه را با کمترین هزینه و بیشترین دستاورد برای پاسداشت مصالح و منافع شهروندان برگزینند.

۳- پراکنش منابع آب

بیش از ۷۰ درصد از سطح کره زمین را آب فراگرفته است. مقدار آب موجود در سطح و لایه‌های مجاور قاره‌ها که شامل دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی است در هم‌سنجی با حجم آب اقیانوس‌ها، بسیار اندک است. از مجموع آب‌های کره زمین ۹۷ درصد آن را آب شور دریاها و اقیانوس‌ها تشکیل می‌دهد که به دلیل شوری قابل استفاده نیستند. ذخایر آب شیرین تنها ۳ درصد حجم آب‌های سطح زمین را در بر می‌گیرد که ۷۶/۷ درصد از این مقدار نیز به‌صورت یخ‌های قطبی است و قابل استفاد نیستند.

۴- هیدروپلیتیک

هرگاه مطلوب محدود باشد، مناسبات قدرت پدید می‌آید. داده‌های موجود نشان می‌دهد که وضعیت «کمبود» بیشتر در قالب هماوردی و کشمکش در مناسبات و داد و ستد بازیگران قدرت نمود داشته است. آب (شیرین) پایه‌ای‌ترین بنیاد زیستی است که پراکنش آن تابع ویژگی‌های آب و هوایی، الگوی بارش و موقعیت جغرافیایی مناطق است. بر این بنیاد، مناطق گوناگون به فراخور عوامل برشمرده میزان دریافت بارش و اندوخته آب، ناهمسانی دارند. زیست پایدار انسان و دیگر زیست‌مندان، چندان با کم‌آبی و بی‌آبی سازگار نیست. در آن دست نواحی که به بارش اندک و کم‌آبی دچار هستند، تکاپو برای فراهم کردن آب از دیرباز در کانون توجه قلمروداران (حاکمان و کارگزاران) بوده است. پویش تأمین آب به طیفی از مناسبات قدرت (همزیستی، همکاری، کشمکش و جنگ) دارندگان آب و نیازمندان به آب دامن زده است. طی یک صد سال گذشته محدودیت منابع آب موجود در سطح زمین به همراه رشد و گسترش صنعت، افزایش جمعیت، افزایش درخواست

۲۲/۸ درصد باقیمانده آب‌های شیرین نیز به‌صورت آب‌های زیرزمینی بوده و تنها ۰/۰۵ درصد به‌صورت دیگر آب‌هاست که از این میزان نیز تنها ۰/۰۰۳ درصد در رودها و دریاچه‌ها قرار دارند و منبع اصلی بهره‌برداری انسان هستند (King و Clarke، ۲۰۰۴). در این میان، رودها منبع اصلی آب شیرین بوده و به شیوه‌های گوناگون و در خدمت بشر بوده‌اند. امروزه نیز این کالا با ارزش اهمیت اقتصادی و سیاسی در مناسبات و تصمیم‌گیری‌ها در مقیاس منطقه‌ای و بین‌المللی، نقشی بنیادی یافته است (Ishrat و Khalid، ۲۰۱۳). جدول (۱) حجم آب‌های موجود در بخش‌های مختلف و قابل استفاده انسان را نشان می‌دهد (جداری عیوضی، ۱۳۸۹).

جدول ۱- حجم آب در جهان به تفکیک بخش

آب	حجم/۱۰۰۰ کیلومتر مکعب	درصد از کل
اقیانوس‌ها و دریاها	۱۳۷۰۳۳۳	۹۳/۹۳
آب‌های زیرزمینی قابل دسترس	۶۰۰۰۰	۴/۱۱
آب‌های زیرزمینی در منطقه فعال	۴۰۰۰	۰/۲۷
یخچال‌ها	۲۴۰۰۰	۱/۶۵
دریاچه‌ها	۲۳۰	۰/۰۱۶
نَم خاک	۸۳	۰/۰۵۵
بخار آب در هوا	۱۴	۰/۰۰۱
رودها	۱/۲	۰/۰۰۰۱
جمع	۱۴۵۴۶۵,۲	۱۰۰

برای آب، آلودن منابع آب شیرین، دگرگونی‌های آب و هوایی و تغییر الگوی بارش به سیاسی شدن آب در مقیاس فروملی تا جهانی انجامیده است. بر بنیاد چنین شناسه‌ها و ویژگی‌هایی، جستار هیدروپلیتیک در ادبیات جغرافیای سیاسی سر برآورد. در این میان، منابع آب شیرین در اشکال منابع آب روزمینی و زیرزمینی، طبیعی و مصنوعی، حوضه‌های آبریز فراملی به همراه ابعاد فنی و پیگیری راهکارهای قانونی فراوری این‌گونه مسائل سیاسی و حقوقی در گستره هیدروپلیتیک مورد پژوهش و کاوش قرار می‌گیرند (Waterbury، ۱۹۷۹).

از این‌رو، گرایش هیدروپلیتیک در پیوند با افزایش آگاهی درباره مسائل مربوط به آب (شیرین) و محیط زیست بوده است. هر چند طی این مدت، کارشناسان رشته‌ها و گرایش‌های گوناگون با بهره‌گیری از واژگانی مانند بحران آب، تنش آبی، سیاست آب، دیپلماسی آبی، مدیریت کشمکش آبی، جنگ آب، امنیت آبی، مدیریت پایدار آب و غیره به تبیین اوضاع آشفته منابع پرداخته و در این‌باره هشدارهای لازم را یادآوری کرده‌اند. در این میان، سازمان ملل متحد، امنیت آبی

را به عنوان ظرفیت یک جمعیت برای حفظ ثبات دسترسی پایدار به مقادیر کافی آب با کیفیت قابل پذیرش برای حفظ معیشت، رفاه انسان و توسعه اجتماعی و اقتصادی، برای حصول اطمینان از محافظت در برابر آلودگی‌های ناشی از آب و بلایای مربوط به آب و نیز حفظ زیست‌بوم در وضعیت صلح و ثبات سیاسی تعریف کرده است (UN-Water، ۲۰۱۳)؛ به گونه‌ای که در این تعریف، معیشت، رفاه و توسعه اجتماعی و اقتصادی در پیوند با امنیت آبی آمده است. داده‌ها و یافته‌های موجود نشان می‌دهند که طی دو دهه اخیر، در اثر تغییرات اقلیمی آب و هوا در مقیاس کروی و دگرگونی الگوی بارش در مقیاس منطقه‌ای، ملی و فروملی، بحث امنیت آبی در بخش‌هایی از جهان به مخاطره افتاده است. بر این پایه، طیف گسترده‌ای از مسائلی مانند جنگ و صلح، ارائه خدمات آب، آب برای غذا، ارزش‌های اجتماعی آب، ارزش‌های سیاسی آب، ارزش روانی آب، مدیریت درخواست آب، آب به عنوان موضوع دست‌اندازی، آب به عنوان ابزار صلح، آب و جنسیت، آب و زیست‌بوم و آب به عنوان یک عنصر بنیادی توسعه پایدار در چهارچوب مفهوم هیدروپلیتیک قرار می‌گیرند (Zeitoun و Cascao، ۲۰۱۰).

در تعریفی از هیدروپلیتیک آمده است که به مطالعه سامان‌مند روابط دولت‌ها، بازیگران غیردولتی و سایر عناصر مانند نهادهای فرادولتی درباره بهره‌برداری انحصاری از آب‌های بین‌المللی آمده است. این تعریف بر موارد زیر تأکید دارد، ۱- بررسی ارتباط دوسویه بازیگران دولتی و غیردولتی، ۲- تأکید بر بازیگران و نهادهای درون و بیرون کشورها؛ ۳- کوشش برای بهره‌برداری انحصاری از آب و ۴- اعمال حاکمیت‌های گوناگون بر رودهایی که کارکردی ملی

و بین‌المللی دارند (Turton و Henwood، ۲۰۰۲). به هر روی، دانش واژه هیدروپلیتیک در دهه ۱۹۹۰ در پیوند با سیاست‌های منابع آب‌های بین‌المللی، گسترش فزاینده‌تری یافت. این رویکرد بین‌رشته‌ای نه تنها بازتاب منافع و نگرانی‌ها درباره مسائل آب‌های بین‌المللی است، بلکه پیچیدگی این مسائل را نیز مورد توجه قرار می‌دهد (McQuarrie، ۲۰۰۳). حوضه‌ها، رودخانه‌ها و دریاچه‌های مشترک نزدیک به نیمی از سطح کره زمین را در بر می‌گیرند (Towfique و Espey، ۲۰۰۲) و بسیاری از این حوضه‌ها همزمان به عنوان رانه‌های مهم توسعه اقتصادی و پایگاه‌های ارزشمند امرار معاش و محل‌های بحرانی برای حفاظت از تنوع زیستی هستند. این حوضه‌ها شامل وجوه مختلف هیدروپلیتیک بوده و منشاء ظهور نگرانی‌های عمده اقتصادی، محیط‌زیستی و سیاسی هستند (UNDP، ۲۰۰۶). بر این پایه، بحران کمبود آب و فزاینده‌ی پیامدهای آن در اثر افزایش مصرف، موجب شده که آب نقش بنیادی‌تری در جهت‌دهی به روابط سیاسی- اجتماعی واحدهای سیاسی- فضایی و سازه‌های انسانی به‌ویژه در مناطق خشک جهان بیابد به گونه‌ای که امروزه آب به عنوان یک موضوع ژئوپلیتیک نمود یافته و بر روابط واحدهای سیاسی فضایی در همه مقیاس‌های جغرافیایی تأثیر می‌گذارد. بر این پایه، هرگونه مناسبات قدرت (همکاری یا تنش) که در پیوند با آب شیرین و در هر مقیاسی که نمود بیابد در قالب دانش واژه هیدروپلیتیک بررسی و واکاوی می‌شود. بنابراین مفهوم هیدروپلیتیک در برگرفته مناسبات قدرت کنشگران (فروملی) و بازیگران (فراملی) بر سر مسائلی است که به نوعی در پیوند با کمبود آب شیرین قرار می‌گیرند.

گروه‌ها و نواحی داخلی که هر کدام منافع و علایق ناهمگون دارند (علیزاده، ۱۳۸۳). در این میان، در آن دست از نواحی که نهادهای قانونی و رسمی ناتوان هستند و نمی‌توانند چالش‌ها و بحران‌های آبی موجود را راهکاریابی کنند، امکان بروز خشونت در قالب درگیری سکونتگاه‌های شهری و روستایی با هم و نیز واحدهای تقسیمات کشوری وجود دارد، مانند حوضه آبریز مرکزی ایران.

ب: هیدروپلیتیک در مقیاس ملی:

در این مقیاس از هیدروپلیتیک، به بررسی پیامدهای کلان به‌ویژه در قالب تنش‌های سیاسی- اجتماعی برخاسته از سیاست‌های آبی حکومت و دستگاه‌های حکومتی درباره مدیریت آب در کشور مانند سدسازی‌ها و انتقال آب از حوضه‌ای به حوضه دیگر پرداخته می‌شود. اینکه این سیاستگذاری‌ها چه میزان تأمین امنیت محیط‌زیستی و توسعه پایدار به‌ویژه در بخش منابع آب شیرین (رو و زیرزمینی) را متحول کرده است، در مقیاس ملی قابل ارزیابی و واکاوی است.

۵- مقیاس‌های هیدروپلیتیک

بر بنیاد رویکردی تباری‌محور، واژگان هیدروپلیتیک، ژئوپلیتیک و جغرافیا در پیوند با هم قرار می‌گیرند. به دیگر سخن، حکم موضوع و مقیاس (فروملی، ملی، منطقه‌ای و جهانی) در جغرافیا بر دیگر رشته‌ها و گرایش‌های علوم جغرافیایی نیز روان است. بدین معنا که موضوع و مقیاس هیدروپلیتیک و ژئوپلیتیک از فرو ملی تا جهانی را پوشش می‌دهد. از این رو، این پندار سنتی که ژئوپلیتیک و هیدروپلیتیک مقیاس ملی دارند نه فروملی نادرست می‌نماید.

الف: هیدروپلیتیک در مقیاس فروملی:

هیدروپلیتیک در این مقیاس به بررسی تأثیر منابع آب و سیاست‌گذاری‌ها، تصمیم‌سازی‌ها و تصمیم‌گیری‌های آب‌پایه بر روابط اجتماعی به‌ویژه ناسازگاری‌ها و تنش‌های فروملی (محلّی و ناحیه‌ای) در یک محدوده از کشور می‌پردازد، برای نمونه دسترسی گروه‌های اجتماعی به آب، تأثیر سدسازی بر مناسبات حکومت و مردم، ضعف مدیریت منابع آب، هم‌آوردی

ج: هیدروپلیتیک در مقیاس منطقه‌ای:

در حوزه جغرافیای سیاسی یا ژئوپلیتیک، شمار پژوهش‌ها برای واکاوی مناسبات آبی کشورها، نمود بیشتری داشته است و در قالب آن سیاست کشورها در رابطه با یکدیگر درباره توزیع، مهار و پایش کیفیت منابع آب بررسی و تحلیل شده است. یافته‌های موجود گویای آن است که افزون بر «پراکنش نامتناسب آب»، «مشترک بودن رودها» و «ناکارآمدی مدیریت سامانه‌ها و منابع آبی» چالش‌هایی مانند افزایش جمعیت و کوشش بسیاری از کشورها برای خودکفایی در تولید محصولات کشاورزی- راهبردی، نقش بنیادی در جهت‌دهی به مناسبات هیدروپلیتیک کشورها داشته است. واکاوی این مناسبات گویای آن است که مسائل و چالش‌های آبی کشورها طیفی از سازگاری در قالب تفاهم‌نامه‌ها و پیمان‌ها تا ناسازگاری در قالب تنش و رزمایش نظامی را در بر گرفته است. بر همین پایه، بررسی‌های موردی بسیاری درباره حوضه‌های آبریزی مانند نیل، حوضه رودخانه‌های دجله و فرات، حوضه رودخانه هیرمند، حوضه رودخانه‌های اردن و لیطانی و حوضه آبی کرانه باختری و نوار غزه در فلسطین اشغالی و دیگر حوضه‌ها به عمل آمده است. با این حال، کشمکش بر سر رودهای مرزی، دلایل گوناگونی دارد. برای نمونه در مناطقی که کمبود بارش دارند، کمبود آب و تقاضا برای استفاده از آب، خاستگاه اصلی تنش است. کمبود آب هنگامی رخ می‌دهد که نیاز جمعیت از ظرفیت تأمین محلی و عرضه آن بیشتر شود (Turton و Henwood, 2002). بنابراین، کمبود مقدار آب و نیاز فزاینده استفاده از آب در کشورهای بالادست و بیم از کاهش منابع آب در کشورهای پایین‌دست از دلایل غالب تنش در حوضه‌های مشترک آبی است. در برخی حوضه‌ها منبع اصلی تنش بسیار متفاوت بوده و به مسائلی مانند سیلاب، آلودگی و کاهش کیفیت آب بر می‌گردد.

د: هیدروپلیتیک در مقیاس جهانی:

داده‌ها و یافته‌های موجود نشان می‌دهند که مسائلی مانند دگرگونی‌های اقلیمی در مقیاس جهانی و تغییر الگوی بارش در

مقیاس منطقه‌ای، چالش‌هایی مانند کاهش بارش در کشورهای واقع بر روی کمربند خشک جهان و افزایش سیل و تغییر کیفیت منابع آب را در پی داشته است. در این میان، مقیاس جهانی هیدروپلیتیک درگیر و در پیوند با مسائلی همچون گفتگوها و مباحث کلان در نشست‌ها و همایش‌های بین‌المللی درباره آب و فرموله کردن قوانین بین‌المللی در این خصوص است، مانند همایش بین‌المللی «آب و طبیعت» که در سال ۱۹۹۲ در دبلین برگزار شد و شورای جهانی آب^۲ (Mollinga, 2001).

۶- هیدروهمژمونی^۲

هیدروهمژمون از دیگر دانش واژگان پُرسامد جستارهای هیدروپلیتیک است که گواه بر همژمونی در سطح و مقیاس حوضه رودخانه است که از رهگذر راهبردهای کنترل منابع آب مانند قطع جریان، یکپارچه‌سازی اراضی و آبیاری و مهار بخش عمده آب پدید می‌آید (Yaekob, 2011). وضعیت یاد شده به معنی قدرت سیاسی نامتقارن در میان کشورهای یک حوضه آبی مشترک است که نقش بنیادی در مناسبات کشورهای حوضه دارد. بر این پایه، هیدروهمژمون وضعیتی است که در آن کشور قوی‌تر بیش از سهم خود از آب بهره‌برداری می‌کند. این مسئله درباره حوضه رود اردن، نیل، دجله و فرات به خوبی آشکار است؛ برای نمونه اسرائیل در حوضه رود اردن، مصر در حوضه رود نیل و ترکیه در حوضه دجله و فرات. به نظر می‌رسد وضعیت هیدروهمژمونی بیشتر مربوط به قدرت سیاسی و اقتصادی یک کشور است تا اینکه مربوط به موقعیت بالادستی یا پایین‌دستی. هیدروهمژمون‌ها به پایداری سلسله و بهره‌برداری بیشتر از آب تمایل دارند (Zeitoun و Warner, 2008). هیدروهمژمونی زمانی رخ می‌دهد که بازیگر قوی‌تر کنترل خود را بر جریان فرامرزی آب تحکیم کند. در ارزیابی و واکاوی وضعیت هیدروهمژمونی چهار عامل جغرافیا، قدرت مادی، قدرت چانه‌زنی و قدرت اندیشه‌ای نقش بنیادی دارند (Zeitoun و Cascao, 2010).

و کشاورزی) به‌ویژه در قالب سوزاندن سوخت‌های فسیلی، تشدید فعالیت‌های کشاورزی، پاک‌سازی و سوزاندن رُستنی‌ها (جنگل و پوشش گیاهی)، تغییر کاربری زمین بهره‌برداری از گازهای کلروفلوئوروکربن (CFCs) و پیامدهای گلخانه‌ای برخاسته از آنها، فزاینده‌ی گرمایش کره زمین را در پی داشته است. داده‌های موجود گویای آن است که پیامدهای برآمده از دگرگونی آب و هوا، تغییر در محیط‌زیست گیاهی و جانوری، دگرگونی الگوی بارش، افزایش گرمای زمین، افزایش دوره‌های زمانی خشکسالی، کاهش محصولات کشاورزی در برخی نواحی، افزایش هم‌وردی کشورها و جوامع محلی برای دسترسی بیشتر به منابع آشفته‌سازی زیست‌بوم‌های طبیعی و کارکرد سامانه‌های اجتماعی و اقتصادی

یافته‌های پژوهش

۱- دگرگونی اقلیم و تغییر الگوی بارش

دگرگونی آب و هوا، گواه بر تغییر آشکار وضعیت میانگین آب و هوایی در منطقه‌ای خاص یا برای آب و هوا در مقیاس کره زمین در یک بازه زمانی درازمدت است. تغییر اقلیم گویای دگرگونی غیرعادی در اقلیم درون اتمسفر زمین و پیامدهای برخاسته از آن در بخش‌های مختلف کره زمین است. با این حال، کاربرد دانش واژه تغییر اقلیم امروزه بیشتر گواه بر دگرگون‌هایی است که در شناسه‌های آب و هوایی کنونی سر برآورده است. یافته‌های موجود نشان می‌دهند که طی یک قرن اخیر، پویش‌های انسانی (صنعتی

را در پی داشته است (کاویانی‌راد، ۱۳۹۰). از این‌رو، در آن دست کشورهای که درصد بالایی از درآمد و اشتغال شهروندان به کشاورزی وابسته است، امنیت ملی به گونه‌ای فزاینده در پیوند با تهدیدات و دگرگونی‌های زیست‌محیطی قرار می‌گیرد. بر بنیاد چنین شناسه‌هایی است که دگرگونی اقلیم در قالب امنیت زیست‌محیطی، سرفصلی نو در گستره مطالعات امنیتی گشوده است. در این میان، دگرگونی الگو یا نظام بارش (زمان و نوع بارش) یکی از بنیادی‌ترین پیامدهای تغییر آب و هوا بوده است. نظام بارش، گویای پراکنش زمانی بارش و نشان‌دهنده شمار چرخه‌های

بارندگی طی سال است. بارش به‌عنوان نخستین منبع فراهم کننده آب به‌ویژه در مناطق خشک، کم‌آب و بی‌بهره از منابع آب روزمینی، همواره در کانون توجه قرار داشته به‌گونه‌ای که پیدایش هرگونه دگرگونی در شناسه‌های کمی و کیفی این پدیده در نزد شهروندان و کارگزاران، اهمیت ویژه‌ای داشته است. زیرا دگرگونی نظام بارش افزون بر پیامدهای کلان محیط‌زیستی بر کمیت و کیفیت منابع آب نیز تأثیر بنیادی بر جا می‌نهد (عساکره و رزمی، ۱۳۹۰). جدول (۲) نسبت عوامل ناامنی انسانی با دگرگونی آب و هوایی را نشان می‌دهد (Adger و Barnett، ۲۰۰۷).

جدول ۲- نسبت عوامل ناامنی انسانی با دگرگونی آب و هوایی

زمینه‌های تعارض	فرآیندهایی که دگرگونی آب و هوا بر گسترش آنها می‌افزاید.
آسیب‌پذیری معیشت	تغییر اقلیم موجب فشار فزاینده بر کشاورزی، مناطق ساحلی، بروز بیماری‌های حاد و دشواری دسترسی به آب است که پیامدهای معیشتی آن افزایش آسیب‌پذیری مردم را در پی دارد. در بخش‌هایی که جمعیت وابستگی بالایی به منابع طبیعی دارد و از منظر محیطی و اجتماعی، موقعیت حاشیه‌ای دارند، فشارها، حساسیت‌ها و واکنش‌ها شدیدتر خواهند بود. با این حال، برخی از پیامدهای تغییر اقلیم دیرپا (مانند کاهش بازدهی زمین‌های کشاورزی) و برخی گذرا (سیلاب) هستند.
فقر	برخاسته از تمایزات فضایی ناشی از فشارهای اقلیمی و حساسیت‌های مکانی فقر (به‌ویژه محرومیت نسبی) نمودهای متفاوتی دارد. تغییر اقلیم ممکن است از طریق نابودی زمینه‌های دسترسی به سرمایه طبیعی، مستقیماً به تشدید فقر مطلق، نسبی و گذرا بیانجامد. همچنین، با متأثرکردن بخش منابع و دولت، به‌طور غیرمستقیم، سبب تشدید فقر شود. فشارهای ناشی از تغییر اقلیم بر دامنه آسیب‌پذیری برخاسته از فرایندهای سیاسی و اقتصادی می‌افزاید.
حکومت‌نااتوان	فشارهای ناشی از تغییر اقلیم احتمالاً سبب افزایش هزینه دسترسی به زیرساخت‌های عمومی مانند منابع آب، خدماتی مانند آموزش و پرورش و کاهش درآمدهای حکومت می‌شود. از این‌رو، تغییر اقلیم ممکن است به کاهش توانایی حکومت در ایجاد فرصت‌ها و ظرفیت‌ها برای افراد بیانجامد.
مهاجرت	مهاجرت واکنش کسانی است که معیشت‌شان بر اثر تغییرات اقلیم نابود شده و ناگزیر از تصمیم به مهاجرت هستند. در عین حال، ممکن است زمینه تشدید جنبش‌های اعتراضی مردم در جوامع میزبان شود.

۲- افزایش مصرف آب

آب جوهر زندگی و مایه آبادانی است که به زیبایی در آیه «وجعلنا من الماء کل شیء حی» بازتاب یافته است. آب برای بقا و رشد همه موجودات ضروری است. آب ماده‌ای است که در همه یاخته‌های گیاهی و حیوانی وجود دارد و با آن می‌زنند. آب بنیاد توسعه است و آشفته‌گی در آب به آشوب در فعالیت‌های کشاورزی و تهدید امنیت غذایی کشورها، اختلال در امور صنعتی مانند تولید برق و...، گسترش بیکاری در نتیجه اختلال در کشاورزی و صنعت، بهداشت و سلامت شهروندان می‌انجامد. به‌واسطه انقلاب صنعتی، افزایش آبیاری و افزایش پرشتاب جمعیت و ... مصرف آب شیرین با شتاب زیادی رو به افزایش بوده و کمبود آب در جهان پدیده‌ای در حال گسترش است. برخی علت‌های تخلیه منابع آبی و کمبود آب را می‌توان رشد جمعیت، افزایش فعالیت‌های اقتصادی، تغییر الگوی مصرف آب در اثر شهرنشینی،

نیاز روزافزون به تولید محصولات کشاورزی و غیره دانست. بیشترین مقدار مصرف آب در جهان مربوط به کشاورزی و تولید غذاست به‌گونه‌ای که بیش از ۷۰ درصد از آب شیرین جهان به این منظور مصرف می‌شود (Calzolaio، ۲۰۰۹). سالانه حدود ۸۰ میلیون نفر به جمعیت جهان افزوده می‌شود که حدود ۹۵ درصد از این شمار در کشورهای در حال توسعه چشم به جهان می‌گشایند و نیاز به تأمین مواد غذایی و دیگر نیازمندی‌های این جمعیت رو به افزایش، نیازمند مصرف آب بیشتر است و بدین منظور هر ساله ۶۴ میلیارد مترمکعب بر مصرف آب شیرین افزوده می‌شود (UN Water، ۲۰۱۴). بر بنیاد برآوردهای موجود، امروزه رشد مصرف آب از رشد جمعیت جهان پیشی گرفته است. جدول (۳) وضعیت افزایش برداشت و مصرف آب در جهان را نشان می‌دهد (Shiklomanov، ۱۹۹۹؛ Cosgrove Rijsberman، ۲۰۰۰). همچنین متوسط میزان آب مورد نیاز برای تولید محصولات

کشاورزی در جهان در جدول (۴) آمده است (Kirby و همکاران، ۲۰۰۳؛ FAO؛ Lenntech؛ ۲۰۰۳).

جدول ۳- افزایش برداشت و مصرف آب در جهان

تفکیک بخش		سال/کیلومتر مکعب			
		۱۹۹۵	۱۹۵۰	۱۹۰۰	۲۰۲۵ پیش‌بینی
کشاورزی	برداشت	۲۵۰۰	۱۱۰۰	۵۰۰	۳۱۸۹
	مصرف	۱۷۵۰	۷۰۰	۳۰۰	۲۲۵۲
صنعت	برداشت	۷۵۰	۲۰۰	۴۰	۱۱۷۰
	مصرف	۸۰	۲۰	۵	۱۶۹
شهری	برداشت	۳۵۰	۹۰	۲۰	۶۰۷
	مصرف	۵۰	۱۱۵	۵	۷۴
مخازن		۲۰۰	۱۰	۰	۲۶۹
جمع	برداشت	۳۸۰۰	۱۴۰۰	۵۶۰	۵۲۳۵
	مصرف	۲۰۸۰	۸۴۵	۳۱۰	۲۷۶۴

جدول ۴- متوسط میزان آب مورد نیاز برای تولید محصولات کشاورزی در جهان

محصول/کیلوگرم	آب مورد نیاز/لیتر	محصول/کیلوگرم	آب مورد نیاز/لیتر
شکلات	۲۴۰۰۰	خرما	۳۰۰۰
قهوه	۲۰۶۸۲	نارگیل	۲۵۴۵
چرم گاو	۱۶۶۵۶	سویا	۱۷۸۹
گوشت گاو	۱۵۴۹۷	جو	۱۳۸۸
برگ چای	۹۲۰۵	گندم	۱۳۳۴
پارچه کتان	۸۲۴۲	هلو	۱۲۰۰
گوشت گوسفند	۶۱۴۳	مرکبات	۱۰۰۰
پودر شیر	۴۶۰۲	شیر	۹۹۰
پنیر	۴۹۱۴	ذرت	۹۰۹
گوشت بز	۴۰۴۳	سیب/گلابی	۷۰۰
زیتون	۴۴۰۰	پرتقال	۴۶۰
برنج	۳۴۱۹	سیب زمینی	۲۵۰
گوشت مرغ	۳۹۱۸	خیار	۲۴۰
دانه پنبه	۳۶۴۴	گوچه فرنگی	۱۸۰
تخم مرغ	۳۳۴۰	نیشکر	۱۷۵
بادام زمینی	۳۱۰۰	کاهو	۱۳۰

واکای داده‌های موجود نشان می‌دهد که عامل کمبود آب و نیاز فزاینده به آب در قالب توسعه می‌تواند زمینه طیفی از مناسبات قدرت در قالب سازگاری، هماهنگی و همکاری تا هم‌اوردی، کشمکش و کشاکش در مقیاس فروملی تا منطقه‌ای شود.

۳- آب خاستگاه کشمکش

آب به ذات کم است و این محدودیت اغلب به تنش بین ذی‌نفعان منجر می‌شود. گاه رخدادهایی مانند دگرگونی اقلیم، خشکسالی و دست‌اندازی‌های انسانی به محدودیت فزاینده و در نتیجه افزایش فشار بر منابع آبی می‌انجامد که نوسان دسترسی و کیفیت آب را در پی دارد، به گونه‌ای که امروزه شمار زیادی از کشورها در آغاز این وضعیت یا حتی تنش پایدار آبی هستند. داده‌ها و یافته‌های موجود گویای آن است که منابع آب بین‌المللی می‌توانند تنش بیافرینند، چرا که آب بی‌پروا نسبت به مرز واحدهای سیاسی- فضایی روان است و هرگونه تصمیم درباره نوع بهره‌برداری از آب به‌ویژه در نواحی فرادست بر بهره‌برداران فرودست تأثیر می‌گذارد. درباره حوضه‌های مشترک رودخانه‌ای، استفاده از آب در فرادست حوضه بر کیفیت و کمیت آب پایین‌دست تأثیر می‌گذارد و زمینه‌های تضاد منافع و در نتیجه تنش آفرینی و درگیری را تقویت می‌کند. این وضعیت هنگامی نمود آشکارتری می‌یابد که بدانیم نزدیک به نیمی از سطح کره زمین را حوضه‌های مشترک بین‌المللی تشکیل می‌دهند. گستره و فزاینده‌گی تنش بر سر آبهای بین‌المللی با شناسه‌های جغرافیایی، اقتصادی و سیاسی مناطق، پیوند سراسری دارد. پویایی تنش بر سر منابع آب به درخواست فزاینده داخلی و الزام حکومت‌ها به پاسخ و چاره‌جویی نسبت به این امر است و هرگونه کوتاهی حکومت در این زمینه از نگاه شهروندان، عدم پیگیری منافع ملی تعبیر می‌شود که این امر کشورهای واقع در یک حوضه را در برابر هم قرار می‌دهد که این هم‌اوردی بر سر آب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند به درگیری بیانجامد (Wolf، ۲۰۰۷). امکان تنش میان کشورهایی که آب در زندگی اقتصادی شهروندان آنها نقش بیشتری دارد، افزایش می‌یابد، به‌ویژه هنگامی که تغییری بزرگ و ناگهانی در جریان آب رودخانه رخ دهد که این رویداد معمولاً در مواردی مانند ساخت سد، ذخیره و یا تشدید فعالیت‌های آبیاری که به کاهش جریان به سمت پایین می‌انجامد، نمود می‌یابد (Molen و Hilderling، ۲۰۰۵).

وجود یک کشور قدرتمند در پایین‌دست که وابستگی بالایی به آب دارد به بدتر شدن وضعیت خواهد انجامید. افزون بر آن، آلودن منابع آب‌های بین‌المللی نیز زمینه تنش است که معمولاً دفع پساب و فاضلاب در رودخانه‌ها، زباله‌های صنعتی و ساخت و سازهای بی‌رویه در پیرامون رود به کاهش کیفیت آب می‌انجامد و به تنش میان واحدهای سیاسی- فضایی به‌ویژه کشورها دامن می‌زند. در صورتی که رودخانه نیازهای ضروری مانند آب آشامیدنی در کشورهای پایین‌دست را تأمین کند، این وضعیت تشدید می‌شود که گاه تنش، تهدید و کشمکش‌های محلی را در پی دارد. همچنین ساخت و سازهای پیرامون رودخانه در

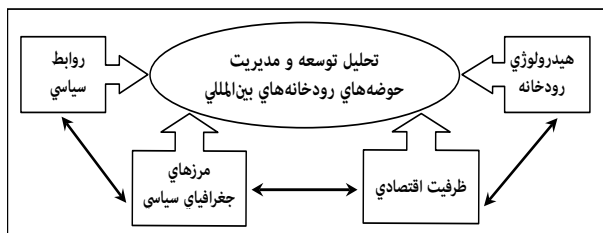
کشور بالادست به بروز سیلاب‌های ویرانگر در کشورهای پایین دست منجر شده و موجب تشدید دگرسویی می‌شود (Wolf, 2007). از دید راهکاریابی نسبت به تنش‌هایی که از کمبود منابع محدود پدید می‌آیند، تنش‌های برخاسته از کاهش حجم آب یا آلودگی، ساده‌تر می‌نمایند. چرا که در دو مورد نخست مسائل می‌تواند با یک توافق حل شوند، اما درباره تنش بر سر کمبود آب، راهکاریابی مسائل زمانی ممکن است که کشور دارنده آب از برخی از امتیازات خود صرف نظر کند. اوج تنش‌ها بر سر آب معمولاً زمانی است که کشور پایین‌دست نمی‌تواند از کردارهای زیان‌آور کشور بالادست جلوگیری کند و در نتیجه به سمت درگیری هدایت می‌شود (Haftendorn, 2000).

۴- آب خاستگاه همکاری

رودها و آب‌های بین‌المللی افزون بر امکان تنش‌آفرینی، فرصت‌هایی نیز برای همکاری و ارتقای صلح، امنیت منطقه‌ای و رشد اقتصادی ایجاد می‌کنند (Kalbhenn و Bernauer, 2009). اگرچه تنش بر سر منابع آب در مناطق مختلف پیش‌بینی شده است، اما تاکنون هیچ پیشامدی به جز درگیری‌های محدود که عمدتاً در مقیاس ملی باقی مانده‌اند، دیده نشده و همکاری بر سر آب‌های فرامرزی پیشینه‌ای دیرپا و موفق داشته است (Carius و همکاران, 2004). برای نمونه در میانه سال‌های ۱۹۴۸ تا ۱۹۹۹ تنها یک سوم از ۱۸۳۱ رویداد آبی، تنش‌آمیز شده است. افزون بر آن در ۱۰۹ مورد از ۲۶۳ حوضه بین‌المللی در جهان، پیمان‌های بین‌المللی بر سر بهره‌برداری از آب به امضاء رسیده که از این میان در ۶۲ مورد همکاری‌ها از طریق ایجاد سازمان‌های حوضه‌های رودخانه‌ها نهادینه شده است (Schmeier, 2010). همکاری مؤثر در حوضه‌های بین‌المللی منافع کلانی مانند افزایش تولید مواد خوراکی و تولید انرژی دارد. همکاری در کاهش تنش کشورهای کرانه‌ای و ایجاد یکپارچگی اقتصادی پیشرفته مؤثر است و حتی برای پایش و مهار سیلاب و خطرات آن نیز کارآمد است. بنابراین همکاری مستقیم یا غیرمستقیم موجب بهبود بازرگانی بین‌المللی شده و به توسعه اقتصادی، امنیت غذایی، امنیت سیاسی، کاهش فقر و یکپارچگی منطقه‌ای می‌انجامد و همچنین مدیریت مؤثرتر محیط زیستی حوضه را بهتر را فراهم می‌کند (UN, 2008).

بیشتر مواقع جلوگیری از کشمکش یک عامل محرک برای آغاز همکاری بر سر آب‌های بین‌المللی شده چرا که کشورهای کرانه رودخانه‌های بین‌المللی معمولاً در پی حفاظت از منافع مشترک خود هستند. یافته‌های موجود نشان می‌دهند که منابع آب شیرین به‌عنوان عامل قدرتمند برای همکاری ذی‌نفعانی که گاه دیدگاه‌های ناهمسان دارند، برای صلح و پیشرفت بوده است. کشورها معمولاً در مورد تنش یا همکاری تحلیل هزینه - فایده می‌کنند. شانس موفقیت خشونت‌های مرتبط با آب بسیار

محدود است، در حالی که هزینه آن‌ها به شدت بالاست و حتی اگر کشور پایین‌دست قدرتمند خواهان اعمال خشونت باشد، وارد شدن به درگیری، واقع‌گرایانه نیست و در صورت حمله به سدها و سازماندهی آنها و صنایع مستقر در پیرامون رودخانه، خودش بیشتر در معرض آسیب قرار می‌گیرد. در صورتی که اتخاذ سیاست همکاری جویانه امکان موفقیت در حل و فصل طیف گسترده‌ای از مسائل مانند کمیت و کیفیت آب و مدیریت مشترک نیروگاه‌های آبی و توسعه اقتصادی را بالا می‌برد. همکاری در یک حوضه مسئله ساده‌ای نیست و زمان‌بر و پیچیده می‌نماید و نیازمند پیگیری مسیرهای زیادی است. ابتدا باید هرگونه ترتیبات با توجه به ویژگی‌ها و طیف وسیعی از شرایط هیدرولوژیکی، سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، متناسب‌سازی شود و در ادامه اراده سیاسی و تعهد همه کشورها در همه سطوح، پیش‌نیاز همکاری بین‌المللی موفق در یک حوضه است. همواره باید توجه داشت که همکاری توسط موانع مختلف شامل: ماهیت حساس آب برای حیات انسان، استفاده متعدد از آب، مقیاس محض و شکاف بین سیاست‌ها و اجرای این سیاست‌ها، محدود می‌شود (Molen و Hilderling, 2005). شکل (۲) عوامل مؤثر بر مدیریت منابع آب‌های بین‌المللی را نشان می‌دهد (Elmi, 2002).



شکل ۲- عوامل مؤثر بر مدیریت منابع آب‌های بین‌المللی

۵- نظام حقوقی رودهای بین‌المللی

بیش از نیمی از مساحت جهان در محدوده حوضه‌های آبریز مشترکی قرار دارد که در قلمرو سرزمینی دو یا چند کشور واقع شده‌اند. از این‌رو، بهره‌برداری از آب‌های واقع در چنین حوضه‌هایی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند جنوب غرب آسیا و شمال آفریقا غالباً اختلاف‌برانگیز است. با این حال، بهره‌برداری از آب رودهای بین‌المللی در پیوند با چهار اصل زیر قرار دارد:

۱- اصل حاکمیت سرزمینی مطلق: این اصل آن بخش از رودخانه که از سرزمین یک کشور می‌گذرد را به سان آب‌های داخلی آن کشور می‌داند و هرگونه بهره‌برداری برای کشور یاد شده را روا می‌داند. این اصل از سوی کشورهایی که در بخش فرادست رودخانه‌های بین‌المللی قرار گرفته‌اند و به آزادی تمام در استفاده از آب رودخانه تمایل دارند، مورد استقبال قرار گرفته است؛ اما کشورهای پایین‌دست رودخانه، این اصل را منصفانه نمی‌دانند.

۲- اصل یکپارچگی سرزمینی مطلق: بر بنیاد این اصل کشورهای فرادست رود مجاز نیستند که بر رودخانه بین‌المللی اعمالی را انجام دهند که سبب انحراف یا بستن مسیر آن‌ها شود. این اصل عمدتاً مورد توجه و استقبال کشورهای پایین‌دست رودخانه‌هاست.

۳- اصل مالکیت گروهی و مشاع آب: در این اصل به کشور محل گذر رودخانه بین‌المللی پیشنهاد می‌شود، سازمان مشترکی برای بهره‌برداری منصفانه از آب رودخانه تشکیل دهند به گونه‌ای که

نتیجه‌گیری

داده‌های موجود نشان می‌دهند در چند دهه گذشته، به دلیل پدیده‌هایی مانند دگرگونی آب و هوا در مقیاس جهانی و تغییر الگوی بارش در مقیاس منطقه‌ای، کشورهای که پیش از این، آب‌وهوای خشک و کم‌بارش داشتند، با کاهش بارش در نتیجه برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، افت سطح آبخوان‌ها و فرونشست زمین روبه‌رو شده‌اند. بر بنیاد همین داده‌ها جهان رو به خشکیدن می‌رود. این پدیده از یک سو در مقیاس فروملی به گسترش تنش‌های اجتماعی و در مقیاس ملی و فراملی با افزایش تنش با همسایگان بر سر رودهای مرزی و مشترک انجامیده است. در این میان، کشورهای واقع بر نوار خشک جهان، وضعیت نگران‌کننده‌تری دارند. شناسه‌های یاد شده آب به‌عنوان موضوعی ژئوپلیتیک در حوزه مسائل سیاسی و امنیتی در مقیاس فروملی تا جهانی کانون مناسبات قدرت و سیاستگذاری‌ها قرار گرفته است. از سوی دیگر، کوشش کارگزاران کشورها برای توسعه که نیازمند بهره‌گیری فزاینده از منابع آب محدود رو و زیرزمینی است. از این رو، شاهد افزایش تنش در مقیاس فروملی تا جهانی خواهیم بود. از این رو، برداشت سنتی هیدروپلیتیک که گواه بر کشمکش و کشاکش بازیگران سیاسی در مقیاس ملی یا همان کشورها بر سر منابع آب مشترک در قالب حوضه‌های رود بود، امروزه ناکارا نموده است. زیرا از یک سو، کوشش بر راهکارهایی

منابع

بای، ی. ۱۳۸۴. هیدروپلیتیک رودهای مرزی ایران، تهران: انتشارات موسسه فرهنگی مطالعات و تحقیقات بین‌المللی ابرار معاصر.

جداری عیوضی، ج. ۱۳۸۹. جغرافیای آب‌ها، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ سوم.

عساکره، ح. و رزمی، ر. ۱۳۹۰. تغییر رژیم بارش شمال غرب ایران، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۲(۷-۸): ۹۱-۱۱۴.

رودخانه در حاکمیت هیچ کشوری نباشد و از سرچشمه تا مصب به صورت مشاع باشد.

۴- اصل حاکمیت و تمامیت سرزمینی محدود: بر پایه این اصل، حاکمیت کشورها بر آن بخش از رودخانه که از قلمرو آنها می‌گذرد، محدود است. یعنی هر کشور تا اندازه‌ای در بهره‌برداری از آب‌های مشترک مجاز است که موجب خسارت به کشورهای دیگر نشود (بای، ۱۳۸۴).

برای مسئله در قالب طیفی از همزیستی، همکاری تا هم‌وردی و کشمکش نمود یافته است. با این حال، گرایش به همکاری در میان واحدهای سیاسی - فضایی رونق بیشتری دارد. دیگر آنکه مقیاس مطالعاتی در هیدروپلیتیک از فروملی تا جهانی را پوشش می‌دهد. بر این شالوده، جستار بحران آب، از این پس بنیاد همه رویکردهای توسعه‌ای، امنیتی و رفاهی بسیاری از کشورها، به‌ویژه کشورهای واقع بر کمربند خشک جهان خواهد بود و از این پس، این هیدروپلیتیک است که در سیاستگذاری‌های داخلی و خارجی کشورها، به قلمروسازی در مقیاس ملی و فروملی و قلمروگستری در کشورهای پیرامونی جهت و معنا خواهد داد. به دیگر سخن، هیدروپلیتیک بر ژئواکونومیک و رویکردهای ایدئولوژیک خواهد چربید. قلمروسازی و قلمروگستری کشورها به واقع‌گرایی سیاسی، نزدیک‌تر خواهد شد. چنین رویدادهایی که رخداد آنها حتمی است، وظیفه جغرافی‌دانان سیاسی را در پایش، واکاوی و راهکارهایی امنیتی آبی بیش از دیگر رشته‌ها و گرایش‌ها می‌نمایاند.

پی‌نوشت

- 1- Water security
- 2- World Water Council
- 3- Hydro-hegemony

علیزاده، ج. ۱۳۸۳. هیدروپلیتیک هیرمند و تأثیر آن بر روابط سیاسی ایران و افغانستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

کاویانی‌راد، م. ۱۳۹۰. امنیت زیست‌محیطی از نظر ژئوپلیتیک، فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۲۰، شماره ۲۳، صص ۸۵-۱۰۶.

کاویانی‌راد، م. ۱۳۹۴. رویکردی نو در بازتعریف جغرافیای سیاسی، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۴۷(۳): ۵۴۳-۵۵۶.

