

هیدرولوژی اجتماعی

آمنه میان آبادی^۱، محمدرضا جرکه^۲، حجت میان آبادی^۳، مهدی کلاهی^۴

چکیده

استفاده ناپایدار از منابع آب- همچون آبیاری ناکارآمد، برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، سدسازی و تبخیرسازی، پمپاژ رودخانه‌ها و زوال دریاچه‌ها و تالاب‌ها- به مشکلی جهانی تبدیل شده است. تا چند سال اخیر دانشمندان، علم هیدرولوژی را بدون در نظر گرفتن نقش و اثر تلفیقی دخالت انسان بر محیط زیست و برعکس، مورد مطالعه قرار می‌دادند. اما بعدها روشن شد که بدون آن، بررسی یک چرخه هیدرولوژی با خطا همراه خواهد بود. به همین دلیل مفهوم جدیدی به نام هیدرولوژی اجتماعی معرفی شد که به اثرات تلفیقی انسان-آب می‌پردازد. بر اساس نتایج مطالعات صورت گرفته و با توجه به اهمیت نقش انسان در تغییرات محیطی به‌ویژه بر پاسخ هیدرولوژیکی حوضه‌ها، مطالعه حوضه‌های آبریز در قالب هیدرولوژی اجتماعی ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین به منظور حل چالش‌های آبی موجود در حوضه‌های آبریز، نیاز است که متخصصان هیدرولوژی، مدیریت منابع آب، جامعه‌شناسی و اقتصاد با مفاهیم جدید بین‌رشته‌ای از جمله هیدرولوژی اجتماعی آشنا شوند. در این مقاله، ضمن معرفی این مفهوم، تفاوت آن با مدیریت جامع منابع آب و جامعه‌شناسی آب شرح داده می‌شود. همچنین انواع مختلف بررسی سیستم تلفیقی انسان-آب در هیدرولوژی اجتماعی شامل هیدرولوژی اجتماعی تاریخی، هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای، و هیدرولوژی اجتماعی فرآیندی معرفی می‌شوند. در انتها، چالش‌های پیش‌روی هیدرولوژی اجتماعی بررسی می‌گردند.

واژگان کلیدی: هیدرولوژی اجتماعی، جامعه‌شناسی آب، مدیریت جامع منابع آب و سرزمین،

رفتار نوظهور، هم‌تکاملی.

فصلنامه راهبرد اجتماعی فرهنگی • سال هفتم • شماره بیست‌وهفتم • تابستان ۹۷ • صص ۴۷-۷۸

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۲/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۵/۲۱

۱. پژوهشگر پسادکتری، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد (amianabadi@um.ac.ir.com)

۲. مربی گروه مهندسی آب دانشگاه زابل (mohammad.reza.jargeh@uoz.ac.ir)

۳. استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس تهران (نویسنده مسئول) (hmianabadi@modares.ac.ir)

۴. استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد (mahdikolahi@ferdowsi.um.ac.ir)

مقدمه

جهانی که ما در آن زندگی می‌کنیم، به شدت پویا بوده و تغییرات زیادی در آن به صورت همزمان رخ می‌دهد (Montanari et al, 2013). این تغییرات باعث شده است که منابع آب در سطح جهان دچار تغییرات زیادی شوند. فعالیت‌های انسانی و دخالت بشر در طبیعت، به‌ویژه تغییر کاربری اراضی و تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، از عوامل موثر بر کمیت و کیفیت آب هستند (Varis et al, 2004). به عقیده فیشر و هیلین^۱ (۱۹۹۷) احتمالاً رشد جمعیت در سطح جهان متقاعدکننده‌ترین دلیل برای نگرانی جوامع در این زمینه است. افزایش رشد جمعیت باعث افزایش نیاز بشر به آب شرب، غذا، برق، انرژی و سایر فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی و در نتیجه به تقاضای بیشتر برای آب منجر می‌شود (UN-Water, 2012). بنابراین افزایش تقاضای بشر برای غذا، آب و انرژی باعث شده است که انسان در رقابت شدید با طبیعت قرار گیرد، به طوری که دیگر نمی‌توان تضمین نمود که طبیعت توانایی بازسازی خود را داشته باشد (Pande and Sivapalan, 2016). از سوی دیگر سوء مدیریت منابع آبی و حکمرانی نامناسب آب نیز مسئله مهمی در ایجاد برخی مشکلات در حوضه‌های آبریز به‌ویژه حوضه‌های آبریز فرامرزی است (Kliot et al, 2001). بنابراین زندگی آینده انسان در کره زمین با تهدیدهای زیادی روبه‌رو است (Rockström et al, 2014).