- stan: Perceptions and Misperceptions. *A Research Journal of South Asian Studies*, 28(1): 7-23.
- Kirby R.M. Bartram J. Carr R. 2003. Water in food production and processing: quantity and quality concerns. *Food control*, 14(5): 283-299.
- Lenntech. Use of water in food and agriculture. Available at: www.lenntech.com/water-food-agriculture. Copyright 1998-2020. Lenntech B.V. All rights reserved.
- McQuarrie P. 2003. Water Security in the Middle East: Growing Conflict Over Development in the Euphrates –Tigris Basin. Trinity College, Dublin.
- Molen I.V. and Hildering A. 2005. Water: cause for conflict or co-operation?" *ISYP Journal on Science and World Affairs*, Vol. 1, No. 2, pp133-143.
- Mollinga P.P. 2001. Water and politics, rational choice and south Indian canal irrigation, futures, Vol. 33, Issues 8–9, October, pp 733-752.
- Ruth V. Ardakanian R. Hare M. Leentvaar J. Schaaf C.V.S. Wirkus L. 2010. Institutional capacity development in transboundary water management, Paris: Side Publications.
- Schmeier S. 2010. Governing International Courses: Perspective from different Disciplines, Herties School of Governance. Working Papers. No. 53. Berlin.
- Shiklomanov I.A. 1999. World Water Resources and Water Use: Present Assessment and Outlook for 2025. State Hydrological Institute, St Petersburg, Russia.
- Towfique B and Espey M. 2002. International Water Treaties. A Paper submitted to American Agricultural Economics Association, Paper ID # 593, Clemson.
- Turton A and Meissner R. 2002. Society: A South African case study, in *Hydropolitics in the Developing World: A Southern African Perspective*, Pretoria: African Water Issues Research Unit.
- UN. 2008. UN-Water Thematic Paper: Transboundary Waters: Sharing Benefits, Sharing Responsibilities.
- Bernauer T. and Kalbhenn A. 2009. The Politics of International Freshwater Resources. In: Nayef R.F. Al-Rodhan (ed), *Potential Global Strategic Catastrophes: Balancing Transnational Responsibilities and Burden-sharing with Sovereignty and Human Dignity* (Berlin: LIT, 2009).
- Barnetta J. and Adger N. 2007. Climate change, human security and violent conflict, *Political Geography* vol. 26, pp 639-655.
- Calzolaio V. 2009. Integrated Policies for fighting Water Scarcity and combating Desertification, UNCCD Consultant Report, march 2009. Bonn, Germany.
- Carius A. Geofferey D.D. Wolf A.T. 2004. Water, Conflict, and Cooperation. Background paper prepared for the UN Secretary-General's High Level Panel on Threats, Challenges, and Change. Washington: United Nations Foundation. Published in *Environmental Change and Security Project Report 10*.
- Cascao A.E. and Zeitoun M. 2010. Power, Hegemony and Critical Hydropolitics. A Book Chapter in: *Transboundary Water Management: Principles and Practice*: pp 27-42. London: Earthscan.
- Clarke R. and King J. 2004. *The Atlas of Water*. Earthscan Publications, London.
- Cosgrove W.J. and Rijsberman F.R. 2000. *World Water Vision: Making Water Everybody's Business*. Earthscan Publications, London.
- Elmi A. 2002. *Hydropolitics in The Horn of Africa: Conflicts and Cooperation in the Juba & Shabelle Rivers*. A paper presented at the Horn of African Conference held in Lund, Sweden, 10 - 12 May 2002. Available at: <http://www.somwe.com/hydropolitics.html>.
- FAO. 2003. Agriculture, food and water – a contribution to the World Water Development Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations) FAO(. Rome, Italy.
- Haftendorn H. 2000. Water and International Conflict. *Third World Quarterly*, 21(1): 51-68.
- Khalid I. and Begum I. 2013. *Hydro Politics in Paki-*

- lations theory and water do mix: A response to Furlong's troubled waters, hydro-hegemony and international water relations. *Political Geography*, 27: 802-810.
- WATERBURY J. 1979. *Hydropolitics of the Nile Valley* (Syracuse, Syr. University Press. P 68.
- Wolf A.T. 2007. Shared Waters: Conflict and cooperation. *Annual Review of Environment and Resources*, 32: 241- 269.
- Yaekob M. 20011. Conflict and Cooperation among the Nile Basin Countries with special emphasis on the Nile Basin Initiative(NBI). Thesis Presented to the Faculty of Development Studies of the International Institute of Studies, Hague.
- UN Water. 2013. UN-Water Technical Advisory Unit, Genève – Switzerland. Available at: <https://www.unwater.org/publications/un-water-annual-report-2013/>.
- UN Water. 2014. UN-Water Technical Advisory Unit, Genève – Switzerland. Available at: <http://www.unwater.org/statistics/statistics-detail/en/c/211814>.
- UNDP. 2006. Beyond Scarcity: Power, poverty and the global water crisis Human Development Report, New York USA. Available at: [http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/hdr/human-development-report2006/Accessed](http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/hdr/human-development-report2006/Accessed%2012%2C%207%2C%202013) 12, 7, 2013.
- Warner J.F. and Zeitoun M. 2008. International re-

Article Type: Methodology

نوع مقاله: روش‌شناسی

Traditional Utilization Management of Water Resources in the Villages of Iran

P. Najafloo^{1*}, J. Yaghoubi², J. Nikbakht³

1- Ph.D. Student of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran. 2- Associate professor, Department of Extension, Communication and Rural Development, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran. 3- Associate professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran.

*(Corresponding Author Email: najafloo.parisa@znu.ac.ir)

Received: 21-02-2019

Accepted: 08-05-2019

مدیریت بهره‌برداری سنتی از منابع آب در روستاهای ایران

پریسانجفلو^{۱*}، جعفر یعقوبی^۲، جعفر نیکبخت^۳

۱- دانشجوی مقطع دکتری رشته ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه زنجان. ۲- دانشیار گروه ترویج، ارتباطات و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان. ۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.

* (نویسنده مسئول، E-Mail: najafloo.parisa@znu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۱۸

Abstract

Water restriction in Iran through history has led Iranians to think for a long time about smart measures for water management and they devise accurate and efficient methods for water distribution and division in such a way as to prevent water loss and to maintain justice. Iranians indigenous knowledge for agricultural water management was one of the most advanced agricultural systems in its time, which can be used to problems solving of water management in modern agriculture. The purpose of this paper is to study the traditional utilization management of water resources in the villages of Iran. Reviewing and analyzing the dimensions of water resources management among Iranian farmers has shown that water management in this country is a historical, social and cultural issue. This article investigates the component of water management system among villagers of Iran in three sections: water supply management, distribution and division management and water utilization management. In the current situation where the country is facing water scarcity and high water consumption in agriculture. The results of this study can provide valuable tips for transferring water resources management to villagers in all sectors of agricultural water management.

Keywords: Water, Traditional Irrigation, Indigenous Knowledge, Traditional Agriculture, Water Management.

چکیده

محدودیت آب در سرزمین ایران در طول تاریخ موجب شده است که ایرانیان از دیرباز تدابیر هوشمندانه‌ای را برای مدیریت آب بیاندیشند و روش‌های دقیق و کارآمد را برای تقسیم و توزیع آب ابداع کنند؛ به گونه‌ای که از هدررفت آب جلوگیری شده و عدالت رعایت شود. دانش بومی ایرانیان برای مدیریت آب کشاورزی در نوع و زمان خود از پیشرفته‌ترین نظام‌های بهره‌برداری از آب کشاورزی بوده است که کنکاش در آن می‌تواند زمینه را برای حل بسیاری از مشکلات امروزی مدیریت آب در کشاورزی فراهم کند. هدف این مقاله بررسی مدیریت بهره‌برداری سنتی از منابع آب در روستاهای ایران است. مرور و بررسی ابعاد مدیریت منابع آب در میان کشاورزان ایران نشان داده است که مدیریت آب در کشاورزی این کشور یک امر تاریخی، اجتماعی و فرهنگی است. در این مقاله بررسی جزء به جزء نظام مدیریت آب در میان روستاییان ایران در سه بخش مدیریت تأمین آب، مدیریت توزیع و تقسیم و مدیریت بهره‌برداری از آب انجام شد. در موقعیت کنونی که کشور با کمبود آب و بیشترین میزان مصرف آب در کشاورزی مواجه است، نتایج این بررسی می‌تواند نکاتی ارزشمند برای انتقال مدیریت منابع آب به روستاییان، در تمام بخش‌های مدیریت آب کشاورزی، ارائه نماید.

واژه‌های کلیدی: آب، آبیاری سنتی، دانش بومی، کشاورزی سنتی، مدیریت آب.

این دانش که به‌طور شفاهی و گفتاری از نسلی به نسل دیگر منتقل شده است شامل داستان‌ها، آوازها، فرهنگ و عقاید عامه مردم، ارزش‌های فرهنگی، اعتقادات، آداب و رسوم، قوانین محلی، زبان و گویش‌های محلی می‌باشد. دانش سنتی به‌ویژه در زمینه کشاورزی، عمدتاً از یک ماهیت عملی برخوردار است (UNDP، ۲۰۱۸). دانش بومی یکی از انواع دانش با صرفه اقتصادی، پایدار و با حداقل ریسک برای کشاورزان و تولیدکنندگان روستایی است که راهی مناسب برای حفاظت از منابع طبیعی به شمار می‌آید (Makhura، ۲۰۰۴).

نظام‌های بهره‌برداری از آب در ایران یک امر تاریخی، اجتماعی و فرهنگی بوده است (ازکیا و رستمعلی‌زاده، ۱۳۹۳). محدودیت آب در سرزمین ایران موجب شده است که ایرانیان از دیرباز تدابیر هوشمندانه‌ای را برای به دست آوردن، ذخیره، بهره‌برداری و مصرف متناسب آب بیاندیشند و روش‌های دقیق و کارآمد را برای تقسیم و توزیع آب ابداع کنند؛ به‌گونه‌ای که از هدر رفت آب جلوگیری شده و عدالت رعایت شود (منصوری مقدم، ۱۳۹۳). مثلاً وجود بنه‌ها^۱ که به‌صورت گروه‌های فعال کشاورزی در اکثر مناطق روستایی ایران به امر کشت و زرع مشغول بوده‌اند و بر اساس ضوابط معین و لازم از آب بهره‌برداری می‌کرده‌اند، نشانگر قانونمند بودن امر بهره‌برداری و مدیریت آب و زمین است (فلاح رستگار و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به اهمیت نظام‌های بهره‌برداری سنتی از آب و سازگاری آنها با شرایط و محدودیت‌های منابع آب کشور ایران، امروزه توجه به این نظام‌ها و استفاده از تجارب بومی و سنتی موجود نه تنها می‌تواند مفید باشد، بلکه ضرورتی اجتناب‌ناپذیر در مدیریت منابع آب کشور است. با عنایت به ضرورت فوق، مقاله حاضر با هدف تحلیل نظام‌های مدیریت سنتی و بومی آبیاری تدوین شده است.

سازمان آب و آبیاری در نظام‌های بهره‌برداری سنتی از آب

اولین آگاهی کتبی و رسمی از تاریخ آبیاری ایران به قدمت تاریخ ایران باستان یعنی حدود ۵۰۰۰ سال قبل از تاریخ کنونی می‌رسد (منصوری مقدم، ۱۳۹۳). دیوان‌های آبیاری از گذشته‌های دور در ایران وجود داشته است. در دوره ساسانیان، حکومت اداری، دیوانی به نام دیوان آبیاری داشت که بر مالکیت و تقسیم آب نظارت می‌کرد. در قرن دهم هجری نیز دیوانی وجود داشته که وظیفه آن ثبت خراج وصولی از مالکان آب بوده است و میزان افزایش، کاهش و یا تغییر نام مالکان آب را نیز گزارش می‌کرده است. طومار معروف شیخ بهایی، نمونه‌ای از مدیریت بهره‌برداری سنتی از منابع آب است که در نوع خود از پیشرفته‌ترین نظام‌های بهره‌برداری از آب کشاورزی در زمان خود بوده است (پاپلی یزدی و لباف‌خانیکی، ۱۳۷۷).

در عصر کنونی، به موازات رشد فناوری‌های جدید و ورود آنها به کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، فناوری‌های آبیاری نوین برای بهره‌برداری از منابع آب در بخش کشاورزی به کشور وارد شد. این فناوری‌ها با سه محدودیت عمده روبه‌رو هستند (غفاری و سلطانی، ۱۳۹۲؛ افراخته و بیات، ۱۳۹۰). اولین محدودیت در این زمینه، گرایش بالای آنها به ابزارهای نوین می‌باشد. دومین محدودیت، سازگاری اندک با الگوهای اجتماعی، حقوقی و قوانین شکل گرفته در حول نظام‌های مدیریت سنتی آب است. انطباق کم فناوری‌های آبیاری نوین با محیط طبیعی مناطق مختلف کشور ایران نیز سومین محدودیت می‌باشد. لذا استفاده از چنین فناوری‌هایی که به لحاظ اجتماعی، حقوقی و عرفی با منطقه مورد نظر تطابق نیافته‌اند، شاید در کوتاه‌مدت موفقیت‌آمیز باشد، ولی در بلندمدت نتایج مطلوب به همراه نخواهد داشت (افراخته و بیات، ۱۳۹۰). ناکارآمدی ابزارهای آبیاری نوین و مصرف انرژی بالا در سامانه‌های جدید آبیاری از مشکلاتی هستند که با عدم توجه به دانش بومی و تجارب جامعه محلی، سبب بحرانی‌تر شدن وضعیت منابع آب در ایران شده است (جمعه‌پور و میرلطفی، ۱۳۹۱).

در طول زمان‌های متمادی، کشاورزان در قالب دانش بومی خود، روش‌های متعددی را جهت مقابله با پدیده خشکسالی و پیامدهای ناشی از آن ابداع و توسعه داده‌اند. آنچه مسلم است با توجه به اهمیت این روش‌ها به‌عنوان ابزاری مهم در مدیریت منابع آب در مناطق مختلف روستایی، لازم است تا دانش بومی کشاورزان در این حوزه مورد توجه جدی قرار گیرد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۰). کنکاش در دانش بومی و نظام‌های تولید سنتی، سبب شده است تا این اندیشه‌ی کلیشه‌ای که دهقانان، مدیرانی ضعیف‌اند تبدیل به اندیشه‌ای شود که برای مردم محلی احترام بیشتری قائل است. مردمی که ایده‌ها و اعمالشان در قبال محیط، پایدار و دارای سازگاری بومی است. بهره جستن از دانش بومی و تجارب مدیریت سنتی منابع آب روستایی، در کنار به‌کارگیری دانش روز و فناوری نوین در چارچوب دیدگاه مشارکتی، می‌تواند حیات اجتماعی و اقتصادی منطقه، به‌ویژه فضای روستایی را بازسازی و متحول کرده و برنامه‌ها و پروژه‌های روستایی را به اهداف مطلوبشان نزدیک سازد (جمعه‌پور و میرلطفی، ۱۳۹۱). دانش بومی نه‌تنها با دانش رسمی تعارض و تناقض ندارد، بلکه مکمل آنان نیز می‌تواند باشد. دانش بومی، قابل دسترس، قابل فهم، کارآمد و ارزان است و طریقه‌ی انتقال آن نیز شفاهی است. این دانش، پویا بوده و طی زمان، آبدیده شده و در بطن محیط طبیعی و اجتماعی محلی تکامل یافته و با شرایط بومی و منطقه‌ای کاملاً سازگار است (صابری و کرمی دهکردی، ۱۳۹۳).

مدیریت تأمین آب شامل فرایند انتقال آب از منابع به سوی روستاها، ذخیره آب‌های سطحی از جمله سیلاب و آب حاصل از باران و برف و همچنین مسائل مربوط به نحوه مالکیت آب است. مناطق مختلف کشور ایران دارای تفاوت اقلیمی، تنوع محصولات و رویش گیاهی و دامداری است. این تفاوت‌ها سبب ایجاد سنت‌ها و هنجارها و ارزش‌های مختلف شده که از نظر برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری، به اندازه شرایط متفاوت اقلیمی، اهمیت دارد که سبب شده در مناطق مختلف شیوه‌های متفاوتی در مدیریت تأمین آب وجود داشته باشد (عبدی، ۱۳۸۶). در ادامه مدیریت تأمین آب به تفکیک در دو بخش منابع آب روستاها و مالکیت آب تشریح می‌شود.

- منابع آب روستاها

به‌طور کلی منابع آبیاری سنتی در کل روستاهای ایران شامل منابع آب سطحی و زیرزمینی هستند. از گذشته تا کنون بهره‌برداری از منابع آبی زیرزمینی از طریق قنات‌ها، چشمه‌سارها و چاه‌ها صورت می‌گیرد. برای بهره‌برداری از منابع آب سطحی (رودخانه‌ها)، از سدهای مخزنی، سدها و بندهای انحراف آب، آب‌بندها و استخرهای جمع‌آوری سیلاب‌ها استفاده می‌شود (گروسی، ۱۳۸۲). استفاده از آب باران برای دیم‌زارهای نواحی ساحلی شمال کشور و نواحی محدودی از مناطق کوهستانی فلات مرکزی و دامنه‌های زاگرس صورت می‌گرفت. استفاده از آب چشمه‌سارها، رودها و رودخانه‌هایی که در گذشته بدون تمهیدات انتقال آب جهت آبیاری استفاده می‌شد نیز بسیار محدود است (زاهدی، ۱۳۸۶). منابع آب اصلی روستاهای ایران عموماً قنات‌ها و رودهای جاری بودند؛ ولی زمانی که مقدار آب این منابع کافی نبود، سهامداران به‌صورت مشترک اقدام به حفر چاه‌های عمیق می‌کردند و آب چاه را به آب قنات پیوند داده و مورد بهره‌برداری افراد صاحب نسق^۴ می‌رسید (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸). برای مثال در ایوان غرب استان ایلام، روستاهایی که زمین مسطح در اختیار داشتند و در مجاورت رودخانه بودند، موظف بودند نهرهایی از رودخانه مجاور جدا کنند. نهایتاً تا جایی که آب نهر کشت داشت نهرها امتداد می‌یافتند (منصوری مقدم، ۱۳۹۳). یکی از قدیمی‌ترین فنون آبیاری سنتی در کشور شیوه‌های مبتنی بر به‌کارگیری آب‌های سطحی است که با استفاده از سازوکارهایی چون گل (Gowl)، سد، بند، احداث نهر و فناوری‌هایی مثل چرخ آب، دولاب و یا احداث استخر صورت می‌گیرد. سازه‌های باستانی به جا مانده از گذشته مثل بند داریوش در رودخانه کر، بند بهمن در فارس و ... نشان از این موضوع دارد (زاهدی، ۱۳۸۶). در اینجا برخی از این سازه‌های سنتی معرفی می‌گردد.

ایرانیان مردمانی بودند که در امر استحصال، ذخیره، انتقال و مصرف آب ابتکارات و نوآوری‌هایی همچون قنات یا کاریز داشته که در جهان با نام ایران شناخته شده است. با وجود اینکه چندین هزار سال از اختراع قنات می‌گذرد، هنوز هم این روش استفاده از آب، در قسمت مهمی از روستاها و مناطق مسکونی و کشاورزی و دامداری کشور معمول و متداول است و حتی یکی از ارکان اصلی کشت و زرع در نواحی خشک است (فرزام‌نیا و عباسی، ۱۳۹۰؛ فلاح رستگار و همکاران، ۱۳۹۰).

از مهم‌ترین ویژگی‌های نظام سنتی آبیاری در ایران، ساختاربندی نظام بهره‌برداری از آب است. در واقع منابع آب قابل دسترس بر اساس قواعد و مقرراتی که در عرف شناخته شده بوده و یا مبنای قانونی و مکتوب داشته است، توزیع می‌شد و سازمان نظارت بر آبیاری مدیریت توزیع آب را با دقت و بر اساس آن قواعد و مقررات بر عهده داشت. اراضی آب‌خور هر منبع آب، مشخص بوده و مستوفیان^۲ میزان حقابه‌ی هر روستا را در یک دفتر نگهداری و ثبت می‌کردند. همچنین مدیریت تأمین و توزیع آب، گروهی و مدیریت مصرف بستگی به نظر و اراده بهره‌برداران داشت و بر مبنای ادامه تعامل آنان و بر اساس نظام کشت و کار سنتی، در قالب صحرا، بنه و نظایر آن به‌صورت جمعی و یا انفرادی و در مزارع اختصاصی انجام می‌گرفت (ملکی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۰).

مرور مسائل آبیاری در کشور نشان داده است که در منطقه غربی کشور و بخش‌های شمالی که به‌طور نسبی منطقه پربارانی است، شکل، روابط و مسائل آبیاری ساده بوده و در شرق ایران که منطقه خشک و کویری است، روابط پیچیده وجود داشت. در واقع وجود گروه‌ها و قشرها، آداب و سنن، سنجش‌های متعدد زمانی و حجمی آب، شیوه‌های سنتی آبیاری و ابداعات و ابتکارات در جمع‌آوری و صرفه‌جویی، نشان از اهمیت آب در منطقه شرقی ایران دارد (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸). نوعی نظام سنتی و دقیق آبیاری در ایران وجود داشت که کاملاً منطبق با شرایط آبی رودخانه‌ها و دبی پایه^۳ آن‌ها بوده و به‌خوبی پاسخگوی کم‌آبی و خشک‌سالی‌های مفرط در کشور بوده است (شکیبا و نظریور، ۱۳۸۸). بر اساس شواهد تاریخی، مشارکت مردم روستایی و کشاورزان در ایران برای ساخت، بهره‌برداری و نگهداری از تأسیسات آبیاری سابقه‌ای طولانی دارد. در نظام سنتی مدیریت بهره‌برداری از منابع آب در کشاورزی در دوره نظام ارباب و رعیتی، احداث قنات، ایجاد انهار سنتی از رودخانه‌ها و مظهر کاریز تا سر مزرعه و نگهداری و لایروبی آن‌ها به‌تناسب بر عهده ارباب و رعیت بود. دهقانان و کشاورزان به نسبت میزان سهم آبی خود، در این فعالیت‌ها مشارکت داشتند (فلاح رستگار و همکاران، ۱۳۹۰). به‌طور کلی نظام آبیاری و مدیریت بهره‌برداری از آب در روستاهای ایران در سه سطح متمایز مدیریت تأمین آب، مدیریت انتقال و توزیع و در نهایت مدیریت مصرف آب انجام می‌شده است (میرزایی و احمدوند، ۱۳۸۹).

• **گل:** گل روشی سنتی برای حفاظت و بهره‌برداری از منابع آب کوچک در ایران است. گل به استخر خاکی و سنتی کوچکی می‌گویند که جهت مهار آب چشمه‌ها و قنات‌ها و بهره‌برداری از آن احداث می‌گردد. این نوع سازه دارای قدمت بسیار طولانی است. جهت احداث این نوع سازه، گودالی با ابعاد مختلف در قطعه زمینی حفر کرده و با کوبیدن خاک کف آن، نسبت به سخت و نفوذناپذیر کردن آن اقدام می‌شود. این سازه در مناطقی که دسترسی به منابع آب دائمی نباشد رواج داشته، و در مناطق کوهستانی ارزش و اعتبار بالایی در بین مردم داشت. وجود گل‌های فراوان در یک منطقه، دلیل فعال و آباد بودن آن منطقه بوده که نشان از فعالیت‌های مهم زراعی و دامداری در آن منطقه داشت. همچنین سازه گل در مالکیت یک خانواده، نشان از توانایی خانواده و بیانگر اصالت و ریشه‌دار بودن آن طایفه و فامیل در منطقه بود. سازه‌های گل به دلیل آنکه ماهیت بومی و محلی داشتند، از نظر مشارکت‌پذیری و قبول از طرف ساکنان منطقه هیچ‌گونه مشکلی نداشته، به نحوی از آن استفاده می‌شد که مسائل حقوقی (حقوق‌ها) و فرهنگی (آداب و سنن) و مسائل اجتماعی مرتبط به آن رعایت می‌شد. مردم در پیدایش و احداث این سازه‌ها طراح، مجری و بهره‌بردار بودند و این مشارکت کاملاً عملی، اختیاری و مؤثر بوده و چون خود مولد آن بودند در حفظ و نگهداری آن کوشا بودند (عبدی، ۱۳۸۶).

• **خندق:** خندق یکی دیگر از سازه‌های سنتی در جمع‌آوری، ذخیره و نگهداری آب زراعی است. در دهستان جرقویه در جنوب شرقی شهر اصفهان علاوه بر قنات، گودال‌های عمیق به مشارکت سهامداران حفر می‌شد که کف آن با سنگ و آهک سفت شده و محل خروج آن از دل‌سنگی به اندازه قطر ۱۰ سانتی‌متر بود. این خندق در زمستان با بارش برف و در بهار با باران پر می‌شد. دهانه حفره در زمستان مسدود می‌شد و از فروردین ماه به بعد باز می‌شد. مدیریت آب خندق نیز برای حدود سه ماهی که برداشت آب صورت می‌گرفت بر عهده میرآب بود. میرآب عملیات نظارت و تقسیم آب را بر عهده داشت (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸).

• **دگار:** دگار نیز یکی از روش‌های رایج مردم بومی منطقه چابهار در بلوچستان برای بهره‌برداری از سیلاب بود. دگار حوضچه‌ای چهارگوش و خاکی با دیوارهای کوتاه کمتر از ۱/۵ متر و با زمینی بین ۱ تا ۲۵ هکتار در اراضی مسطح و ریزدانه دشت‌های چابهار و ساخته دست انسان بوده که جهت مهار سیلاب و کشت سیلابی استفاده می‌شد. قدمت این سامانه مشخص نیست و به بیش از هزار سال می‌رسد. دگاها به صورت ارث از اجداد به مالکان فعلی رسیده و خرید و فروش آن رایج نبود. مالکیت دگاها یا فردی و یا مشاع بوده و بهره‌برداری از آن‌ها به صورت فردی، مشارکتی و یا نصفه کاری بوده است. اولویت و تقدم در گرفتن سیلاب،

عرفاً به دگاها‌های بالادست متعلق بود. گرفتن سیل، نفوذ آب در زمین، کاهش رطوبت خاک، قابلیت شخم، بذرپاشی، نگهداری و برداشت محصول مراحل کشاورزی در سامانه دگار است. عموماً ۱۰ تا ۹۰ درصد درآمد سالانه خانوارها از طریق کار بر روی دگار حاصل می‌شد (بوعلی و همکاران، ۱۳۹۲).

• **بندسار یا خوشاب:** این روش در سیستان و بلوچستان رایج بوده و برای کشت محصولات زراعی به کار می‌رفت. پلات‌های ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ مترمربع به دو بخش تفکیک می‌شد که بخش بزرگ‌تر به عنوان آبگیر برای جمع‌آوری روان آب‌ها در نظر گرفته شده و بخش کوچک‌تر برای زراعت اختصاص داده می‌شد. خوشاب در مناطق خشک برای کشت محصولاتی مثل گندم و جو کاربرد زیادی داشت. هدف اصلی از احداث خوشاب تعدیل اراضی شنی و سنگلاخی به اراضی مناسب جهت کشت و کار از طریق سیل‌گیری و رسوب‌گذاری تدریجی بود. ساخت این سازه‌ها با استفاده از سنگ و کاه و با به‌کارگیری خاک منطقه صورت می‌گرفت. به این ترتیب که در کنار آبراهه یا رودخانه، عرصه‌ای آماده شده و با انحراف آب به داخل آن و کسب رسوبات همراه، ضمن نفوذ آب و حصول خاک آبرفتی و حاصل‌خیز، اقدام به کشت گیاهان زراعی می‌شد. در واقع قسمت‌های مختلف خوشاب متشکل از زمین دیم، دیواره یا بند خاکی، سرریز یا دروازه خروجی، خشکه‌چین، نهر انحرافی، محل تخلیه مازاد یا دریچه، گر و پله می‌باشد (بوعلی و همکاران، ۱۳۹۲).

- مالکیت آب

در نظام‌های آبیاری که قنات منبع آبدهی بودند، سه نوع مالکیت شامل مالکیت آب با زمین، مالکیت آب جدا از زمین و آب‌های وقفی مرسوم بود. در قنات‌هایی که سهامداران بزرگ در اکثریت باشند، قنات متعلق به عمده مالکین بود و مالکیت آب و زمین جدا از هم نبود و سهم آب به نسبت زمین تقسیم‌شده و نظام تقسیم بر مدار شب و روز (تاق‌بندی^۴) بود. در این نظام اداره و مدیریت آب پیچیدگی نداشت و حتی در مواردی آب مسئول خاصی نداشته، از طریق خودیاری مردم اداره می‌شد. مالکیت آب جدا از زمین در قنات خرده مالکی رایج بوده و هر کس بسته به توانایی مالی، دارای یک یا چندین سهام آب بود و گاهی حتی افرادی که زمین کشاورزی نداشتند، دارای سهام آب بودند (صفی‌نژاد، ۱۳۸۴؛ جانب‌الهی، ۱۳۶۹). در قنات خرده مالکی، نظام تقسیم آب بر دقیقه و ثانیه استوار بود و حتی ثانیه‌ها محاسبه می‌شدند و چون به مدیریت منسجم و مرتب نیاز داشت، در رأس تقسیم آب، میرآب قرار داشت و به همین دلیل به قنات خرده مالکی در برخی از روستاها، قنات میرآبی نیز گفته می‌شد. سهام موقوفه نیز به آب‌های موقوفه به صورت وقف خاص و عام گفته می‌شد (جانب‌الهی، ۱۳۶۹).

مدیریت توزیع آب شامل فرایند انتقال و تقسیم آب و مدار گردش آب است که توسط سازمان‌های آبیاری در سطح روستاها مدیریت می‌شد. وضعیت مدیریت توزیع و تقسیم آب در سه بخش مجزا شامل مبنای تقسیم آب، مدار گردش آب و سازمان‌های آبیاری می‌باشد که در ادامه هر یک توضیح داده می‌شود.

- مبنای تقسیم آب

در نظام‌های سنتی تقسیم و توزیع آب، تقسیم بر مبنای واحد زمین، حجم و یا زمان بوده است. به کارگیری هر یک از این شیوه‌های تقسیم آب بستگی به وضعیت جغرافیایی و میزان آب موجود در منطقه داشت. در مناطقی که میزان آب کم بود و آب ارزش بالایی داشت، واحد زمان برای تقسیم آب استفاده می‌شد. در مناطقی که محدودیت زمین وجود داشت و آب فراوان بود، تقسیم‌بندی آب بر مبنای زمین بود. در مناطقی که آب جاری متعلق به چند مزرعه و یا روستا بود، واحدهای حجمی مبنای تقسیم‌بندی بود. در این حالت در محل‌های انشعاب نهرهای مزارع و یا روستاها از منابع اصلی آب، سنگ‌های مکعبی شکل، قرار داده تا حقایبه هر نهر بر اساس حجم آن اندازه‌گیری شود و حجمی از آب که در واحد زمان از مسیر داخل سنگ عبور می‌کند، تعیین‌کننده سهم هر یک از نهرها باشد (منصوری مقدم، ۱۳۹۳؛ طاووسی، ۱۳۸۴).

واحد زمانی اندازه‌گیری آب در روستاها، فنجان بود که البته در برخی مناطق به آن پیاله، سره، سرجه و جام نیز گفته می‌شد. فنجان در برخی از روستاها ظرف مسی کوچکی بود که یک و نیم کیلو وزن و قطر ۱۵ سانتیمتری داشت و در انتهای آن سوراخ ریزی تعبیه شده بود. این فنجان را در ظرف بزرگ پر از آب به وزن ۳ کیلوگرم و ۴۰ سانتی‌متر قطر قرار می‌دادند. به خاطر وزن فنجان و سوراخ زیر آن، آب به داخل فنجان کم‌کم نفوذ کرده تا جایی که فنجان غرق در آب می‌شد. این مدت زمان ۳ دقیقه طول می‌کشید که آن زمان را یک فنجان می‌نامیدند و هر ساعت آب برابر ۲۰ فنجان بود. البته اندازه این وسیله در برخی روستاها متفاوت بود؛ به‌گونه‌ای که در برخی از روستا، مدت زمان پر شدن سرجه ۳۰ دقیقه بود. در برخی روستاها مانند روستای برز در نطنز، این وسیله‌ها یعنی سره‌ها توسط آبیاریا عوض شده، از سره‌داری به سره‌دار دیگری داده می‌شد. سره‌دار یا همان آبیاری معمولاً سره‌ها را با یک نمونه از سره که همیشه در دست خود نگهداری می‌کرد که وابین نام دارد، امتحان می‌کرد تا مطمئن شود که تقلبی در ساختمان سره صورت نگرفته باشد (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸).

برخی تقلب‌ها در فنجان یا همان پیاله صورت می‌گرفت. برخی اوقات برای اینکه فنجان در مدت طولانی‌تری در آب فرو رود تشت را پر از آب شور می‌کردند و یا برای گندی پرشدن فنجان روی سوراخ فنجان را چرب می‌کردند. البته گاهی هم کسی که سهام بعدی متعلق به او بود از غفلت کیل استفاده کرده و ریگی در فنجان قرار می‌دادند تا فنجان سریع‌تر در آب فرو رود. البته خود روش فنجان هم دارای خطاهایی بود. برای مثال باد، خود عامل خطا بود؛ وزش باد سبب سریع‌تر پر شدن فنجان و کوتاه شدن زمان آبیاری بود (پاپلی یزدی و لباف خانیکی، ۱۳۷۷).

در استان گلستان، در روستاهای مجاور رودخانه گرمابدشت، واحد سنجش و اندازه‌گیری تقسیم آب موجود در رودخانه را درک (در کوچک) می‌گفتند. درک قطعه الواری به طول شش متر بود که صاف و صیقلی شده و به ۱۲ دهانه مساوی نیم متری (کان) تقسیم می‌شد. سپس به صورت تراز شده در محل تقسیم آب با سنگ و ملات تثبیت می‌شد. بر روی هر دهانه یک صفحه چوبی مستطیل به طول نیم متر (کام-زبان) در داخل الوار ثابت و محکم می‌شد که به آن کان با سنگ اطلاق می‌شد. یک سنگ آب برابر ۱۳/۳ لیتر و در برخی جاهای دیگر ۱۴ لیتر در ثانیه آبدی بود (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰).

در واحد سنجش زمانی، جهت سنجش زمان از ساعت آفتابی و ساعت آبی استفاده می‌شد. ساعت آبی از معمول‌ترین ابزارهای اندازه‌گیری است که قدمت آن به ۱۴۰۰ سال قبل از میلاد می‌رسد و در مناطق مختلف ایران دارای نام‌های محلی فنکال، پنکال، تشنه، سبو، تشت و ... بود (ندیم و امیری، ۱۳۹۴). البته در این روش موقعیت جغرافیایی زمین کشاورزی نیز در تعیین نوبت آبیاری هر سهامدار مدنظر قرار داده می‌شد (طاووسی، ۱۳۸۴). در برخی از روستاها، بر سایه و طلوع خورشید در تقسیم‌بندی زمان آبیاری تکیه می‌شد. برای مثال رسیدن سایه به کوه، تپه و یا سنگ شاخص، زمان تحویل آب به یکدیگر بود. در برخی از روستاهای دیگر از جمله روستای سمر قاوه در تربت‌جام واحد وزنی را به واحد زمانی تبدیل می‌کردند. واحدهای زمانی شامل من (آب یک شبانه‌روز)، نیم‌من (آب ۱۲ ساعت)، ۱۰ سیر (یک‌چهارم شبانه‌روز) و یک سیر (۳۶ دقیقه) بود. یک سیر در واقع برابر حجم آبی بود که حدود ۰/۱۵ هکتار را آبیاری نماید. در روستای یتگ‌آباد اصفهان نیز به دلیل کمبود آب در منطقه از واحد سنجش زمانی استفاده می‌شد و واحد تقسیم آب طاق بود. منظور از طاق مدت زمان طلوع خورشید تا غروب خورشید و یا غروب خورشید تا طلوع خورشید است و معادل یک جفت طاق یعنی یک شبانه‌روز، ورز گفته می‌شد. برای واحدهای کوچک‌تر از آن نیز از پیاله یا همان فنجان که در روش سنجش حجمی رایج بود استفاده می‌کردند (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸).

- مدار گردش آب

به فاصله زمانی بین دو نوبت حقابه در آبیاری زمین کشاورزی، مدار گردش آب گفته می‌شود؛ که البته در برخی از مناطق دارای اسامی محلی بود (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸). برای مثال در روستای ینگ‌آباد اصفهان از دار به عنوان مخفف کلمه مدار یاد می‌شود و به عنوان پسوند روزهای مدار گردش آب استفاده می‌شود: دار، دار دوم، دار سوم و آخرین روز گردش مدار را نیز کلث یا کلز می‌نامیدند (طاووسی، ۱۳۸۴). مدار گردش آب در روستاها تحت تأثیر نیازهای اولیه منطقه، اعمال قدرت و مالکیت سیاسی بود. منظور از نیازهای اولیه منطقه، تعداد خانوارهای صاحب نسق و نوع کشت بود. منظور از اعمال قدرت این بود که برخی از دهقانان به واسطه داشتن توانایی مالی بالا، به ازای حل مشکلات مادی سیستم آبیاری سهمی از آب منبع مذکور دریافت می‌کردند. در مالکیت سیاسی نیز افراد به واسطه قدرت و یا زور سیاسی، سهم آب از منابع دریافت می‌کردند. البته لازم به ذکر است که مدار گردش آب تحت تأثیر موقعیت جغرافیایی نبود. این موضوع را می‌توان از بررسی مدار گردش آب روستاهای مجاور هم دریافت، به گونه‌ای که روستاهای مجاور هم و دارای موقعیت جغرافیایی یکسان از مدار گردش آب یکسان تبعیت نمی‌کردند (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸).

در برخی از نقاط کشور طول مدار گردش آب را در آغاز سال زراعی مشخص می‌کردند. در برخی از مناطق حجم آب را یک نفر مقنی که از خارج روستا آمده بود، محاسبه می‌کرد که معمولاً رقم‌زن نام داشت و در برخی مناطق این عملیات را میرآب انجام می‌داد (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸). در هر روستا طول مدار گردش آب با روستای دیگر متفاوت بود و این مسئله وابسته به موضوعات مختلف بود. اما به طور معمول و میانگین مدار گردش آب در روستاهای ایران ۱۲ روز بود (طاووسی، ۱۳۸۴؛ صفی‌نژاد، ۱۳۶۸).

تغییرات طول مدار گردش آب در رابطه با تغییر فصل صورت می‌گرفت. در کشت بهاره به دلیل اینکه به طول روز افزوده شده و هوا به گرمی می‌رفت، طول مدار گردش آب و ساعات هر حقابه کاهش یافته و در کشت پاییزه به دلیل سرد شدن هوا و کوتاه شدن روز، طول مدار گردش آب زیاد و ساعات هر حقابه زیادتر می‌شد (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸). نوع محصول نیز عامل دیگری است که بر طول مدار گردش آب تأثیرگذار بود (زاهدی، ۱۳۸۶). تغییرات طول مدار گردش آب با تغییرات تعداد واحدهای زراعی سنتی (بنه، صحرا و ...) رابطه مستقیم داشت. گاهی با کاهش مقدار آب، برخی از صاحب نسقان به خوش‌نشینان روستا پیوسته و تعداد بنه‌ها کم می‌شد و در نتیجه طول مدار گردش آب کاهش می‌یافت. گاهی نیز با افزایش حجم آب، میزان زمین‌های زراعی کشت شده افزایش می‌یافت که این، نیاز به نیروی کار را افزایش داده و در نتیجه خوش‌نشینان به صاحب نسقان می‌پیوستند و تعداد بنه‌ها افزایش می‌یافتند. تغییرات در حجم آب‌دهی نیز سبب تغییرات در مدار

گردش آب‌دهی می‌شد. افزایش حجم آب اغلب سبب می‌شد که جوی‌های آب کشت مقدار آب را نداشته باشند و به تعداد نهرها افزوده شده و طول مدار گردش آب کاهش یابد (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸). در بسیاری از روستاها برای مدار گردش آب طومار نامه‌هایی تنظیم می‌شد که آب‌نامه نیز گفته می‌شود. در مدارهای گردش آبی که تقسیم‌بندی بر اساس شبانه‌روز بود، اسامی خاص محلی برای هر شبانه‌روز انتخاب می‌شد که در این طومارها ذکر می‌شد (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸). در روستاهای شهرستان نائین به طومارنامه، دفتر طاق‌داری گفته می‌شد و این طومارنامه بر اساس نوع محصول کشت شده در مزارع به دو دسته طومارنامه شتوی و طومارنامه صیفی^۲ تقسیم می‌شد. طومارنامه صیفی معمولاً کوتاه‌تر از طومارنامه شتوی بود. همه ساله طومار تعویض می‌شد و اطلاعات جدید خرید و فروش احتمالی، کم و زیاد شدن سهمیه‌ها، جابجایی نوبت حقابه‌بران در نسخه‌های جدیدی ثبت و مهور می‌شد و سه نسخه از آن طومار نزد شخص امینی نگه‌داری می‌شد. همچنین هر سال طومارنامه سال گذشته با وجود از دست دادن ارزش اجرایی خود، ارزش تاریخی خود را حفظ می‌کرد (صفی‌نژاد، ۱۳۸۴).

- سازمان‌های آبیاری در سطح روستاها

سازمان‌های آبیاری در روستاهای مختلف با هم تفاوت‌های اندکی داشتند. اهمیت سازمان‌های آبیاری در آبادی‌ها در حدی بود که بدون تردید باید گفت قدمت سازمان آبیاری هر آبادی در حد قدمت خود آن آبادی بود (زاهدی، ۱۳۸۶). در برخی از روستاها، چندین تن و در برخی فقط یک نفر مسئول این امر بود. میرآب شخصی بود که در اکثر روستاها با اسامی مختلف محلی، مسئول سازمان آبیاری بود. این فرد وظیفه تقسیم آب بر مبنای زمان حقابه هر زارع را بر عهده داشت. در برخی روستاها از میرآب با نام محلی میریاو نام برده می‌شد. میرآب در برخی روستاها توسط خود اهالی و در برخی دیگر توسط سران طایفه و کدخداها انتخاب می‌شد (منصوری مقدم، ۱۳۹۳).

هزینه‌های سازمان آبیاری را میرآب از سهامداران دریافت می‌کرد. در برخی روستاها از جمله در شهرستان ایوان غرب استان ایلام، حقوق میرآب را کشاورزان در انتهای فصل برداشت محصول، پرداخت می‌کردند و حق وی عمدتاً از جنس خود محصولات کشاورزی یعنی گندم، جو، ذرت و غیره بود. میزان معینی محصول از سوی افراد صاحب زمین به تناسب سطح زیرکشت محصولات آن‌ها به شخص میرآب پرداخت می‌شد. این سهم به این شکل تعیین می‌شد که در پایان کار به ازای هر جفت زمین، ۱۰ من گندم به میرآب تحویل می‌دادند. کل کار میرآب به مدت پنج ماه از اوایل اردیبهشت ماه تا انتهای شهریور ماه به طول می‌انجامید. حق الزحمه سازمان آبیاری در برخی روستاهای دیگر نیز به ازای هر فنجان آب، از هر کشاورز دریافت می‌شد (منصوری مقدم، ۱۳۹۳؛ صفی‌نژاد، ۱۳۶۸).

پیچیدگی سازمان‌های آبیاری در روستاها بستگی به اهمیت و حجم آب موجود در روستا داشت. در برخی روستاها، سازمان آبیاری دارای اعضای دائمی و غیردائمی بوده که در این سازمان خدمات ارائه کرده و مزد دریافت می‌کردند. این افراد مؤلف، حسابدار، کیال، جویبان و تیره‌گر می‌باشد. مؤلف وظیفه انتخاب، نصب و عزل حسابدار، کیال و جویبان را بر عهده داشت. همچنین تأمین هزینه‌های آبیاری و پرداخت حقوق افراد عضو در سازمان و ترتیب دادن لایروبی مورد نیاز بر عهده مؤلف بود. حسابدار زیر نظر مؤلف بوده و انجام وظیفه ضبط کردن حساب‌ها و ثبت آن‌ها برای هر سهامدار در دفتر و آگاه بودن از کلیه نقل و انتقالات و تغییرات طومار آبیاری از وظایف حسابدار بود. کیال نیز کار شمارش فنجان‌های سنجش زمانی آبیاری و اندازه‌گیری مقدار آب را بر عهده داشت. در این وظیفه دو فرد مشغول به کار می‌شدند که در زمان کار نفر اول، دیگری به استراحت می‌پرداخت و سپس جای این دو فرد عوض می‌شد. جویبان‌ها توسط حسابدار و یا کیال انتخاب می‌شدند و کار آن‌ها عهده‌دار بودن محافظت از آب در طول مسیر نهر و جویبارها بود. در این وظیفه همیشه سه نفر مشغول بودند که یک نفر همیشه در مسیر آب حرکت می‌کرد و حراست از آب را بر عهده داشت و دو نفر دیگر هر کدام همراه با آب نهر حرکت کرده و کار باز و بسته کردن آب را از باغی به باغ دیگر بر عهده داشتند. تیره‌گرها در تابستان به گل‌آلود کردن آب‌ها می‌پرداختند تا لای‌ها در آب حل شده و رسوبات آن در زمین‌های مزروعی ته‌نشین شوند و زمین‌های زراعی را حاصلخیز نماید (منصوری مقدم، ۱۳۹۳؛ صفی‌نژاد، ۱۳۶۸). در برخی از روستاهای دیگر این سازمان ساده‌تر بوده و فقط سر ده یا ده‌باشی‌ها به مسائل رسیدگی می‌کردند. برای هر گروه دهه یکی از افراد سهامدار آن دهه به‌عنوان سر دهه انتخاب می‌شد و مسئول حسابرسی به امور دهه خود بود. بیشترین سهامدار نیز به سر دهگی انتخاب می‌شد. در بین سر دهه‌ها نیز بزرگ‌ترین سهامدار رئیس شورا بود (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸).

میراب‌ها جلوی زیاده‌روی و زیاده‌خواهی افراد را گرفته و برای افراد خاطی، تنبیهاتی را در نظر می‌گرفتند و اغلب در صورت تخلف برای یک یا دو دوره فرد متخلف را از آب محروم می‌کردند و مسائل را به شورای محلی (ریش‌سفیدان و کخدایان) گزارش می‌کردند.

در روستاهای حوالی رودخانه گرمابدشت استان گلستان عملیات تقسیم آب رودخانه و تعیین سهم هر روستا توسط فردی از خانواده دروگران صورت می‌گرفت. سهامداران آب استاد نجاری را که دارای سابقه طولانی و قدمت کاری زیاد بوده و اجداد وی نیز به‌عنوان نجاری شناخته شده بودند را با خود به محلی به نام شاه‌بند (محل اصلی تقسیم آب) می‌بردند تا این کار را انجام دهد. وظیفه نظارت و نگهداری بر تقسیم آب نیز توسط سه نفر

که هر یک نماینده یک یا چند روستا بودند صورت می‌گرفت. این افراد به‌عنوان درکبان شاه‌بند، به‌طور متوالی در تمام مدت دوره آبیاری اراضی صاحب نسقان که از اول اردیبهشت هر سال تا پانزدهم مهرماه ادامه داشت، کار نظارت و نگهداری را بر عهده داشتند. در این منطقه تعیین میزان سهم حقایه روستاها تحت تأثیر دو عامل سطح شالیکاری در هر روستا (نسق) و قدرت و نفوذ ارباب روستاها بود. در این روستا سلسله مراتب افراد در توزیع آب از حدود سال‌های ۱۲۸۵ تا ۱۳۴۲ به‌صورت ارباب و مالک، کدخدا، پاکار، میرزا، انجمن رعیت و در نهایت کشاورز در سطح منطقه گرمابدشت جاری و نافذ بوده است. در این بین، افرادی نیز در زمینه توزیع آب فعالیت داشتند. درکبان مسئول و نگهدار حفاظت از محل تقسیم آب هر روستا بود. سیاری، نگهدار و محافظ آب رودخانه در مسیر انتقال از محل درک تا اول آبادی و میراب، مسئول تقسیم و تحویل آب از اول ورودی تا محل نسق و اراضی داخل نسق بود. حقوق افراد ذکر شده نیز از محصول عاید شده در هر دوره کشاورزی داده می‌شد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰).

تعیین نوبت آبیاری سهامداران یکی از کارهایی است که توسط سازمان آبیاری صورت می‌گرفت. این عملیات در روستای سمرقاه در تربت‌جام، بیجه‌کردن نام داشت. این عملیات در شروع سال زراعی آغاز می‌شد و با قرعه‌کشی در بین حقایه‌داران، نوبت مقدم تا مؤخر برای آب گرفتن، مشخص می‌شد. در برخی از روستاها برای اینکه به‌صورت مداوم زمان حقایه سهامداران در شب یا در روز نیافتد و به‌صورت ترکیبی از شب و روز باشد، در انتهای هر دوره جای نفرات به صورت چرخشی تغییر داده می‌شد. این عملیات را گردش به گردش می‌نامیدند و هدف ثابت نماندن زمان آبیاری سهامداران بود (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸).

در اغلب روستاها خرید و فروش آب و یا تعویض در داخل طایفه‌ها مجاز بوده و در خارج از طایفه عملی ناپسند بود و چنانچه این عمل صورت می‌گرفت به شکل محرمانه و مخفیانه انجام می‌شد. البته لازم به ذکر است که شخص فروشنده آب نیز جایگاه و ارزش اجتماعی خود را از دست می‌داد (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸). البته گاهی اوقات با موافقت تمام صاحبان سهام، یک شبانه‌روز از آب را خارج از مدار گردش به فروش می‌رساندند و درآمد حاصله را برای لایروبی قنات و کارهای مرتبط با آن هزینه می‌کردند که به آن نام‌های محلی ازجمله فرع‌خیز داده می‌شد. البته این کار زمانی انجام می‌شد که سهامداران دچار کمبود آب نبودند و آب اضافی به فروش رسانده می‌شد (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸). در روستاهای استان ایلام، به آب اضافی بیل شور گفته می‌شد و این بیل شور را با اجازه کدخدا در اختیار اهالی روستاهای پایین‌دست قرار می‌دادند تا مشکل افرادی که دچار کم‌آبی هستند حل شود (منصوری مقدم، ۱۳۹۳).

۳- مدیریت بهره‌برداری از آب

با توجه به اینکه محدودیت منابع آبی از گذشته، محور اصلی نظام آبیاری بوده، کشاورزان در بهره‌برداری از آب، روش‌ها و اقداماتی را با هدف صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از هدر رفت آب به کار می‌گرفتند. این اقدامات در ادامه توضیح داده می‌شود.

- افزایش فشار و سرعت آب (آبیاری سریع) با هدف استفاده بهینه از آب

در بهره‌برداری کشاورزان از آب، گاهی میزان آب قنات‌ها کاهش می‌یافت. به واسطه حجم پایین و قدرت کم آب و در نهایت نداشتن سرعت و کاربرد آب در شرایط طبیعی، حقابه‌داران هنگام دریافت حقابه خود، دهانه خروجی آب قنات را با وسیله‌ای چوبی می‌بستند، پس از این‌که حدود نیمی از آب حقابه آنان در استخر انباشته می‌شد دهانه خروجی را باز می‌کردند و در زمان باقی مانده برای استفاده از نیم دیگر حقابه خود، آب را با فشار زیادتری دریافت می‌کردند. در نتیجه آب با سرعت و کاربرد بیشتری به سمت زمین‌ها جاری می‌شد (صفی‌نژاد، ۱۳۸۴).

- روش‌های آبیاری سنتی

روش‌های آبیاری در آبیاری سنتی ایران شامل روش‌های غرقابی یا کرتی، نشتی یا فارویی (جوی-پشته‌ای)، تشتکی یا حوضچه‌ای، کوزه‌ای یا سبویی و روش بیل آب یا سیلابی است (گروسی، ۱۳۸۲). روش آبیاری کوزه‌ای در زراعت‌های جالیزی مناطق بیابانی استفاده می‌شد. آبیاری تراوا یا همان کوزه‌ای (شکل ۱) از باستانی‌ترین و ارزان‌ترین روش‌های آبیاری شناخته شده برای مزارع کوچک می‌باشد. این روش آبیاری با استفاده از کوزه‌های رسی متخلخل، بدون لعاب، دفن شده در منطقه توسعه ریشه گیاه انجام می‌شد. با طراحی صحیح این سیستم از نیروی مکش خاک برای برداشت آب از منبع می‌توان استفاده کرد. آب از کوزه با سرعتی به بیرون نشست می‌کند که تحت تأثیر جذب ریشه گیاه است (مجدزاده و رهنما، ۱۳۸۶). از جمله مزایای این نوع روش‌های سنتی داشتن فناوری بومی، تحول‌پذیری، اشتغال‌زایی، توسعه درون‌زا و پایدار است (حقوقی اصفهانی، ۱۳۹۲).



شکل ۱- نمونه‌ای از آبیاری کوزه‌ای

عملیات لایروبی نیز از دیگر عملیاتی بود که به‌صورت گروهی توسط کل افراد حقابه‌دار انجام می‌شد. عملیات لایروبی با همکاری سهامداران آب صورت می‌گرفت. از هر واحد زراعی چند نفر برای انجام عملیات بر سر مظهر قنات فرستاده می‌شدند و یک نفر را به‌عنوان ممیز از میان خود انتخاب کرده، مسیر آب با چوب بلند یا دسته یا قدم افراد معتمد اندازه‌گیری شده و تقسیم‌بندی کرده، سپس افراد قسمتی از مسیر آب را لایروبی می‌نمودند و چنانچه لایروبی به طول می‌انجامید افراد تعویض می‌شدند (صفی‌نژاد، ۱۳۶۸). پس از صورت گرفتن کار لایروبی، افرادی محدوده لایروبی شده را بررسی می‌کردند تا از این مطمئن شوند که هدررفت آب وجود نداشته باشد و از نشست آب جلوگیری شود و خلل و فرج‌ها و سوراخ‌ها را با گل و سنگ و سفت کردن مجاری احتمالی پر می‌کردند تا از نفوذ آب به خارج از نهر جلوگیری کنند و بهره‌برداری از آب را به حداکثر خود برسانند (منصوری مقدم، ۱۳۹۳).

یکی از بزرگ‌ترین گروه‌های فعال در عملیات لایروبی در سیستم مدیریت سنتی منابع آب در استان سیستان و بلوچستان تحت عنوان حشر بود. در انتهای فصل تابستان بعد از برداشت محصول زراعی با کاهش سطح آب هیرمند، کشاورزان دارای حقابه، مجبور بودند در امر لایروبی مشارکت داشته باشند. طی عمل لایروبی دیواره‌های رودها و کانال‌های اصلی و انهار درجه دو و درجه سه سنتی مرمت می‌شد. افراد شرکت‌کننده در حشر تا ۱۶۰۰۰ نفر نیز می‌رسید. بر اساس اسناد تاریخی، با توجه به تعداد افراد گروه کاری، میزان و حجم کاری که توسط حشرهای سیستان صورت می‌گرفت، می‌توان نتیجه گرفت که کار بزرگی انجام می‌شد که نمونه‌های این نوع کار جمعی را به راحتی در تاریخ می‌توان پیدا کرد. انتهای سدها، رود و انهار بزرگ و کوچک را در مدت ۲ الی ۳ ماه لایروبی می‌کردند. به دلیل رسوب‌گذاری‌های شدید هیرمند، رودخانه‌ها و مسیر انهار دائماً جابجا می‌شدند و نیاز زیادی به لایروبی داشتند؛ به همین دلیل خاک‌های رسوب‌گذاری شده به اطراف ساحل هدایت و خاک‌ریز اطراف رودخانه‌ها یا نهر تقویت می‌شد که منجر به هدایت آب و جلوگیری از سیلاب می‌شد (جمعه‌پور و میرلطفی، ۱۳۹۱).

به‌طورکلی در مرحله توزیع و تقسیم آب در بهره‌برداری سنتی از منابع آب روستاها، سازمان‌های آبیاری نقش اصلی و تعیین‌کننده داشتند. این سازمان‌ها که اندازه آن‌ها به‌شدت کمبود آب و اهمیت آن در روستاها وابستگی مستقیمی داشت، وظیفه توزیع و تقسیم آب را در غالب تقسیم آب، مدار گردش آب، لایروبی و ثبت و ضبط این فرایند بر عهده داشتند. افراد نقش‌آفرین در سازمان‌های آبیاری از بطن جامعه محلی بوده و به همین دلیل مورد قبول روستاییان بود. همچنین این افراد شناخت کافی از روستا و شرایط موجود داشتند و مردم روستا نیز چون این سازمان از میان خودشان بود، همکاری‌ها و انسجام لازم را در موقعیت‌های مختلف از خود بروز می‌دادند.

روش بومی دیگری که در مناطق خشک و کویری و حتی برای تولید محصولات آب‌بری همچون هندوانه از آن استفاده می‌کردند، روش چاله‌ای است (شکل ۲). این روش در منطقه چال سنبک آران و بیدگل شهرستان کاشان رایج بوده است. مزارع دیم چال سنبک حدود ۸ کیلومتری شمال شرق بیدگل و در بین تپه‌های ماسه بادی واقع شده است. این روش با دانش اکولوژی محلی از حدود ۳۰۰ سال پیش شکل گرفته است و اکنون نیز نسل ششم کشاورزان قدیم در چال سنبک همچنان و البته به صورت محدود در این زمینه مشغول فعالیت‌اند. زارعان چال سنبک به جای دست‌کاری در سفره‌های آبی، به تسطیح چاله‌هایی ۸ تا ۳۰ متری اقدام کرده که اطراف آن‌ها را توده‌های ماسه بادی در ارتفاعات متغیر تا ۴۰ متر و دارای شیب‌هایی تا ۶۰ درجه فراگرفته‌اند. زارعان برای جلوگیری از هجوم ماسه‌ها به کف چاله‌های زراعی، شیب‌های ماسه بادی اطراف چاله‌ها را به وسیله فروبردن نی‌های متسلسل در ماسه‌ها تثبیت می‌کنند (مرادزاده، ۱۳۹۴).



شکل ۲- نمونه‌ای از جالیز هندوانه در چال‌سنبک که برای ممانعت از ورود ماسه با فنس محصور شده است.

- الگوی کشت جهت استفاده از آب مازاد

در اغلب روستاهای ایران الگوی کشت با توجه به محدودیت آب تنظیم می‌شد. برای مثال در استان خراسان شمالی، در روستاهای سرشاخه‌های اترک، زارعین به دلیل وجود آب در پرآب‌ترین فصل‌های سال یعنی پاییز و بهار، به کشت غلات اقدام می‌نمودند و بر اساس حقایق و سهم خود ۵ نوبت اراضی را آبیاری می‌کردند. همچنین به سبب نوع کشت، در زمستان و تابستان آب نیاز نداشتند. در زمستان و تابستان نیز آب در اختیار باغ‌داران قرار می‌گرفت. در الگوی کشت درخت انگور برای استفاده از مازاد آب در زمستان با احداث جوی و پشته‌های عمیق، آب در جوی‌ها ذخیره می‌شد که این یخ باعث آفت‌کشی در باغات نیز می‌شد (شکیبا و نظریور، ۱۳۸۸).

- کشت گیاهان با نیاز آبی کم

گیاه گاوآینه یکی از گیاهان لگوم است که کشت و کار آن ده‌ها سال قبل در نواحی شمال غرب، غرب و شمال شرق کشور رایج بوده است؛ اما این گیاه امروزه به فراموشی سپرده شده است (اعتدالی و باغبان کهنه روز، ۱۳۸۶). از نظر پژوهشگران مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی مناطق خشک (ایکارا) امروزه رسیدن به سامانه زراعی پایدار نیازمند به کشت لگوم‌های علوفه‌ای سازگار با مناطق خشک است (فتحی رضایی و همکاران، ۱۳۸۹). گاوآینه نمونه‌ای از این گیاهان سازگار با مناطق خشک و کم آب است که امروزه می‌توان با الگو گرفتن از کشاورزی سنتی تولید گیاهانی مانند آن را توسعه داد. ارزش‌ها نمونه‌ای دیگر از گیاهان مقاوم به خشکی هستند که در ایران و دیگر کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان سابقه تاریخی طولانی دارند. ارزش‌ها پتانسیل بسیار بالایی برای مطرح شدن به عنوان گیاهان مقاوم در مناطق خشک، به‌عنوان محصول علوفه‌ای (تازه یا سیلویی)، دارند. کنجد یکی دیگر از گیاهان فراموش شده است که سابقه کشت آن به دوران ایران باستان می‌رسد و عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران کشت می‌شد. این گیاه علاوه بر این که یک گیاه روغنی است، جزو گیاهان دارویی نیز است. کتان نیز یکی از گیاهانی است که به‌عنوان یک گیاه فراموش شده، سازگاری بالایی به شرایط خشک و نیمه‌خشک دارد و وجود گونه‌های وحشی آن در محیط‌های طبیعی حکایت از سازگاری این گیاه با شرایط اکولوژیکی ایران دارد. بیشترین میزان کشت این محصول در ایران در استان زنجان گزارش شده است. از دیگر گیاهان مقاوم به خشکی می‌توان به گیاه روناس، زیره سبز، زعفران و اسفرزه اشاره کرد (رضوانی مقدم، ۱۳۹۱). در گذشته به دلیل سازگاری بالای این گیاهان به کم آبی، بیشتر به کشت آنها پرداخته می‌شد؛ اما امروزه این گیاهان در دسته گیاهان فراموش شده هستند.

- روش‌های مقابله با خشک‌سالی

کشاورزان دارای دانش بومی برای مقابله با خشک‌سالی و پیامدهای گسترده ناشی از آن هستند که برخی از مهم‌ترین آن‌ها شامل استخرهای ذخیره آب، اندود کردن جوی‌ها و نهرها با خاک رس، حذف ریشه‌های سطحی، هرس شدید درختان در مواقع خشک‌سالی، ماله‌زنی و دیسک زدن خاک پس از آبیاری، استفاده از کاه و کلش در موقع آبیاری، کاشت عمقی بذر نباتات، پیش‌بینی وضع هوا از طریق روش‌های سنتی، کشت محصولات زودرس، استفاده از روش‌های زراعی کم شخم، کشت هم‌زمان محصولات، کشت ردیفی و ... می‌شوند (رضایی و همکاران، ۱۳۹۰؛ غلامی و علی‌بیگی، ۱۳۹۳).

دانش بومی، دانشی ملی و ارزشمندی است که بر پایه‌ی گذر زمان شکل گرفته، کامل شده و در کاربردی‌ترین حالت در اختیار بومیان قرار گرفته است. بنابراین باید به‌مثابه جزئی از منابع ملی مورد توجه و ملاحظه قرار گیرد. مرور مطالعات مختلف در حوزه دانش بومی نشان داده است که به‌کارگیری این دانش در بسیاری از کشورها به‌طور فزاینده‌ای پربازده، پایدار و از نظر اکولوژیکی مطلوب است. تجربه نظام برنامه‌ریزی کشور ما نشان داده است که فرایند برنامه‌های توسعه روستایی کشور طی شصت سال سابقه برنامه‌ریزی، اغلب توسط برنامه‌ریزان و مجریان دولتی، از طریق راهبرد بالا به پایین و با تأثیرپذیری از نظریه‌های نوسازی صورت گرفته است. در این برنامه‌ها روستاییان کمتر نقش واقعی در امر توسعه پایدار و مشارکت در امر برنامه‌ریزی را ایفا نموده‌اند. نتایج سال‌ها تجربه نظام برنامه‌ریزی متمرکزگر بدون توجه به دانش بومی و مشارکت مردم روستا، بیانگر هدر رفت امکانات و شکست فرایند برنامه‌ریزی توسعه روستایی است. در واقع مرور تجارب مختلف در سطح کشور نشان داده است که ودیعه گرفتن فناوری‌ها، روش‌ها و تجارب دیگر کشورها بدون در نظر گرفتن تفاوت‌های بین جوامع، فرهنگ‌ها و فضاها نمی‌تواند به توسعه پایدار در جوامع منجر شود (نجف‌لو و یعقوبی، ۱۳۹۶).

کشور ایران همواره کمبود آب را در تمام دوران تجربه کرده و امروزه این مسئله به چالش مهمی تبدیل شده است. دانش بومی در نظام مدیریت منابع آب سنتی در روستاهای ایران می‌تواند نکات ارزشمندی را در اختیار بگذارد که شاید برای کنار آمدن با این چالش و مدیریت آب بتواند استفاده شود. بررسی نظام مدیریت سنتی منابع آب نشان داد که در تمام سطوح فرآیندهای مدیریتی اعم از تأمین، توزیع و تقسیم آب و بهره‌برداری، ذی‌نفعان برنامه نقش اصلی را داشته و انجام کلیه امور مدیریت برعهده گروه‌هایی از خود جامعه روستایی بوده است. همچنین باید گفت که این مدیریت سنتی که مدیریت مشارکتی بر پایه خودیاری روستاییان در تمام ابعاد برنامه بود، دست‌آوردی تطبیقی از ضرورت‌های جغرافیایی، تاریخی، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و رفتاری مدیریت مشارکتی بومی برخاسته از درون جامعه و برای خود آن جامعه بوده است. این نظام که در پاسخ به مشکل کم آبی ابداع شده و کاملاً کارکردگرا است، در واقع بر پایه دانش مدیریتی بومی روستاییان بوده است که در گذر زمان به‌مثابه صیقل بر جوانب مختلف برنامه عمل کرده و برای تمام زوایا و جزئیات، راه‌حل‌هایی ارائه داده است.

۱- بنه واحد مستقل زراعی است که تعدادی دهقان با سمت‌های مشخص اجتماعی بر اساس تقسیم کاری که مبتنی بر امتیازات اقتصادی و منزلت‌های اجتماعی بود، در یک یا چند قطعه زمین مشخص، با مقداری آب و نیروی شخم معینی، به وسیله تعدادی ابزار کار متعلق به بنه، به مدت یک سال زراعی در یک آبادی به کشت و زرع می‌پرداختند (کلانتری، ۱۳۹۰).

۲- در دوره صفویه به یکی از طبقات کارگزاران دربار مستوفیان گفته می‌شد که وظیفه آنان نظارت بر اراضی بوده و تمام امور اراضی توسط آنان ثبت و نگه‌داری می‌شد (نظرکرده، ۱۳۸۸).

۳- آورد رودخانه در شرایط بدون سیلاب که ناشی از تغذیه چشمه‌سار می‌باشد، دبی پایه رودخانه گفته می‌شود.

۴- افراد صاحب نسق به زراعی‌نی گفته می‌شد که در نظام ارباب رعیتی، به عنوان رعیت در زمین‌های متعلق به مالک ده به زراعت اشتغال داشتند. بعدها این عبارت در زمان تنظیم اسناد رسمی انتقال مالکیت از مالک به زراعت به عنوان کسی یاد شد که حق مالکیت دریافت کرده و زمین به وی واگذار شده بود (نبی زاده، ۱۳۷۳).

۵- منظور از هر تاق شبانه‌روزی است که در نظام تقسیم آب بر اساس شبانه/روز نام‌گذاری می‌شد. هر تاق مدت زمان اختصاص آب به بخشی از کشاورزان است. تاق‌بندی نیز به این نظام تقسیم آب گفته می‌شود.

۶- طومارنامه صیفی به طومارنامه متعلق به محصولات تابستانه و طومارنامه شتوی به طومارنامه محصولات کاشته شده در زمستان گفته می‌شد.

منابع

- ازکیا، م. و رستمعلی‌زاده، و. ۱۳۹۳. جنبه‌های اجتماعی نظام آبیاری در ایران. مجله انسان‌شناسی، ۱۲(۲۱): ۴۳-۱۱.
- افراخته، ح. و بیات، م. ۱۳۹۰. بررسی تطبیقی شیوه‌های سنتی و نوین در بهره‌برداری از منابع محدود آب (مطالعه موردی: روستای جوادیه). همایش بین‌المللی دانش سنتی مدیریت منابع آب، یزد، مرکز بین‌المللی قنات و سازه‌های تاریخی آبی، یزد، ۲ اسفند ماه. https://www.civilica.com/Paper-TKWRM01-TK-WRM01_009.html
- اعتدالی، ف. و باغبان کهنه روز، ب. ۱۳۸۶. کالزایی و باززایی از گیاه زراعی قدیمی و فراموش‌شده گاوآنه *Vicia ervilia*. (willd) L. پنجمین همایش ملی بیوتکنولوژی جمهوری اسلامی ایران، انجمن بیوتکنولوژی جمهوری اسلامی ایران، تهران، سالن اجلاس سران ۳-۵ آذرماه.

بوعلی، ع.، جعفری، ر. و بشیری، ح. ۱۳۹۲. روش‌های سنتی بهره‌برداری از سیلاب. اولین همایش ملی مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط‌زیست و منابع طبیعی پایدار، همدان، انجمن ارزیابان محیط‌زیست هگمتانه، https://www.civilica.com/Pa-per-MEAENRS01-MEAENRS01_251.html

پاپلی یزدی، م.ج. و لباف خانیکی، م. ۱۳۷۷. واحد تقسیم آب در نظام‌های آبیاری سنتی (فنجان). تحقیقات جغرافیایی، ۵۰(۴۹): ۴۷-۷۳.

جانب‌اللهی، م.س. ۱۳۶۹. نظام تقسیم آب و حساسی و خردی و فروش آب در آبیاری سنتی میبد. تحقیقات جغرافیایی، ۱۷: ۵۲-۱۰۰.

جمعه‌پور، م. و میرلطفی، م. ۱۳۹۱. نقش دانش بومی و کارکرد نظام سنتی مدیریت مشارکتی منابع آب در معیشت پایدار روستایی مورد مطالعه: گروه‌های بزرگ کاری لایروبی کانال‌های آبیاری (حشر) در سیستان. فصلنامه علوم اجتماعی، ۱۹(۵۶): ۱-۳۱.

حسینی، س.م.، لطفی، ی. و حسینی، س.م. ۱۳۹۰. بررسی تاریخی نحوه بهره‌برداری سنتی رودخانه گرمادشت استان گلستان و نقش احداث سد کوثر در پایاب آن، همایش بین‌المللی دانش سنتی مدیریت منابع آب. مرکز بین‌المللی قنات و سازه‌های تاریخی آبی، یزد. https://www.civilica.com/Paper-TK-WRM01-TKWORM01_022.html

حقوقی اصفهانی، م. ۱۳۹۲. نظام‌های بهره‌برداری از منابع آب در کشاورزی ایران. انتشارات سمر، جامعه مهندسان مشاور ایران: تهران. ۴۱۶ص.

فلاح رستگار، ع.، سوفی، م. و هزارخانی، م. ۱۳۹۰. نقش مدیریت سنتی و مدرن آب در مشارکت مردمی در مراحل برنامه‌ریزی، احداث و بهره‌برداری شبکه و آبیاری و زهکشی. همایش بین‌المللی دانش سنتی مدیریت منابع آب. مرکز بین‌المللی قنات و سازه‌های تاریخی آبی، یزد، ۴ اسفندماه.

رضایی، ر.، اسحاقی، س.ر. و صفا، ل. ۱۳۹۰. روش‌های سنتی در مدیریت منابع آب جهت مقابله با خشکسالی با تاکید بر دانش بومی کشاورزی. همایش بین‌المللی دانش سنتی مدیریت منابع آب، یزد، مرکز بین‌المللی قنات و سازه‌های تاریخی آبی، https://www.civilica.com/Paper-TKWRM01-TKWORM01_062.html

رضوانی مقدم، پ. ۱۳۹۱. گیاهان جدید و گیاهان فراموش‌شده. در: کوچکی، ع. و خواجه‌حسینی، م. (ویراستاران). زراعت نوین. ص ۳۸۸-۴۱۹. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. مشهد.

زاهدی، م.ج. ۱۳۸۶. نگاهی به بنیان‌های جامعه‌شناختی نظام‌های آبیاری سنتی در ایران. پیک نور، ۱۷: ۳-۱۸.

شکیبا، ف.، نظرپور، ع. ۱۳۸۸. نقش نظام آبیاری سنتی در نظام برنامه‌ریزی تحویل آب از سدهای مخزنی به شبکه‌های

آبیاری در شرایط کم‌آبی و خشک‌سالی. مجموعه دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، مدیریت آبیاری در ایران، چالش‌ها و چشم‌اندازها. ۵ و ۶ اسفندماه. صص ۱۹۷-۲۰۶.

صابری، ا. و کرمی دهکردی، ا. ۱۳۹۳. مقایسه فرهنگ و دانش بومی با دانش رسمی در حوزه آبخیزداری. دو فصلنامه دانش‌های بومی ایران، ۱: ۱۸۱-۲۰۳.

صفی‌نژاد، ج. ۱۳۶۸. نظام‌های آبیاری سنتی در ایران، جلد دوم. موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد. ۲۷۷ ص.

صفی‌نژاد، ج. ۱۳۸۴. نظام‌های آبیاری سنتی در نائین. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران: تهران. ۵۹۴ص.

طاووسی، ت. ۱۳۸۴. نظام‌های مدیریت سنتی آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، مطالعه موردی: کشتزارهای ینگ‌آباد. مجله جغرافیا و توسعه، ۳(۶): ۹۳-۱۱۲.

عبدی، پ. ۱۳۸۶. گل (Gowl) روش سنتی برای حفاظت و بهره‌برداری از منابع آب کوچک در استان زنجان. دومین همایش ملی کشاورزی بوم‌شناختی ایران، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان. https://www.civilica.com/Paper-NCEA02-NCEA02_064.html

غلامی، م. علی بیگی، ا.ح. ۱۳۹۳. شناسایی روش‌های بومی مدیریت خشکسالی مطالعه موردی: شهرستان سرپل ذهاب. پژوهشهای روستائی، ۳(۵): ۶۱۱-۶۳۸.

غفاری، م. سلطانی، ج. ۱۳۹۲. بررسی مسائل و مشکلات موجود در سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار. ششمین کنفرانس سراسر آبخیزداری و مدیریت منابع آب‌و خاک کشور، انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران، کرمان. https://www.civilica.com/Pa-per-NCWMSWRM06-NCWMSWRM06_080.html

گروسی، ع.ع. ۱۳۸۲. تاریخ آب و آبیاری استان کرمان. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران: تهران. ۱۷۲ص.

فتحی رضایی، و.، ولی‌زاده، م.، علیزاده، خ. و زهتاب سلماسی، س. ۱۳۸۹. ارزیابی لاین‌های گاوآینه (Vicia ervilia) در شرایط دیم و آبی. مجله دانش کشاورزی پایدار، ۲(۱): ۲۳-۳۷.

فرزام‌نیا، م. و عباسی، ف. ۱۳۹۰. بررسی مسائل فنی و بهره‌برداری از برخی قنوات استان کرمان. مجله علوم آب و خاک، ۱۵(۵۵): ۴۱-۵۵.

کلانتری، خ. ۱۳۹۰. جامعه‌شناسی روستایی، چاپ پنجم. نشر دانشگاه پیام نور: تهران. ۲۳۶ص.

مرادزاده، ف. ۱۳۹۴. احیای روش‌های سنتی آبیاری؛ راه حلی برای کم‌آبی. جام جم آنلاین، کد خبر: ۲۰۵۷۷۰۷۶۲۵۲۹۶۳۷۸۷۴۷. <http://jjo.ir/kurSTt>

مجدزاده، ب. و رهنما، م. ۱۳۸۶. بررسی آبیاری کوزه‌ای درخت پسته به صورت خودکار با نیروی مکش خاک. نهمین سمینار سراسری

آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر، انجمن مهندسی آبیاری و آب، کرمان. https://www.civilica.com/Paper-AB-YARI09-ABYARI09_191.html

ملکی نژاد، ح.، طاهری، ر. و اسکندری، م. ۱۳۹۰. بررسی نظام‌های سنتی بهره‌برداری از منابع آب در ایران، همایش بین‌المللی دانش سنتی مدیریت منابع آب، مرکز بین‌المللی قنات و سازه‌های تاریخی آبی، یزد. https://www.civilica.com/Paper-TKWRM01-TKWRM01_095.html

منصوری مقدم، م. ۱۳۹۳. نظام آبیاری سنتی در استان ایلام (مطالعه موردی: شهرستان ایوان غرب). مجله انسان‌شناسی، ۱۲(۲۱): ۱۴۱-۱۶۸.

میرزایی، م. و احمدوند، م. ۱۳۸۹. جستاری بر نظام‌های بهره‌برداری از آب در ایران و چشم‌انداز آن در آینده. مجموعه مقالات سومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۰ الی ۱۲ اسفندماه.

نبی‌زاده، م. ۱۳۷۳. بررسی مشکلات اقتصادی اجتماعی ناشی از خردی و پراکندگی زمین‌های زراعی خانوارهای بهره‌بردار.

فصلنامه علوم اجتماعی، ۳: ۲۴۴-۲۰۳.

ندیم، م. و امیری، ح. ۱۳۹۴. نظام سنتی آبیاری در اهرم. نامه انسان‌شناسی، ۲۲: ۱۶۴-۱۸۲.

نجف‌لو، پ. و یعقوبی، ج. ۱۳۹۶. استفاده از دانش بومی جهت تحقق توسعه پایدار روستایی. مجموعه مقالات اولین همایش ملی کشاورزی، منابع طبیعی و دامپزشکی. ۲۱ اردیبهشت دانشگاه اردکان.

نظرکرده، ا. ۱۳۸۸. بررسی برخی اصطلاحات مالی مرتبط با املاک وقفی آستان قدس رضوی. شمس: نشریه الکترونیکی سازمان کتابخانه‌ها، موزه‌ها و مرکز اسناد آستان قدس رضوی، ۱ (شماره ۵ بهمن و اسفند ۱۳۸۸): ۱-۱۳.

Makhura M.N. 2004. Economic Perspective to Indigenous Knowledge in Rural Development, South Africa Rural. Development Quarterly, 2(4): 39-43.

UNDP. (2018). SGP Country Programme Strategy for OP6 <https://www.undp.org/content/dam/bhutan/new-sgp/ProjectProposal.pdf>

Article Type: Case Study

نوع مقاله: مطالعه موردی

Preparation of a Model for Identifying the Required Points for Structural Organizing of Rivers at the level of Vast Areas (Case Study: Golestan Province)

M. Maghrebi^{۱*}, R. Dakhili^۲, A. Ghezelsoflo^۳

1- Ph.D. in Environmental engineering-water resources, Faculty of engineering, University of Tehran, Iran. 2- MSc student in remote sensing, Haraz university, Iran. 3- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University of Mashhad, Iran.

*(Corresponding Author Email: maghrebi.mohsen@ut.ac.ir)

Received: 01-09-2018

Accepted: 29-05-2019

تهیه مدل شناسایی نقاط مورد نیاز ساماندهی سازه‌های رودخانه‌ها در سطح مناطق وسیع (مطالعه موردی: استان گلستان)

محسن مغربی^{۱*}، رسول دخیلی^۲، عباسعلی قزل سوفلو^۳

۱- دکتری مهندسی محیط زیست-منابع آب، دانشکده فنی، دانشگاه تهران. ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از راه دور، دانشگاه غیرانتفاعی هراز. ۳- استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: maghrebi.mohsen@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۱۰

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۰۸

Abstract

In this paper, a spatial analysis model is developed that identifies the required points for structural organizing operations at the level of large catchments. For this purpose, initially the nature of the organizing operation in the different structural sections is defined by different spatial constraints, Then the Arcmap software receives required base layers including topographic layer, land use layer, geology and communication routes and presents suggested outputs including the required position to organizing. The advantages of this model are including the possibility of defining the new constraints, appropriate processing speed, and providing a step-by-step guide in the software environment. To check the accuracy of the model in predicting the required points for organizing, location matching has been done randomly with field visits and database of studies of river organizing plans in Golestan province. The results of this section show that the proposed model is capable of predicting the required structural organizing points with proper accuracy.

Keywords: Organizing the Rivers, Python Modeling, Spatial Processing, Flood Management.

چکیده

در این مقاله یک مدل تحلیل مکانی توسعه داده شده که بر مبنای آن، شناسایی نقاط مورد نیاز عملیات ساماندهی سازه‌های رودخانه‌ها در سطح حوزه‌های آبریز بزرگ، امکان‌پذیر می‌باشد. برای این منظور در ابتدا ماهیت عملیات ساماندهی در بخش‌های مختلف سازه‌های رودخانه بر اساس قیود مختلف مکانی تعریف شده، سپس در محیط نرم‌افزار Arcmap، لایه‌های مورد نیاز پایه، شامل لایه توپوگرافی، لایه کاربری اراضی، زمین‌شناسی و جاده‌های ارتباطی را دریافت و خروجی‌های پیشنهادی شامل موقعیت مورد نیاز جهت ساماندهی را ارائه می‌نماید. از مزایای این مدل می‌توان به امکان تعریف قیود جدید، سرعت پردازش مناسب و ارائه راهنمای گام به گام در محیط نرم‌افزار اشاره نمود. برای بررسی دقت مدل در پیش‌بینی نقاط نیازمند ساماندهی، تطبیق مکانی به صورت تصادفی با بازدیدهای میدانی و بانک اطلاعات مطالعات طرح‌های ساماندهی رودخانه در سطح استان گلستان انجام پذیرفته است. نتایج این بخش نشان می‌دهد که مدل ارائه شده با دقت مناسبی توانایی پیش‌بینی نقاط مورد نیاز ساماندهی سازه‌های رودخانه را دارد.

واژه‌های کلیدی: ساماندهی رودخانه‌ها، مدل‌سازی Python، پردازش مکانی، مدیریت سیل.

ساماندهی رودخانه‌ها به عنوان عملیاتی در کاهش خسارات سیل به حساب می‌آید. هر چند امکان محافظت کامل در برابر سیل وجود ندارد، اما امکان روش‌های کاهش خسارات جدی سیلاب با مدیریت و ساماندهی رودخانه فراهم خواهد گردید (Heidari, 2009). به طور معمول شناسایی نقاط نیازمند عملیات ساماندهی در رودخانه‌ها از طریق مطالعات تعیین حد بستر و حریم و از طریق بازدیدهای میدانی و یا مراجعه به سوابق انجام می‌گیرد (مغربی، ۱۳۸۸). اما معمولاً این روش محدود به گستره مطالعات و یا تکمیل مستندات قبلی در این خصوص بوده و در بعضی از موارد به دلیل عدم دسترسی مناسب به تمامی رودخانه، کامل نمی‌باشد. لذا در سطح استانی و یا منطقه‌ای نیازمند ابزاری هستیم تا در ابتدا یک بازه و یا ناحیه را مورد بررسی قرار داده و تمامی نقاط مورد نیاز عملیات ساماندهی را مشخص نموده و با بازدیدهای میدانی به تعیین مناطق نیازمند ساماندهی در رودخانه‌ها پرداخته شود. این روش نسبت به روش‌های سنتی دارای سرعت بیشتر و نیازمند سقف اعتبارات کمتری می‌باشد؛ اما موفقیت این روش بستگی زیادی به دقت لایه‌های مکانی دارد.

در این مقاله به توسعه مدل پردازش مکانی بر اساس قابلیت‌های زبان برنامه‌نویسی Python در محیط نرم‌افزار Arcmap پرداخته شده که امکان پردازش‌های مکانی مختلفی را برای تعیین نقاط نیازمند ساماندهی در رودخانه‌ها فراهم می‌آورد. در ادامه خروجی‌های این مدل عددی به صورت تصادفی، با بازدیدهای میدانی و سازه‌های پیشنهادی در بانک اطلاعات مطالعات طرح‌های ساماندهی رودخانه، در سطح استان گلستان مورد ارزیابی قرار گرفته است.

ناحیه مورد بررسی شامل محدوده استان گلستان به مساحت تقریبی ۲۰۳۶۷ کیلومتر مربع، شامل ۱۴ شهرستان، ۲۶ شهر، ۲۷ بخش، ۶۰ دهستان و ۹۲۷ روستا می‌باشد. حوضه‌های آبریز استان از دو بخش مهم سیل‌خیز (مناطق کوهستانی و مرتفع) بامساحت ۹۵۰ هزار هکتار و سیل‌گیر (مناطق دشتی، نواحی مجاور دامنه کوه‌ها و اراضی واقع شده در داخل دره‌ها و مسیل‌های طبیعی) با مساحت ۶۸۰ هزار هکتار تشکیل شده است. تعداد وقوع سیل در استان از تاریخ ۱۳۷۰/۱/۱ تا ۱۳۹۳/۱/۱ به میزان ۱۰۶ بارش بوده که از نظر مکانی در ۵۴۸ مورد از حوضه‌های آبخیز استان رخ داده است (ثقفیان، ۱۳۸۵). به منظور تحلیل مکانی نیاز به داده‌های پایه شامل توپوگرافی، لایه کاربری اراضی، لایه زمین‌شناسی و لایه جاده‌های ارتباطی در محدوده مورد بررسی می‌باشد که این داده‌ها بر مبنای داده‌های بزرگ مقیاس با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده است.

معرفی مدل توسعه یافته

Python یک زبان برنامه‌نویسی منبع باز است که به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته و پشتیبانی می‌گردد. این زبان برنامه‌نویسی از نسخه Arcmap9.0 با ابزارهای جعبه ابزار geoprocessing توسط ESRI در محیط Arcgis قابل دسترسی می‌باشد. در این مقاله به منظور مشخص کردن نوع سازه‌های مورد نیاز در ساماندهی از روش مدل‌سازی در محیط GIS استفاده شده است. برای این منظور در ابتدا برای تعیین نقاط مورد نیاز ساماندهی، نوع سازه‌های مورد نیاز بر اساس قیود فنی و اجتماعی و مصاحبه با کارشناسان آب منطقه‌ای استان گلستان تعیین گردیده است. جدول (۱) نشان‌دهنده انواع سازه‌های ساماندهی در نظر گرفته شده در این تحقیق می‌باشد.

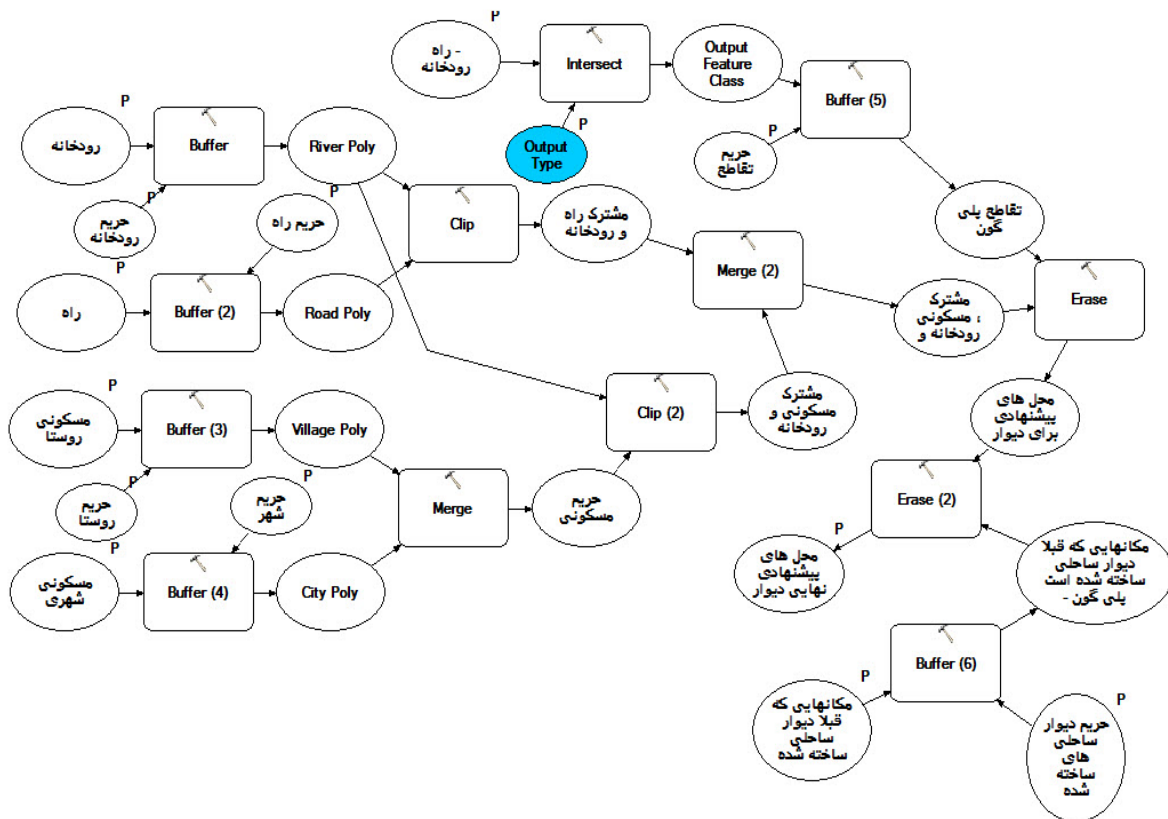
جدول ۱- انواع سازه‌های ساماندهی رودخانه بر اساس قیود فنی و اجتماعی و ...