باید توجه داشت که ارتباط بین افزایش جمعیت و کاهش منابع طبیعی از جمله منابع آب و تنش‌ها و بحران‌های ایجاد شده، موافقان و مخالفان زیادی دارد. برخی از فلاسفه و اندیشمندان اقتصادی و اجتماعی (از جمله افلاطون، اپیکوریان و رواقیان) از دیرباز مخالفت خود را با رشد جمعیت نشان داده‌اند. مالتوس^۲ کشیش و اقتصاددان انگلیسی در سال ۱۷۹۸ برای اولین بار نظریه افزایش جمعیت و بحران غذایی را مطرح کرد و در کتابی با عنوان «تحقیق درباره اصل جمعیت و تاثیر آن در پیشرفت جامعه» به ارتباط بین جمعیت و منابع

1. Fischer and Heilig

2. Malthus

طبیعی پرداخت. مالتوس با اعتقاد به اینکه جمعیت به صورت تصاعد هندسی و کشاورزی به صورت تصاعد حسابی رشد می‌کند، رشد جمعیت را عاملی برای بحران منابع طبیعی می‌دانست (اطاعت، ۱۳۹۰). در مقابل نظریه کاهش جمعیت، برخی دیگر از افزایش جمعیت حمایت کرده و آن را ضروری دانسته‌اند. خوزه دو کاسترو^۱ (جمعیت‌شناس برزیلی) در کتاب خود با عنوان «جغرافیای گرسنگی»، علاوه بر نقد دیدگاه‌های مخالفان رشد جمعیت، بیان کرده است که فقر و گرسنگی ناشی از رشد جمعیت نمی‌باشد، بلکه علت اصلی آن را باید در نظام‌های اقتصادی و اجتماعی حاکم بر جوامع بشری جستجو کرد (کتابی، ۱۳۶۴). مارکس دومیرابو نیز معتقد است که به دلیل اثرات متقابل جمعیت و مواد غذایی، رشد هر کدام باعث رشد و افزایش دیگری خواهد شد (اطاعت، ۱۳۹۰). کورنو کویپان‌ها^۲ که از مخالفان نظریه مالتوس و از موافقان افزایش جمعیت بودند، معتقد بودند که طرفداران مالتوس اثرات پیشرفت فناوری و مشارکت‌های اجتماعی آینده را برای تامین منابع غذایی مورد نیاز انسان‌ها در نظر نگرفته‌اند، چرا که به عقیده آنها پیشرفت‌های حاصل شده در جهت افزایش بهره‌وری و بازده کشاورزی، افزایش تولید محصولات، شیرین‌سازی آب دریا، تصفیه آب و فاضلاب، و پیشرفت‌های دیگر می‌توانند کمک زیادی به تامین نیازهای بشر نمایند (Mianabadi et al, 2015; Gleditsch, 2003). همچنین بر اساس برخی مطالعات، بحران موجود در منابع آب، بحران کمبود آب [برای جمعیت رو به رشد] نیست، بلکه بحران مدیریت و حکمرانی آب است (Hensel et al, 2006; Biswas and Seetharam, 2008; ADB, 2013). بنابراین بر اساس این نظریات و مطالعات نمی‌توان افزایش جمعیت را عامل اصلی برای ایجاد تنش‌ها، اختلافات و درگیری‌ها بر سر منابع آب دانست.