نوع سازه	قیود فنی و اجتماعی و ...
آبشکن	در مناطقی که شیب رودخانه کوچکتر از ۰/۰۱ و عرض رودخانه بیش از ۱۰۰ متر، در زمین‌های لوسی نباشد و فاصله مکانی تا محل تقاطع رودخانه و راه ارتباطی حداقل ۸۰۰ متر
دیواره ساحلی و کف‌بند	محل تقاطع شبکه رودخانه با مناطق مسکونی با شبکه رودخانه و یا راه ارتباطی
لاپروبی	محل تقاطع شبکه رودخانه با جاده در حالی که شیب کمتر از ۰/۰۰۵ باشد
بند تسکین سیلاب	شیب رودخانه بزرگتر از ۰/۰۱ و بالادست مناطق مسکونی با مساحت حوزه بزرگتر از ۲۰۰ کیلومتر مربع
سازه‌های آشغالگیر	شیب بیش از ۰/۰۱ در بالادست مناطق مسکونی و محل تقاطع جاده ارتباطی با رودخانه

جدول ۲- آبخشک پیشنهادی برای هر یک از شهرستان‌های استان گلستان

شهرستان	تعداد نقاط پیشنهادی برای آبخشک
آزادشهر	۱۵
آق قلا	۲۳
رامیان	۲۳
کردکوی	۱
گالیکش	۱
گرگان	۵
گمیشان	۱۰
گنبدکاووس	۱۲۷
مینودشت	۴

شکل (۳) نشان‌دهنده الگوریتم محل‌های پیشنهادی جهت احداث دیوار ساحلی و کف‌بند در محیط نرم‌افزار Model Builder می‌باشد. طبق این شکل، مکان قرارگیری دیوارهای ساحلی در محل تقاطع شبکه رودخانه با منطقه شهری یا شبکه رودخانه با مسیر راه‌های ارتباطی خواهد بود. همچنین بر اساس مطالعات انجام گرفته در سطح استان، بیشترین خرابی در دیوارهای ساحلی در سطح استان ناشی از زیرشویی و فرسایش بستر در محدوده دیوارهای ساحلی بوده است. بنابراین به منظور جلوگیری از فرسایش و زیرشویی در محدوده دیوارهای پیشنهادی، قرارگیری کف‌بند نیز در این مناطق پیشنهاد گردیده است. تعداد نقاط پیشنهادی در هر یک از شهرستان‌های استان در جدول (۳) آمده است. بر اساس این جدول، دیواره ساحلی و کف‌بند در رودخانه‌ها جزء پرتواترین سازه‌های ساماندهی در محدوده مورد بررسی بوده، بطوریکه در تمامی شهرستان‌های استان نیازمند احداث دیواره‌های ساحلی می‌باشیم.



شکل ۳- الگوریتم محل‌های پیشنهادی جهت دیوار ساحلی و کف‌بند

شکل (۴) نشان‌دهنده الگوریتم قرارگیری بندهای تسکین سیلاب در محیط نرم‌افزار Model Builder می‌باشد. طبق این شکل، بندهای تسکین سیلاب در حداقل ۲۰۰۰ متری بالادست

مناطق مسکونی که در این مناطق شیب بیش از ۱ درصد و مساحت حوضه‌آبریز نیز حداقل ۲۰۰ کیلومتر مربع باشد، جانمایی گردیده است.

جدول ۳- تعداد دیوار ساحلی پیشنهادی برای هر یک از شهرستان‌های استان گلستان

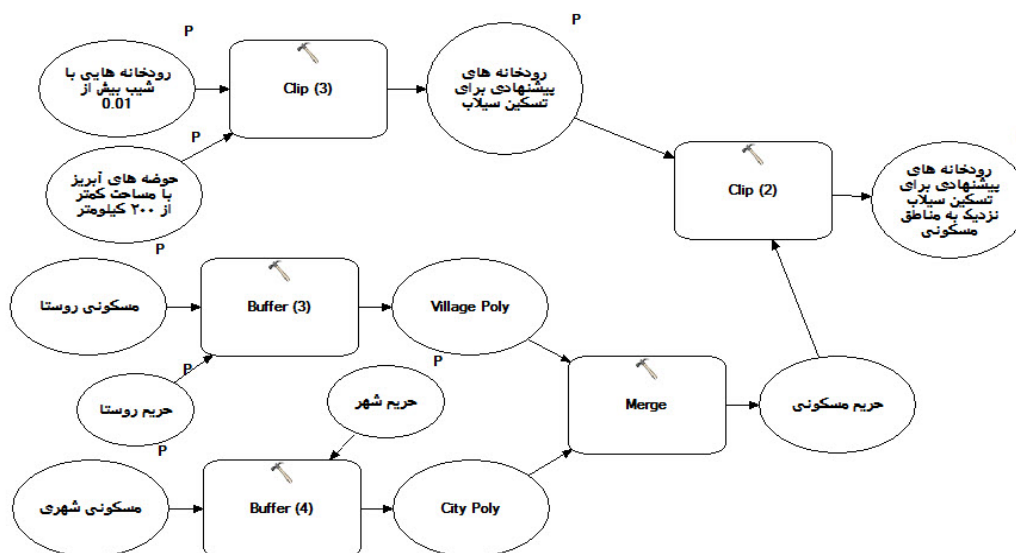
نام شهرستان	تعداد نقاط پیشنهادی برای دیوار ساحلی
آزادشهر	۱۰۲
آق قلا	۹۰
بندر گز	۳۴
ترکمن	۱۹
رامیان	۲۹
علی آباد	۵۹
کردکوی	۵۲
کلاله	۱۷۷
گالیکش	۵۲
گرگان	۱۷۸
گمیشان	۶۵
گنبدکاووس	۱۰۰
مراوه تپه	۱۳۱
مینودشت	۱۲۷

گلستان نیز در جدول (۴) ارائه شده است. طبق این جدول، بیشترین نقاط پیشنهادی برای جانمایی بندهای تسکین سیلاب در سطح شهرستان مراوه تپه قرار گرفته است که این با خروجی‌های اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان هماهنگ می‌باشد.

جدول ۴- تعداد بندهای تسکین سیلاب پیشنهادی برای هر یک از شهرستان‌های استان گلستان

نام شهرستان	تعداد نقاط پیشنهادی برای بندهای تسکین سیلاب
آزادشهر	۱۵
رامیان	۱۷
علی آباد	۱۶
کردکوی	۳
کلاله	۲۷
گالیکش	۳
گرگان	۶
گنبدکاووس	۵
مراوه تپه	۱۱۸
مینودشت	۱۰

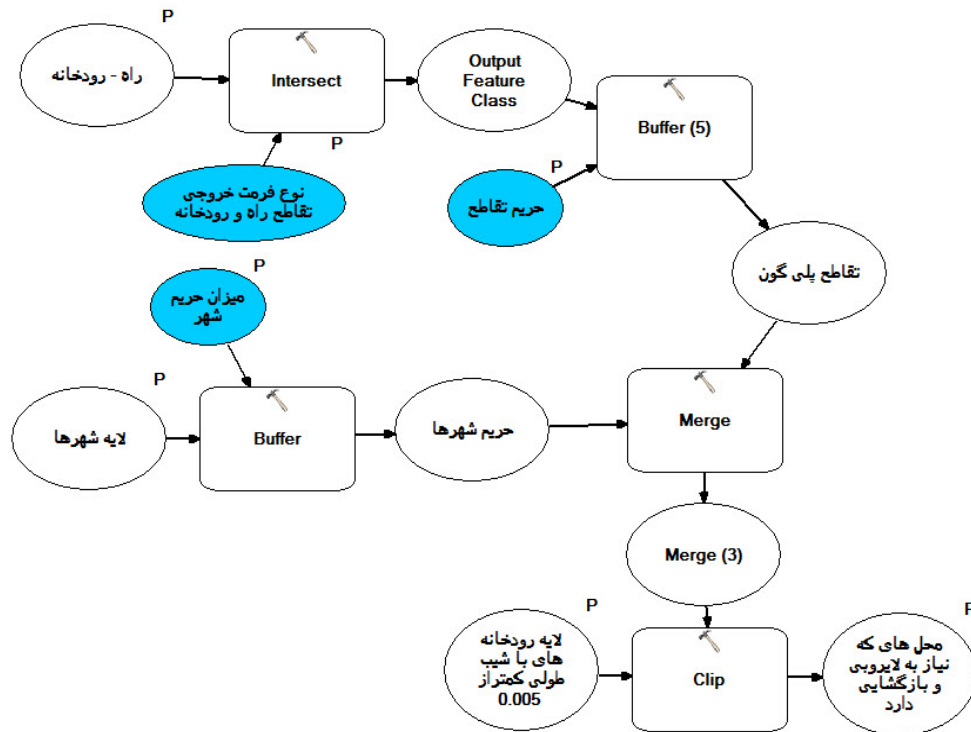
تعداد نقاط پیشنهادی برای بندهای تسکین سیلاب در استان



شکل ۴- الگوریتم محل‌های پیشنهادی جهت بند تسکین سیلاب

رودخانه با شبکه ارتباطی راه‌ها و جاده‌ها جانمایی گردیده است، به شرطی که در این نواحی، شیب رودخانه کمتر از ۰/۰۰۵ باشد.

شکل (۵) نشان‌دهنده الگوریتم قرارگیری لایروبی و بازگشایی در محیط نرم‌افزار Model Builder می‌باشد. طبق این شکل، مکان‌های پیشنهادی لایروبی و بازگشایی در محل تقاطع شبکه



شکل ۵- الگوریتم محل‌های پیشنهادی جهت احداث سازه لایروبی و بازگشایی

پیشنهادی آشغالگیر در سرشاخه‌های رودخانه با شیب بیش از ۱ درصد و در بالادست مناطق مسکونی واقع شده باشد، جانمایی خواهد گردید.

در جدول (۶) تعداد نقاط پیشنهادی برای احداث سازه آشغالگیر در سطح استان گلستان ارائه شده است. طبق این جدول، بیشترین سازه‌های آشغالگیر پیشنهادی در محدوده شهرستان علی‌آباد پیشنهاد شده است.

جدول ۶- تعداد سازه آشغالگیر پیشنهادی برای هر یک از شهرستان‌های استان گلستان

نام شهرستان	تعداد نقاط پیشنهادی برای سازه آشغالگیر
آزادشهر	۶
رامیان	۱۴
علی‌آباد	۲۸
کردکوی	۲
کلالة	۱
گالیکش	۴
گرگان	۶
مراوه تپه	۹
مینودشت	۴

در جدول (۵) نیز تعداد نقاط پیشنهادی برای لایروبی و بازگشایی در استان گلستان آمده است. طبق این جدول، بیشترین نیاز به عملیات لایروبی و بازگشایی، در گنبد کاووس و آق‌قلا مشاهده می‌شود.

جدول ۵- سازه‌های پیشنهادی برای لایروبی و بازگشایی برای هر یک از شهرستان‌های استان گلستان

نام شهرستان	تعداد نقاط پیشنهادی برای لایروبی و بازگشایی
آزادشهر	۲
آق‌قلا	۷
بندرگز	۳
رامیان	۳
علی‌آباد	۱
کردکوی	۲
گرگان	۴
گمیشان	۲
گنبدکاووس	۲۸

شکل (۶) نشان‌دهنده الگوریتم محل‌های پیشنهادی جهت احداث سازه‌های آشغالگیر در محیط نرم‌افزار Model Builder می‌باشد. همان‌طور که در این شکل مشخص است، سازه‌های

جدول ۷- بررسی میزان تطابق پذیری خروجی مدل با بانک داده‌های ساماندهی و بازآرایی‌های میدانی

نوع ساماندهی	تعداد سازه موجود در بانک اطلاعاتی	تعداد تطابق با بانک اطلاعاتی	تعداد بازدید میدانی	تعداد تطابق با شرایط رودخانه‌ای	تعداد سازه پیشنهادی	دقت پیش‌بینی
آبشکن	۴۰	۳۸	۱۰	۱۰	۲۰۹	۹۶
دیواره ساحلی و کف‌بند	۱۹۳	۱۸۵	۲۵	۲۵	۱۱۸۵	۹۶,۳
لایروبی	۲۵	۲۰	۱۰	۸	۵۲	۸۰
بندهای تسکین سیلاب	۷۹	۷۱	۱۰	۷	۲۲۰	۸۷/۶
آشغال‌گیر	۱۶	۱۴	۱۰	۷	۷۴	۸۰/۷

نتیجه‌گیری

در این مقاله مدل شناسایی نقاط موردنیاز ساماندهی سازه‌ای در سطح حوضه‌های آبریز بر اساس قابلیت‌های برنامه‌نویسی Python در محیط نرم‌افزار Arcmap ارائه گردیده و در ادامه کاربرد این مدل عددی در سطح استان گلستان ارزیابی شد. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که مدل ارائه شده با دقت مناسبی توانایی پیش‌بینی نقاط موردنیاز ساماندهی سازه‌ای در رودخانه‌ها را دارا می‌باشد. این توانایی می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های فنی و مالی در سطح استان در جهت ساماندهی رودخانه و کاهش خسارات سیل مورد استفاده قرار گیرد. از مزایای این مدل عددی می‌توان به پیمایش تمامی شبکه رودخانه‌های استان حتی مناطق غیر قابل دسترسی و سرعت بالای ارائه نتایج و همچنین ارائه نتایج در محیط نرم‌افزار Arc map اشاره نمود. اما از معایب استفاده از این نرم‌افزار، وجود قیود استاتیک در تعریف ماهیت پروژه‌های ساماندهی و نبود بستر کاملی از لایه‌های اطلاعات مدون در بخش سیلاب در تمامی حوضه‌های آبریز کشور است. همچنین برای انطباق با نیازهای صنعت لازم است که این مدل توانایی اولویت‌بندی سازه‌های پیشنهادی را در لایه‌های استانی، منطقه‌ای و شهرستانی دارا باشد.

منابع

- ثقفیان، ب. و فرازجو، ح. ۱۳۸۵. بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوزه آبریز سد گلستان. مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۲(۱): ۱۸-۲۸.
- مغربی، م. ۱۳۸۸. شبیه‌سازی عددی مهاجرت در پیچان‌رودها، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده مهندسی عمران. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۱۲ص.
- مهندسین مشاور ساز آب گلستان. ۱۳۹۳. گزارش مطالعات طرح جامع سیلاب در استان گلستان. به سفارش شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان. ۲۱۵ص.
- Pianosi F., Sarrazin F. and Wagener T. 2015. A Matlab toolbox for global sensitivity analysis. Environmental Modelling & Software, 70: 80-85.
- Heidari A. 2009. structural master plan of flood mitigation measures. Natural hazards and earth system science, 9: 61-75.

Comparative Study of Ecosystem Hydrological Services Modeling Tools

Z. Asadolahi^{1*}, M. Keshtkar²

1- Assistant Professor, Department of Environment, Lorestan University, Khorram Abad, Iran. 2- PhD Student, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: asadolahi.z@lu.ac.ir)

Received: 01-06-2019

Accepted: 22-07-2019

بررسی تطبیقی ابزارهای مدل‌سازی خدمات هیدرولوژیکی اکوسیستم

زهرا اسدالهی^{۱*}، مصطفی کشتکار^۲

۱- استادیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه لرستان. ۲- دانشجوی دکتری محیط‌زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: asadolahi.z@lu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۳۱

Abstract

Ecosystem services modeling has been the focus over the past two decades as a solution to reduce the problems caused by unstable management of natural resources and water-related ecosystem services are among the most studied. There are two types of ecosystem hydrological services modeling include traditional hydrological softwares and specialized softwares of ecosystem services. The present study introduces and compares some softwares according to required data for run the model, ease of use, ability to answer the questions and interpretation the results. SWAT and VIC are examples of traditional softwares with an emphasis on constructive processes of ecosystem services, while InVEST and ARIES are specialized ecosystem services softwares with an emphasis on spatial visualization of these services at the landscape level. If the appropriate data and required expertise are available to implement the model, SWAT and VIC softwares are suggested that can provide more information and details to the user such as evapotranspiration, surface runoff, subsurface flow, sediment load, nitrate and total phosphorus. While InVEST and ARIES softwares are more suitable for non-specialists and they are able to provide a general picture of ecosystem services with less data.

Keywords: Water Production, Flood Control, Soil Retention, SWAT, InVEST, ARIES.

چکیده

مدل‌سازی "خدمات اکوسیستم" (Ecosystem Services) به‌عنوان راهکاری در جهت کاهش مسائل ناشی از مدیریت ناپایدار منابع طبیعی، طی دو دهه گذشته مورد توجه بوده است و خدمات اکوسیستم مرتبط با آب در میان بیشترین مطالعات قرار دارند. ابزارهای مدل‌سازی خدمات هیدرولوژیکی اکوسیستم در دو طبقه نرم‌افزارهای سنتی هیدرولوژیک و نرم‌افزارهای تخصصی خدمات اکوسیستم قرار دارند. پژوهش حاضر به معرفی و مقایسه برخی نرم‌افزارها با توجه به داده‌های مورد نیاز برای اجرای مدل، سهولت استفاده، قابلیت پاسخ به سوالات و تفسیر نتایج می‌پردازد. VIC و SWAT نمونه‌ای از نرم‌افزارهای سنتی با تأکید بر فرآیندهای سازنده خدمات اکوسیستم هستند در حالی که InVEST و ARIES، نرم‌افزارهای تخصصی خدمات اکوسیستم با تأکید بر تجسم مکانی این خدمات در سطح سیمای سرزمین هستند. مطالعه حاضر نشان می‌دهد، در صورتی که داده‌های مناسب و تخصص مورد نیاز برای اجرای مدل در دسترس باشد، بررسی خدمات هیدرولوژیک با نرم‌افزارهای VIC و SWAT توصیه می‌شود. این نرم‌افزارها می‌توانند اطلاعات و جزئیات بیشتری مانند تبخیر و تعرق، رواناب سطحی، جریان زیرسطحی، بار رسوب، نیترات و فسفر کل در اختیار کاربر قرار دهند. در حالی که نرم‌افزارهای InVEST و ARIES برای افراد غیرمتخصص مناسب‌تر بوده و قادر هستند تصویری کلی از خدمات اکوسیستم با وجود داده‌های کم‌تر ارائه نمایند.

واژه‌های کلیدی: تولید آب، کنترل سیلاب، نگهداشت خاک، SWAT، InVEST، ARIES.

از جمله نوآوری و ابتکارات ذکر شده می‌باشد (Burkhard و همکاران، ۲۰۱۲). در چارچوب پیشنهادی ارزیابی هزاره اکوسیستم، اکوسیستم‌ها از منظر خدماتی که برای جامعه فراهم می‌سازند، ارزیابی می‌شوند و خدمات اکوسیستم منافی هستند که افراد از اکوسیستم به‌دست می‌آورند. این تعریف از خدمات اکوسیستم کلیه منافع ملموس و ناملموسی که افراد از اکوسیستم به‌دست می‌آورند را خدمات در نظر گرفته است و به‌منظور ایجاد ارتباط بین خدمات اکوسیستم و رفاه انسانی آن‌ها را در چهار طبقه فراهم‌سازی^۱، حمایتی^۲، تنظیمی^۳ و فرهنگی^۴ دسته‌بندی می‌کند (Millennium Ecosystem Assessment، ۲۰۰۵). مدل‌سازی خدمات اکوسیستم در سال‌های اخیر به شدت افزایش یافته است که خدمات اکوسیستم مرتبط با آب در میان بیشترین مطالعات قرار دارند. Seppelt و همکاران (۲۰۱۱) از ۱۵۳ پژوهش در زمینه خدمات اکوسیستم، تعداد ۱۰۵ مطالعه، خدمات هیدرولوژیک اکوسیستم را بررسی کردند و دریافتند که افراد در جهت تامین بسیاری از خدمات مرتبط با آب به اکوسیستم‌ها وابسته هستند. از جمله این خدمات تولید آب شیرین^۵ جهت مصارف خانگی و آبیاری، کاهش خسارت سیلاب^۶، کنترل فرسایش^۷ و تصفیه آب و نگهداشت مواد مغذی^۸ می‌باشند. تولید آب به‌عنوان یک خدمت اکوسیستمی، در طبقه خدمات فراهم‌سازی قرار می‌گیرد که از یک طرف شامل استفاده‌های استخراجی نظیر مصارف شهری، کشاورزی، تجاری، صنعتی و از طرف دیگر استفاده‌های درجا از آب مانند تولید نیروی برقابی، تفریحات آبی، حمل‌ونقل و ماهیگیری است. کاهش خسارت سیلاب یک خدمت تنظیمی است که اثر تعدیلی اکوسیستم بر خسارت سیلاب، رسوب‌گذاری پهنه‌های آبی، نفوذ آب شور به داخل آب زیرزمینی و شور شدن اراضی خشک را نشان می‌دهد. کنترل فرسایش به‌عنوان یک خدمت اکوسیستمی به توان اکوسیستم‌ها در حفظ و نگهداشت خاک اشاره دارد. فرسایش و رسوب‌زایی حوضه‌های آبخیز منجر به کاهش نیروی برقابی تولیدی، خسارت‌های ساختاری به سدها، ایجاد سیلاب و کاهش کیفیت آب می‌شود. نگهداشت مواد مغذی به‌عنوان یک خدمت اکوسیستمی به توان اکوسیستم در تصفیه آب از طریق حذف آلاینده‌های مغذی از رواناب اشاره دارد (Sharp و همکاران، ۲۰۱۴). با شناخت روزافزون از اهمیت خدمات اکوسیستم، ابزارها و مدل‌هایی، مورد نیاز هستند که از یک طرف بتوانند اطلاعات مربوط به توزیع مکانی خدمات اکوسیستم را در اختیار تصمیم‌گیران قرار دهند و از طرف دیگر اثرات تغییرات کاربری اراضی بر آن‌ها را بررسی نمایند. بنابراین چندین گروه تحقیقاتی، نرم‌افزارهایی را به‌منظور کمی‌سازی و نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم توسعه دادند تا ذی‌نفعان

با شناخت روزافزون ارتباط میان انسان و محیط‌زیست، میزان آگاهی و درک افراد از اهمیت اکوسیستم‌ها در جهت بهبود رفاه انسانی افزایش یافته است که توسعه مفهوم خدمات اکوسیستم^۱ را به دنبال داشته است (Lincoln و Gould، ۲۰۱۷). واژه خدمات اکوسیستم، همانند مفهوم اکوسیستم واژه نسبتاً جدیدی است که برای اولین بار در دهه ۱۹۷۰ به‌کارگرفته شد. Westman (۱۹۷۷) پیشنهاد کرد با هدف اتخاذ تصمیمات مدیریتی آگاهانه‌تر توسط جامعه، می‌توان منافع همگانی حاصل از اکوسیستم را برشمرد و این منافع را "خدمات طبیعت" نامید. همزمان با توسعه مفهوم خدمات طبیعت، واژه خدمات اکوسیستم برای توضیح منافع همگانی اکوسیستم‌ها در دهه ۱۹۹۰ معرفی شد (Daily و همکاران، ۱۹۹۷ و De Groot، ۱۹۹۲). با وجود اینکه تلاش‌های زیادی شده است، اما تعریف مشخص و مورد قبول همگان از خدمات اکوسیستم وجود ندارد. با توجه به اینکه تعریف ارائه شده به مفهوم خدمات اکوسیستم؛ بر پایه اکولوژیک تاکید داشته باشد و یا کاربرد اقتصادی آن مدنظر باشد، در طول زمان تغییر کرده است.

برخی تعاریف ارائه شده از مفهوم خدمات اکوسیستم عبارتند از:

- "شرایط و فرآیندهایی که به‌واسطه آن تنوع زیستی، اکوسیستم‌های طبیعی و گونه‌هایی که در آن‌ها زیست می‌کنند، بقا یافته و حیات انسانی امکان پذیر می‌شود" (Daily و همکاران، ۱۹۹۷)؛
- "منافعی که جمعیت‌های انسانی مستقیماً و یا به شکل غیرمستقیم از عملکردهای اکوسیستم به‌دست می‌آورند" (Costanza و همکاران، ۱۹۹۷)؛

- "منافعی که افراد از فرآیندهایی طبیعی و ساختار اکوسیستم به‌دست می‌آورند" (De Groot و همکاران، ۲۰۰۲)؛
- "منافعی که افراد به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم از اکوسیستم به‌دست می‌آورند" (Millennium Ecosystem Assessment، ۲۰۰۵)؛

- "آن دسته از اجزا اکوسیستم هستند که در جهت رفاه انسانی مستقیماً مصرف شده، مورد استفاده قرار گرفته یا از آن‌ها لذت برده می‌شود" (Banzhaf و Boyd، ۲۰۰۷)؛

- "جوهری از اکوسیستم که به شکل فعال یا غیرفعال در جهت رفاه انسانی استفاده می‌شود" (Fisher و همکاران، ۲۰۰۹)؛

- "مشارکت مستقیم و غیرمستقیم اکوسیستم در رفاه انسانی" (Kumar، ۲۰۱۰).

موضوع خدمات اکوسیستم در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. توسعه مدل‌ها و روش‌های تحلیلی جدید، نوآوری و ابتکاراتی نظیر سیستم‌های طبقه‌بندی خدمات اکوسیستم در سطح بین‌المللی مانند ارزیابی هزاره اکوسیستم (MEA)^۲ و برنامه مطالعه اقتصاد اکوسیستم‌ها و تنوع زیستی (TEEB)^۳

و تصمیم‌گیران از داده‌ها و اطلاعات به‌دست آمده به‌عنوان بخشی از فرایند تصمیم‌گیری استفاده نمایند. نرم‌افزارهای سنتی هیدرولوژیک نیز می‌تواند برای هدف مورد نظر به‌کار گرفته شوند. با دسترسی به نرم‌افزارهای جدید، انتخاب نرم‌افزار مناسب برای تصمیم‌گیران مشکل است. با توجه به اینکه آب مولفه اصلی رفاه انسانی است، در این مطالعه نرم‌افزارهای کمی‌سازی و مدل‌سازی خدمات هیدرولوژیک اکوسیستم معرفی شده است.

مدل‌سازی خدمات هیدرولوژیک اکوسیستم

مدل‌ها ابزار لازم در جهت برنامه‌ریزی سرزمین، مدیریت منابع محیط‌زیستی و بهینه‌سازی کاربری اراضی هستند (Burkhard و

Maes, ۲۰۱۷). به‌طور کلی هدف از مدل، مشخص کردن عملکرد و رفتار یک پدیده حقیقی تحت شرایط معین است. مدل یک پدیده را در ساده‌ترین حالت ممکن بررسی می‌کند و در صورتی که موفق عمل نماید آن را می‌توان به حالت‌های پیچیده تعمیم داد. لذا مدل ابزاری است که بخشی از واقعیت را با درصد معینی از صحت و دقت شبیه‌سازی می‌کند. دو دسته متفاوت از ابزارهای مدل‌سازی خدمات هیدرولوژیک اکوسیستم شامل نرم‌افزارهای سنتی هیدرولوژیک و نرم‌افزارهای ویژه خدمات اکوسیستم وجود دارند. SWAT و VIC نمونه‌ای از نرم‌افزارهای سنتی با تاکید بر فرایندهای سازنده خدمات اکوسیستم هستند در حالی که InVEST و ARIES نرم‌افزارهای تخصصی خدمات اکوسیستم با تاکید بر تجسم مکانی این خدمات در سطح سیمای سرزمین می‌باشند (Vigerstol و Aukema, ۲۰۱۱) (جدول ۱).

جدول ۱- خلاصه‌ی از نرم‌افزارهای مدل‌سازی خدمات هیدرولوژیک اکوسیستم (Aukema و Vigerstol, ۲۰۱۱)

مدل	خدمات هیدرولوژیک	مقطع زمانی اجرا	مقیاس اجرا	جایگاه اجرا
SWAT	تولید آب، کیفیت آب، کنترل فرسایش	روزانه	زیرحوضه	ویندوز یا GIS
VIC	تولید آب	ساعتی تا روزانه	اندازه سلول ۵۰-۱ کیلومتر	لینوکس یا یونیکس
InVEST	نگهداشت مواد مغذی، تولید آب، کنترل فرسایش، کنترل سیلاب	سالانه	اندازه سلول ۳۰ متر تا ۱۰ کیلومتر	GIS
ARIES	کنترل سیلاب، کنترل فرسایش، نگهداشت مواد مغذی، تولید آب	سالانه	اندازه سلول ۳۰ متر تا ۱۰ کیلومتر	برپایه وب

۱- مدل SWAT

SWAT^{۱۳} یک مدل مفهومی-نیمه توزیعی در مقیاس حوضه آبخیز بزرگ و یا زیرحوضه است که برای سرویس تحقیقات کشاورزی آمریکا تهیه شده است و از زمان ایجاد این نرم‌افزار در اوایل ۱۹۹۰، قابلیت‌های آن به‌طور پیوسته در حال توسعه می‌باشد (Neitch و همکاران، ۲۰۰۵). نسخه SWAT ۲۰۰۵ و نسخه‌های جدیدتر این نرم‌افزار بر روی نرم‌افزار ArcGIS قابل نصب هستند. این مدل یک مدل پیوسته زمانی است که در گام‌های زمانی ساعتی، روزانه و یا طولانی‌تر اجرا می‌شود، در این نرم‌افزار حوضه به چند زیرحوضه و هر یک از زیرحوضه‌ها به چند واحد پاسخ هیدرولوژیک (HRU)^{۱۴} که از نظر کاربری اراضی و خصوصیات خاک و مدیریت همگن هستند، تقسیم می‌شود. آب موجود در خاک، رواناب سطحی، رسوب و عناصر شیمیایی ابتدا برای هر HRU و سپس هر زیرحوضه و در نهایت کل حوضه آبخیز محاسبه می‌شود. داده‌های ورودی مدل SWAT

شامل داده‌های آب‌وهوا، توپوگرافی آبخیز، مشخصات خاک، پوشش گیاهی و روش‌های مدیریت اراضی است. سایر اطلاعات مربوط به عوامل مؤثر بر جریان سطحی و کانال، آب زیرزمینی، برداشت آب، کیفیت آب و نظیر آن است. فرآیندهای فیزیکی مرتبط با حرکت آب و رسوبات، رشد گیاه، چرخه مواد شیمیایی و آفت‌کش‌ها با استفاده از پارامترهای ورودی شبیه‌سازی می‌شوند (عارفی اصل، ۱۳۹۰). نقشه‌های پایه مورد نیاز شامل نقشه مدل رقومی ارتفاع DEM، نقشه کاربری اراضی و نقشه خاک می‌باشند که هر سه باید در قالب نقشه‌های رستری به مدل ارائه شوند. سایر اطلاعات مربوط به داده‌های جامع هواشناسی، کیفیت آب، عوامل مؤثر بر جریان سطحی و کانال، آب زیرزمینی، برداشت آب، مدیریت اراضی، اطلاعات مربوط به کیفیت آب، مخازن، و برخی زمینه‌های دیگر با توجه به هدف تحقیق باید در مدل وارد شوند (Neitch و همکاران، ۲۰۰۵). داده‌های ورودی و خروجی مدل SWAT در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱- داده‌های ورودی و خروجی‌های عمده نرم‌افزار Neitch (SWAT و همکاران، ۲۰۰۵)

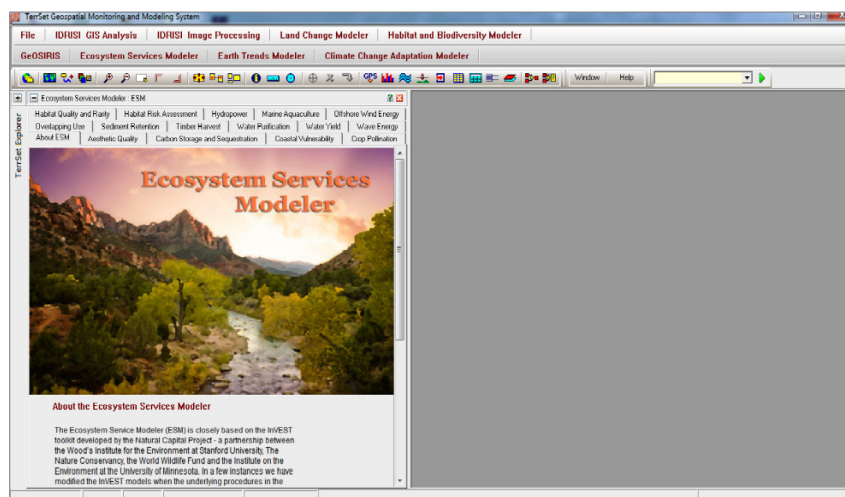
۲- مدل VIC

مدل VIC^{۱۴} (Liang و همکاران، ۱۹۹۴) یک مدل هیدرولوژیک نیمه توزیعی پیکسل پایه است که برای حوضه‌های رودخانه‌ای بزرگ بسیار مناسب است. سلول‌های پیکسل این مدل یک کیلومتر مربع یا بزرگتر هستند. داده‌های ورودی مورد نیاز شامل ارتفاع، پوشش اراضی، ویژگی‌های خاک و اطلاعات هواشناسی است. مدل جابجایی آب بین اتمسفر، سطح زمین، لایه‌های خاک و زیرزمین را از طریق بارش، تبخیر و تعرق، نفوذ و رواناب محاسبه می‌کند. درجه‌های زمانی مدل بسته به داده‌های ورودی در دسترس و اهداف مدل‌سازی از ساعتی تا روزانه متغیر است. متغیرهای خروجی برای هر گام زمانی محاسبه می‌شود و کاربر قادر است از

قبل انتخاب کند که کدام متغیرها در فایل خروجی ارائه شوند. مدل برای تجزیه و تحلیل بزرگ مقیاس بسیار مناسب است.

۳- نرم‌افزار InVEST

یکی از نرم‌افزارهای تخصصی مدل‌سازی خدمات اکوسیستم، ابزار یکپارچه ارزشگذاری خدمات اکوسیستم و هم‌کنشی میان آن‌ها InVEST^{۱۵} است که توسط پروژه سرمایه طبیعی^{۱۶} و با همکاری دانشگاه استنفورد، صندوق جهانی حمایت از حیات وحش (WWF)^{۱۷} و انستیتو محیط‌زیست دانشگاه مینسوتا توسعه یافته است (Sharp و همکاران، ۲۰۱۴). درحال حاضر این بسته نرم‌افزاری به نرم‌افزار ایدرسی نسخه TerrSet اضافه شده است (شکل ۲).



شکل ۲- مجموعه مدل‌های خدمات اکوسیستم در نرم‌افزار TerrSet

هدف از توسعه نرم افزار InVEST، نقشه سازی توزیع مکانی خدمات اکوسیستم و تغییرات آن ها است که در اثر تغییرات کاربری اراضی و یا تغییر اقلیم ایجاد می شود. این نرم افزار شامل مدل های ساده (ردیف یک) و پیچیده تر (ردیف دو) است. در حال حاضر تنها مدل های ردیف یک به شکل یک بسته نرم افزاری و رایگان موجود هستند. هر خدمت اکوسیستمی جداگانه مدل سازی می شود. نرم افزار InVEST سیمای سرزمین را به

پیکسل هایی تقسیم می کند که اندازه پیکسل ها بر اساس مقیاس داده های ورودی متغیر است. خروجی ها شامل نقشه های مکانی حاصل از مدل سازی و تخمین ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستم هر مدل است (Sharp و همکاران، ۲۰۱۴). داده های ورودی مورد نیاز بسته به نوع خدمت برای هر مدل تغییر می کند. داده های ورودی و خروجی مدل های هیدرولوژیک نرم افزار InVEST در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- داده های ورودی و خروجی های عمده مدل های هیدرولوژیک در نرم افزار InVEST (Sharp و همکاران، ۲۰۱۴)

خروجی	ورودی مورد نیاز	خدمات مرتبط با آب
متوسط نگهداشت خاک سالانه (ton/ha/year)	- لایه رستری کاربری/پوشش اراضی - مدل رقومی ارتفاع (DEM) - لایه رستری شاخص فرساینده گیاهی باران (R) - لایه رستری شاخص فرسایش پذیری خاک (k) - جداول ضرایب (عامل پوشش گیاهی و کاربری اراضی (C)، عامل عملیات حفاظتی (P) به تفکیک هر کاربری اراضی)	نگهداشت خاک
متوسط محصول آب سالانه (mm/watershed/year) متوسط نگهداشت مواد مغذی سالانه (kg/watershed/year)	- مدل رقومی ارتفاع (DEM) - لایه رستری عمق خاک - لایه رستری از میانگین بارندگی سالانه - لایه ای رستری "حجم آب قابل دسترس گیاه (PAWC)" - لایه رستری کاربری/پوشش اراضی - حوضه ها و زیر حوضه ها (در فرمت shape file) - جدول ضرایب (شامل حداکثر عمق گیاهان در خاک منطقه، ضریب تبخیر/تعرق هر کاربری اراضی، ارزش فیلترسازی گیاهان در هر پیکسل برای هر کاربری)	محصول آب نگهداشت مواد مغذی و تصفیه آب (نیترژن و فسفر)

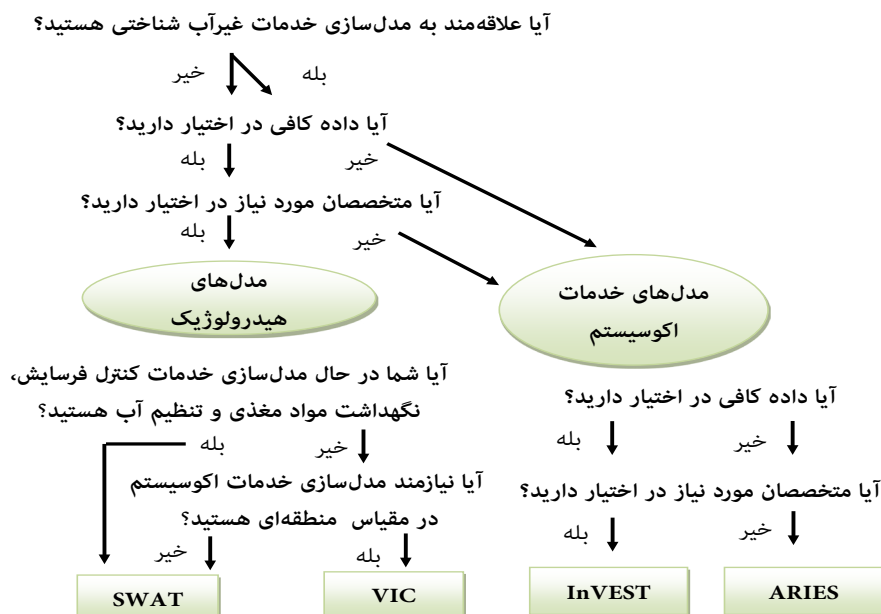
۴- نرم افزار ARIES

ARIES^{۱۸} نرم افزار بر پایه وب^{۱۹} است که امکان بررسی همکنشی میان خدمات اکوسیستم را به کاربر می دهد (Villa و همکاران، ۲۰۰۹). با استفاده از این نرم افزار می توانیم دریابیم که خدمات اکوسیستم از چه منابعی سود ببرند، شناسایی می شوند. نرم افزار ARIES از شبکه تحلیل بیزین^{۲۰} به منظور آشکارسازی روابط میان داده های ورودی و خدمات اکوسیستم استفاده می کند. با توجه به میزان داده های ورودی موجود، متناسب با منطقه مورد مطالعه و هدف به کارگیری این نرم افزار، کاربر می تواند نرم افزار ARIES را در سطوح مختلفی از جزئیات به کار گیرد. در ابتدایی ترین سطح، کاربر از داده های پیش فرض ذخیره شده در مدل برای انجام یک ارزیابی سریع با عدم قطعیت بالا استفاده می کند. در پیچیده ترین سطح از داده های تفصیلی و دانش بومی برای ساخت روابط بین داده های ورودی و خدمات خروجی استفاده می شود. یک نسخه مقدماتی از ARIES به صورت آنلاین موجود است. با استفاده از این نسخه و نسخه های جدیدتر، خدماتی نظیر کنترل رواناب و

نگهداشت خاک شناسایی خواهد کرد.

جمع بندی و انتخاب نرم افزار مناسب مدل سازی خدمات اکوسیستم

قبل از فرایند انتخاب نرم افزار مناسب مدل سازی خدمات، کاربر باید ارزیابی کند برای تحقیقی که پیش رو دارد "آیا ارزیابی خدمات اکوسیستم رویکردی مناسب است یا خیر؟" اگر فرایند غربال ابتدایی مشخص کند خدمات اکوسیستم یک رویکرد مناسب است، قدم بعدی تعیین این مسئله است که آیا برای سوالات در دست، مدل سازی لازم است. در مرحله بعد یک ارزیابی مروری از خدمات اکوسیستم انجام می شود و بررسی می شود چه خدماتی ممکن است با تغییر سیاست ها در منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر قرار گیرند (شکل ۳). در انتخاب مدل مناسب نقشه سازی خدمات اکوسیستم، توجه به میزان جزئیات مورد نیاز برای پاسخگویی به سوالات در دست ضروری است (Aukema و Vigerstol، ۲۰۱۱).



شکل ۳- سوالاتی که باید در انتخاب مدل مناسب مورد توجه قرار گیرد (Aukema و Vigerstol، ۲۰۱۱)

است.

- اگر داده‌های مناسب و تخصص مورد نیاز برای اجرای مدل در دسترس است، بررسی خدمات هیدرولوژیک با به‌کارگیری مدل‌های SWAT و VIC توصیه می‌شود.
- اگر تنها تولید آب در مقیاس منطقه‌ای مد نظر است، مدل VIC توصیه می‌شود به‌علاوه این مدل در مطالعات تغییر اقلیم استفاده شده است. اگر علاوه بر تولید آب، بار رسوب و آلاینده‌های نیترات و فسفات مد نظر است مدل SWAT پیشنهاد می‌شود. داده‌های ورودی و خروجی نرم‌افزارهای معرفی شده در این مطالعه در جدول (۳) خلاصه شده است.

در انتخاب نرم‌افزار مناسب مدل‌سازی خدمات هیدرولوژیک به‌کارگیری موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- اگر مقایسه خدمات چندگانه اکوسیستم اعم از خدمات هیدرولوژیک و یا سایر خدمات اکوسیستم به‌طور همزمان مدنظر است، نرم‌افزارهای تخصصی خدمات اکوسیستم (InVEST, ARIES) مناسب‌ترین گزینه می‌باشد. همچنین اگر کاربر علاقه‌مند به بررسی خدمات هیدرولوژیک با حداقل داده موجود باشد، نرم‌افزارهای ذکر شده پیشنهاد می‌شود.
- نرم‌افزار ARIES نیاز به داده‌های ورودی بسیار کمتری نسبت به نرم‌افزار InVEST دارد، لذا برای تصمیم‌گیران و سایر کاربران بدون دانش فنی و مناطق با داده‌های پایه بسیار اندک مناسب

جدول ۳- خلاصه‌ای از داده‌های ورودی و خروجی‌های نرم‌افزارهای معرفی شده (Aukema و Vigerstol، ۲۰۱۱)

ورودی‌ها	SWAT	VIC	InVEST	ARIES
بارش	روزانه	ساعتی	متوسط سالانه	روزانه، ساعتی، سالانه
توپوگرافی	بله	بله	بله	بله
نوع خاک	چند لایه	چندلایه	تک لایه	تک لایه
آب برف	بله	بله	خیر	خیر
خروجی‌های عمده				
محصول آب	روزانه	ساعتی	سالانه	خیر
تبخیر و تعرق	روزانه	ساعتی	سالانه	خیر
جریان	روزانه	بله	خیر	بله
نگهداشت رسوب	بله	خیر	بله	خیر
نگهداشت مواد مغذی	بله	خیر	بله	خیر

Burkhard B. and Maes J. 2017. Mapping ecosystem services. Pensoft Publishers, Sofia, Bulgaria. Pensoft.

Costanza R., D'Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R. V., Paruelo J., Raskin R. G., Sutton P. and Van Den Belt M. 1997. The Value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.

Daily G., Postel S., Bawa K., Kaufman L., Peterson C.H., Carpenter S., Tillman D., Dayton P., Alexander S. and Lagerquist K. 1997. *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*. Island Press, Washington D.C.

De Groot R. S. 1992. Functions of nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision making. Wolters-Noordhoff BV.

De Groot R.S., Wilson M.A. and Boumans R.M. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 41(3): 393-408.

Fisher B., Turner R. K. and Morling P. 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological economics*, 68(3): 643-653.

Gould R.K. and Lincoln N.K. 2017. Expanding the suite of Cultural Ecosystem Services to include ingenuity, perspective, and life teaching. *Ecosystem services*, 25: 117-127.

Liang X., Lettenmaier D. P., Wood E. F. and Burges S. J. 1994. A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for general circulation models. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ALL SERIES*, 99: 14-415.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: scenarios: findings of the Scenarios Working Group*. Island Press. Washington D.C.

Neitch S.L., Arnold J.G., Kiniry J.R., Williams J.R. 2005. *Soil and Water Assessment Tool; Theoretical Documentation*. Texas Agricultural Experiment Station. Blackland Research Center. Temple, TX.

Seppelt R., Dormann C.F., Eppink F.V., Lautenbach S. and Schmidt S. 2011. A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings

1- Ecosystem Services

2- Millennium Ecosystem Assessment

3- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)

4- Providing

5- Supporting

6- Regulating

7- Cultural

8- Water Yield

9- Runoff Control

10- Sediment Retention

11- Water Purification and Nutrient Retention

12- Soil and Water Assessment Tool

13- Hydrologic Response Unit

14- Variable infiltration Capacity

15- Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoff

16- <http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html>

17- World Wild Fund (WWF)

18- Artificial Intelligence for Ecosystem Services

19- Web based

20- Bayesian Network Analysis

منابع

عارفی اصل، ا. ۱۳۹۰. ارزیابی کارایی مدل SWAT در برآورد فرسایش و ارائه سناریوهای حفاظتی مناسب (مطالعه موردی حوضه آبخیز چهل چای استان گلستان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ماهینی، س. و کامیاب، ح. ۱۳۸۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ایدریسی. جلد ۱: انتشارات مهر مهدیس. تهران.

Boyd J. and Banzhaf S. 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 63(2): 616-626.

Burkhard B., Kroll F., Nedkov S. and Müller F. 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21(1): 17-29

- of tools for modeling freshwater ecosystem services. *Journal of environmental management*, 92(10): 2403-2409.
- Villa F., Ceroni M., Bagstad K., Johnson G. and Krivovet S. 2009. ARIES (ARtificial Intelligence for Ecosystem Services): A New Tool for Ecosystem Services Assessment, Planning, and Valuation. 11th International BIOECON Conference on Economic Instruments to Enhance the Conservation and Sustainable Use of Biodiversity. Venice, Italy. http://www.ucl.ac.uk/bioecon/11th_2009/Villa.pdf.
- Westman W.E. 1977. How much are nature's services worth? *Science*, 197(4307): 960-964.
- and the road ahead. *Journal of applied Ecology*, 48(3): 630-636.
- Sharp R., Chaplin-Kramer R., Wood S., Guerry A., Talis H. and Ricketts T.H. 2014. InVEST user's guide: integrated valuation of environmental services and tradeoffs. The Natural Capital Project. In In Stanford Woods Institute for the Environment. University of Minnesota's Institute on the Environment, the Nature Conservancy & WW Foundation Stanford.
- Kumar P. 2010. TEEB, the Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. Earthscan, London.
- Vigerstol K.L. and Aukema J.E. 2011. A comparison

Article Type: Technical paper

نوع مقاله: فنی و ترویجی

Methods of Surface and Ground Waters Management in Mineral Activities

M. Mosaffa

Master of Mining Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran.

E-Mail: m.mosaffa@hotmail.com

Received: 08-12-2018

Accepted: 08-10-2019

شیوه‌های مدیریت آب‌های سطحی و زیرزمینی در فعالیت‌های معدنی

مجتبی مصفا

کارشناسی ارشد مهندسی معدن، دانشگاه کاشان.

E-Mail: m.mosaffa@hotmail.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۱۶

Abstract

Mining has been one of the long-standing activities required for human life. With increase in the share of various industries in human civilisation, the dependency on mineral resources has become more pronounced. Mining around the world affects surface and ground waters resources. Part of these risks is allocated to the workshop space inside the mine and the factory. Much of the other actions and reactions that occur outside the mineral environment in nature, become leading to contamination of water, soil, and air. These impacts could be due to inappropriate extraction, unstructured design, lack of control over water leakage in mines, non-standard waste deposit, wastewater emancipation of processing factory, and non-reclamation of the mine. Corrective actions can reduce the severity of these effects and significantly control them. The level of water usage can be minimised by changing the extraction method, proper reuse and water conservation practices. The negative impacts of mining on water quality can be reduced through runoff control, waste management, and monitoring of mine outputs. Injection into caverns, suitable design, and mine reclamation can prevent groundwater exposure. At all mine personnel levels, the role of education and the justification of the developed requirements should not be forgotten since, without it, laws and regulations will not be effective. **Keywords:** Mining, Surface and ground waters, Exposing, Solution offering.

چکیده

از دیرباز معدن‌کاری یکی از فعالیت‌های مورد نیاز زندگی بشر بوده است که با افزایش روزافزون سهم صنایع مختلف در زندگی انسان، وابستگی به منابع معدنی بیش از پیش شده است. معدن‌کاری در سراسر جهان، منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی را متأثر می‌سازد. بخشی از این خطرات اختصاص به فضای کارگاهی درون معدن و کارخانه دارد. بخش عمده دیگر کنش‌ها و واکنش‌هایی است که در خارج از محیط معدنی در طبیعت اتفاق می‌افتد و منجر به آلودگی آب، خاک و هوا می‌گردد. این تأثیرات می‌تواند ناشی از روش استخراج نامناسب، طراحی غیراصولی، عدم کنترل نشت آب در معادن، دیوی غیراستاندارد باطله، رهاسازی پساب کارخانه فرآوری و عدم بازسازی معدن باشد. با انجام اقدامات اصلاحی می‌توان از شدت این تأثیرات کاست و به میزان قابل توجهی آن‌ها را کنترل نمود. با تغییر روش استخراج، به کارگیری مناسب بازیابی و شیوه‌های حفاظت آب، مقادیر آب مصرفی می‌تواند به حداقل برسد. با استفاده از کنترل رواناب، مدیریت باطله و نظارت بر خروجی‌های معدن می‌توان تأثیر منفی بر کیفیت آب‌های سطحی را کاهش داد. تزریق در حفرات، طراحی مناسب و بازسازی معدن می‌تواند از اثرات منفی بر آب‌های زیرزمینی جلوگیری کند. در تمام سطوح کارکنان معدن نباید نقش آموزش و توجیه‌پذیری الزامات تدوین شده را فراموش کرد که بدون آن قوانین و مقررات اثربخش نخواهد بود. **واژه‌های کلیدی:** معدن‌کاری، آب‌های سطحی و زیرزمینی، تحت تأثیر قرار دادن، ارائه راهکار.

آب مورد نیاز مجتمع معدنی گل‌گهر از حوضه‌های آبی سطحی و زیرزمینی تأمین می‌گردد. با توجه به اینکه آب مصرفی کارخانه فراوری دارای شاخص‌های صنعتی است؛ کیفیت آب زیرزمینی مورد استفاده بررسی شده است (ناصری و جان‌جانه، ۱۳۹۲). معدنی زیرزمینی در آمریکا برای کاهش تأثیر بر سفره‌های آب‌های زیرزمینی ناشی از معدن‌کاری اقدام به ساخت روکش دوغابی ضخیمی در تکیه‌گاه پایه معدن کرد. این شرکت همچنین باطله‌ها را به شکل ترکیب خمیری برای پر کردن بازکننده‌های زیرزمینی به کار برد تا علاوه بر پایداری معدن منجر به کنترل جریان آب ورودی به داخل معدن شود (Foth و Van Dyke، ۱۹۹۸b).

باطله کارخانه زغال‌شویی زیرآب مازندران در حریم رودخانه چرات دیو شده است. این رودخانه با مساحت حوزه آبریز ۵۶۶۷/۶ هکتار در سرشاخه‌های رودخانه تالار در سوادکوه قرار دارد. بررسی‌های آب‌زمین‌شیمیایی نشان می‌دهد که میزان عناصر Sr، Ca، PO_4 ، SO_4 و Bi برطبق استانداردهای زیست‌محیطی ایران در آب‌های تراوش شده از سد باطله بیش از حد مجاز تخلیه در آب‌های سطحی است (قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۸). یک معدن بزرگ سرب و روی در هند پس از اثبات اینکه باطله‌های معدن، تالاب‌ها را تحت تأثیر قرار داده، از طریق نظارت بر چاه‌های با شیب مخالف کم، توسط دولت مجبور شد تا برای دفع باطله‌ها تالاب‌ها را پیوشاند (Rajaram، ۲۰۰۵a).

رهاسازی پساب کارخانه فراوری معدن مس قلعه‌زری در خراسان جنوبی، موجب آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی در اثر حرکت و نفوذ مایع در درون و بیرون خاک شده است. با استفاده از روش توموگرافی الکتریکی و نمونه‌برداری مشخص شد که آلودگی‌ها حداقل تا عمق ۳۰ متری گسترش یافته است. با توجه به ماهیت ژئوتکنیکی سنگ بستر از لحاظ میزان خردشدگی و نفوذپذیری، انتظار می‌رود تا پساب کارخانه به درون سفره‌های آب زیرزمینی نیز راه پیدا کرده باشد (آریافر و همکاران، ۱۳۹۳). نورمحمدی و کریمی (۱۳۹۵) حذف یون مس و کبالت در زهاب معدن مس سرچشمه کرمان با استفاده از جاذب بنتونیت مگنتیت‌دار را بررسی کردند. با وجود عناصر مزاحم در زهاب معدن، میزان جذب قابل‌توجه، نشان‌دهنده توانایی بالای نانوجاذب در حذف یون‌های مس و کبالت است.

در تحقیق احمدی و همکاران (۱۳۹۶) تغییر چشم‌انداز و تخریب سیمای طبیعی منطقه در اثر معدن‌کاری، انباشت باطله‌های معدنی در مجاورت منابع آب و آلودگی هوا در اثر پخش ذرات گرد و غبار معدنی بیشترین همبستگی را با تغییر معیشت مرتع‌داران دشت دهگلان کردستان داشته‌اند. از آنجایی که معادن بزرگ کشور به پایان مراحل عمر خود نرسیده‌اند و نمی‌توان محیط متأثر از فعالیت معدنی را تا پایان عمر معدن به حال خود رها کرد؛ احیای کلیه معیارهای اکوسامانه طبیعی

توسعه پایدار در قالب مفهوم رفع نیازهای نسل امروز بدون به خطر انداختن توانایی‌های نسل آینده برای رفع نیازهایش بیان می‌شود (WCED، ۱۹۸۷). هدف از توسعه پایدار در معدن‌کاری، افزایش رفاه نسل فعلی است؛ به طوری که منافع و هزینه‌های آن، بدون کاهش ظرفیت آن برای نسل آینده، به طور یکسان توزیع گردد (IIED و WBCSD، ۲۰۰۲). در مطالعه ایلخانی و همکاران (۱۳۹۵) توسعه پایدار در معدن سنگ آهن سنگان خواف با استفاده از مدل ریاضی فیلپس^۱ با امتیازدهی عوامل مؤثر و وزن‌دهی آنها مورد ارزیابی واقع گردید. هر چند به دلیل مقادیر بیشتر مؤلفه‌های محیط‌زیستی نسبت به انسانی، پروژه پایدار ارزیابی شد، اما با توجه به تأثیر بالای آسیب‌های زیست‌محیطی در کیفیت هوا، سلامتی انسان و آب‌های زیرزمینی در محدوده پایداری ضعیف قرار گرفت. فعالیت‌های آموزشی و توسعه استانداردهای سنجش و ارزیابی می‌تواند در اجرای مفاهیم توسعه پایدار مؤثر باشد (Basu و Kumar، ۲۰۰۴). در تحقیقی بر روی کارگران معدن زغال‌سنگ طبس، بررسی تأثیر مداخله آموزشی توسط الگوی رفتار سالم بر نگرش، اعتقادات، هنجارها، قصد رفتاری و آگاهی‌شان بیانگر این بود که آموزش می‌تواند در بهبود رفتارهای ایمنی مرتبط با سلامت کارگران مؤثر باشد (واحدیان و همکاران، ۱۳۹۵). راهکارهای آموزش کارگران، بالا بردن سطح آگاهی از سطح خطرات، نظارت بر کار و بهبود سامانه مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی جهت کنترل ریسک مخاطرات شغلی کارخانه تغلیظ معدن گل‌گهر سیرجان، ارائه شده است (شهبا و همکاران، ۱۳۹۶).

ورود پساب‌های معدنی به طبیعت موجب افزایش غلظت فلزات سنگین در اثر اکسیداسیون کانی‌های سولفیدی به ویژه پیریت (FeS_2) می‌گردد. وجود فلزات سنگین در زنجیره غذایی موجودات زنده سبب بروز انواع بیماری‌ها و جهش کروموزوم‌ها در ساختمان ژنتیکی موجودات زنده شده که اثر جبران‌ناپذیر آن تا سالیانتمادی باقی می‌ماند و به نسل‌های دیگر منتقل می‌شود.

دهقانی و عباس‌نژاد (۱۳۸۹) در تحقیقی آلودگی سفره آب زیرزمینی دشت انار واقع در رفسنجان را به سرب، آرسنیک و کادمیوم با ترسیم نقشه‌های هم‌غلظت و نمودار متوسط غلظت‌ها بررسی نمودند. نتایج نشان‌دهنده آلودگی آب‌های برخی از مناطق دشت به عناصر نام‌برده در اثر تماس با رگه‌های سولفیدی معادن مس است. این در حالی است که شرکت معدنی برای استخراج کانسارهای مس، روی و مقادیر جزئی فلزات گرانبها در شهر کردند^۲ ویسکانسین^۳ آمریکا بایستی محدودیت‌های سخت زهاب‌های معدن برای محافظت از آب‌های سطحی ایالت ویسکانسین در مجاورت معدن را از سوی اداره منابع طبیعی ویسکانسین بپذیرد (Foth و Van Dyke، ۱۹۹۸a).

منطقه همزمان با عملیات معدن‌کاری به عنوان بهترین گزینه بازسازی معادن گل‌گهر، سنگان و چادرملو پیشنهاد شده است (حاج‌کاظمیها و همکاران، ۱۳۹۳).

بخش معدن در سال‌های ۹۳-۱۳۸۷ صادر کننده خالص آب مجازی است؛ یعنی همواره آب مصرفی پایه مثبتی داشته و معدن‌کاری با تقاضای آب همراه بوده است (تهامی‌پور و قربانی، ۱۳۹۵). مجموع مصرف آب برای استخراج در کل معادن در حال بهره‌برداری کشور در سال ۹۱ به ۳۲۴۸۱ هزار مترمکعب می‌رسد که بیشترین سهم بعد از شن و ماسه متعلق به سنگ آهن است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۱).

در کارخانجات سنگ‌بری بجنستان با ۴ دستگاه برش سنگ به طور متوسط در سال ۴۰۰۰ مترمکعب آب مصرف شده که با تعبیه مدار بسته مصرف می‌توان ۳۳۰۰ مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی کرد (زارع‌مطلق و همکاران، ۱۳۸۹). مجتمع معادن سنگ گرانبیت منطقه اوره نطنز مشتمل بر ۱۴ معدن فعال اقدام به مطالعه و

مواد و روش‌ها

این مطالعه با ذکر تحقیقات مختلفی در بخش مقدمه ضمن استناد به موارد گوناگون در معرض‌قرار گرفتن آب ناشی از معدن‌کاری، اقدامات متناسب انجام شده در این باره را مطرح می‌کند. هدف از این مقاله مواجهه صحیح با تأثیرگذاری آب در فعالیت‌های معدنی است تا راهکارهایی کاربردی در این باره پیشنهاد شود. این راهکارها در قالب دو بخش مدیریت آب‌های سطحی و زیرزمینی برگرفته از استانداردهای ایالت‌های آمریکا (EPA، ۱۹۹۷؛ Rajaram؛ ۲۰۰۵a؛ Rajaram، ۲۰۰۵b) گردآوری و تدوین شده است.

• مدیریت آب‌های سطحی

خروجی‌های معدن نباید استانداردهای کیفیت آب را بشکنند. به علاوه خروجی معدن نباید شامل مواد جامد قابل رسوب، بقایای شن‌ور، مواد نفتی قابل رؤیت، گریس و مواد جامد لجن یا تفاله باشد. باید رنگ، بو و تیرگی تا زیر سطوح واضح کاسته شود. بنابراین پروانه معدن صادر شده در مورد کیفیت آب می‌تواند تعیین کند که مجموع مواد جامد محلول، کلراید، سولفات، منگنز و آهن زیر حدود مشخص باشد.

کیفیت مطلوب آب در پروانه بهره‌برداری معادن می‌تواند موارد زیر را شامل شود.

- اثبات عدم تأثیر زهاب معدن بر محیط‌زیست در داخل و اطراف مسیر جریان زهاب
- اثبات مقدار برابر یا کمتر از ۳۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلراید در زهاب معدن

اجرای کنترل آلودگی‌ها از طریق احداث جاده کنارگذری برای تردد کامیون‌ها، تغییر سامانه تولید از پارس و گوه به سیم‌برش، احداث سامانه تصفیه فاضلاب بهداشتی، ساماندهی باطله‌های معدنی، احداث استخرها و حوضچه‌های ته‌نشینی رواناب‌ها و جنگل‌کاری بادام کوهی کرده است (مولایی، ۱۳۹۶).

همان‌طور که در مطالعات ملاحظه می‌گردد، اکثر فعالیت‌های معدنی با منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی ارتباط نزدیکی دارند؛ برخی از این منابع به طور مستقیم برای کنترل گرد و غبار، برش و ساب سنگ‌های تزئینی، تخلیظ و پرعیارسازی کانه معدنی یا غیرمستقیم به شکل نشت از لایه آبدار زیرزمینی در معادن روباز و زیرزمینی، تحت تأثیر معدن‌کاری آلوده شده‌اند. بنابراین توجه به آب مصرفی یا آب در معرض قرار گرفته در این حوزه حائز اهمیت است. از آنجایی که در کشور آیین‌نامه مستقلی در ارتباط با مقررات آب‌های سطحی و زیرزمینی در فعالیت‌های معدنی وجود ندارد؛ این پژوهش، به معرفی و طرح این الزامات می‌پردازد.

- اثبات عدم تأثیر منفی زهاب معدن بر منابع آب شرب
- کاهش یا جلوگیری از جریان یافتن آب به طرف نواحی معدنی
- نگهداری و کنترل آب‌های آلوده به مواد معدنی در همان محل
- کنترل و تصفیه آب‌های خارج شده از معدن
- شیوه‌های غیرمتداول
- مدیریت آب‌های سطحی شامل سه مرحله کاهش تماس آب با نواحی معدنی، نگهداری آب آلوده با مواد معدنی و کنترل زهاب معدن می‌شود.

• کاهش تماس آب با نواحی معدنی

- در این مرحله با نظارت فعال از ارتباط آب با نواحی احتمالی آلوده مراقبت می‌گردد. در صورت موفقیت در این مرحله هزینه‌ها به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد.
- کنترل مسیر جریان آب از میان نواحی دست‌خورده با گذرگاه انحرافی در میان راه برای منحرف کردن آب از مسیر آلوده
- دستکاری در محل یا ایجاد موانع برای جلوگیری از ورود رواناب به نواحی دست‌خورده و انباشتگاه باطله
- به حداقل رساندن آشفته‌گی‌ها و آلودگی‌های ناحیه معدن‌کاری در سطح
- حفظ شیب‌های تا حد امکان کوتاه به طرف پیت معدن برای به حداقل رساندن جریان مقادیر زهکشی
- کاهش پتانسیل در معرض‌گذاری مواد جامد مولد محلول با اقدامات تثبیت خاک مانند رویش گیاهان و دادن کود گیاهی
- انهدام مواد مولد آلاینده بالقوه در مناطق در معرض تماس با آب سطحی
- کاهش اثرات مضر مواد مولد آلاینده بالقوه با پوشش یا تصفیه.

• نگهداری و تصفیه آب آلوده با مواد معدنی

در صورتی که نتوان از تماس آب با نواحی دست‌خورده جلوگیری کرد، بایستی آب در همان محل نواحی دست‌خورده نگهداری شود و جریان پیدا نکند.

- تقلیل تأثیر کیفیت جریان آلوده با کنترل رسوب‌گذاری، مسیریابی و تفکیک یا ترکیب پساب و زهاب معدن
- احداث سلسله حوضچه‌های ته‌نشینی و تأسیسات رسوب‌گیر
- استفاده مجدد از تخلیه‌های حاوی غلظت بالای مواد جامد
محلول برای تهیه آب به منظور کنترل گرد و غبار معدن، آبیاری زمین آماده شده معدن برای کشاورزی یا زمین زراعی همجوار از طریق حوضچه‌های با چرخه مجدد یا حوضچه‌های نگهداری
- پیشگیری از انباشته شدن آب در پیت‌های فعال، جاده‌ها، فضاهای تولید، فرورفتگی‌های سطحی و کارگاه‌های استخراج معادن زیرزمینی که در آن واکنش و تجزیه آلوده‌کننده‌ها می‌تواند صورت گیرد.

- کاهش پخش مواد جامد محلول با برداشت آب در اسرع وقت جهت آبیگری‌های مناسب

• کنترل زهاب معدن

معمولاً مرحله کنترل تخلیه زهاب زمانی به اجرا در می‌آید که دیگر اقدامات کنترلی نام‌برده کافی نباشد و تصفیه شیمیایی نیز غیراقتصادی است.

- قرارگیری خروجی معدن در قالب استانداردهای مقرر کیفیت آب از طریق نظارت مداوم

- تغییر مسیر روی فواصل امکان‌پذیر از لحاظ اقتصادی با جمع‌آوری تخلیه‌ها و انتقال‌شان به نقاط تخلیه مناسب با کیفیت بهتر آب

- مدیریت آب‌های زیرزمینی
در سال‌های اخیر به دلیل عدم اطلاع و مطالعه ناکافی در مشخصات زمین‌شناسی، سفره‌های آب زیرزمینی بسیار تحت تأثیر قرار گرفته و ضمن کاهش منابع آب، منجر به پدیده نشست زمین شده است. بنابراین همواره مراقبت از منابع آب زیرزمینی بایستی مورد توجه فعالین معدنی قرار گیرد. مدیریت آب‌های زیرزمینی شامل کاهش تماس آب با نواحی معدنی، تصفیه آب آلوده شده با مواد معدنی و شیوه‌های غیرمتداول است.

• کاهش تماس آب با نواحی معدنی

در این مرحله اقدامات پیشگیرانه‌ای که از در معرض قرارگیری آب‌های زیرزمینی می‌کاهد، به اجرا در می‌آید.

- کنترل و بررسی شکستگی‌ها و گسل‌ها
- آب‌بندی گمانه‌ها یا نواحی خرد شده آبدار با احتمال ورود جریان کنترل نشده به معادن زیرزمینی یا مناطق فعال معادن سطحی
- جلوگیری از نشت و نفوذ آب غیرقابل کنترل با استفاده از

پرکننده‌ها و موانع کافی در معدن زیرزمینی متروک

- انهدام مواد مولد آلاینده بالقوه در مناطق در معرض تماس با آب زیرزمینی

• تصفیه آب آلوده با مواد معدنی

این مرحله کمک می‌کند تا نرخ برداشت از لایه‌های آبدار برای مصارف معدنی کاسته و بخشی از آب در معرض قرار گرفته به سفره‌ها برگردانده شود.

- استفاده و بازیابی آب نفوذ کرده به داخل پیت و کارگاه استخراج برای مصارف داخل معدن

- تغذیه لایه‌های آبدار از طریق سامانه جذب خاک برای بالا بردن ظرفیت سفره‌های آب زیرزمینی و جبران اثرات وارده به پیکره‌های آب سطحی

در این شیوه منحصر به فرد ابتدا کیفیت و سطح پیرومتری آب‌های زیرزمینی منطقه مطالعه می‌شود. همچنین توصیف و نقشه‌برداری تالاب‌ها، توصیف مشخصات زیرسطحی خاک، پیمایش مکان‌نگاری، باستان‌شناسی^۴ و نمونه‌گیری شیمیایی آب‌های زیرزمینی در نواحی با پتانسیل که نمی‌تواند برای تغذیه لایه آبدار استفاده شود، انجام می‌گردد. پارامتر مهم در کارایی سامانه جذب خاک، نرخ نفوذ و قابلیت هدایت هیدرولیکی خاک‌های سطحی است. پساب تصفیه شده قبل از پمپ شدن به محل، در حوضچه نگهداری ذخیره می‌شود. سامانه جذب خاک با شش سلول انفرادی برای سر و کار داشتن با نرخ تخلیه ۳۸۶-۲۰۵ گالن در هر دقیقه (gpm) طراحی شده است. هر سلول، به طور مستقل از دیگران عمل می‌کند و این کار توسط اتاق توزیع مرکزی انجام می‌شود. سلول‌ها طوری طراحی شده‌اند تا پساب تصفیه شده را با استفاده از لوله‌های جانبی توزیع که در ارتفاع یکسانی روی تمام سلول‌ها هستند، درون خاک پخش کنند. معمولاً در زیر لوله‌های جانبی که روزنه‌هایی با فواصل ۱۰ فوتی دارند، مقداری شن برای توزیع یکنواخت آب قرار داده می‌شود. سپس لوله‌ها با ماسه، زمین‌بافت^۵ ساده، خاک و پوشش گیاهی پوشیده می‌شوند. پوشش گیاهی، سلول‌های جذب خاک را عایق خواهند کرد؛ به طوری که آنها بتوانند حتی در هوای سرد بدون انجماد کار کنند.

• شیوه‌های غیرمتداول

شیوه‌های غیرمتداول معمولاً زمانی که تصفیه غیراقتصادی باشد، مورد توجه قرار می‌گیرند. این شیوه‌ها به طور کلی شامل روش‌هایی می‌باشد که نشان دهد عامل مؤثری در میزان کاهش مواد جامد نامحلول، کلرید، سولفات، آهن و منگنز در تخلیه‌ها است.

- انحراف مسیر آب‌های زیرزمینی با قطع مسیر جریان پیش از ورود به معدن روباز یا زیرزمینی

- انتقال آب‌های زیرزمینی تمیز با روش‌های آبکشی قبل از تماس با مواد جامد مولد محلول

شیوه‌های نظارتی، بازرسی‌های دوره‌ای و بطلان پروانه بهره‌برداری معدن برای بهره‌بردار علاوه بر صدور مجوزها و ارائه اظهارنامه‌های محیط‌زیستی می‌تواند برای کنترل آلودگی‌های آب، خاک و هوا ناشی از فعالیت معدن‌کاری عملیاتی گردد. در صورت مشاهده مخاطرات شدید زیست‌محیطی جریمه‌های مالی به علت ارزش افزوده قابل توجه در بخش معدن می‌تواند به هیچ وجه بازدارنده باشد، بلکه نیاز به صدور احکام قضایی و کیفری است. علاوه بر وضع قوانین، نظارت و برخورد حقوقی، مطالعات مختلف نشان داده که آموزش و فرهنگ‌سازی نیز نقش بازدارنده‌ای در اصلاح رفتارها و فعالیت‌ها در طولانی‌مدت داشته است.

کنترل استخراج از معادن مطابق با ظرفیت سالانه تعیین شده در پروانه بهره‌برداری کمک می‌کند تا نتایج نظارت‌های دوره‌ای قابل اطمینان باشد و اقدامات کنترلی متناسب با آن انجام گیرد. در بسیاری از مناطق معدن‌کاری، به واسطه درک نادرست از اثرات دفع باطله در مجاورت تالاب‌های محافظت نشده و توصیف ناکافی مشخصات آب‌زمین‌شناسی منطقه، آب‌های زیرزمینی تحت تأثیر قرار گرفته‌اند.

با تقسیم‌بندی پیکره‌های آب سطحی در مجاورت معدن به چند دسته از لحاظ در معرض قرارگیری‌شان به صورت دوره‌ای با توجه به شواهد و آزمایش‌های شیمیایی، می‌توان در مجتمع معدنی طرح کاهش خطرات را برای آب‌های سطحی متناسب با هر یک از مراحل معدن‌کاری به اجرا گذاشت.

هر چند در بیشتر کشورها مرحله بازسازی جزو یکی از مراحل معدن‌کاری محسوب می‌شود، اما احیا و بازسازی با وجود درج در آیین‌نامه‌ها در اکثر معادن ایران جدی گرفته نمی‌شود. در صورت اجرایی کردن مرحله بازسازی معدن همزمان با فعالیت معدنی علاوه بر کنترل جنبه‌های زیست‌محیطی و معیشتی مردم، با برنامه‌ریزی و همکاری سازمان میراث فرهنگی و گردشگری می‌توان از منطقه معدنی به عنوان مقصد و جاذبه گردشگری نیز بهره برد. سطوح آب در نهرها و دریاچه‌ها می‌تواند به دلیل نشت آب و آبکشی در معادن تحت تأثیر قرار گیرد؛ از این رو بایستی اداره منابع طبیعی یا وزارت نیرو، فروکش سطح آب در لایه آبدار را از طریق چاه‌های مشاهده‌ای میان پیکره‌های آب سطحی و معدن به صورت منظم کنترل نمایند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی هر چه اقدامات کنترلی جهت برطرف نمودن آلودگی‌های زیست‌محیطی معادن نادیده گرفته شود؛ تبعات خسارات ناشی از آن، چه به لحاظ مالی و چه به لحاظ جانی

برای انسان و سایر موجودات زنده، بیشتر خواهد بود. هر چند متناظر برخی از موارد ذکر شده بیش از ۱۰ سال است که به عنوان ضوابط کلی زیست‌محیطی فعالیت‌های معدنی ایران تصویب شده است، اما به سبب عدم آموزش و توجیه‌پذیری ناکافی راجع به روش‌های معدن‌کاری ناسازگار با محیط‌زیست، این الزامات توسط بهره‌برداران و کارکنان معدن، جدی گرفته نمی‌شود. علاوه بر کنترل رواناب و جریان آب‌های زیرزمینی برای ورود به معدن، آبکشی معادن به منظور خشک‌اندازی منطقه آلوده معدنی توصیه می‌گردد.

استفاده از داده‌های رقومی و نقشه‌برداری، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و یا روش‌های تحلیلی برای مکان‌یابی یا جابجایی محل مناسب دپو و سد باطله ضروری است. علاوه بر این، طراحی بستر سد باطله از لحاظ نفوذناپذیری اهمیت دوچندانی دارد.

با حذف کانی‌های سولفیدی از باطله‌ها و افزودن خنثی‌سازها یا جاذب‌های شیمیایی به زهاب در مرحله استخراج و کنترل PH و تصفیه پساب در مرحله فرآوری می‌توان از ورود مقادیر غیرمجاز فلزات سنگین به چرخه زیستی موجودات زنده جلوگیری کرد.

از آنجایی که اصلاح آب‌های زیرزمینی در اثر فعالیت معدن‌کاری، چه به دلیل کاهش ظرفیت سفره‌ها و یا آلودگی آنها، بسیار مشکل و هزینه‌بر است؛ بایستی همواره راهکارهای پیشگیرانه با مطالعه مشخصات زمین‌شناسی ساختاری و آب‌زمین‌شناسی منطقه در اولویت قرار گیرد.

با تغییر روش‌های استخراج ناسازگار به استخراج سازگار با در معرض قرارگیری آب در معدن، علاوه بر بهبود کاهش آلودگی و صرفه‌جویی در آب، می‌توان انتظار کاهش هزینه‌های عملیاتی در طولانی‌مدت و افزایش بهره‌وری در تولید را داشت.

پی‌نوشت

- 1- Phillips
- 2- Crandon
- 3- Wisconsin
- 4- Topographic and archaeological surveys
- 5- Geotextile

منابع

آریافر، ا.، محمدقاسمی، ط. و قربانی، ا. ۱۳۹۳. مطالعات ژئوفیزیک و ژئوشیمی زیست‌محیطی جهت بررسی اثرات آلاینده‌ی پساب کارخانه فرآوری معدن مس قلعه‌زری خراسان جنوبی. مهندسی معدن، ۹(۲۳): ۸۱-۹۴.

- احمدی، ف.، رستگار، ش. و احمدی، ر. ۱۳۹۶. بررسی پیامدهای ناشی از استخراج معادن و تحلیل میزان اثرگذاری آن بر تغییر معیشت مرتعداران (مطالعه موردی: مراتع شهرستان دهگلان- استان کردستان). مرتع، ۱۱(۳): ۳۶۵-۳۷۷.
- تهامی پور زرنندی، م. و قربانی، م. ۱۳۹۵. اندازه‌گیری و تحلیل جایگاه تجارت آب مجازی در بخش صنعت و معدن ایران. آب و توسعه پایدار، ۳(۱): ۷۲-۵۹.
- حاج کاظمیها، ن.، شریعت، م.، منوری، م. و عطایی، م. ۱۳۹۳. اولویت‌دهی معیارهای بازسازی در خاتمه فعالیت معادن (مطالعه موردی: معادن سنگ آهن گل‌گهر، سنگان و چادرملو). محیط‌شناسی، ۴۰(۴): ۱۰۲۳-۱۰۳۳.
- دهقانی، م. و عباس‌نژاد، ا. ۱۳۸۹. آلودگی سفره آب زیرزمینی دشت انار به نیترات، سرب، آرسنیک و کادمیوم. محیط‌شناسی، ۳۶(۵۶): ۸۷-۱۰۰.
- زارع‌مطلق، س.، فاطمی، ا.ا. و مرجانی‌بجستانی، ا. ۱۳۸۹. مطالعات اقتصادی جهت ارائه راهکار عملی جهت کاهش هزینه‌های تولید در صنعت سنگ‌های ساختمانی شهرستان بجستان. بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.
- شهباز، س.، نوری، ج.، بارانی، س.، شهباز، س. و نوربخش، ز. ۱۳۹۶. بررسی مخاطرات شغلی با رویکرد ایمنی در واحد تغلیظ معدن سنگ آهن گل‌گهر سیرجان با استفاده از روش آنالیز ایمنی شغلی، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۹(۵): ۱۰۳-۱۱۰.
- قلی‌پور، م.، مظاهری، ا.، رقیمی، م. و شمعیان، غ. ۱۳۸۸. بررسی اثرهای زیست‌محیطی زهاب اسیدی معدن در باطله‌های کارخانه زغالشویی زیرآب استان مازندران. بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، ۱۷(۲): ۱۷۳-۱۸۶.
- مرکز آمار ایران. ۱۳۹۱. نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری کشور. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری. مولایی، ج. ۱۳۹۶. نمونه‌ای موفق از توسعه پایدار معدنی با ملاحظات زیست‌محیطی. ویژه‌نامه نهمین نمایشگاه بین‌المللی سنگ‌های تزئینی، معدن، ماشین‌آلات و تجهیزات مربوطه، انجمن سنگ ایران، ۵۰-۵۳.
- میرزایی، س. ۱۳۹۶. خلاقیتی نوین در مسیر رشد فرهنگی. ویژه‌نامه نهمین نمایشگاه بین‌المللی سنگ‌های تزئینی، معدن، ماشین‌آلات و تجهیزات مربوطه، انجمن سنگ ایران، ۶۰-۶۳.
- ناصری، ح.ر. و جان‌جانه، ب. ۱۳۹۱. بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی منابع آب معدن گل‌گهر با استفاده از تحلیل عاملی. پژوهش‌های دانش زمین، ۳(۱۰): ۴۸-۶۲.
- نورمحمدی، غ. و کریمی، غ. ۱۳۹۵. بررسی حذف یون‌های فلزی مس و کبالت از پساب صنایع معدنی با استفاده از نانوجاذب بنتونیت مکتبیت سنتز شده. مهندسی منابع معدنی، ۱(۱): ۱۳-۱۸.
- واحدیان شاهرودی، م.، قلیان‌اول، م.، اسماعیلی، ح.، طهرانی، ه.، شفیع، م.ن. و محمدی، ف. ۱۳۹۵. مداخله آموزشی با استفاده از الگوی رفتار سالم در کارگران معدن زغال سنگ طبس. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، ۲۳(۳): ۲۵۷-۲۶۷.
- ایلخانی، ا.، عطایی، م. و خالوکاکی، ر. ۱۳۹۵. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در معادن روباز سنگ آهن سنگان خواف. مهندسی معدن، ۱۱(۳۳): ۸۱-۹۳.
- BASU A. and KUMAR U. 2004. Innovation and Technology Driven Sustainability Performance Management Framework (ITSPM) for the Mining and Minerals Sector. International Journal of Surface Mining Reclamation and Environment, 18(2): 135-149.
- Foth and Van Dyke. 1998 a. Soil Absorption System, Environmental Impact Statement Report, Crandon Mine, Forest County, Wisconsin, Submitted to the Wisconsin Department of Natural Resources, Madison, Wisconsin, USA.
- Foth and Van Dyke. 1998 b. Environmental Impact Statement for the Crandon Mine, Wisconsin, Submitted to the Wisconsin Department of Natural Resources, Madison, Wisconsin, USA.
- IIED and WBCSD. 2002. Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development. Final Report on the Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD). Publ by Earthscan for the International Inst for Environment and Development (IIED) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), London.
- Rajaram R. 2005 a. Minimizing surface water impacts, Complete Environmental Solutions, Oak Brook, IL, USA.
- Rajaram R. 2005 b. Minimizing ground water impacts, Complete Environmental Solutions, Oak Brook, IL, USA.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 1997. Effectiveness of Ground Water Pump and Treat Systems, Technology Innovation Office, Washington, DC.
- WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. Our Common Future (Brundtland Report). World Commission on Environment and Development, Oxford, Oxford University Press.

Article Type: Case Study

نوع مقاله: مطالعه موردی

Investigating Organizational Components of Qeshm Island Water and Wastewater Resources Management

Z. Eftekharifar^{1*}, M. Abdolhosseini², M. Farzane³, F. Momeni⁴

1,2- MSc Student of Water Resources Engineering, Assistant Professor, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. 3- Ph.D. in Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. 4- MSc of Environmental Engineering, Mid Sweden University, Sweden.

*(Corresponding Author Email: zahra_eftekhari90@yahoo.com)

Received: 21-05-2019

Accepted: 13-11-2019

بررسی مؤلفه‌های سازمانی مدیریت منابع آب و فاضلاب جزیره قشم

زهرا افتخاری^{۱*}، محمد عبدالحسینی^۲، محمدرضا فرزانه^۳، فرامرز مومنی^۴

۱- ۲ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب و استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۳- دانش‌آموخته دکتری مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران. ۴- کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه میدسوئدین، سوئد.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: zahra_eftekhari90@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۳۱

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۸

Abstract

It is inevitable to change the mindset in water resource management from an engineering perspective to a holistic one. Such an approach, which is identified with the concept of integrated water resource management, is formed based on the following concepts: integration between ecological and social systems, attention to water governance system and stakeholder participation, institutional capacity of water resource system, adaptation to environmental changes, and learning procedures. Water institution is analyzed through its three institutional components including water law, water policy, and water administrative structure. In this article, in particular, the components of water resource management administrative structure within the study area of Qeshm Island were defined focusing on the study of written rules and documents. It was indicated from the findings of this study that the official position of the organizations involved in the water resources issue is not uniform in the rules, which has created ambiguities in the interpretation of organizational tasks and communications, and may lead to subjective notions on inter-organizational relationships and legal responsibilities due to mismanagement. The most important organizational issue in Qeshm Island is the presence of several trustees in the water resource management. The presence of several trustees with different levels of power requires planning and coordination between relevant organizations to achieve the goals of integrated water management.

Keywords: Qeshm Island, Water Governance, Organizational Structure, Integrated Water Management, Free Zones.

چکیده

تغییر نوع نظام فکری در مدیریت منابع آب از نگرش مهندسی به نگرش جامع، اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. چنین نگرشی که با مفهوم مدیریت یکپارچه منابع آب شناخته می‌شود، بر مبنای مفاهیم زیر شکل گرفته است: یکپارچگی بین سیستم‌های اکولوژیکی و اجتماعی، توجه به سیستم حکمرانی آب و مشارکت ذی‌مدخلان، ظرفیت نهادی سیستم منابع آب، انطباق با تغییرات محیطی و فرآیندهای یادگیری. نهاد آب از طریق سه جزء نهادی آن که شامل قانون آب، سیاست آب و ساختار اجرایی آب است، تحلیل می‌شود. در این مقاله به طور ویژه به تعیین مؤلفه‌های ساختار اجرایی مدیریت منابع آب در محدوده مطالعاتی جزیره قشم، با تمرکز بر مطالعه قوانین و اسناد مکتوب پرداخته شده است. جمع‌بندی یافته‌ها حاکی از آن است که جایگاه رسمی سازمان‌های درگیر با موضوع منابع آب در قوانین یکسان نبوده و ابهاماتی را در تفسیر وظایف و ارتباطات سازمانی ایجاد نموده است، که در صورت مدیریت نادرست می‌تواند منجر به برداشت‌های سلیقه‌ای از روابط بین سازمانی و تکالیف قانونی شود. مهم‌ترین موضوعی که از نظر سازمانی در جزیره قشم دیده می‌شود، حضور چند متولی در حوضه مدیریت منابع آب است. حضور چند متولی با سطوح مختلف قدرت، نیازمند برنامه‌ریزی و هماهنگی بین سازمان‌های مربوطه برای رسیدن به اهداف در زمینه مدیریت یکپارچه آب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جزیره قشم، حکمرانی آب، ساختار سازمانی، مدیریت یکپارچه آب، مناطق آزاد.

به انتخاب زیرساخت و تشکیلات مناسب در این حوزه کمک نماید (Mohammadi Kangarani و همکاران، ۲۰۰۹).

ناکافی بودن سیاست‌های بلندمدت استراتژیک و عدم وجود رویکرد جامع برای هماهنگی و اداره امور مختلف در بخش آب و عدم تناسب سیاست‌ها، قوانین و مقررات رسمی با هنجارها و عرف جامعه، نشان‌دهنده وجود خلاءهایی در این زمینه است. وجود این خلاءها نشان می‌دهد که تعیین سیاست‌ها به تنهایی برای اصلاح حکمرانی کافی نبوده و دو مؤلفه دیگر نهاد حکمرانی (قوانین و تشکیلات) در تحقق سیاست‌ها و شکل‌گیری ساختار حکمرانی نقش تعیین‌کننده‌ای دارند (Pahl-Wostl، ۲۰۰۹). تنها در سایه اصلاح ساختار حکمرانی موجود است که می‌توان امید داشت تا از مشکلات بخش آب تا حدودی کاسته شود (Madani، ۲۰۱۴).

یکی از ویژگی‌های ساختار حکمرانی، وجود قوانین و سازمان‌های رسمی هستند که در آن‌ها، فرآیند مدیریت منابع آب به کار گرفته می‌شود. در حال حاضر شرایط و محیط حاکم بر فعالیت سازمان‌ها به گونه‌ای شکل گرفته که به جرأت می‌توان گفت تداوم حیات آن‌ها در گرو ارتباط با یکدیگر می‌باشد (زارعی و زارعی، ۱۳۸۶). محمدی کنگرانی (۱۳۹۱) در تحقیقی به ترسیم و تحلیل شبکه همکاری‌های قانونی میان سازمان‌های مرتبط با منابع طبیعی در قانون برنامه چهارم توسعه کشور پرداخت. نتایج نشان داد که توزیع قدرت میان سازمان‌های درگیر به درستی صورت نگرفته و در تدوین این سند قانونی، رویکرد شبکه‌ای حاکم نبوده است.