به دلیل اثراتی که فعالیت‌های انسانی بر محیط زیست داشته است، زمین‌شناسان، عصر زمین‌شناسی کنونی را «آنتروپوسن» - دوره تاثیر فراوان فعالیت‌های انسان بر اقلیم و محیط زیست - نام نهاده‌اند که از اواخر قرن ۱۸ آغاز شده است و خصوصیت غالب آن افزایش نمایی فعالیت‌های بشر در این دوران است (Crutzen and Stoermer, 2000). از سال‌های آغازین انقلاب صنعتی و آغاز دوره آنتروپوسن، تامین، انتقال و توزیع آب در جهان به خاطر فعالیت‌های بشر در جهت مدیریت منابع آب و همچنین پیامدهای ناشی از

1. Jose DeCastro

2. Cornucopians

تغییر کاربری اراضی شهری و روستایی دچار تغییراتی شده است (L'vovich and White, 1990). فعالیت‌های انسانی بر کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی جریان آب‌های سطحی و زیرزمینی اثر می‌گذارند (Meybeck, 2003). همچنین این فعالیت‌ها به روش‌های مختلفی از جمله انحراف جریان (انتقال آب بین حوضه‌ای)، تغییر در شبکه جریان (ساخت سدها و مخازن)، تغییر خصوصیات زهکشی حوضه‌ها (از بین بردن جنگل‌ها، افزایش و گسترش شهرنشینی، فعالیت‌های کشاورزی)، و فعالیت‌هایی که باعث تغییر اقلیم منطقه‌ای و جهانی می‌شوند (انتشار گازهای گلخانه‌ای، تغییر کاربری اراضی) بر پاسخ هیدرولوژیکی حوضه‌ها اثر گذاشته‌اند (Savenije et al, 2014). به طوری که برداشت بی‌رویه و بی‌قاعده آب برای تامین نیازهای بشر پیامدهایی از قبیل نشست زمین، نفوذ آب شور، تنش آبی بین کشورهای حاشیه منابع آب مشترک، تغییر زمان و مقدار جریان رودخانه‌ها در پایین دست، پیامدهای منفی ناشی از جنگل زدایی و تغییر الگوی بارش را در پی داشته است (Pande and Sivapalan, 2016). تغییر مسیر جریان آب و جابه‌جایی آب بر اثر عوامل اجتماعی، سیاسی و تجاری، یکی دیگر از مسائل مهم در زمینه نقش انسان بر طبیعت است (Sivapalan et al, 2012). به عنوان مثال، پمپاژ یک عامل اجتماعی است که باعث حرکت آب بر خلاف جریان طبیعی (گرادیان جریان) می‌شود. یکی دیگر از موضوعات مهم در حوزه هیدرولوژی، مفهوم «آب مجازی» (Chapagain et al, 2006; Hoekstra and Chapagain, 2007) است. اگرچه به نظر می‌رسد که آب باید از منطقه پرآب به منطقه کم آب منتقل شود، اما مفهوم آب مجازی نشان می‌دهد که عوامل دیگری چون سیاست، بازار جهانی، اقتصاد، فناوری، هزینه سوخت، و مرزهای تجارت بر تعیین جریان آب مجازی موثر است (Sivapalan et al, 2012).

در گذشته، مسئله آب به صورت سنتی و در سطح محلی و با مشارکت مردم مدیریت می‌شد، اما با ایجاد سازمان‌های مختلف مربوط به مدیریت آب (به‌ویژه کانال‌ها و آبیاری) روش‌های مهندسی جای موسسات محلی را گرفت و مردم را از سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌ها و مدیریت منابع آب دور نمود (باندیوپادهیای، ۲۰۰۹). تغییر پارادایم در سیاست‌گذاری‌ها با تکیه محض بر تکنولوژی و پیشرفت مهندسی و ایجاد سازه‌های بزرگ آبی مانند سدها، باعث مهاجرت ناخواسته مردم در برخی نقاط شده و پیامدهای اجتماعی بسیاری را به دنبال داشته است، به طوری که برای بررسی روابط درهم‌تنیده سدسازی و جوامع بشری، «کمیسیون جهانی سدها» شکل گرفت (باندیوپادهیای، ۲۰۰۹).