Baker و Eckerberg (۲۰۱۳) به بررسی و مقایسه بازسازی سیاست‌های محیط‌زیست در کشورهای مختلف پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بازسازی سیاست‌های محیط‌زیست در کشورهای مختلف، تحت تأثیر توزیع قدرت بین کنشگران دولتی و خصوصی در مراحل مختلف سیاست‌گذاری است. آن‌ها همچنین نتیجه گرفتند که برای بهبود وضعیت محیط‌زیست علاوه بر نگاه فنی، باید مسائل اجتماعی و سیاستی را نیز مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیق جعفریان (۱۳۹۵) نیز نشان داده است که میزان انسجام سازمانی در بین زیرگروه‌های مورد مطالعه، متوازن نیست و تعارضاتی بین سازمان‌های توسعه‌ای و سازمان‌های حفاظتی در فرآیند همکاری برای مدیریت مشارکتی منابع آب، وجود دارد.

در دهه‌های اخیر، بسیاری از کشورهای توسعه یافته، در نتیجه آگاهی بر اهمیت ارتباطات سازمانی به ارزیابی آن روی آورده‌اند تا از این طریق بتوانند کارآمدی ارتباطات سازمان خویش را اندازه‌گیری کرده و موانع ارتباطی سازمان را شناسایی نموده و در جهت رفع آن‌ها اقدام نمایند. اما این امر هنوز در کشور ما ناشناخته مانده و کمتر به ارزیابی ارتباطات سازمان‌ها

منابع آب از مهم‌ترین عوامل در سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی به شمار می‌رود. آب به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل توسعه، در تعیین استعداد رشد مناطق بسیار مؤثر است. ذخایر منابع آب شیرین می‌تواند در برخی مناطق، در شرایط ضروری به عنوان یک منبع مهم استراتژیک قلمداد شود. این اهمیت ویژه، به خصوص در مناطقی که با کمبود ذخایر آب زیرزمینی یا سایر منابع آب شیرین روبرو هستند، بسیار تشدید می‌شود. در عصر حاضر، بشر ناچار است رویکردهایی را به کارگیرد که از حداقل منابع موجود، به بهترین شکل ممکن بهره‌برداری کند (Meffe و Holling، ۱۹۹۶). لذا اتخاذ یک روش برنامه‌ریزی مستمر و آینده‌نگر که بتواند موجب حفظ این ذخایر ارزشمند شود، بسیار حائز اهمیت است.

بررسی‌های گسترده اخیر در سطح جهانی نشان داده است که کاستی‌های حکمرانی آب می‌تواند تأمین نیازهای پایه‌ی انسانی و زیست‌محیطی را مختل، رشد اقتصادی را کاهش، عملکرد و اثربخشی را کم، سرمایه‌گذاری در بخش آب را با دلسردی و مشارکت گروداران در فرآیند تصمیم‌گیری را با سرخوردگی مواجه نماید (Pahl-Wostl و همکاران، ۲۰۰۷). چارچوب نهادی حکمرانی به منظور تحلیل بخش آب در مورد سازگاری با تغییر اقلیم، شامل سازمان ذی‌مدخلان و قاعده بازی آن‌ها می‌باشد. بنابراین، نهاد آب در این زمینه شامل موارد زیر می‌باشد: سیاست‌ها و اهداف، قوانین و مقررات، سازمان‌ها، آیین‌نامه‌ها و ارزش‌های آن‌ها، برنامه‌ها و رویه‌های اجرایی، مکانیزم‌های تشویقی، مکانیزم‌های پاسخگویی، هنجارها، رسوم، عرف و سنت (Bandaragoda، ۲۰۰۰).

به منظور اصلاح یا بهبود نظام حکمرانی و دستیابی به حکمرانی مؤثر آب، اصلاح قواعد یا ظرفیت حکمرانی در سطوح رسمی، کافی نبوده و باید به قواعد غیررسمی و دیگر عوامل مؤثر در پذیرش نیز توجه داشت. در واقع کارآمدی هر نهاد به قواعد حاکم و تبعیت اعضا از آن قواعد بستگی دارد (Pahl-Wostl، ۲۰۰۹). بررسی تاریخی تحولات مدیریتی و سیاستی منابع طبیعی در ایران نشان می‌دهد که تاکنون انواع مختلفی از مدیریت و سیاست‌گذاری در خصوص منابع طبیعی در کشور اعمال شده‌اند. با نگاه به منابع آب کشور به عنوان یک سرمایه بین نسلی، ساختار مدیریت آب کشور، هم به لحاظ سازمانی و هم دیگر عوامل و عناصر تشکیل‌دهنده این ساختار (مانند فرآیندها، قواعد و سیاست‌های عمومی و اجرایی و ارتباط افقی و عمودی در سطوح مختلف حکمرانی)، نیازمند به بررسی و بازبینی جدی دارد. در واقع بررسی و تحلیل نقاط قوت و ضعف سیاست‌ها و مدیریت‌های اعمال شده می‌تواند

پرداخته شده است. از این رو اگر در مسیر سیاست‌گذاری‌های کلان کشور به مباحث آبی به طور ویژه پرداخته نشود، در آینده منابع آب در نگاه اول و فراتر از آن، کل سیستم اجتماعی و اکولوژیکی تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. مشکلاتی که سد راه پیشرفت سازمان‌ها است، عمدتاً ناشی از بخش مدیریتی سازمان‌ها می‌باشد. بخش‌های مدیریتی تحت تأثیر سیاست‌های عملی تصمیم‌گیران می‌باشد؛ در نتیجه تجدیدنظر در نحوه تصمیم‌گیری منجر به تغییر در سیستم می‌شود (مرادی آیدیشه و همکاران، ۱۳۹۰). از آنجایی که تاکنون در جزیره قشم به

شناسایی ساختار سازمانی و روابط بین سازمانی با تحلیل قوانین حاکم بر مناطق آزاد پرداخته نشده است، لذا خلأ اساسی در این زمینه، مسئله پژوهش حاضر را شکل داده است. در این راستا، این مقاله با هدف تحلیل قوانین و سیاست‌ها از منظر روابط میان سازمانی در بخش آب انجام گرفته است. این پژوهش با ارزیابی نظام برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری کشور در حوزه آب و فاضلاب با تکیه بر جنبه‌ی قانونی آن، تلاش نموده است تا با تحلیل شبکه ارتباطی میان سازمانی در حوزه مطالعاتی، به بررسی وضع موجود در این حوزه بپردازد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی جزیره قشم

مواد و روش‌ها

• معرفی منطقه مطالعاتی

جزیره قشم در استان هرمزگان با وسعتی معادل ۱۴۳۰ کیلومترمربع، بزرگترین جزیره ایران است که حدود ۱۲۰ کیلومتر طول در جهت شرقی-غربی و بین ۲ الی ۴ کیلومتر عرض دارد. جمعیت شهرستان قشم طبق سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ برابر با ۱۴۸۹۹۳ نفر بوده است. قشم دارای منابع گردشگری مانند جنگل‌های مانگرو، ژئوپارک، میراث فرهنگی و جانوران کمیاب دریایی مانند دلفین و لاک‌پشت دریایی است. همچنین قشم دارای میدان‌های گاز طبیعی است. از این زاویه جزیره قشم دارای اهمیت ویژه‌ای در مبادلات تجاری بین آسیا و اروپا و همچنین مباحث گردشگری و زیست‌محیطی می‌باشد (سونکو، ۱۳۷۳). جزیره قشم در دهانه تنگه استراتژیک هرمز قرار گرفته است و کوتاه‌ترین فاصله آن با خاک ایران ۲/۵ کیلومتر است. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی جزیره قشم به تصویر کشیده شده است.

قشم یکی از ۷ منطقه آزاد است که توسط دولت تعیین شده و بعد از انتخاب به عنوان منطقه آزاد موقعیتی تازه یافت. حدود ۳۰۰ کیلومتر از این جزیره را، منطقه آزاد و بقیه آن منهای مناطق نظامی، منطقه ویژه اقتصادی را تشکیل می‌دهد. بنابراین، این گونه انتظار می‌رود که قشم با بهره‌گیری از موقعیت جغرافیایی خود به عنوان دروازه‌ای برای صادرات و سرمایه‌گذاری، نقشی در اقتصاد داشته باشد. از این رو تأمین نیازهای اساسی جزیره به خصوص آب از اقدامات مهمی است که در توسعه آینده آن نقش بسزایی دارد. به دلیل نبود رودخانه دائمی و فقیر بودن سفره‌های آب زیرزمینی در قشم، از گذشته‌های بسیار دور تا به امروز مردم جزیره با بهره‌گیری از سازه‌های آبی تاریخی، آب باران را ذخیره و در طول سال مورد بهره‌برداری قرار می‌دادند، اما با پیشرفت تکنولوژی، امروزه بیشترین نیاز آب شرب منطقه از طریق هم‌کزدایی آب دریا تأمین می‌شود (مهندسین مشاور طوس آب، ۱۳۸۷).

• نحوه جمع‌آوری اطلاعات

به طور کلی داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش از سه بخش تشکیل شده است: استفاده از اسناد مکتوب، مدارک کتابخانه‌ای و مصاحبه. در ادامه تعدادی از اسناد مکتوب مورد استفاده، معرفی شده است.

۱- طرح جامع تأمین آب قشم (طوس آب):

طرح جامع تأمین آب قشم، به منظور امکان‌یابی و بررسی پتانسیل‌های آبی جزیره قشم و نواحی مجاور جزیره که در سرزمین اصلی قرار دارد، اجرا گردید. قرارداد مطالعات طرح جامع تأمین آب قشم در شهریور سال ۱۳۷۷، بین شرکت آب و برق و تأسیسات قشم و شرکت مهندسی مشاور طوس آب مبادله گردید. به موجب این قرارداد مهندس مشاور موظف گردید، کلیه نیازهای آبی جزیره قشم را برای دوره طرح برآورد و راه‌های تأمین آن را بررسی و اولویت‌بندی نماید.

۲- طرح جامع منطقه آزاد قشم (سونکو):

یکی دیگر از اسناد موجود، طرح جامع منطقه آزاد قشم می‌باشد که توسط شرکت مشاورین سونکو (مهندسان، معماران، اقتصاددانان سوندی) تهیه و تنظیم شده است. منطقه آزاد قشم در سال ۱۳۶۸ براساس تبصره ۱۹ قانون برنامه اول توسعه، تأسیس شد و هدف از تأسیس آن ایجاد یک منطقه آزاد تجاری با استفاده از مزایای موقعیت جغرافیایی و وجود ذخایر عظیم

انرژی در منطقه و ایجاد شرایطی مطلوب برای سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی است، که مستلزم کار و تلاش هماهنگ منطقه آزاد قشم و کلیه نیروهای دخیل در این امر است. بدین ترتیب منطقه آزاد قشم برای همکاری با سوئکو، توافقنامه‌ای برای تهیه طرح جامع توسعه قشم، منعقد نمود.

۳- قوانین و حقوق آب:

قوانین آب در سطح کلان شامل قواعدی مانند ارتباطات بین انواع منابع آب، ارتباطات بین منابع آب و سایر منابع، حقوق آب، حل و فصل تعارضات، پاسخگویی و دامنه مشارکت بخش خصوصی می‌باشد. اولین تجربه قانون‌گذاری به قانون مدنی در سال ۱۳۰۷ برمی‌گردد و تلاش‌های زیادی در راستای هماهنگ کردن این قانون با عرف صورت گرفته است.

۴- پروژه طرح جامع توسعه پایدار مردم-محور جزیره قشم به سوی جزیره زیست محیطی^۱:

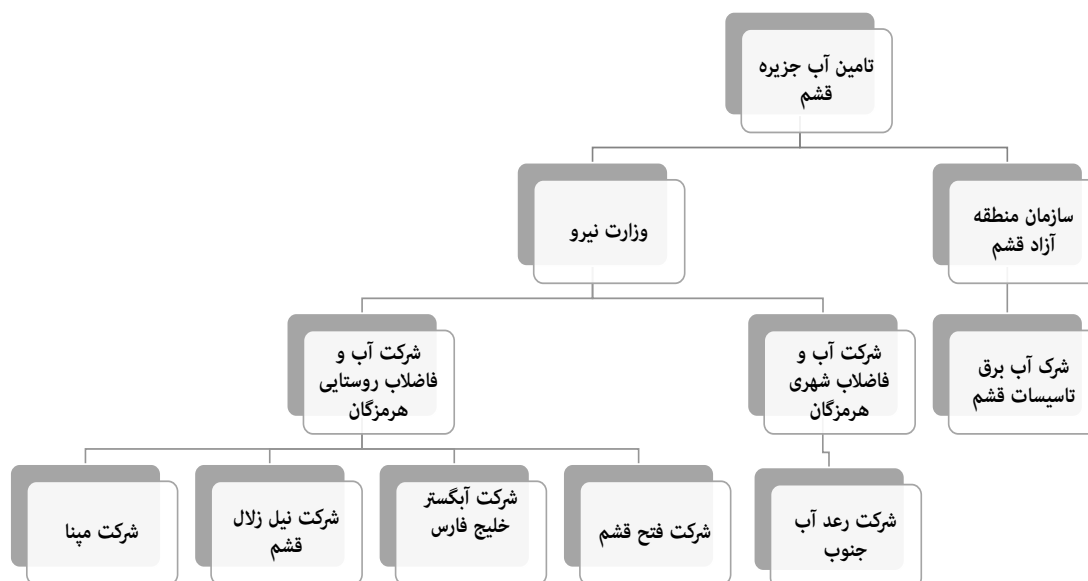
اهداف پروژه برای تحقق توسعه پایدار جزیره قشم به سوی یک جزیره زیست محیطی است که می‌بایست با موارد زیر در یک راستا قرار گیرد: الف) بهبود معیشت ساکنان محلی، ب)

حفاظت از منابع طبیعی جزیره، پ) ارتقاء توسعه یک جزیره دوستدار محیط زیست. برای تحقق این موضوع، آژانس همکاری بین‌المللی ژاپن و سازمان منطقه آزاد قشم، در سال ۱۳۹۴ صورت جلسه‌ای امضا کردند تا پروژه طرح جامع توسعه پایدار قشم را به سوی یک جزیره زیست محیطی هدایت نمایند.

نتایج و بحث

به منظور تحلیل مؤلفه‌های سازمانی مدیریت منابع آب جزیره قشم، قوانین حاکم در سطح ملی و مناطق آزاد مورد بررسی قرار گرفت. بر مبنای این قوانین، سازمان‌های دخیل در مدیریت منابع آب قشم و حدود اختیارات و وظایف آن‌ها مشخص می‌گردد.

به منظور شناسایی سازمان‌ها و ابعاد نهادی جزیره قشم، وضعیت فعلی مدیریت تامین آب جزیره قشم به لحاظ سازمانی و نحوه ارتباط بین این سازمان‌ها با سازمان‌های دیگر در شکل (۲) ارائه شده است.



شکل ۲- چارت سازمانی مدیریت تأمین آب قشم

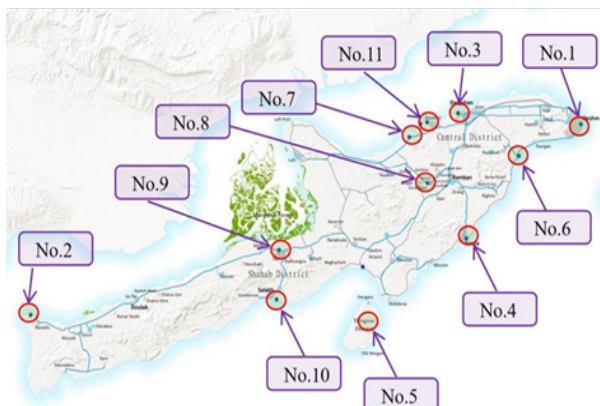
جدول ۱- قوانین مطالعه شده در سطح ملی در رابطه با سیستم‌های آب و فاضلاب

زیرسیستم	قانون	سازمان‌های درگیر	وظایف و اختیارات
	تویع عادلانه آب	وزارت نیرو و شرکت آب منطقه‌ای	ماده‌های ۵، ۷، ۱۹، ۲۱ و ۴۷
	قانون توسعه و بهینه‌سازی آب شرب شهری و روستایی در کشور	وزارت نیرو، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کل کشور، سازمان صدا و سیما، جمهوری اسلامی ایران، شرکت‌های آب و فاضلاب، وزارت آموزش و پرورش، کلیه هتل‌ها، بیمارستان‌ها، شهرک‌ها و مجتمع‌های مسکونی، سازمان ملی استاندارد ایران، وزارت صنعت، معدن و تجارت	ماده‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷
	لایحه قانونی بخشودگی آب بهای مشترکین کم مصرف	وزارت نیرو و شرکت آب منطقه‌ای	
شرب و خدمات	قانون آب و نحوه ملی شدن آن	وزارت نیرو	ماده‌های ۱۹ و ۲۰
	قانون تأسیس وزارت نیرو	وزارت نیرو	ماده ۱
	تویع عادلانه آب	وزارت نیرو	ماده‌های ۱، ۲۱، ۲۴ و ۴۷
	اساس‌نامه شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی استان	شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی	ماده‌های ۲ و ۵
	قانون تأسیس وزارت آب و برق	وزارت آب و برق	ماده ۱ بند د
	آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب	سازمان حفاظت محیط زیست، شهرداری، شرکت آب منطقه‌ای و وزارت نیرو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی	ماده ۷

• معرفی شبکه توزیع آب در جزیره قشم

در گذشته برای نگهداری آب باران و استفاده از آن، سد و بندهای بزرگ و کوچکی ساخته شده که می‌توان آثار چند سد بزرگتر را مشاهده نمود (اقتداری، ۱۳۴۸). شبکه توزیع آب شهر قشم در سال ۱۳۴۸ احداث گردیده است. تأمین آب این شبکه ابتدا از طریق سه حلقه چاه مرتبط به هم صورت می‌گرفت و آب از چاه مادر به شبکه شهری وارد می‌شد. چاه‌های مذکور تا سال ۱۳۵۲ آب مورد نیاز شبکه شهری را تأمین می‌کرد، اما با توسعه شهر و افزایش جمعیت شهری، تأسیساتی که شامل سه حلقه چاه، دو مخزن زمینی به حجم‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ مترمکعب و یک ایستگاه پمپاژ است، در دشت توریان احداث گردید و آب استحصال با خط لوله به شهر قشم انتقال یافت. به دلیل افت تدریجی سفره آب زیرزمینی دشت توریان و نزول کیفی آب آن، ارتباط تأسیسات مذکور از سال ۱۳۶۹ با شبکه توزیع آب شهر قشم، قطع شد. در این سال جهت تأمین آب شهر قشم، دستگاه‌های آب شیرین‌کنی که از بوشهر به قشم منتقل شده بود، مورد بهره‌برداری قرار گرفت و آب شیرین آن به داخل شبکه توزیع آب شهر قشم روانه شد. در همین زمان، وظیفه تأمین و توزیع آب شهر قشم از شهرداری به آب منطقه‌ای هرمزگان منتقل شد و در سال ۱۳۷۲ این مسئولیت به شرکت آب، برق و تأسیسات قشم واگذار شد (قاسمیان، ۱۳۸۱).

قوانینی مورد اشاره در جدول (۱) بخشی از قوانین اجرایی کشور در سطح ملی است؛ حال آنکه جزیره قشم به عنوان یکی از مناطق آزاد دارای قوانین خاص مربوط به خود نیز می‌باشد. در ادامه بعضی از این قوانین که منجر به شکل‌گیری چارت سازمانی مدیریت آب و فاضلاب قشم (شکل ۲) شده است، مورد اشاره قرار می‌گیرند. طبق ماده ۱۱۲ قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی (سال‌های ۹۴-۱۳۹۰) به منظور ساماندهی مناطق آزاد و ویژه اقتصادی و ایفاء نقش مؤثر آن‌ها در تحقق اهداف سند چشم‌انداز بیست ساله نظام، در بخش‌های مختلف: مدیران سازمان‌های مناطق آزاد به نمایندگی از طرف دولت، بالاترین مقام منطقه محسوب می‌شوند. کلیه وظایف، اختیارات و مسئولیت‌های دستگاه‌های اجرایی دولتی مستقر در این مناطق به استثناء نهادهای دفاعی و امنیتی به عهده آن‌ها است. سازمان‌های مناطق آزاد منحصراً بر اساس قانون چگونگی اداره مناطق آزاد تجاری- صنعتی و اصلاحات بعدی آن و قانون کار اداره می‌شوند. طبق تبصره ۲ این ماده، اختیارات فرماندار در مورد مصوبات شوراهای اسلامی شهر و روستا در مناطق آزاد به مدیر سازمان منطقه آزاد واگذار می‌شود. آنچه که عملاً از نظر ساختار سازمانی مدیریت منابع آب در جزیره وجود دارد بر اساس مطالعات صورت گرفته به شرح زیر است:



شکل ۳- محل احداث کارخانه‌های آب شیرین‌کن در جزیره قشم
(اعداد روی نقشه مربوط به شماره کارخانه‌ها در جدول ۲ می‌باشند)

اکنون تأسیسات تأمین آب در جزیره قشم توسط سه شرکت اداره می‌شوند: شرکت آب، برق و تأسیسات قشم، شرکت آب و فاضلاب شهری هرمزگان و شرکت آب و فاضلاب روستایی هرمزگان.

یازده کارخانه آب شیرین‌کن تا سال ۱۳۹۶ (جدول ۲ و شکل ۳) در حال فعالیت می‌باشند. شرکت آب، برق و تأسیسات قشم، دو آب شیرین‌کن را مدیریت می‌کند در حالی که بخش خصوصی مالک و اداره کننده سه آب شیرین‌کن دیگر تحت نظارت شرکت آب و فاضلاب شهری هرمزگان می‌باشد. یک بخش خصوصی دیگر، مالک و اداره کننده شش آب شیرین‌کن دیگر تحت نظارت شرکت آب و فاضلاب روستایی هرمزگان می‌باشد (مطالعات جایکا، ۱۳۹۵).

جدول ۲- کارخانه‌های آب شیرین‌کن در جزیره قشم و ظرفیت آن‌ها

شماره	مکان آب شیرین‌کن	سیستم آب شیرین‌کن	ظرفیت تعیین شده (مکعب بر روز)	تقاضای آب (مکعب بر روز)	جمعیتی که آب آن‌ها تأمین می‌شود	شرکت مشاور
۱	شهر قشم	تقطیر و اسمز معکوس	۲۴۰۰۰	۱۶۵۰۰	۳۶۳۲۶	شرکت آب، برق و تأسیسات
۲	باسعیدو	اسمز معکوس	۱۵۰۰	۶۰۰	۱۰۸۱۹	شرکت آب و فاضلاب شهری
۳	درگهان	اسمز معکوس	۶۵۰۰	۴۰۰۰	۱۵۴۰۴	شرکت آب و فاضلاب شهری
۴	سوزان	اسمز معکوس	۱۳۵۰	۸۶۰	۴۹۹۱	شرکت آب و فاضلاب شهری
۵	هنگام	اسمز معکوس	۵۴۵	۲۵۰	۴۱۰	شرکت آب و فاضلاب روستایی
۶	رمچاه	اسمز معکوس	۱۲۰۰	۱۰۰۰	۴۳۲۷	شرکت آب و فاضلاب روستایی
۷	کوه‌ای	اسمز معکوس	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۹۹۹	شرکت آب و فاضلاب روستایی
۸	کاروان	اسمز معکوس	۴۰۰	۴۰۰	۳۳۳۲	شرکت آب و فاضلاب روستایی
۹	طل	اسمز معکوس	۲۵۰	۴۴۰	۳۵۲۶	شرکت آب و فاضلاب روستایی
۱۰	سلخ	اسمز معکوس	۱۲۵۰	۱۰۰۰	۳۱۷۲	شرکت آب و فاضلاب روستایی
۱۱	کارخانه مینا	تقطیر	۱۸۰۰۰	۹۰۰۰	۳۷۳۹۴	شرکت آب و فاضلاب روستایی
مجموع		-	۵۸۹۹۵	۳۸۰۵۰	۱۲۴۷۰۰	-

• شرایط موجود و سازمان‌های مسئول در تصفیه فاضلاب

تصفیه فاضلاب در جزیره قشم و جزیره هنگام، توسط سه شرکت مدیریت می‌شود: شرکت آب، برق و تأسیسات قشم، شرکت آب و فاضلاب شهری قشم و شرکت آب و فاضلاب روستایی قشم. شرکت آب، برق و تأسیسات قشم، وابسته به سازمان منطقه آزاد است، در حالی که شرکت آب و فاضلاب شهری قشم و شرکت آب و فاضلاب روستایی قشم، تحت مدیریت شرکت آب و فاضلاب هرمزگان هستند که وزارت نیرو بر آن نظارت دارد. شرکت آب، برق و تأسیسات قشم سیستم فاضلاب شهر قشم را مدیریت می‌کند. شرکت آب و فاضلاب شهری قشم، مسئول نظارت بر سیستم فاضلاب شهر درگهان و سوزا است. شرکت آب و فاضلاب

روستایی قشم نیز مسئول نظارت بر سیستم فاضلاب مناطق روستایی جزیره قشم و جزیره هنگام است. طرح جامع سیستم فاضلاب هم اکنون برای شهرهای قشم و درگهان ایجاد شده، اما هنوز برای شهر سوزا اجرا نشده است. تنها تصفیه‌خانه در حال فعالیت شامل ۲ تصفیه‌خانه در شهر قشم و یک تصفیه‌خانه کوچک در درگهان است (مطالعات جایکا، ۱۳۹۵). سیستم فاضلاب فعلی شهر قشم را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

شبکه فاضلاب: در طرح کلی فاضلاب، طول کلی شبکه فاضلاب در شهر قشم تا سال ۱۴۰۴، معادل ۲۸۵ کیلومتر خواهد بود که تقریباً ۱۰۰۰ هکتار از منطقه، تحت پوشش شبکه جمع‌آوری فاضلاب

قرار می‌گیرد. طول فعلی شبکه جمع‌آوری فاضلاب ۱۸۵ کیلومتر است که تقریباً ۷۵۰ هکتار از منطقه را شبکه جمع‌آوری فاضلاب در بر گرفته است. این بدین معنی است که تقریباً ۷۵ درصد شهر قشم تحت پوشش شبکه جمع‌آوری فاضلاب قرار دارد.

مدیریت فاضلاب صنعتی: فاضلاب صنعتی مربوط به شهرک‌های صنعتی از طریق تصفیه‌خانه در راستای ضوابط تخلیه در آب‌های عمومی تصفیه خواهند شد. برای این منظور، سازمان‌های نظارتی و قانون‌گذار مربوط به تخلیه فاضلاب دارای نقش‌هایی به شرح زیر هستند:

- اداره محیط زیست سازمان منطقه آزاد قشم: تأیید گزارش داده‌های ثبت شده توسط تصفیه‌خانه در هر دوره سه ماهه.

نتیجه‌گیری

جمع بندی یافته‌ها حاکی از آن است که جایگاه رسمی و قانونی سازمان‌های درگیر با موضوع مدیریت منابع آب و فاضلاب در منطقه آزاد قشم یکسان نبوده و ابهاماتی را در تفسیر وظایف و ارتباطات سازمانی ایجاد نموده است که در صورت مدیریت نادرست، می‌تواند منجر به برداشت‌های سلیقه‌ای از روابط بین سازمانی و تکالیف قانونی شود.

مهم‌ترین موضوع که از نظر سازمانی در جزیره مطرح است، حضور چند متولی سازمانی با قدرت و منافع مختلف در حوضه مدیریت منابع آب جزیره قشم است. صرف نظر از اینکه کدام یک از متولیان، مدیریت و اجرای کارآمدتری داشته‌اند، بدیهی است که وجود چندین کارگزار با قدرت و منافع متعدد در یک پروژه باعث بروز مشکلاتی در زمینه هماهنگی و مشارکت و تفاوت کیفیت عملکرد و خدمات‌رسانی می‌گردد. لذا فقدان شفافیت در قوانین و تداخل نقش‌ها و مسئولیت‌ها بین سازمان‌های مختلف و عدم یکپارچگی در این حوزه، می‌تواند منجر به عدم اجرای صحیح قوانین و عدم پاسخگویی مسئولین گردد. با توجه به مباحث مطروحه و تحلیل‌ات ارائه شده پیرامون استثنائات قانونی در مناطق آزاد، جهت جلوگیری از فساد اداری و پیشرفت این مناطق در جهت مدیریت صحیح و یکپارچه آب و فاضلاب، پیشنهاد می‌شود که وجوه نظارت بر نهادهای قانون‌گذار و سازمان‌های اجرایی در مناطق آزاد شفاف گردد تا نواقص مربوط به عدم پاسخگویی و شفافیت در قوانین برطرف گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد یک رویکرد مشارکتی در تدوین برنامه‌های توسعه و اجرای پروژه‌ها در آینده به منظور هماهنگی بین سازمان‌های مربوطه و سیاست‌های تشویقی برای ایجاد رقابت در جهت بهبود عملکرد متولیان به تصویب برسد. بدین منظور برای ایجاد سازوکار رقابت، اقداماتی تجویز می‌شود که یکی از این اقدامات

- اداره استاندارد سازمان منطقه آزاد قشم: پیاده‌سازی آزمایش تصادفی در زمینه تطابق با استانداردهای ملی و غیره.

- بخش درمان و سلامت وزارت بهداشت: نظارت بر مواد خطرناک در تخلیه فاضلاب صنعتی در ارتباط با سلامت عمومی.

- شرکت آب، برق و تأسیسات قشم: نظارت بر پساب فاضلاب تصفیه‌خانه در منطقه و نظارت بر پساب فاضلاب تصفیه شده سیستم فاضلاب روستایی بر اساس طرح توسعه روستایی برای ۵۷ روستای قشم و جزیره هنگام با مدیریت بنیاد مسکن گسترش خواهد یافت. کمابیش، تمرکز اولیه باید بر روی توسعه سیستم جمع‌آوری فاضلاب روستایی ۵۷ روستا با یک بودجه محدود باشد (مطالعات جایکا، ۱۳۹۵).

هماهنگی همه سازمان‌های ذی‌ربط با سازمان منطقه آزاد مطابق قوانین می‌باشد.

بر این اساس پیشنهاد می‌شود تا پیش از تدوین برنامه بعدی توسعه کشور، وضعیت منابع آب کشور به صورت کمی و کیفی مورد بررسی قرار گیرد، تا مشکلات مربوط به جایگاه قانونی و نهادی منابع آب در قوانین و برنامه‌های توسعه پیشین کشور ارزیابی شود و ابهامات و کاستی‌ها در این زمینه برطرف گردد.

پی‌نوشت

1- ECO-ISLAND

منابع

آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن. ۱۳۹۵. طرح جامع توسعه پایدار مردم-محور جزیره قشم به سوی جزیره زیست‌محیطی (اکوآیلند). گزارش جایکا. سازمان منطقه آزاد قشم، قشم.

اقتداری، ا. ۱۳۴۸. آثار شهرهای باستانی سواحل و جزایر خلیج فارس و دریای عمان. سلسله انتشارات انجمن آثار ملی. ویرایش ۱. تهران، ایران.

جعفریان، و. ۱۳۹۵. تحلیل الگوی ساختاری شبکه دست‌اندرکاران سازمانی مدیریت منابع آب با هدف استقرار نظام مدیریت یکپارچه منابع آب در دشت گرمسار. مجله منابع طبیعی ایران. ۶۹(۴): ۸۳۵-۸۴۹.

زارعی، ب. و زارعی، ع. ۱۳۸۶. پارادایم تئوریک تبیین‌کننده شکل‌گیری ارتباطات بین سازمانی. فصلنامه دانش مدیریت، ۲۰(۷۸): ۴۵-۶۲.

قاسمیان، مهدی. ۱۳۸۱. بررسی جامع آب جزیره قشم و چالش‌های آینده. سازمان منطقه آزاد قشم، قشم.

- Management Institute. Colombo, Sri Lanka.
- Holling C. S. and Meffe G. K. 1996. Command and control and the pathology of natural resource management. *Conservation Biology*, 10(2): 328-337.
- Pahl-Wostl C., Craps M., Dewulf A., Mostert E., Tabara D. and Taillieu T. 2007. Social learning and water resources management. *Ecology and society*, 12(2): 5-24.
- Pahl-Wostl C. 2009. A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*, 19(3): 354-365.
- Madani K. 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4(4): 315-328.
- H., Shamekhi T., Babaii M., Ashtarian K., and Arab D.R. 2009. Policy-Making between Institution, Forest and Water Variables by Path Analysis Method (Case Study; Vezg Watershed/ Kohgiloye va Boyerahmad Province). *Iranian Journal of Forest*, 1(4): 345-359.
- قانون برنامه پنجساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی. ۱۳۸۹. مجلس شورای اسلامی.
- مرادی آیدیشه، ش.، جهان بیگلری، پ. بارانی، ص. و کریمی طاهر، ر. ۱۳۹۲. تبیین فرهنگ سازمانی موثر بر عملکرد ارتباطی سازمان. فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت نظامی. ۱۱(۴): ۸۹-۱۲۲.
- محمدی کنگرانی، ح. ۱۳۹۱. معرفی تحلیل شبکه‌ای و کاربردهای آن در مدیریت و سیاست‌گذاری منابع طبیعی (مطالعه قانون برنامه چهارم توسعه). مجله حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی، ۱۱(۱): ۷۹-۹۲.
- مهندسین مشاور طوس آب. ۱۳۸۷. مطالعات طرح جامع تأمین آب قشم، قشم، ایران، سازمان منطقه آزاد قشم.
- مهندسان، معماران، اقتصاددانان سوئدی (سوئکو). ۱۳۷۳. مطالعات طرح جامع منطقه آزاد قشم، قشم، ایران، سازمان منطقه آزاد قشم.
- Baker S. and Eckerberg K. 2013. A policy analysis perspective on ecological restoration. *Ecology and Society*, 18(2): 17-28.
- Bandaragoda D. J. 2000. A framework for institutional analysis for water resources management in a river basin context. Working Paper 5. International Water

Article Type: Applied

نوع مقاله: کاربردی

An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index

Translated by: M. Rahmani

Ph.D. Candidate in water engineering, irrigation and drainage, University: ferdowsi university of mashad, Iran.

E-Mail: ma.rahmani39@um.ac.ir

Received: 14-01-2018

Accepted: 24-10-2019

شاخصی یکپارچه بر مبنای مسائل هیدرولوژی، محیط زیست، معیشت و سیاست گذاری: شاخص پایداری حوضه

ترجمه: مهسا رحمانی

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.

E-Mail: ma.rahmani39@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۰۲

Abstract

Several issues impact the water sustainability of a river basin. Among them are the social, economic, and environmental aspects. However, they are often treated separately, and not as an integrated, dynamic process. In order to integrate the hydrologic, environmental, life and policy issues, as well as the existing pressures and policy responses in one quantitative, dynamic, and aggregated indicator, a watershed sustainability index (WSI), which uses a pressure-state-response function, was developed and is proposed in this paper. Applied to a 2,200 km² Unesco-HELP demonstration basin in Brazil (SF Verdadeiro), the value obtained for WSI was 0.65, which represents an intermediate level of basin sustainability.

Keywords: Hydrology, Environment, Life, Policy, Watershed, Sustainability index, SF Verdadeiro, HELP basin.

چکیده

مسائلی چندگانه بر پایداری آب حوضه آبریز تأثیر می گذارند و در میان آنها، جنبه های اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی وجود دارند. با این حال، آنها اغلب به طور جداگانه و نه به عنوان یک فرآیند یکپارچه و پویا بررسی می شوند. به منظور ادغام مسائل هیدرولوژیکی، محیط زیستی، معیشت و سیاست گذاری و همچنین فشارهای موجود و پاسخ های سیاستی به صورت کمی، پویا و جامع، یک شاخص پایداری حوضه آبریز (WSI)، بر اساس مدل فشار-وضعیت-واکنش، توسعه یافته و در این مقاله پیشنهاد شده است. با به کارگیری شاخص Unesco-HELP برای حوضه ۲۲۰۰ کیلومتری در برزیل (SF Verdadeiro)، مقدار عددی به دست آمده برای شاخص WSI برابر ۰/۶۵ بوده که نشان دهنده یک سطح متوسط از پایداری در حوضه می باشد.

واژه های کلیدی: هیدرولوژی، محیط زیست، معیشت، سیاست گذاری، حوضه آبریز، شاخص پایداری، SF Verdadeiro، حوضه HELP.

ترجمه از:

Chaves, Henrique & Alipaz, Suzana. 2007. An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index. Water Resources Management, 21: 883-895. 10.1007/s11269-006-9107-2

محیط زیست، معیشت و سیاست گذاری می باشد را تصویب کرده است (UNESCO، ۲۰۰۵). در سال ۲۰۰۶، بیش از ۶۰ حوضه عملیاتی و نمایشی HELP^۲ در سراسر جهان وجود داشت که طرحی را برای به اشتراک گذاری تجربه های مدیریت منابع آب فراهم می کرد.

یک شاخص یکپارچه پایداری حوضه آبریز، با پوشش مسائل و پاسخ های مختلف اجتماعی- اقتصادی و محیط زیستی، برای دسترسی به سطح پایداری حوضه های رودخانه ای مفید خواهد بود و نه تنها چارچوبی برای مقایسه، بلکه همچنین ابزاری برای شناسایی مشکلات جهت دستیابی به پایداری حوضه می باشد. هدف از این مطالعه ارائه یک شاخص یکپارچه پایداری حوضه آبریز براساس مسائل و پاسخ های هیدرولوژیکی، محیط زیست، معیشت و سیاست گذاری آب بود. به منظور نشان دادن کارایی شاخص WSI در حوضه SF Verdadeiro، در جنوب برزیل محاسبه شد. WSI می تواند به تمام حوضه ها اعمال شود، در صورتی که اطلاعات و داده های مورد نیاز، موجود باشند.

همکاران (۲۰۰۳)، با محاسبه شاخص فقر آب در کشورهای مختلف جهان دریافتند که این شاخص تا حدی با شاخص HDI کشورها ارتباط دارد ($r=0/81$).

تغییر شرایط در شاخص فقر آب، شاخص تغییرات اقلیم (CVI) (Sullivan و Meigh، ۲۰۰۵) است. این شاخص شامل اطلاعات اجتماعی، بیوفیزیکی و اقتصادی بوده و ارزیابی جامعی از آسیب پذیری انسان به تغییرات در منابع آب، در مقیاس های مختلف را ارائه می دهد. شاخص CVI یک ابزار مفید برای ارزیابی آسیب پذیری انسان به اثرات تغییر اقلیم، به ویژه جمعیت فقیر را فراهم می کند (Sullivan، ۲۰۰۶).

اخیراً، یک شاخص پایداری محیط زیست (ESI) پیشنهاد شده است (Levy و Esty، ۲۰۰۵). این شاخص از پنج جزء شامل ۲۱ زیرشاخص و ۷۶ متغیر استفاده می کند. اگر چه در چندین کشور استفاده شده است، اما تعداد زیادی از نشانگرها و متغیرهای آن مانع از کاربرد این شاخص در مناطقی که کمبود داده وجود دارد، می شوند.

شاخص های بالا علاوه بر این که مختص حوضه نیستند، به روابط علت- معلول هم توجه ننموده و به عنوان بخشی از پایداری حوضه با پاسخ های سیاستی که در یک حوضه مشخص در یک دوره معین اجرا می شوند، مرتبط نیستند.

شاخص های پایداری و پارامترها باید برخی از معیارهای اساسی را برای رسیدن به اهداف خود داشته باشند. با توجه به معیارهای حفاظت از زیست کره (HTCF، ۲۰۰۳)، شاخص های حوضه آبریز باید دارای ویژگی های زیر باشند:

مسائلی چندگانه بر پایداری آب حوضه آبریز تأثیر می گذارند و در میان آنها، جنبه های اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی وجود دارند. با این حال، آنها اغلب به طور جداگانه و نه به عنوان یک فرآیند یکپارچه و پویا بررسی می شوند (Viessmann، ۱۹۹۰). علاوه بر این، مدیریت یکپارچه منابع آب و محیط زیست پایداری نیاز به ارزیابی بیشتر اثرات محیط زیستی دارد. این موضوع نیاز به یکپارچگی مسائل سیاستی، ارزیابی پروژه و قوانین مدیریت صحیح آب و مؤسسات، در سراسر فرآیند تصمیم گیری در مورد استفاده از منابع آب شیرین دارد (Rast و Smith، ۱۹۹۸). اگرچه شاخص هایی برای کمبود آب و محیط زیست وجود دارند، اما آنها مخصوص حوضه نیستند و هدف از آنها دستیابی به پایداری حوضه با توجه به مدیریت یکپارچه منابع آب و پوشش دادن متغیرهای مختلف نیست. اخیراً برنامه بین المللی هیدرولوژی یونسکو (IHP) چارچوبی که شامل مسائل هیدرولوژی،

ادغام مسائل هیدرولوژی، محیط زیست، معیشت و سیاست گذاری در یک شاخص پایداری

ارزیابی های پایداری باید شرایط مرزهای سیاسی را در نظر بگیرند. اگرچه حوضه های آبریز واحد برنامه ریزی منابع آب هستند، اما عموماً با مرزهای سیاسی همخوانی ندارند (Nyerges، ۲۰۰۲). به همین دلیل، به ندرت حوضه های آبریز به عنوان واحد برنامه ریزی و مدیریت استفاده می شوند. علی رغم این که پایداری منابع آب در یک حوضه مستقیماً به شرایط هیدرولوژیکی، محیط زیستی، معیشت و سیاست گذاری آن مربوط می شود، اما تلاش های چندانی برای تلفیق آنها به صورت واحد و قابل مقایسه انجام نشده است.

شاخص های یکپارچه با هدف بررسی و برنامه ریزی استفاده می شوند. برنامه توسعه سازمان ملل متحد برای چندین سال از شاخص توسعه انسانی (HDI)^۳ استفاده کرده است (UNDP، ۱۹۹۸). این شاخص ترکیبی از آموزش و پرورش، امید به زندگی و اطلاعات درآمدی برای شهرداری ها، ایالت ها و کشورها است. مقادیر HDI بین (۰ تا ۱) متغیر بوده، استفاده از آن بسیار ساده و در سراسر جهان به منظور ارزیابی توسعه، به کار می رود.

Sullivan و همکاران (۲۰۰۳) با هدف ارزیابی کمبود آب و دسترسی به آب برای جمعیت فقیر بر اساس مقیاس مکانی، شاخص فقر آب را توسعه دادند. آژانس های تأمین مالی مانند بانک جهانی، این شاخص را به منظور شناخت کشورها و مناطقی که تنش شدید آب دارند، استفاده نموده اند (Sullivan و Meigh، ۲۰۰۳). Lawrence و

۱- در دسترس: اطلاعات شاخص باید موجود و به راحتی قابل دسترس باشند. آنها باید در سراسر حوضه آبریز جمع‌آوری، به طور منظم منتشر و در دسترس عموم قرار گیرند.

۲- قابل درک: شاخص‌ها باید به وضوح برای عموم قابل فهم باشند.

۳- معتبر و موثق: شاخص‌ها باید توسط اطلاعات قابل اعتماد و قابل اطمینان پشتیبانی شده و به روش علمی قابل تفسیر باشند.

۴- مرتبط: شاخص‌ها باید تغییرات در مدیریت و فعالیت‌ها در حوضه آبریز را منعکس کنند. آنها باید قادر به اندازه‌گیری تغییرات در طول زمان باشند.

۵- یکپارچه: شاخص‌ها باید ارتباط بین ابعاد پایداری شامل محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی را نشان دهند.

شاخصی که مطابق با معیارهای بالا از نظر کاربرد برای حوضه‌های آبریز، مطرح می‌شود، می‌تواند مورد استفاده جهانی قرار گیرد و به طور قابل توجهی در ایجاد پایداری منابع آب در حوضه‌های آبریز رودخانه، مفید واقع شود. با توجه به این که مدیریت حوضه، فرآیندی پویا و جامع است و فرض بر این است که پایداری آب در حوضه آبریز تابعی از مباحث هیدرولوژی (H)، محیط‌زیست (E)، معیشت (L) و سیاست‌گذاری منابع آب (P) و بر اساس یک مدل پویای فشار- وضعیت- واکنش (OECD، ۲۰۰۳) می‌باشد، برای این چهار زیرشاخص (H، L، E، P) در یک طرح، ماتریس تعریف می‌شود. در نتیجه، شاخص پایداری حوضه (WSI) به دست می‌آید. به صورت عددی، WSI طبق رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$WSI = \frac{H + E + L + P}{4} \quad (1)$$

جدول ۱- زیرشاخص‌ها و پارامترهای شاخص پایداری حوضه آبریز

زیرشاخص‌ها	پارامترهای فشار	پارامترهای وضعیت	پارامترهای واکنش
هیدرولوژی	تغییر در سرانه آب در دسترس در حوضه طی مدت مطالعاتی	سرانه آب قابل دسترس در حوضه (میانگین بلند مدت)	بهبود بهره‌وری استفاده از آب طی مدت مطالعاتی
	تغییر در BOD5 حوضه طی مدت مطالعاتی	BOD5 حوضه (میانگین بلند مدت)	بهبود در سیستم تصفیه/ دفع فاضلاب طی مدت مطالعاتی
محیط زیست	EPI حوضه (روستایی و شهری) طی مدت مطالعاتی	درصد مناطق با پوشش گیاهی طبیعی در حوضه	تکامل در حفاظت از حوضه (درصد مناطق حفاظت شده، BMPs طی مدت مطالعاتی)
معیشت	تغییر در سرانه درآمد در حوضه طی مدت مطالعاتی	HDI حوضه (وزنی شده با جمعیت شهرستان)	تکامل در HDI حوضه طی مدت مطالعاتی
سیاست‌گذاری	تغییر در زیرشاخص HDI-آموزش در حوضه طی مدت مطالعاتی	ظرفیت نهادی حوضه در جهت تحقق IWRM	تکامل در هزینه‌های IWRM حوضه طی مدت مطالعاتی

WSI: شاخص پایداری حوضه، H: زیرشاخص هیدرولوژیکی حوضه، E: زیرشاخص محیط‌زیستی حوضه، L: زیرشاخص معیشت حوضه و P: زیرشاخص سیاست‌گذاری بوده که دامنه همه آنها بین صفر تا یک تغییر می‌کند. به این صورت که در بهترین وضعیت امتیاز یک و در بدترین وضعیت عدد صفر برای آنها در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که از معادله (۱) مشاهده می‌شود، همه شاخص‌ها وزن یکسان دارند. اگرچه وزن شاخص‌ها ممکن است از حوضه‌ای به حوضه دیگر متفاوت باشد و باید با هماهنگی بین گروه‌داران انتخاب شود، به کار بردن وزن‌های یکسان سبب کم‌شدن اریبی در نتایج می‌شود (Heathcote، ۱۹۹۸) و اجازه رابطه متقابل در میان بخش‌های مختلف و ذینفعان، هیدرولوژیست‌ها، جامعه‌شناسان، محیط‌زیست، کاربران آب و سیاست‌گذاران را می‌دهد. علاوه بر این، ساختار خطی و میانگین از معادله (۱) ساده و شفاف است، که امکان جبران اشتباه در شاخص‌ها و پارامترها را فراهم می‌آورد. این یک مسئله مهم در توسعه مدل است، اما اغلب مدل‌سازان آن را نادیده می‌گیرند (Chaves و Nearing، ۱۹۹۱).

مقدار کلی شاخص WSI بین صفر تا یک بدست می‌آید و در سه طبقه به شرح زیر تقسیم می‌شود:

الف- پایداری پایین ($WSI < 0/6$)

ب- پایداری متوسط ($0/6 \leq WSI \leq 0/8$)

پ- پایداری بالا ($WSI > 0/8$)

همان‌طور که در جدول (۱) ملاحظه می‌شود، برای تعیین امتیاز هر کدام از زیرشاخص‌ها، پارامترهایی در قالب فشار، وضعیت و واکنش در نظر گرفته شده‌اند:

از آنجایی که مدیریت حوضه در سطح محلی و منطقه‌ای در حوضه‌های آبریز تا مساحت ۲۵۰۰ کیلومتر مربع (Schueler، ۱۹۹۵) موثرتر است، این حد بالای پیشنهاد شده برای استفاده

زیرحوضه‌ها، محاسبه نمود. در جدول (۱) پارامترها به سه سطح، شامل فشار، وضعیت و واکنش (PSR) تقسیم شدند. مزیت استفاده از مدل PSR این است که روابط علت-معلول را در بر می‌گیرد و به گرداران و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا ارتباطات بین پارامترها را ببینند (OECD, ۲۰۰۳).

۱- پارامترهای هیدرولوژی:

در زیرشاخص هیدرولوژی، دو مجموعه از پارامترها شامل، کمیت آب و کیفیت آب وجود دارد. در مورد کمیت آب، پارامتر مورد نظر، سرانه دسترسی به آب در هر سال با توجه به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی است. بر اساس مطالعات فالکن مارک و ویداسترند (۱۹۹۲) تنش آبی هنگامی رخ می‌دهد که مقدار سرانه آب در دسترس به کمتر از ۱۷۰۰ متر مکعب در سال برسد. بنابراین، پنج سطح از سرانه دسترسی به آب انتخاب شده، مضرب‌هایی از حداقل استاندارد به صورت زیر هستند:

الف) $Wa > 1700$ (ب) $Wa > 3400$ (پ) $Wa > 5100$ (ج) $Wa > 6800$ (د) $Wa < 6800$ (مترمکعب در جمعیت در سال) که به ترتیب مربوط به سطوح بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و عالی برای دسترسی به آب است.

در مورد کیفیت آب، از آنجا که اطلاعات نیاز به اکسیژن بیوشیمیایی (BOD5 بر حسب میلی‌گرم در لیتر) اغلب در حوضه‌های آبریز موجود است و از آنجا که با سایر پارامترهای مهم کیفیت آب (اکسیژن محلول، کدورت و غلظت آلاینده‌ها) ارتباط دارد، به عنوان پارامتر کیفیت آب انتخاب شده است. اگر سایر پارامترهای کیفیت آب حوضه (مثلاً نیترژن) از BOD5 بحرانی‌تر باشند، می‌توانند به عنوان شاخص کیفیت آب استفاده شوند. از آنجایی که اطلاعات دسترسی به آب و کیفیت آب در دوره‌ای که با میانگین بلندمدت سنجیده شده، مقایسه می‌شود، پارامترهای فشار هیدرولوژیکی دارای مزایای استفاده از تغییرپذیری/ تغییرات احتمالی اقلیمی می‌باشند که در شرایط خاصی می‌توانند به طور قابل توجهی روی دسترسی به آب در حوضه‌های آبریز، تأثیر بگذارند.

شرح کامل سطوح و امتیازات تمام پارامترهای WSI در جدول (۲) ارائه شده است.

اگر چه سطوح و امتیازات جدول (۲) اختیاری هستند و می‌توانند از حوضه‌ای تا حوضه دیگر متفاوت باشند، براساس محدوده‌های ممکن و آستانه‌های پارامترهای انتخاب شده، طیف وسیعی از شرایط حوضه آبریز پیشنهاد شده است. علاوه بر این، آنها هر دو جنبه‌های انسانی و محیط‌زیستی، و نیز خطرات پایدار بودن حوضه را در نظر می‌گیرند (برنامه ارزیابی آب جهانی- WWAP, ۲۰۰۶).

۲- پارامترهای محیط‌زیستی

همانند پارامترهای هیدرولوژی، پارامترهای زیرشاخص محیط‌زیستی به سطوح فشار، وضعیت و واکنش تقسیم می‌شوند. در جدول (۲)، پارامتر فشار برای شاخص محیط‌زیستی، شاخص فشار بر محیط‌زیست (EPI)، یک نسخه اصلاح شده از شاخص فشار آنتروپی (API) است (Sawyer, ۱۹۹۷) و با میانگین تغییرات در مساحت زمین‌های کشاورزی حوضه و تغییر در جمعیت شهری (درصدی) در دوره مورد مطالعه تخمین زده می‌شود:

$$EPI = \text{درصد تغییر در مساحت زمین‌های کشاورزی حوضه} + \frac{2}{2} (\text{درصد تغییرات جمعیت شهری در حوضه})$$
$$EPI \text{ می‌تواند مثبت، منفی یا صفر باشد. مقادیر مثبت، فشار بیشتر روی بقیه گیاهان طبیعی حوضه (وضعیت محیط زیست) را نشان می‌دهد. این پارامتر حالت، به نوبه خود، تناسب زیادی با تنوع زیستی گیاهان و جانوران دارد که نشان‌دهنده یکپارچگی کلی محیط‌زیست حوضه است (Emerton و Bos, ۲۰۰۴).}$$

به نظر می‌رسد نسبت مساحت زمین‌های کشاورزی و جمعیت شهری با کیفیت آب حوضه (Levine و Hunsaker, ۱۹۹۵) ارتباط دارد. علاوه بر این، استفاده از اطلاعات دوره‌های پیشین، سرشماری کشاورزی و سرشماری جمعیت، کار آسانی است و به ویژه در کشورهای در حال توسعه از دیگر پارامترهای محیط‌زیستی، از قبیل شاخص‌های حیاتی آب، یکپارچگی محیط زندگی و غیره، به عنوان پارامتر استفاده می‌شود.

۳- پارامترهای معیشت

پارامترهای زیرشاخص معیشت مربوط به کیفیت زندگی بشر است. بنابراین، پارامتر انتخاب شده برای وضعیت معیشت، شاخص توسعه انسانی حوضه (HDI) در سال قبل از دوره مورد مطالعه می‌باشد. پارامتر واکنش زیرشاخص معیشت، درصد تغییر HDI حوضه در دوره مورد مطالعه نسبت به مقدار قبلی است که نشان‌دهنده تکامل (مثبت یا منفی) کیفیت زندگی در حوضه می‌باشد. پارامتر فشار معیشت، به عنوان تغییر در درآمد HDI^۲ در نظر گرفته شده است؛ در واقع زیرشاخصی از HDI است که در دوره مورد مطالعه، درآمد جمعیت حوضه را به خود اختصاص می‌دهد. مقادیر منفی این پارامتر نشان می‌دهد که جمعیت در این دوره فقیرتر شده‌اند و برعکس. تغییر در متوسط درآمد جمعیت می‌تواند بر پایداری حوضه تأثیر بگذارد، و اثر آن قویاً بر شاخص‌های اجتماعی مانند بهداشت و آموزش و پرورش شناخته شده است (بانک جهانی، ۲۰۰۳؛ برنامه ارزیابی جهانی آب- WWAP, ۲۰۰۶). مزیت استفاده از HDI و زیرشاخص‌های آن به عنوان پارامترهای معیشت، این است که آنها اغلب بر اساس مقیاس شهری در دسترس هستند. آنها می‌توانند به نوبه خود، برای حوضه به طور متوسط، با استفاده از جمعیت به عنوان عامل وزن، میانگین‌گیری شوند.

جدول ۲- شرح پارامترهای فشار WSI، سطوح و امتیازات

شاخص‌ها	پارامترهای فشار		پارامترهای وضعیت		پارامترهای واکنش		امتیازها
	سطوح	پارامترهای فشار	سطوح	پارامترهای وضعیت	سطوح	پارامترهای واکنش	
هیدرولوژی	$\Delta 1 < -20\%$ $-20\% < \Delta 1 < -10\%$ $-10\% < \Delta 1 < 0\%$ $0 < \Delta 1 < +10\%$ $\Delta 1 > +10\%$	$\Delta 1$ تغییر در سرانه آب در دسترس حوضه در دوره مورد مطالعه نسبت به میانگین دراز مدت ($m^3/person$ سال)	$Wa < 1,700$ $1,700 < Wa < 3,400$ $3,400 < Wa < 5,100$ $5,100 < Wa < 6,800$ $Wa > 6,800$	سرانه آب در دسترس حوضه (متوسط بر جمعیت در سال)، با توجه به منابع آب سطحی و آب زیرزمینی	خیلی ضعیف ضعیف متوسط خوب عالی	بهبود کارایی مصرف آب در حوضه در دوره مورد مطالعه	۰ ۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵ ۱
	$\Delta 2 > 20\%$ $20\% > \Delta 2 > 10\%$ $0 < \Delta 2 < 10\%$ $-10\% < \Delta 2 < 0\%$ $\Delta 2 < -10\%$	$\Delta 2$ تغییر در BOD5 حوضه در دوره مورد مطالعه نسبت به میانگین بلندمدت	BOD > 10 $10 < BOD < 5$ $5 < BOD < 3$ $3 < BOD < 1$ BOD < 1	BOD5 متوسط درازمدت (mg/l)	خیلی ضعیف ضعیف متوسط خوب عالی	بهبود سیستم تصفیه/ دفع مناسب فاضلاب در حوضه در دوره مورد مطالعه	۰ ۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵ ۱
	EPI > 20% $20\% < EPI > 10\%$ $10\% < EPI < 5\%$ $5\% < EPI < 0\%$ EPI < 0%	E.P.I حوضه (روستایی و شهری) در دوره مورد مطالعه	$Av < 5$ $5 < Av < 10$ $10 < Av < 25$ $25 < Av < 40$ $Av > 40$	درصد مساحت پوشش طبیعی حوضه (Av)	$\Delta < -10\%$ $-10\% < \Delta < 0\%$ $0 < \Delta < +10\%$ $+10\% > \Delta > +20\%$ $\Delta > 20\%$	تکامل در وسعت مناطق حفاظت شده (مناطق حفاظت شده و BMPs) در حوضه، در دوره مورد مطالعه	۰ ۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵ ۱
	$\Delta < -20\%$ $-20\% < \Delta < -10\%$ $-10\% < \Delta < 0$ $0 < \Delta < +10\%$ $\Delta > +10\%$	تغییر در سرانه HDI-درآمد در حوضه در دوره مورد مطالعه نسبت به دوره قبلی	HDI < 0.5 $0.5 < HDI < 0.6$ $0.6 < HDI < 0.75$ $0.75 < HDI < 0.9$ HDI > 0.9	HDI حوضه (وزنی شده با جمعیت شهرستان)	$\Delta < -10\%$ $-10\% < \Delta < 0\%$ $0 < \Delta < +10\%$ $+10\% > \Delta > +20\%$ $\Delta > 20\%$	تکامل در هزینه‌های IWRM در حوضه، در دوره مورد مطالعه	۰ ۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵ ۱
معیشت	$\Delta < -20\%$ $-20\% < \Delta < -10\%$ $-10\% < \Delta < 0\%$ $0 < \Delta < +10\%$ $\Delta > +10\%$	تغییر در HDI-آموزش حوضه در دوره مورد مطالعه نسبت به دوره قبلی	خیلی ضعیف ضعیف متوسط خوب عالی	ظرفیت نهادهای حوضه جهت تحقق IWRM (قانونی و سازمانی)	$\Delta < -10\%$ $-10\% < \Delta < 0\%$ $0 < \Delta < +10\%$ $+10\% > \Delta > +20\%$ $\Delta > 20\%$	تکامل در هزینه‌های IWRM در حوضه، در دوره مورد مطالعه	۰ ۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵ ۱
سیاست‌گذاری	$\Delta < -20\%$ $-20\% < \Delta < -10\%$ $-10\% < \Delta < 0\%$ $0 < \Delta < +10\%$ $\Delta > +10\%$	تغییر در HDI-آموزش حوضه در دوره مورد مطالعه نسبت به دوره قبلی	خیلی ضعیف ضعیف متوسط خوب عالی	ظرفیت نهادهای حوضه جهت تحقق IWRM (قانونی و سازمانی)	$\Delta < -10\%$ $-10\% < \Delta < 0\%$ $0 < \Delta < +10\%$ $+10\% > \Delta > +20\%$ $\Delta > 20\%$	تکامل در هزینه‌های IWRM در حوضه، در دوره مورد مطالعه	۰ ۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵ ۱

۴- پارامترهای سیاست‌گذاری

پارامتر فشار سیاست‌گذاری، به عنوان تغییر زیرشاخص آموزش در شاخص توسعه انسانی^۵ حوضه، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. از آنجایی که این شاخص سطح تحصیلات جمعیت را اندازه‌گیری می‌کند، مقادیر مثبت آن با توانایی و تمایل جمعیت برای درگیر شدن در مدیریت حوضه آبریز مرتبط است و فشار بیشتری بر تصمیم‌گیرندگان وارد می‌کند. این همبستگی در چندین حوضه در برزیل مشاهده شد که در آن، مشارکت اجتماعی بالاتری در مدیریت منابع آب در حوضه‌های با سطح تحصیلات بالاتر روی داد (بانک جهانی، ۲۰۰۳). علاوه بر این، یک پارامتر ساده و در دسترس است که سبب تسهیل استفاده از آن می‌شود.

پارامتر وضعیت سیاست‌گذاری، ظرفیت نهادی سازمانی حوضه در مدیریت یکپارچه منابع آب است که از طریق سطح چارچوب قانونی و سازمانی کافی و همچنین سطح مدیریت مشارکتی در دوره مورد مطالعه، محاسبه می‌شود. این پارامتر یکی از چندین معیار کیفی WSI است که از بسیار ضعیف با مقدار صفر تا عالی با مقدار یک، متغیر است. اگر قوانین کافی برای آب در حوضه وجود داشته باشد، اما اجرا نشده باشند، سطح میانی (۰/۵) می‌تواند برای پارامتر استفاده شود. به همین ترتیب، اگر هیچ قانون یا نهادی وجود نداشته باشد، نمره بسیار ضعیف معادل صفر برای این پارامتر اختصاص داده می‌شود و برعکس.

پارامتر واکنش سیاست‌گذاری با تکامل در هزینه‌های مدیریت یکپارچه منابع آب حوضه در دوره مورد مطالعه برآورد می‌گردد و نشان‌دهنده واکنش گروداران و تصمیم‌گیرندگان در حل مشکلات منابع آب است. هزینه‌های بیشتر در مدیریت یکپارچه منابع آب، نشان‌دهنده این است که حوضه، شانس بیشتری برای برآورده نمودن اهداف اصلی و فرعی مربوط به خود را داشته است و برعکس. این مقدار می‌تواند مثبت یا منفی باشد، که امتیازهای متفاوت از صفر تا یک خواهد گرفت.

۵- محاسبه شاخص WSI

پس از محاسبه پارامترهای هر چهار زیرشاخص و انتخاب یک دوره خاص برای تجزیه و تحلیل (مثلاً یک دوره ۵ ساله، همزمان با موجودی HDI و دیگر داده‌های سرشماری)، WSI بر اساس معادله (۱) محاسبه می‌شود. برای تسهیل محاسبات، می‌توان از صفحه گسترده استفاده کرد.

اعمال WSI به حوضه رودخانه SF Verdadeiro

برای نشان دادن کاربردی بودن مفهوم WSI، این شاخص برای حوضه رودخانه SF Verdadeiro، که یک حوضه آبریز با مساحت ۲۲۰۰ کیلومترمربع در جنوب برزیل است، اعمال گردید. دوره مورد مطالعه

یک دوره ۵ ساله بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰ بود که داده‌های محیط‌زیستی و اجتماعی آن موجود بود. از آنجا که WSI از چهار زیر شاخص تشکیل شده است، هر یک از آنها به صورت جداگانه ارائه شده و در پایان، شاخص پایداری کلی محاسبه گردیده است.

۱- زیرشاخص هیدرولوژی:

امتیاز زیرشاخص هیدرولوژی میانگین پارامترهای کمیت و کیفیت حوضه بود. در مورد زیر شاخص کمیت آب، از آنجا که منبع اصلی آب در حوضه، آب سطحی است، سرانه آب در دسترس در سرتاسر کشور نرخ جریان متوسط درازمدت رودخانه تقسیم بر جمعیت حوضه بود.

رودخانه SF Verdadeiro در دهانه خود دارای یک جریان متوسط طولانی‌مدت به میزان ۳۹ مترمکعب بر ثانیه است که تقسیم بر جمعیت کل حوضه (۱۶۷۰۸۳ ساکن بر مبنای سال ۲۰۰۰)، سرانه آب در دسترس (Wa)، ۳۳۶۰۰ مترمکعب در سال بدست می‌آید.

بر اساس جدول (۴)، امتیاز پارامتر کمیت، یک می‌باشد (عالی). در مورد پارامتر کمیت فشار آب، تغییر در Wa در دوره ۵ ساله مورد مطالعه، با توجه به میانگین بلندمدت، ۴/۸٪+ بود. این مقدار، طبق جدول (۲)، امتیاز فشار ۰/۷۵ را به دست می‌دهد. در مورد کیفیت واکنش، در دوره ۵ ساله، برخی از بهبودها در کارایی مصرف آب در حوضه که مربوط به امتیاز ۰/۵ است، موجود بود. بنابراین، میانگین پارامتر فشار، وضعیت و واکنش برای کمیت آب در حوضه $0/75 = (1 + 0/75 + 0/5) / 3$ محاسبه شد.

در مورد زیرشاخص کیفیت آب، پارامتر فشار مطابق با تغییر در BOD5 حوضه در دوره ۵ ساله (۴/۶٪+) است، که طبق جدول (۳)، امتیاز آن ۰/۵ می‌باشد. پارامتر وضعیت برای کیفیت (میانگین بلندمدت BOD5 حوضه) برابر با ۱/۳ میلی گرم بر لیتر بود (شکل ۱). این نتایجی از امتیاز پارامتر وضعیت برابر با مقدار یک است. پارامتر واکنش برای زیر شاخص کیفیت آب امتیاز ۰/۲۵ را داشت (بهبود ضعیف در تصفیه / دفع فاضلاب در ۵ سال مورد مطالعه). بنابراین زیرشاخص کیفیت $0/58 = (0/5 + 1 + 0/25) / 3$ بود.

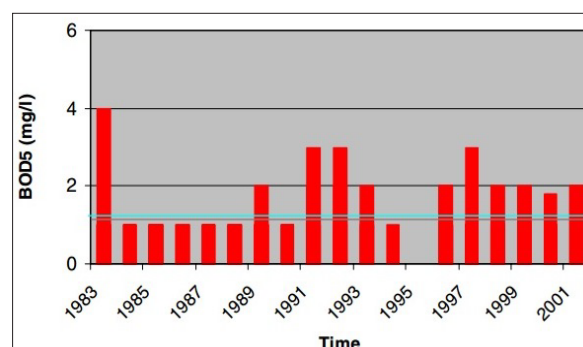
از این رو، شاخص کلی هیدرولوژی به سادگی میانگین زیرشاخص‌های کمیت و کیفیت و برابر با $0/67 = (0/75 + 0/58) / 2$ محاسبه شد.

۲- زیرشاخص محیط‌زیست:

به طور مشابه برای زیرشاخص هیدرولوژی، زیرشاخص محیط‌زیست به عنوان میانگین پارامترهای فشار، وضعیت و واکنش آن محاسبه شد. در مورد پارامتر فشار، تغییر در حوضه‌های ترکیبی (افزایش در زمین‌های کشاورزی و جمعیت شهری در دوره مورد مطالعه به ترتیب ۱۳ و ۹ درصد بود که مقدار EPI برابر $11\% = (9\% + 13\%) / 2$ محاسبه شد. این مقدار معادل با امتیاز پارامتر فشار محیط‌زیستی ۰/۲۵ بود.

در مورد پارامتر وضعیت محیط زیست، حوضه در سال ۲۰۰۰، ۲۶ درصد از پوشش اصلی گیاهی خود را داشت که طبق جدول (۳) این مقدار، معادل امتیاز ۰/۷۵ بود. باقی مانده پوشش گیاهی طبیعی در یک حوضه، می تواند با استفاده از تکنیک های سنجش از دور از قبیل NDVI (Mather, ۱۹۹۹) به طور غیرمستقیم، از طریق سرشماری کشاورزی تخمین زده شود.

پارامتر واکنش محیط زیست (تکامل در مناطق حفاظت شده و مناطق با BMPs) در حوضه ۲٪ بود، که طبق جدول (۴) دارای امتیاز ۰/۷۵ بود. بنابراین، امتیاز کل شاخص محیط زیست $0.58 = (0.75 + 0.75 + 0.25) / 3$ محاسبه گردید.



شکل ۱- BOD5 سالانه در رودخانه SF Verdadeiro با میانگین دراز مدت ۱/۳ (میلی گرم در لیتر)

آموزشی حوضه وجود داشته، که می تواند به مشارکت اجتماعی در IWRM کمک کند.

با توجه به پارامتر وضعیت سیاست گذاری (ظرفیت سازمانی حوضه)، اگر چه چارچوبی قانونی وجود دارد (قوانین و مقررات آب و قوانین زیست محیطی دولت و فدرال)، اما در مدیریت منابع آب، مشارکت کمی در دوره مورد مطالعه وجود داشت. حوضه رودخانه SF Verdadeiro همچنان کمیته یا انجمن حوضه ای ندارد، که طبق قانون، موسسه مسئول مدیریت آب در سطح حوضه باشد؛ در نتیجه، حوضه در این مورد ضعیف بوده و امتیاز پارامتر مربوط به آن ۰/۲۵ بود.

با توجه به پارامتر واکنش سیاست گذاری، تکامل هزینه های حوضه در مدیریت منابع آب در دوره پنج ساله ۵٪ + بود و برای این پارامتر به امتیاز ۰/۷۵ رسید. مقدار زیرشاخص کلی سیاست گذاری به طور متوسط از میانگین سه پارامتر $0.58 = (0.75 + 0.25 + 0.75) / 3$ محاسبه شد.

۵- پایداری حوضه آبریز:

شاخص WSI میانگین جهانی چهار زیر شاخص (P, L, E, H) است. با اعمال معادله (۱) و با استفاده از یک صفحه گسترده الکترونیکی، نمره کل ۰/۶۵ برای شاخص WSI در حوضه SF Verdadeiro بدست آمد. جدول (۳) سطوح، امتیازات و WSI کلی برای حوضه را ارائه می دهد.

جدول ۳- سطوح و مقادیر پارامترها و WSI حوضه

نتایج	واکنش		وضعیت		فشار		زیرشاخص
	امتیاز	سطح	امتیاز	سطح	امتیاز	سطح	
۰/۶۷	۰/۵	متوسط	۱	۳۳۶۰۰	۰/۷۵	۴/۸	هیدرولوژی
	۰/۲۵	ضعیف	۱	۱/۳	۰/۵	۴/۶	
	۰/۳۸		۱		۰/۶۳		
۰/۵۸	۰/۷۵	۲٪	۰/۷۵	۲۶٪	۰/۲۵	۱۱	محیط زیست
۰/۷۵	۰/۷۵	۵/۱٪	۰/۷۵	۸۱٪	۰/۷۵	۳/۴	معیشت
۰/۵۸	۰/۷۵	۵٪	۰/۲۵	ضعیف	۰/۷۵	۶/۳	سیاست گذاری
۰/۶۵	۰/۶۶		۰/۷		۰/۵۹		نتایج

با استفاده از طبقه بندی مشابه به عنوان HDI برای UNDP (کم) برای HDI کمتر از ۰/۵، متوسط برای HDI بین (۰/۵-۰/۸) و بالا برای HDI بزرگتر از ۰/۸، WSI برای حوضه SF Verdadeiro (۰/۶۵) در سطح متوسط قرار گرفت. علاوه بر این، طبق جدول (۵)، زیرشاخص های با کمترین امتیازات عبارت از سیاست گذاری و محیط زیست با امتیاز (۰/۵۸) و بالاترین امتیاز آن مربوط به زیرشاخص معیشت (۰/۷۵) بود.

با توجه به ستون کلی پارامترهای فشار، وضعیت و واکنش، کمترین امتیاز برای پارامتر فشار (۰/۵۹) و بالاترین برای پارامتر وضعیت (۰/۷) بدست آمد. این شاخص نشان می دهد که اگرچه شرایط

۳- زیرشاخص معیشت:

پارامتر فشار معیشت در حوضه به وسیله تغییرات در زیرشاخص HDI درآمد حوضه در دوره ۵ ساله (۱۹۹۶-۲۰۰۰) برآورد شد. در آن دوره، HDI درآمد از ۳/۴٪ (UNDP, ۲۰۰۴) افزایش یافت، که طبق جدول (۳)، دارای امتیاز ۰/۷۵ (خوب) بود.

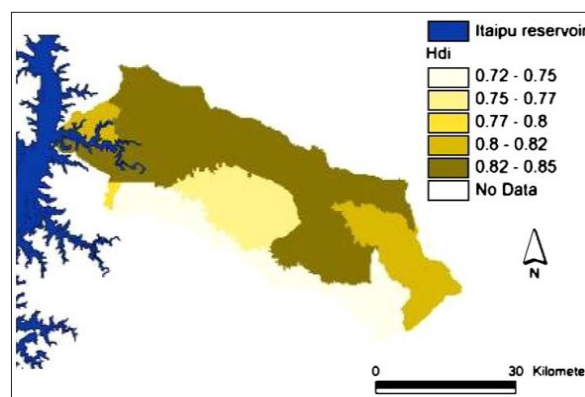
در مورد پارامتر وضعیت معیشت، HDI حوضه در سال قبل از دوره مورد مطالعه ۰/۸۱ بود، و در نتیجه دارای امتیاز ۰/۷۵، بر اساس جدول (۴) بود. شکل (۲) توزیع HDI در حوضه SF Verdadeiro را در سال ۱۹۹۶ نشان می دهد. HDI کل حوضه، میانگین مقادیر HDI هر شهر و جمعیت مربوط به آن است.

پارامتر واکنش معیشت، یعنی تکامل هزینه های مدیریت منابع آب در حوضه، در دوره پنج ساله ۵٪ + بود که در نتیجه دارای امتیاز ۰/۷۵ (جدول ۵) بود. بنابراین، امتیاز کل زیرشاخص معیشت برای حوضه $0.75 = (0.75 + 0.75 + 0.75) / 3$ محاسبه گردید.

۴- زیرشاخص سیاست گذاری:

امتیاز پارامتر فشار سیاست گذاری (تنوع در زیرشاخص HDI - آموزش در دوره ۵ ساله) برای حوضه، ۶/۳٪ + بود که در نتیجه، امتیاز پارامتر ۰/۷۵ (جدول ۳) بود. این زیر شاخص نشان می دهد که در دوره مورد مطالعه، میزان افزایش قابل توجهی در سطح

حوضه درحال حاضر (وضعیت) خوب است، اما فشاری (به خصوص محیط زیست) وجود دارد که پایداری آن را تهدید می‌کند. به طور خاص، ضعیف‌ترین ترکیب‌های شاخص در جدول (۵) پارامتر فشار محیط‌زیست (۰/۲۵)، وضعیت سیاست‌گذاری (۰/۲۵) و پارامتر واکنش هیدرولوژی (۰/۳۸) بود. بنابراین، مصرف‌کنندگان آب، گروداران و تصمیم‌گیران منابع آب در حوضه، بایستی به منظور بهبود پایداری کلی حوضه و کاهش فشار روی پوشش گیاهی باقی‌مانده، موثرتر کار کنند.



شکل ۲- توزیع مکانی شاخص توسعه انسانی (مبنا سال ۱۹۹۶) در حوضه SF Verdadeiro

بحث

به منظور سادگی و کاربرد بیشتر، شاخص پایداری حوضه که در این مطالعه ارائه شده است، از تعداد نسبتاً کمی از زیرشاخص‌ها و پارامترها استفاده می‌کند. همچنین ساختار افزایشی با وزن‌های برابر زیر شاخص و یک ساختار علت و معلول (فشار-وضعیت-واکنش) ترجیح داده شده است، زیرا آنها شاخص را شفاف‌تر و قابل‌قبول‌تر برای گروداران و تصمیم‌گیرندگان می‌سازند. این‌ها مسائل مهمی هستند، اما مسائل مربوط به ارزیابی و مدل‌سازی حوضه‌ها اغلب مورد توجه قرار نگرفته‌اند.

یکی دیگر از مزیت‌های ساختار افزایشی و ویژگی‌های محاسبه شاخص WSI، این است که برآورد نادرست یکی از زیر شاخص‌ها ممکن است توسط برآورد بیش از حد در یکی دیگر از زیرشاخص‌ها جبران شود. از آنجا که پارامترهای معادله (۱) وزن مشابه دارند و با توجه به این که زیرشاخص‌ها و پارامترها متغیرهای تصادفی هستند (با توزیع‌های متناظر)، اصل شانون حداکثر آنتروپی حاکی از آن است که احتمال پارامتر کمتر و بیشتر از حد تخمین زده شده، یکسان است (Harr, ۱۹۸۷).

اگر چه چهار زیرشاخص و ۱۵ پارامتر ممکن است کل طیف پایداری را نداشته باشند، استفاده از زیرشاخص‌ها و متغیرهای بیشتر، مانع از کاربرد آن می‌شود، به ویژه در حوضه‌هایی که

کمبود اطلاعات دارند (Netter و همکاران، ۱۹۸۵).

شاخص WSI در بعضی موارد می‌تواند امتیازات بالایی داشته باشد، در حالی که یکی از زیر شاخص‌های آن کم است، زیرا امتیاز شاخص، میانگین سه پارامتر (فشار، وضعیت و واکنش) است. با این حال، بعید است که تمام پارامترها (فشار، وضعیت و واکنش) در همان زمان کم باشند.

شاخص WSI می‌تواند در فواصل زمانی مختلف براساس تکامل پایداری حوضه آبریز طی سال‌ها، به گروداران و مدیران آب در فرآیند برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری و ارائه ابزار مدیریتی سازگار، کمک کند. اگرچه نتایج تنها یک حوضه ارائه شده است، WSI می‌تواند برای سایر حوضه‌های آمریکای جنوبی، آفریقا و اقیانوسیه اعمال شود. نتایج این حوضه‌ها برای مقایسه پایداری در میان حوضه‌ها مفید می‌باشند.

نتیجه‌گیری

مسائلی چندگانه بر پایداری آب حوضه آبریز تأثیر می‌گذارند. در میان آنها مسائل اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی است. با این حال، آنها اغلب به طور جداگانه و نه به عنوان یک فرآیند یکپارچه و پویا، بررسی می‌شوند. به منظور ادغام مسائل هیدرولوژیکی، محیط‌زیستی، معیشت و سیاست‌گذاری، و همچنین فشارهای موجود و پاسخ‌های سیاستی در یک شاخص کمی، پویا و جامع، شاخص پایداری حوضه آبریز (WSI) برای حوضه‌های آبریز پیشنهاد شده است. این شاخص ساده است و از اطلاعاتی که به آسانی در دسترس است، استفاده می‌کند. خصوصیات پویایی آن به منظور برآورد فشارها و پاسخ‌های مربوط به انسان، محیط‌زیست و اقلیم است که می‌تواند پایداری حوضه را تحت تأثیر قرار دهد.

در حوضه رودخانه SF Verdadeiro (جنوب برزیل)، در دوره بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰، مقدار شاخص WSI، ۰/۶۵ بود که نشان‌دهنده سطح متوسط پایداری حوضه است. معیارهای مورد نیاز گروداران و تصمیم‌گیرندگان در این حوضه مربوط به فشارهای محیط‌زیستی، وضعیت سیاست‌گذاری و واکنش پارامتر هیدرولوژی، یعنی حفاظت از پوشش گیاهی باقیمانده، بهبود سیاست‌های واقعی مدیریت منابع آب و کاهش آلودگی فاضلاب می‌باشد.

پی‌نوشت

- 1- Watershed Sustainability Index
- 2- Hydrology, Environment, Life, and Policy
- 3- Human Development Index
- 4- HDI-Income
- 5- HDI-Education

Investigation of Qanats Discharge Reduction and Adaptive Strategy to It (Case Study: Khorasan Razavi Province)

A. Zolfagharan^{1*}, F. Abbasi², M. Joleini³, M. Karimi⁴

1,3&4- Assistant Professor, Associate Professor, and Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, Agricultural Research, Education and Extension Organisation (AREEO), Mashhad, Iran.
2- Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organisation (AREEO), Karaj, Iran.

*(Corresponding Author Email: azolfagharan@yahoo.com)

Received: 30-07-2018

Accepted: 13-03-2019

بررسی علل کاهش آبدهی قنات و راهکارهای سازگاری با آن (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)

اردلان ذوالفقاران^{۱*}، فریبرز عباسی^۲، محمد جلینی^۳، محمد کریمی^۴
۱، ۳ و ۴- به ترتیب استادیار، دانشیار و استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد. ۲- استاد موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: azolfagharan@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۰۸

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۲۲

Abstract

To investigate the reason for decreasing Qanat's discharge and providing technical and agricultural solutions, 15 limes of Qanats were selected in the Khorasan Razavi province. The discharge of Qanats in the years of 1386 and 1396 was measured together with filling of the questionnaires. The results show that the mean discharge of Qanats decreased by 21%. The reasons for this reduction include: technical issues (disregard for the technical nature of the Qanats), and management issues (disregard for proper utilisation of the Qanats and lack of credit). This research recommends some solutions in order to adapt to the decrease in Qanats' discharge. The most important solutions include: cultivating products with less water requirements and improving drought tolerance, improving farm management by changing the pattern of crops, using modern technology, planning for proper use of Qanat water, and the integrity of the lower land of Qanats.

Keywords: Discharge, Qanat, Technical solutions, Management solutions.

چکیده

با هدف بررسی علل کاهش آبدهی قنات و ارائه راهکارهای فنی و مدیریتی، ۱۵ رشته قنات در استان خراسان رضوی برای مطالعه انتخاب شدند. علاوه بر تکمیل پرسشنامه‌ها، آبدهی قنات در دو سال آبی ۱۳۸۶ و ۱۳۹۶ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که متوسط آبدهی قنات ۲۱ درصد کاهش داشته است. عللی که سبب کاهش آبدهی قنات شده شامل: مسائل فنی (عدم توجه به ماهیت فنی قنات) و مدیریتی (عدم توجه به بهره‌برداری صحیح از قنات و کمبود اعتبار) است. در این تحقیق، راهکارهایی برای سازگاری با کاهش آبدهی قنات ارائه شده که مهم‌ترین آن‌ها شامل: کشت محصولات با نیاز آبی کمتر، استفاده از ارقام مقاوم به خشکی، بهبود مدیریت مزرعه با تغییر الگوی کشت، استفاده از فناوری‌های مدرن جهت مرمت و بازسازی قنات، برنامه‌ریزی برای استفاده صحیح از آب قنات در فصل زمستان و یکپارچگی اراضی پایین‌دست است.

واژه‌های کلیدی: آبدهی، قنات، راهکار فنی، راهکار مدیریتی.

قنات یکی از قدیمی‌ترین سازه‌های آبی ایران و جهان است که توسط ایرانیان اختراع و سپس دانش آن به سایر نقاط جهان انتقال یافت (احمدی، ۱۳۸۴).

Naseri و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی در استان خراسان رضوی دلایل تخریب و افت عملکرد قنات منطقه را مورد بررسی قرار دادند. آنها اظهار داشتند که خشکسالی همراه با پیدایش روش‌های ساده و سریع حفر چاه‌های عمیق و کنترل ضعیف یا عدم کنترل دولت بر حجم آب استحصال از چاه‌ها، دلیل اصلی تخریب قنات در این مقیاس بوده است. Barahimi و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی سیستم بهره‌برداری از قنات (شامل نظام توزیع و تقسیم آب بین شاربین) را در نقاط مختلف ایران مورد بررسی قرار دادند تا نقاط قوت آن را برای سایر بخش‌ها، به خصوص برای تشکلهای آبربران به‌عنوان راهنما معرفی نمایند. آنها نشان دادند که تمام قنات فعال ایران، سیستم بهره‌برداری منحصر به فرد خود را دارند. Afsharasi و Rahbari (۲۰۰۷) نشان دادند که قنات بر روی رسوب و فرسایش خاک، اکولوژی و مسائل اقتصادی - اجتماعی (شامل درآمد، مهاجرت و مشارکت مصرف‌کنندگان) اثرات مثبت دارد. فرزنام‌نیا و عباسی (۱۳۹۰) افت سطح آب‌های زیرزمینی و حفر بی‌رویه چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق را از مشکلات عمده بهره‌برداری از قنات استان کرمان گزارش نمودند. در این پژوهش برای یافتن دلایل کاهش آبدی قنات مسائل فنی و بهره‌برداری قنات در استان خراسان رضوی مورد بررسی و راه حل‌هایی برای افزایش بهره‌وری آب قنات ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

برای اجرای این مطالعه، ابتدا با مراجعه به مدیریت‌های جهاد کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، تعداد ۱۵ رشته از قنات مهم استان برای بررسی و مطالعه انتخاب گردید. این مطالعه در دو سال آبی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ انجام شد. بعد از انتخاب قنات، به محل قنات مراجعه و اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری شد. بر اساس این اطلاعات، مسائل و مشکلات فنی و بهره‌برداری از قنات و همچنین سایر مسائل و مشکلات موجود، بررسی شد.

نتایج و بحث

• تغییرات آبدی قنات مورد مطالعه

مشخصات مهم قنات انتخابی و متوسط آبدی سالیانه آن‌ها در سال‌های آبی ۱۳۸۶ و ۱۳۹۶ در جدول (۱) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با وجود اینکه در حریم هیچ‌یک از قنات

در ده سال گذشته، چاهی حفر نشده است، ولی کاهش آبدی در تمامی قنات، حتی قناتی که مورد بازسازی و مرمت قرار گرفته‌اند، دیده می‌شود. میانگین آبدی قنات مورد مطالعه طی ده سال مورد مطالعه، ۲۱ درصد کاهش داشته است. در سال ۱۳۸۶ بیشترین دبی ۱۷۰ لیتر بر ثانیه و کمترین دبی ۱۳ لیتر در ثانیه و میانگین دبی ۴۷/۹ لیتر در ثانیه، ضریب تغییرات ۷۸/۶ درصد و انحراف معیار ۳۷/۶ بود. در سال ۱۳۹۶ بیشترین دبی ۱۴۰ لیتر بر ثانیه و کمترین دبی ۴ لیتر در ثانیه و میانگین دبی ۳۷/۸ لیتر در ثانیه بود.

در سال‌های اخیر، نوسانات اقلیمی سبب کاهش بارندگی و افزایش دما در برخی از دشت‌های استان خراسان رضوی شده است و به احتمال زیاد، این پدیده در کاهش آبدی قنات نیز تأثیر بسزایی خواهد داشت. بررسی صحت این موضوع با اندازه‌گیری آبدی سالیانه قنات و داده‌های درازمدت هواشناسی در یک بازه زمانی مشخص امکان‌پذیر است.

• مسائل و مشکلات فنی و بهره‌برداری از قنات

مشکلات فنی و مدیریتی در بهره‌برداری از قنات مورد مطالعه تا حدودی مشابه و ناشی از عدم توجه به ماهیت فنی قنات و عدم توجه به بهره‌برداری صحیح از قنات و کمبود اعتبارات است. هر یک از این مشکلات حتی به تنهایی می‌توانند سبب کاهش آبدی قنات شوند که در ذیل به آن‌ها اشاره شده است. ۱- عدم استفاده از مصالح و پوشش‌های مقاوم در میله و کوره چاه‌ها، باعث ریزش دیواره و کاهش آبدی قنات شده است؛ چرا که در تعدادی از قنات‌ها ریزش میل چاه‌ها باعث انسداد مسیر کوره می‌شود که خود هزینه‌های لایروبی مجدد را به مالکین قنات تحمیل می‌کند.

۲- حفر بی‌رویه چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق سبب افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی یکی از مشکلات بسیار مهم در بهره‌برداری از قنات‌های مورد مطالعه بود. حفر این‌گونه چاه‌ها در سفره‌هایی که مادرچاه و تره‌کار قنات‌ها در آن قرار دارند، باعث افت سطح ایستابی و کاهش آبدی قنات‌ها می‌شود. ۳- عدم نگهداری صحیح و مناسب (مرمت و بازسازی) به علت مشکلات مالی بهره‌برداران و عدم توافق و هماهنگی بین مالکین قنات می‌باشد.

۴- در برخی موارد وراثت قنات‌ها به شهرها مهاجرت نموده و در مدیریت قنات اختلال به‌وجود می‌آید. چرا که این افراد در شهرها به کارهای دیگری مشغول هستند و با توجه به هزینه بالای نگهداری قنات، تمایل چندانی به مرمت قنات ندارند.

۵- کمبود تعداد مقنیان خبره جهت تعمیر و بازسازی قسمت‌های ریزش کرده بسیار اندک بوده و همان تعداد اندک نیز به دلیل خطرات ریزش و حمایت ناکافی دولت و مؤسسات بیمه‌گذار، این

افراد تمایلی به ورود به داخل قنوت ندارند.

- ۶- کمبود دانش و اطلاعات در مورد نگهداری و مرمت و بازسازی قنوت در نسل‌های جدید کشاورزان و تمایل بهره‌برداران به استفاده از چاه‌های عمیق و نیمه عمیق بدلیل مشکلات کمتر و امکان آبیاری اراضی بالا دست
- ۷- کمبود اعتبارات دولتی و مشکلات فراوان در جهت دریافت وام و توزیع ناعادلانه اعتبارات و عدم برنامه‌ریزی مناسب دستگاه‌های اجرایی برای اعطای تسهیلات

• راهکارهای فنی و مدیریتی برای سازگاری با کاهش آبدهی قنوت

- با توجه به نظر کارشناسان، کشاورزان و مقنی‌های خبره، راهکارهای فنی و مدیریتی ذیل برای سازگاری با کاهش میزان آبدهی قنوت و افزایش بهره‌وری آنها، ارائه گردیده است.
- ۱- نظام مدیریت مردمی مبتنی بر اصلاح قوانین مالکیت و مرمت و بازسازی قنات
- ۲- تعیین علمی حریم قنوت و نظارت دقیق بر حفظ حریم قنوت توسط نظام مدیریت مردمی و عدم اجازه به متقاضیان

حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق

- ۳- استفاده از فنون و روش‌های جدید برای مرمت و بازسازی قنوت مانند بالابرها و نقاله‌ها و ...
- ۴- برنامه‌ریزی مناسب برای کاهش تلفات آب قنوت در فصل زمستان با برنامه‌هایی مثل ذخیره‌سازی، پرورش ماهی، پرورش قارچ و تزریق آب به سفره‌های آب زیرزمینی
- ۵- آگاه‌سازی کشاورزان از وضعیت بحران آب و اهمیت حفظ منابع آب در دسترس و اهمیت استفاده پایدار از منابع آبی از طریق برنامه‌های آموزشی و ترویجی
- ۶- بهبود مدیریت مزرعه (تغییر الگوی کشت، یکپارچگی اراضی، کشت محصولات با نیاز آبی کمتر، استفاده از ارقام مقاوم خشکی، بهبود راندمان آبیاری)
- ۷- بهبود سیستم تأمین اعتبارات دولتی برای رفع مشکلات مالی و کمبود سرمایه کشاورزان (وام‌های کم‌بهره، وام جهت تغییر الگوی کشت بیمه محصولات، یارانه تولید و ...)
- ۸- راه‌اندازی و تقویت تشکلهای کشاورزی برای تجمیع سرمایه‌های مادی و معنوی کشاورزان
- ۹- اجرای طرح‌های آبخوان داری در محدوده تره‌کار قنوت

جدول ۱- مشخصات و متوسط آبدهی قنوت مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۹۶

ردیف	نام قنات	شهرستان	روستا	مختصات (UTM)	اراضی زیرکشت (ha)	دبی در سال ۱۳۸۶ (lit/s)	دبی در سال ۱۳۹۶ (lit/s)
۱	محمدآبادسفلی	بجستان	بجستان	۶۰۶۹۹۳	۳۸۱۹۲۷۴	۱۳	۴
۲	نوکاریز	بجستان	بجستان	۶۰۸۰۰۲	۳۸۲۰۹۴۲	۴۰	۴۰
۳	گل‌بید	بجستان	بجستان	۶۰۸۳۹۲	۳۸۲۰۴۳۶	۱۳	۴
۴	سلطان‌آباد	مشهد	سلطان	۷۴۰۱۵۳	۴۰۴۶۸۵۳	۴۰	۳۰
۵	کورده	مشهد	کورده	۷۳۷۱۸۸	۴۰۴۴۵۷۸	۶۵	۵۵
۶	شیخا	فریمان	شیخا	۶۹۶۵۲۷	۴۰۵۳۳۹۳	۵۵	۴۲
۷	گناباد مشهد	مشهد	گناباد	۷۰۳۷۵۲	۴۰۴۹۱۴۹	۵۸	۴۰
۸	آب سیاه	چناران	سوهان	۶۷۲۰۴۸	۴۰۸۲۹۳۲	۴۳	۴۰
۹	سیدآباد	فریمان	سید آباد	۷۰۳۲۸۷	۴۰۵۸۹۸۷	۳۹	۳۵
۱۰	موچنان	چناران	موچنان	۶۶۵۱۲۰	۴۰۸۶۳۶۴	۳۶	۳۰
۱۱	گوجه	مشهد	گوجه	۶۲۸۲۰۸	۴۱۰۴۶۲۴	۱۷	۸
۱۲	آلماچق	قوچان	آلماچق	۶۴۹۶۶۴	۴۰۸۹۷۸۳	۲۸	۲۰
۱۳	بیگ‌نظر	قوچان	بیگ نظر	۶۵۴۳۶۹	۴۰۸۷۵۷۵	۳۸	۳۰
۱۴	قصبه	گناباد	گناباد	۶۳۲۱۳۶	۳۷۹۲۸۹۳	۱۷۰	۱۴۰
۱۵	خشوئی	گناباد	گناباد	۶۳۸۷۵۳	۳۷۹۰۴۴۶	۶۳	۵۰
میانگین							
دامنه تغییرات							
انحراف معیار							
ضریب تغییرات							

نتایج این تحقیق نشان داد که بعد از ۱۰ سال اندازه‌گیری، متوسط آبدهی قنات به میزان ۲۱ درصد کاهش داشته است. مشکلات فنی و مدیریتی باعث کاهش آبدهی قنات شده است که می‌توان به برخی از آنها نظیر کمبود اعتبارات مرمت و نگهداری، عدم ایجاد تمهیدات لازم برای جلوگیری از ورود سیلاب به داخل قنات، کمبود متخصصین محلی، عدم لایروبی، خرده مالکی و مهاجرت مالکان قنات به شهرها اشاره نمود. مهم‌ترین راهکارهای فنی و مدیریتی برای سازگاری با کاهش آبدهی قنات شامل: راه‌اندازی و تقویت تشکلهای کشاورزی، کشت محصولات با نیاز آبی کمتر، استفاده از ارقام مقاوم به خشکی، تعیین علمی حریم قنات و نظارت دقیق بر حفظ حریم قنات، بهبود مدیریت مزرعه با تغییر الگوی کشت، استفاده از فناوری‌های مدرن جهت مرمت و بازسازی قنات، برنامه‌ریزی برای استفاده صحیح از آب قنات در فصل زمستان و یکپارچگی اراضی پایین‌دست است.

منابع

احمدی، ا. ۱۳۸۴. تاریخچه، ساختار، جایگاه، نقش و اهمیت قنات در ایران، کنفرانس بین‌المللی قنات، کرمان، ایران، ۱: ۹-۲۲.

فرزادینیا، م. و عباسی، ف. ۱۳۹۰. بررسی مسائل فنی و بهره‌برداری از قنات استان کرمان. مجله علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۵(۵۵): ۴۱-۵۴.

Barahimi M., Mehrabian H. and Rezaeenejad A. 2007. Some learning from irrigation participatory management in qanats. CD Proceedings of the 4th Asian Regional Conference and 10th International Seminar on Participatory Irrigation Management. May 2-5, Tehran, Iran.

Naseri M., Mirzaee E., Hasheminia S.M. and Davari K. 2007. Estimation of the reasons of qanat degradation and its effect on villagers' participation (case study of six regions in the Khorassan province). CD Proceedings of the 4th Asian Regional Conference and 10th International Seminar on Participatory Irrigation Management. May 2-5, Tehran, Iran.

Rahbari P. and Afsharasl M., 2007. Qanat's environmental impact assessment in arid and semi-arid areas. CD Proceedings of the 4th Asian Regional Conference and 10th International Seminar on Partic.



نشر مجلات علمی- حرفه‌ای راه‌کاری موثر در افزایش روزآمدی دانش مهندسان می‌باشد. علیرغم اینکه در کشور ما در زمینه علوم آب منابع اطلاع رسانی و مجلات متعددی وجود دارد اما جایگاه نشریاتی که بتوانند تجربیات کاربردی دست اندرکاران را به روشی علمی به نظر سایر کارشناسان برسانند خالی است. هدف این نشریه کمک به بهبود روش‌های اجرایی در عرصه مهندسی آب از طریق انتشار تجربیات موفق اجرایی و نتایج تحقیقات کاربردی است.

دامنه موضوعی نشریه محدود به کاربردهای آب در صنعت، شهر و کشاورزی و نیز رابطه متقابل آنها با منابع آب، از دیدگاه علمی- کاربردی خواهد بود. بر این اساس، محتوای موضوعی مقالات در این نشریه شامل: ۱- آب، اقتصاد و مدیریت ۲- کیفیت آب و فاضلاب ۳- انتقال آب و سازه‌های آبی ۴- آبیاری و کشاورزی ۵- منابع آب سطحی ۶- منابع آب زیرزمینی ۷- مدیریت منابع آب خواهد بود.

چارچوب مقالات مطالعه موردی: این گروه از مقالات با ساختار مقاله علمی پژوهشی (عنوان، چکیده فارسی و واژه‌های کلیدی به زبان فارسی و انگلیسی، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری، پیشنهادات کاربردی و منابع) ارائه شوند. **چارچوب سایر انواع:** این گروه از مقالات شامل عنوان، چکیده فارسی و واژه‌های کلیدی به زبان فارسی و انگلیسی، مقدمه در شروع و جمع‌بندی و پیشنهادات کاربردی در انتها می‌باشند. عناوین دیگر در بدنه مقاله به انتخاب نویسنده گذاشته می‌شود.

راهنمای نگارش مقاله

• متن مقاله لازم است در محیط Word در ابعاد A4 با ۲/۵ سانتی‌متر حاشیه از هر چهار طرف به صورت یک ستونه و با قلم Adobe Arabic اندازه ۱۴ و فاصله خطوط ۱/۱۵ حداکثر در ۱۰ صفحه نگاشته شود. همه عناوین موجود در متن مقاله از جمله چکیده، مقدمه و ... نیز با همین قلم ولی Bold باشند.

• عنوان مقاله در وسط صفحه اول نوشته شود. عنوان مقاله باید کوتاه و روان بوده و از ۱۵ واژه تجاوز نکند. ابتدای واژه‌های اصلی عنوان انگلیسی مقاله با حروف بزرگ (Capital) نوشته شود.

• چکیده باید در عین مختصر بودن، به‌روشنی گویای محتوای مقاله باشد و با تأکید بر روش‌ها، نتایج و اهمیت کاربرد آن بوده و در آن از کلمات اختصاری مبهم استفاده نشود. متن چکیده از ۲۵۰ کلمه تجاوز نکرده و تمام آن در یک پاراگراف نوشته شود. چکیده انگلیسی باید ترجمه کامل چکیده فارسی باشد.

• واژه‌های کلیدی حداکثر ۵ کلمه و بعد از متن چکیده‌های فارسی و انگلیسی نوشته شود.

• مقدمه باید شامل اطلاعات مربوط به سابقه کار، توجیه اهمیت تحقیق و هدف بررسی باشد.

• مواد و روش‌ها باید به طور مشخص و روشن بیان شود. اگر روش تحقیق از یک منبع گرفته شده فقط به ذکر مأخذ اکتفا شود. همچنین از شرح کامل روش‌های اقتباس شده خودداری کرده و به ذکر منابع آن بسنده شود.

• نتایج و بحث باید شامل تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده در ارتباط با کار تحقیق مورد نظر باشد. عنوان جدول در بالا و با فرمت وسط‌چین نوشته و گویای نتایج مندرج در آن باشد. هر جدول با یک خط افقی از عنوان آن و سر جدول با یک خط افقی از متن جدول جدا و در زیرمتن جدول نیز یک خط افقی کشیده شود. در صورت لزوم می‌توان برای تقسیم سر جدول از خطوط افقی در داخل کادر سر جدول استفاده کرد. از کشیدن هر گونه خط عمودی در جدول خودداری شود.

• عنوان شکل در پایین و با فرمت وسط‌چین نوشته و معرف محتوای ارایه شده در آن باشد. از اعداد انگلیسی در محورهای افقی و عمودی در شکل‌ها استفاده شود. تمامی نمودارها نیز با عنوان شکل ارائه شوند.

• عناوین اشکال و جداول با فونت متن به اندازه ۲ واحد کوچکتر به صورت شکل ۱- نوشته شود.

• در صورت استفاده از نمودار، اشکال و تصاویر در مقاله، باید فایل اصلی آنها نیز به همراه مقاله ارسال شود.

• منابع مورد استفاده باید شامل جدیدترین اطلاعات در زمینه کار مورد نظر باشد. فهرست منابع به ترتیب حروف الفبای نام خانوادگی نویسندگان مقاله مرتب شود. وقتی از چند اثر مختلف یک نویسنده استفاده می‌شود ترتیب شماره‌گذاری این مقاله‌ها بر حسب سال انتشار آنها (از قدیم به جدید) انجام گیرد. در فهرست منابع ابتدا منابع فارسی و در ادامه آن، منابع خارجی نیز ارائه شود.

• منابع موجود در متن مقاله با استفاده از روش نام و سال در داخل پرانتز (افتخاری، ۱۳۸۵) و اسامی بیشتر از دو نفر همراه با واژه همکاران (افتخاری و همکاران، ۱۳۸۵) ذکر شود. کلیه اسامی لاتین اشخاص در متن به صورت انگلیسی نوشته شود (Argue, ۲۰۰۴).

• در متن مقاله تا حد امکان از نوشتن کلمات غیرفارسی خودداری شود (در صورت نیاز استفاده از پاورقی مجاز است).
• دستورهای نقطه‌گذاری (Punctuation) در نوشتار متن رعایت شود. مثلاً گذاشتن فاصله قبل از نقطه (.) و کاما (,) و علامت سوال (?) لازم نیست، ولی بعد از آن‌ها، درج يك فاصله لازم است. واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم SI گزارش شوند.

- در صورت نیاز، بخش‌های سپاسگزاری و پیشنهادات می‌توانند به صورت خلاصه به متن مقاله اضافه شوند.
- پی‌نوشت: شامل برابر نهادهای لاتین و توضیحات ضروری درباره اصطلاحات و مطالب مقاله، باید به ترتیب با شماره در متن و با عنوان پی‌نوشت در انتهای مقاله، قبل از منابع درج گردد.
- از قالب‌های زیر برای ارایه فهرست منابع استفاده شود (پاراگراف مربوط به هر یک از منابع دارای فرمت بیرون آمدگی سطر اول (Hanging) باشد):
- ۱. مقالات: نگارنده‌گان. سال. عنوان مقاله. عنوان مجله، جلد (شماره) مجله: شماره صفحات.
- قهرمان، ب.، حسینی، س.م. و عسگری، ح.ر. ۱۳۸۲. کاربرد زمین‌آمار در ارزیابی شبکه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی. نشریه علمی-پژوهشی امیرکبیر (مهندسی عمران و گرایش‌های وابسته)، ۱۴(۵-۵): ۹۷۱-۹۸۱.
- Sparks D.L., Thompson H.A. and Gupta H.V. 2009. Visible changes in macro mica particles that occur with nickel depletion. *Water, Air and Soil Pollution*, 31: 217-230.
- ۲. کتب: نگارنده(گان). سال. عنوان کتاب. جلد. انتشارات. نوبت چاپ. شهر، کشور.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری. جلد ۱: طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی. دانشگاه امام رضا (ع). مشهد.
- Lindsay W.L. 1979. *Chemical Equilibria in Soils*. John Wiley & Sons, New York.
- ۳. همایش‌ها: نگارنده‌گان. سال. عنوان مقاله. عنوان همایش. محل همایش، شهر، کشور.
- Berrada B. 2004. Options for water management during drought. In E.D. Martin (ed.) *Proceedings of the 4th Annual Four Corners Irrigation Workshop*, 8-10 Jul. 2004. Soil and Water Conserv. Soc., New Mexico, USA. (p. 29-37)

- ایزدی، ع.، علیزاده، ا.، داوری، ک. و قهرمان، ب. ۱۳۸۶. مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: دشت نیشابور). *نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر*. دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
- ۴. درگاه الکترونیکی (Web site): نام. آدرس وبگاه. تاریخ بازدید.
- <http://www.informaworld.com/content/Ua/V.24-2-2004/article9.htm> (visited 5 September 2010).
- ۵. منابع بی‌نام: در صورت عدم وجود نام شخص یا اشخاص حقیقی به عنوان نویسنده باید از نام شخص حقوقی (نام سازمان) استفاده شود.
- همراه هر مقاله یک صفحه جداگانه که در آن عنوان کامل مقاله، تاریخ و محل انجام تحقیق، نام، نام خانوادگی، محل خدمت، مدرک تحصیلی، رتبه علمی نویسنده یا نویسندگان و همچنین آدرس پستی، ایمیل، تلفن ثابت و همراه نویسنده مسئول ارسال گردد.
- فایل اسکن شده تعهدنامه در سامانه نشریه بارگذاری شود.
- مقاله‌ای که فرمت نشریه را دارا نباشد و یا فایل تعهدنامه امضا شده ارسال نشده باشد، در جلسه هیأت تحریریه نشریه مطرح نمی‌شود.
- مقاله نباید در هیچ یک از نشریات کشور به چاپ رسیده یا همزمان برای مجلات دیگر ارسال شده باشد.
- پس از طی مراحل داوری مقاله، اصلاحات احتمالی به اطلاع نگارنده مسئول می‌رسد و پس از انجام اصلاحات مورد نظر داوران، بایستی فایل مقاله در سامانه نشریه بارگذاری شود.
- پس از طی مراحل داوری مقالات، ابرادات فنی مقاله توسط سردبیر بررسی می‌شود و پذیرش مقاله منوط به رفع این اشکالات است.
- در صورتیکه مقاله برای چاپ پذیرفته نشود، به نویسنده اطلاع داده خواهد شد.
- نشریه در رد یا قبول و حک و اصلاح مقاله تا قبل از تأیید توسط سردبیر آزاد است.



پیش‌درآمدی بر سمپوزیوم ملی مسائل حل نشده بیلان آب کشور: لزوم مشارکت و هم‌افزایی در علاج‌بخشی مهم‌ترین مولفه برنامه‌ریزی منابع آب ایران

مجتبی شفیعی^۱، میثم مجیدی^۱، عطاءاله جودوی^۱، سعید سلیمانیها^۲، حمید پشتوان^۲

۱- مرکز پژوهشی آب و محیط زیست شرق (EWERI)، مشهد، ایران. ۲- اندیشکده تدبیر آب ایران، تهران، ایران.

از مهم‌ترین ورودی‌های مدیریت آب در حوضه‌های آبریز، شناخت پیچیدگی‌ها و مولفه‌های بیلان آب است. این مسئله در مناطق خشک و نیمه‌خشک که مصارف آن عمدتاً متکی بر آب زیرزمینی است، اهمیت دو چندان دارد. با توجه به وجود متولیان و ذی‌نفعان چندگانه برای بیلان منابع و مصارف آب حوضه‌ها در کشور، دیدگاه‌های متفاوتی در چگونگی ارائه آن، تدقیق مولفه‌های آن و همچنین توافق و اجماع در پذیرش نتایج آن، در طرح‌های توسعه و حفاظت منابع آب وجود دارد. در حال حاضر در ایران، علی‌رغم تلاش‌های در حال انجام در زمینه فنی محاسبات و ارائه بیلان، هنوز با نسخه مورد توافق همگان و متناسب با نیازهای مدیریتی کشور، فاصله بسیار است. از سوی دیگر ساختارها و ضوابط موجود نیز به گونه‌ای عمل می‌نماید که خود منجر به زمان‌بر بودن فرآیند تهیه بیلان آب و البته عدم امکان بهره‌برداری متناسب از نتایج آن می‌شود. بنابراین با توجه به اینکه مسائل منابع آب با سرعت و نوسان شدید رشد می‌کند و اطلاعات ارزشمندی چون بیلان، منطبق با شرایط روز نیست؛ لذا موضوعات اساسی در خصوص بیلان مطرح است که آنها را می‌توان در «سه‌گانه تدقیق، تسریع و تسهیل» فرآیند محاسبات و کسب خروجی‌های بیلان خلاصه کرد. یادداشت حاضر در گزاره‌های مختصر به بیان و معرفی مسائل حوزه تهیه گزارش‌های بهنگام‌سازی بیلان آب کشور پرداخته است و در انتها، پیشنهادات راهبردی جهت ورود به شناسایی و حل مسائل بیلان آب کشور، ارائه شده است.

مقدمه: لزوم شناسایی مسائل بیلان

آنچه تاکنون بر سر منابع آب کشور آمده است، ناشی از عدم شناخت کامل و جامعی از وضعیت منابع آب دشت‌های کشور و برنامه‌ریزی‌های کلان بر این اساس بوده است. عدم شناخت کامل از وضعیت منابع آب، پیش‌بینی وضع آتی منابع آب را نیز غیرممکن می‌سازد و تصمیم‌گیری در این خصوص را همواره با سعی و خطا مواجه کرده است. اعتقاد بر این است که مهلت برای چنین فرآیندهایی، سال‌هاست که به اتمام رسیده است و نوع نگرش معقول و مسئول، این رویه را نمی‌پذیرد. از مهم‌ترین زیرساخت‌های مدیریت منابع آب و متضمن پایداری آن، شناخت و داشتن اطلاعات قابل اعتماد و به موقع از تغییرات مولفه‌های بیلان آب می‌باشد. اما آنچه که امروز در مطالعات و بررسی بیلان آب در کشور انجام می‌شود، ناکارآمد و با تأخیر زمانی طولانی می‌باشد (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۶؛ جودوی و همکاران، ۱۳۹۷؛ دبیرخانه شورای عالی آب، ۱۳۹۸).

از جمله مشکلات حال حاضر در ارائه و محاسبه بیلان:

- ۱- عدم وجود ارتباط مناسب بین بخش‌های مختلف بیلان (مانند دوره بیلان و مقیاس محاسبات) و انواع بیلان (مانند هیدروکلیماتولوژی، آب زیرزمینی و عمومی) می‌باشد.
- ۲- روزآمد نبودن اغلب روش‌های محاسبه اجزای بیلان و عدم تطابق آنها در اقلیم‌های و شرایط مختلف.
- ۳- عدم وجود چارچوب‌های مشخص و کاربردی جهت الف) برآورد مجهولات معادله بیلان، ب) نحوه ارائه نتایج بیلان.

۴- عدم توجه و عدم سرمایه‌گذاری در داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز بیلان.

۵- نبود اجماع نظر در تغییر رویکرد تهیه گزارشات بهنگام‌سازی بیلان آب کشور در استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل‌های هیدرولوژی.

۶- ضعف ساختارهای سازمانی موجود در وزارت نیرو و شرکت‌های تابعه در بررسی و تصویب گزارشات بهنگام‌سازی بیلان آب کشور.

۷- ساختار عمودی حاکم بر فرآیند تهیه بیلان (مشابه سایر مسائل منابع آب کشور) و عدم تمایل به رهیافت مشارکت حداکثری در مورد مهم‌ترین ورودی مدیریت منابع آب ایران.

آنچه بدیهی است در حال حاضر حتی اجماع و اتفاق‌نظری هم روی چالش‌ها و مسائل بیلان آب کشور وجود ندارد. این در حالی است که در بخش‌های مختلف وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب و موسسات علمی و پژوهشی کشور، مطالعات موازی و پراکنده‌ای با اهداف مختلف در حال انجام است. لذا بدیهی است که امروزه، بیشتر از هر زمان دیگری، نیازمند تدوین چارچوب و روش جامع و مشارکت - محور در شناخت مسائل و چالش‌های بیلان آب کشور هستیم. یادداشت حاضر که در ادامه به معرفی مختصر وضعیت تهیه گزارشات بیلان آب کشور پرداخته است، راهبردهایی را در قالب برگزاری فرآیند مستمر با نام سمپوزیوم ملی مسائل حل نشده بیلان آب کشور پیشنهاد داده است که امیدوار است محلی برای تبادل نظر، شناخت مسائل و در نهایت در یک فرآیند راهبردی، راهکارهای مناسب با مشارکت همه متولیان و ذی‌نفعان تهیه گردد.

در ارتباط با تهیه بیلان آب در کشور دو ضابطه اصلی در حال حاضر حاکم است که شامل: دستورالعمل تهیه بیلان آب و دستورالعمل نحوه تهیه گزارش بیلان آب است.

• دستورالعمل تهیه بیلان آب:

این دستورالعمل اولین بار در سال ۱۳۷۰ در سه فصل (کلیات و تعاریف، روش‌های محاسباتی عوامل بیلان، و برقراری معادله بیلان) تهیه شده است. سپس در سال ۱۳۷۸ مورد بازبینی و بازنگری قرار گرفته است، هرچند به لحاظ فنی تغییرات زیادی نداشته است. در این نسخه دو ضمیمه مرتبط با شیوه تهیه نقشه‌های هم‌باران و روش‌های محاسباتی تبخیر نیز بدان اضافه شده است.

این دستورالعمل توسط مرکز تحقیقات منابع آب (تماب)، معاونت تلفیق مطالعات وقت تنظیم شده است.

• دستورالعمل نحوه تهیه گزارش بیلان آب:

این دستورالعمل با هدف یکسان‌سازی در ارائه گزارش‌های بهنگام‌سازی بیلان آب محدوده‌های مطالعاتی حوزه‌های آبریز درجه ۲ کشور توسط دفتر مطالعات پایه منابع آب، شرکت مدیریت منابع آب ایران در سال ۱۳۹۰ تهیه شده است.

این دستورالعمل دارای دو بخش تهیه گزارش‌های مطالعات پایه منابع آب و تهیه گزارش بیلان آب محدوده‌های مطالعاتی ارائه شده است:

در بخش الف، به طور تفصیلی مطالعات پایه شامل هواشناسی، آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی و کیفیت آب، بحث شده و گزارش‌ها و نقشه‌های مربوطه تهیه می‌گردد.

در بخش ب، که هدف ارائه گزارش بیلان در هر محدوده مطالعاتی مشخص است، نیازی به ارائه مطالب تفصیلی و تشریحی در خصوص داده‌ها و بخش‌های مطالعات پایه نیست و تنها ارائه نتایج و یافته‌ها مرتبط با مولفه‌های بیلان آب کفایت می‌نماید.

لازم به ذکر است که بخش الف تنها به ازای هر حوزه درجه ۲ (یک جلد) است و بخش ب تعداد گزارشات بیلان به تعداد محدوده‌های مطالعاتی (در هر حوزه درجه ۲) به تفکیک ارائه می‌شود.

پروژه‌های «مطالعات بهنگام‌سازی بیلان آب» کشور اغلب هر پنج سال پس از اتمام طرح آماربرداری سراسری منابع آب در محدوده‌های مطالعاتی در سطح حوزه‌های آبریز درجه ۲ کشور شروع می‌شود. متولی انجام این طرح، دفتر مطالعات پایه شرکت مدیریت منابع آب ایران و دفاتر مطالعات پایه در شرکت‌های آب منطقه‌ای کشور است.

در شکل (۱) ساختار سازمانی مرتبط با مطالعات بیلان آب در کشور نشان داده شده است. کوچکترین واحد سازمانی مطالعات بیلان، گروه تلفیق و بیلان شرکت‌های آب منطقه‌ای است و در سطح وزارت نیرو بالاترین ساختار در معاونت آب و آبفا، دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا است. همچنین قابل ذکر است علاوه بر پروژه‌های «مطالعات بهنگام‌سازی بیلان آب»، پروژه‌های «تمدید ممنوعیت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی» نیز هر پنج سال در محدوده‌های مطالعاتی کشور انجام می‌شود. ماهیت این پروژه‌ها نیز تهیه بیلان آب زیرزمینی می‌باشد. حوزه مطالعات پایه منابع آب، مسئول انجام آن و معاونت حفاظت و بهره‌برداری، مسئول پیگیری مصوبات آن می‌باشد.



شکل ۱- ساختار سازمانی مرتبط با پروژه‌های بهنگام‌سازی بیلان آب در کشور (واحدهای سازمانی با رنگ قرمز، به طور مستقیم در بحث بیلان وظایفی دارند)

همواره مورد تاکید وزارت نیرو و سایر مراجع مرتبط در مورد بیلان آب بوده، تدقیق برآورد مولفه‌های بیلان آب و تا حدی کاهش عدم قطعیت در برآورد آنها است. هرچند دستورالعمل تهیه بیلان در ارتباط با انجام سایر روش‌ها، دست مشاوران و محققان را باز گذاشته است؛ اما به هر حال موارد نهادی و ضابطه‌ای که اغلب موجب طولانی شدن فرآیند تهیه بیلان در کشور شده است، امر تدقیق مولفه‌های بیلان را نیز تحت تاثیر قرار داده است. در حال حاضر علی‌رغم پیشرفت‌های علمی و ابزارهای موثر (مانند سنجش از دور و مدل‌سازی) هنوز در این زمینه بین متخصصان و مشاوران اجماع حاصل نشده است (شفیعی و قراری، ۱۳۹۶؛ جودوی و همکاران، ۱۳۹۷؛ قلی‌زاده سرابی، ۱۳۹۸؛ Majidi و همکاران، ۲۰۱۵).

بنابراین در حال حاضر ارائه تصویری شفاف و به‌روز از وضعیت کمی مؤلفه‌های بیلان آب محدوده‌های مطالعاتی با تأکید بر سه‌گانه «تدقیق، تسریع و تسهیل» فرآیند محاسبات، گزارش و ارائه بیلان، ضروری‌ترین نیاز کشور در حوزه مطالعات منابع آب است.

همچنین به لحاظ فنی و محاسباتی نتایج مطالعات هیدرولوژی و تجارب جهانی نشان می‌دهد:

۱- لزوماً استفاده از رویکرد مدل‌سازی هیدرولوژی مسائل فنی و محاسباتی را مرتفع نخواهد کرد؛ به‌خصوص که این رویکرد مبتنی بر مراحل مدل‌سازی نباشد. به عبارت دیگر عدم توجه به تهیه مدل‌های ادراکی و مفهومی خود منجر به اریب شدن نتایج و افزایش عدم قطعیت نتایج خواهد شد (شفیعی و قراری، ۱۳۹۶؛ قلی‌زاده سرابی و همکاران، ۱۳۹۸؛ جودوی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Izady و همکاران، ۲۰۱۴).

۲- استفاده از فناوری‌های نوین مانند سنجش از دور و داده‌های تکمیلی، نیازمند ایجاد زیرساخت‌های مناسب در این حوزه است. بنابراین بعد حکمرانی و اصلاح ساختارها همزمان با اصلاح روش‌شناسی، ضروری است.

و در نهایت، ماحصل این دغدغه‌ها و الزامات، و با بهره‌گیری از تجارب جهانی، تمامی آنچه در قالب مسائل بیلان آب و علاج‌بخشی آنها مطرح گردید، در نخستین سمپوزیوم ملی بیلان آب کشور، طرح‌ریزی شده (upwb.ir) و امید است، نسخه آینده این نوشتار، گزارش نتایج و اثربخشی این حرکت ملی و نویدبخش را شامل گردد.

براساس دستورالعمل‌های موجود، ارزیابی بیلان آب در حال حاضر در سه سطح انجام می‌شود. بیلان هیدروکلیماتولوژی که نشاندهنده چگونگی تبدیل بارش در منطقه به رواناب، نفوذ و تبخیر/تعرق است. بیلان آب‌زیرزمینی بر اساس ویژگی‌های آبخوان آبرفتی، تغییرات سطح آب و برآورد مولفه‌های تغذیه (جریان زیرزمینی ورودی، آب برگشتی از مصارف مختلف، بارش، اندرکنش با رودخانه و...) و تخلیه (زهکش طبیعی و مصنوعی، چاه، چشمه، قنات، جریان زیرزمینی خروجی، تبخیر و...) ارزیابی و ارائه می‌شود. در نهایت بیلان عمومی آب محاسبه و ارائه می‌شود که در واقع شامل بیلان هیدروکلیماتولوژی و آب‌زیرزمینی به همراه بررسی انتقال آب به محدوده‌ها، ورودی و خروجی آنها است. در انتهای گزارش بیلان، میزان تغییرات ذخیره آبخوان و میزان آب تجدیدپذیر در محدوده مطالعاتی و امکانات توسعه منابع آب ارائه می‌شود. آنچه که در حال حاضر انتظار می‌رود و در ده سال گذشته

نتیجه‌گیری و پیشنهادات راهبردی

شرایط موجود نشانگر این واقعیت است که در ایران برآیند رویکردها، شعارها و فعالیت‌های جزیره‌ای و غیرمشارکتی، چیزی جز ابهام و عدم اجماع و باور ذینفعان در حوزه بیلان آب نشده است. نگاه وزارت نیرو در این زمینه هنوز حاکمیتی است و نیازمند تغییر رویکرد به حکمرانی در این زمینه است. این امر سبب شده، سیاست‌گذاری‌های حوزه مطالعات پایه در کشور و برونداد آن یعنی تهیه گزارشات بهنگام‌سازی بیلان آب، پاسخ‌گوی شرایط کشور و مدیران (وزارت نیرو و سایر بخش‌ها مانند جهاد کشاورزی) نباشد. لذا اگر می‌پذیریم که نتایج بیلان آب، هنوز هم ورودی و ابزار مهمی برای مدیریت منابع آب است، پذیرش و اجرای گزاره‌های ذیل اجتناب‌ناپذیر است:

- ۱- شناسایی و اجماع در مسائل حل نشده بیلان هم در بعد محتوایی (فنی) و هم نهادی (ساختارها و ضوابط)
- ۲- تدوین چشم‌انداز مشترک در ایجاد همگرایی و حل مسائل بیلان آب با مشارکت متولیان و ذینفعان
- ۳- تغییر رویکردها از ساختار عمودی، تفکر سنتی و خودآهنگی به ساختار مشارکتی، تفکر نوین و هم‌آهنگی

از «تولید داده‌خام» به «کیمیایگری». همایش هم‌اندیشی وزارت نیرو. اسفند ماه ۹۶. تهران.

شفیعی، م. و قراری، ش. ۱۳۹۶. مروری بر مفاهیم مدل‌سازی هیدرولوژی: بخش اول، معرفی فرآیند مدل‌سازی. نشریه آب و توسعه پایدار، ۴(۲): ۹۵-۱۰۲.

شفیعی، م.، قهرمان، ب. و ثقفیان، ب. ۱۳۹۸. مروری بر مفاهیم مدل‌سازی هیدرولوژی: بخش دوم، مبانی تحلیل عدم قطعیت. نشریه آب و توسعه پایدار، ۶(۱): ۳۵-۴۰.

Izady A., Davary K., Alizadeh A., Ziaei A.N., Al-ipoor A., Joodavi A. and Brusseau M.L. 2014. A framework toward developing a groundwater conceptual model. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(9): 3611-3631.

Majidi, M., Alizadeh, A., Farid, A., Vazifiedoust, M. 2015. Estimating evaporation from lakes and reservoirs under limited data condition in a semi-arid region. *Water resources management*, 29(10): 3711-3733.

دبیرخانه شورای عالی آب. ۱۳۹۸. گزارش نشست هماندیشی تدوین برنامه اقدام مشترک برای خود ا تکایی محصولات کشاورزی و پایداری منابع آب به کمک شورای عالی آب، چهارمین کنگره ملی آبیاری و زهکشی، دانشگاه ارومیه.

جودوی، ع.، شفیع، م.، قلی‌زاده سرابی، ش. مجیدی، م. ۱۳۹۷. مطالعات جامع آب زیرزمینی دشت مشهد: گزارش مدل مفهومی منابع آب. مرکز پژوهشی آب و محیط‌زیست شرق.

قلی‌زاده سرابی، ش.، قهرمان، ب.، داوری، ک. و شفیع، م. ۱۳۹۸. مطالعه تاریخی سیستم پیوسته انسان - آب در هیدرولوژی اجتماعی: توسعه یک مدل ادراکی در حوضه آبریز مشهد. پذیرفته شده جهت چاپ در مجله تحقیقات منابع آب ایران.

شفیعی، م.، مجیدی، م.، جودوی، ع. و کریمی، پ. ۱۳۹۶. حسابداری آب: لزوم تعریف ماموریت جدید دفاتر مطالعات پایه شرکت‌های آب منطقه‌ای کشور با هدف تغییر رویکرد

در جشنواره پژوهش و فناوری وزارت نیرو اعلام شد:

به گزارش گروه تحقیقات و فناوری، شرکت آب و فاضلاب مشهد در ارزیابی عملکرد سال ۱۳۹۷ موفق به کسب عنوان شرکت برتر پژوهشی در حوزه پژوهش و فناوری و همچنین غرفه برتر نمایشگاه دستاوردهای پژوهش و فناوری شد و مورد تقدیر قرار گرفت.

جشنواره پژوهش و فناوری با حضور رضا اردکانیان وزیر نیرو، مهاجری معاون تحقیقات و منابع انسانی وزیر نیرو، حمیدرضا جانباز مدیرعامل شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، جمعی از مدیران ارشد شرکت‌های تابعه وزارت نیرو و صدها تن از اساتید، صاحب‌نظران و پژوهشگران حوزه صنعت آب و فاضلاب در پژوهشگاه نیرو برگزار شد.



آبفا مشهد، شرکت برتر در حوزه پژوهش و فناوری

شرکت آب و فاضلاب مشهد، در بخش تجلیل از برترین‌های پژوهش بر اساس ارزیابی عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب در سال ۱۳۹۷، به عنوان شرکت برتر در حوزه پژوهش و فناوری معرفی شده و از سوی معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو تقدیر شد. گفتنی است شرکت آب و فاضلاب شهری استان قم، دیگر شرکت برتر بوده که از آنان نیز تقدیر به عمل آمد.

آبفا مشهد، غرفه برتر نمایشگاه دستاوردهای پژوهش و فناوری

هم‌زمان با برگزاری جشنواره پژوهش و فناوری، نمایشگاه جانبی به منظور ارائه آخرین دستاوردهای پژوهشی و فناورانه در صنعت آب برق و انرژی کشور برپا شد که بیش از ۳۰ شرکت دانش‌بنیان و استارت‌آپی، ۵۰ شرکت آب و آبفا، ۴۰ شرکت تولید، توزیع و انتقال برق، ۱۰ شرکت خصوصی و ۱۰ دانشگاه و پژوهشگاه، دستاوردهای خود را ارائه کردند. شرکت آب و فاضلاب مشهد نیز با حضور فعال در این نمایشگاه و ارائه «هفت طرح پژوهشی» و همچنین دو اقدام ویژه «پژوهش کارت» و «زیرپورتال تحقیقات» به عنوان غرفه برتر نمایشگاهی انتخاب شده



و مورد تقدیر مدیر کل دفتر تحقیقات، توسعه فناوری و ارتباط با صنعت شرکت مهندسی آبفا کشور قرار گرفت.



عناوین طرح‌های پژوهشی منتخب آبفای مشهد

- ۱- «مدلسازی آثار محیط‌زیستی با رویکرد چرخه حیات و ارائه سامانه مدیریت محیط‌زیست در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب التیمور و خین عرب شهر مشهد»
- ۲- «بررسی و شبیه‌سازی آنالیز پیامد و ریسک انتشار گاز سمی کلر در صورت بروز حادثه در تصفیه‌خانه‌های منتخب»
- ۳- «تعیین سطح اقتصادی نشت در شبکه‌های آبرسانی/ پایلوت: یک شبکه توزیع آب شهر مشهد»
- ۴- «ربات ترمیم جدار چاه‌ها»
- ۵- «بررسی سیستم‌های نوین تصفیه فاضلاب و ارائه بهترین سیستم‌ها با توجه به وضعیت شهر مشهد با رویکرد ارتقای پساب خروجی کاهش گازهای گلخانه‌ای و صرفه‌جویی و تولید انرژی»
- ۶- «تعیین میزان خوردگی مخازن آب در اثر گاز کلر و ارائه راهکارهای اصلاحی با بهره‌گیری از مدلسازی نرم‌افزاری/ پایلوت: مخزن کوهسنگی شهر مشهد»
- ۷- «سامانه جامه آموزشی فرهنگسازی مصرف بهینه آب ویژه بانوان خانه‌دار»

شایان ذکر است طرح پژوهشی "تعیین میزان خوردگی مخازن آب در اثر گاز کلر و ارائه راهکارهای اصلاحی با بهره‌گیری از مدلسازی نرم‌افزاری/ پایلوت: مخزن کوهسنگی شهر مشهد"، به عنوان یکی از طرح‌های برتر صنعت آب و فاضلاب نیز انتخاب شده و در کتابچه این جشنواره نیز به ثبت رسید.



In the Name of Allah

Journal of Water and Sustainable Development



Volume 6 - Issue 2 (Serial No. 13) - December 2019

Due to certificate no. 3/18/126631 dated 20/9/2015 from the scientific publications review Commission of the Ministry of Science, Research and Technology and also Due to registration number no76766 dated 25/1/2016 from the Ministry of Culture and Islamic Guidance, this journal has been licensed to publish.



Grantee
Manager in Charge
Editor in Chief

College of Agriculture , Ferdowsi University of Mashhad, Iran
Shahnooshi Froushani, N. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Ghahraman, B. Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Editorial Board



Bagheri, A. Asso. Prof., Tarbiat Modares University
Davary, K. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Esmaili, K. Asso. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Ghezelsoflo, A.A. Assis. Prof., Islamic Azad University of Mashhad
Jolaini, M. Asso. Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi
Meftah Halaghi, M. Asso. Prof., Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources

Guiding Council



Sayahi, A., Assistance of research and industrial relations center of National Water and Wastewater Engineering Company (Chairman of the council)
Esmailian, H., Managing director of Mashhad Water & Wastewater Company
Alaei, M., Managing director of Khorasan Razavi Province's Regional Water Company
Mousavi, S. Y., Secretary of water Think tank at Iran Water Resources Management Company
Shahnooshi Froushani, N., Manager in charge
Ghahraman, B., Editor in chief

Advisory Editors



Noori Esfandiari, A., Representative of water Think tank at Iran Water Resources Management Company
Sajadifar, S.H., Representative of National Water & Wastewater Company
Tavakoli Aminian, S., Representative of Mashhad Water & Wastewater Company
Ghandehari, A. Representative of Khorasan Razavi Province's Regional Water Company
Kolahi, M., Ferdowsi University of Mashhad



Executive Expert
Editor
Graphic
Publisher
Print
ISSN
Website/E-Mail
Address
Sponsor

Shahedi, M., Talebi Hossein Abad, F.
Shahedi, M., Quchanian, M., Hasibi, A., Oskouhi, M.
Shaikhi, M.R.
Ferdowsi University of Mashhad
Ferdowsi University of Mashhad Press(FUMP)
2423-5474
<http://jm.um.ac.ir/index.php/WSD/> jwsd@um.ac.ir
Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. P.O.Box: 91775- 1163
Mashhad Water & Wastewater Company

The full text of the articles can be downloaded on the website

Articles In Issue:

- **Application of Modeling in Management of Water, Energy, and Food Nexus**

Z. Eslami, S. Janatrostami, A. Ashrafzadeh

- **Necessity of Water, Energy, and Food Nexus Based on the Strategic Plan for Sustainable Development**

V. Safaee, K. Davary, Y. Pourmohammad

- **Explaining the Hydropolitics Concept**

H. Mokhtari Hashi, M. Kaviani Rad

- **Traditional Utilization Management of Water Resources in the Villages of Iran**

P. Najafloo, J. Yaghoubi, J. Nikbakht

- **Preparation of a Model for Identifying the Required Points for Structural Organizing of Rivers at the level of Vast Areas (Case Study: Golestan Province)**

M. Maghrebi, R. Dakhili, A. Ghezelsoflo

- **Comparative Study of Ecosystem Hydrological Services Modeling Tools**

Z. Asadolahi, M. Keshtkar

- **Methods of Surface and Ground Waters Management in Mineral Activities**

M. Mosaffa

- **Investigating Organizational Components of Qeshm Island Water and Wastewater Resources Management**

Z. Eftekharifar, M. Abdolhosseini, M. Farzane, F. Momeni

- **An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index**

Translated by: M. Rahmani

- **Investigation of Qanats Discharge Reduction and Adaptive Strategy to It (Case Study: Khorasan Razavi Province)**

A. Zolfagharan, F. Abbasi, M. Joleini, M. Karimi