بررسی این پیامدها نشان می‌دهد که فعالیت‌های گذشته بشر نقش کلیدی در ایجاد این تنش‌ها و بحران‌ها داشته، و پیامدهایش فراتر از منطقه و محل فعالیت آن‌هاست (Pande and Sivapalan, 2016). نگاه دیپلماسی آب نیز اکنون بیان می‌دارد که حوضه‌های فرامرزی، منابع آب جهانی-محلی^۱ و دارای ابعاد محلی، ملی و بین‌المللی هستند (Mianabadi et al, 2013). به عنوان مثال وجود چالش‌ها و مشکلات آب در حوضه هامون هیرمند، باعث مهاجرت اجباری مردم به استان گلستان گردیده است. این مسئله باعث ایجاد چالش‌ها و تبعات امنیتی، اجتماعی و فرهنگی مختلفی در حوضه مقصد شده که به ظاهر چالش‌ها و مشکلات حوضه مبدا را نداشته است (Mianabadi et al, 2013). در چنین شرایطی، امنیت آب، موضوع مهمی برای بسیاری از کشورها شده است (UN-Water, 2013). به همین دلیل، بحران آب مسئله‌ای جهانی است که به اشکال مختلفی تبعات آن در سراسر جهان دیده می‌شود (Pande and Sivapalan, 2016).

توسعه جوامع انسانی در امتداد رودخانه‌ها و حاشیه دریاچه‌ها باعث شده است که انسان‌ها از دوران باستان با علم هیدرولوژی سروکار داشته و برای اطمینان از در دسترس بودن آب کافی برای مصارف مختلف به اندازه‌گیری سطح آب دریاچه‌ها و رودخانه‌ها پردازند (Montanari et al, 2013). به عنوان مثال اندازه‌گیری سطح آب رودخانه نیل در مصر حدود ۴۰۰۰ سال پیش توسط مصریان انجام شده است (Said, 1993). علم هیدرولوژی به شکل جدید آن، در اواسط قرن ۱۹ پدیدار و در قرن ۲۰ به عنوان یک علم مستقل مطرح شد (IAHS, 2012). پیشرفت این علم در طول تاریخ با توجه به نیاز بشر برای مطالعه و حل مشکلات آب و پایش مخاطرات آبی حاصل شده است (Klemeš, 1988). امروزه با در نظر گرفتن نقش انسان و توسعه اجتماعی در پاسخ هیدرولوژیکی حوضه‌ها، اهمیت علم هیدرولوژی بیشتر از پیش شده است. توسعه دانش مهندسی آب و استفاده از مفاهیمی چون «مدیریت آب»، «مدیریت منابع آب» و «مدیریت جامع منابع آب» در دهه‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ نشان می‌دهد که سیستم‌های آب فقط برای برداشت و مصرف آب نیستند (Savenije et al, 2014)، بلکه باید بین تامین نیازهای انسانی و پایداری اکوسیستم‌ها، تعادل برقرار باشد (Falkenmark and Rockström, 2004).

با توجه به مسائل بیان شده به نظر می‌رسد باید تغییر نگرشی نسبت به علم هیدرولوژی

ستی که تا مدت‌ها نقش انسان را در چرخه هیدرولوژی نادیده می‌گرفت، صورت گیرد. چرا که در عصر جدید و در دوره آنتروپوسن^۱، دیگر نمی‌توان انسان‌ها را به عنوان یک عامل خارجی یا به عنوان شرایط مرزی در سیستم هیدرولوژی در نظر گرفت، بلکه انسان به عنوان بخش مهم درونی یک سیستم جفت شده انسان-آب نقش مهمی در چرخه هیدرولوژی دارد (Pande and Sivapalan, 2016). مدل‌های هیدرولوژیکی سنتی برای مدل کردن فرآیندهای هیدرولوژیکی، سیستم‌های آب و جامعه را به صورت جداگانه و مستقل از فرآیندهای هم‌تکاملی^۲ در نظر می‌گرفتند. بنابراین این مدل‌ها تنها برای حوضه‌های بکر و دست‌نخورده مناسب بوده و برای شبیه‌سازی اثرات متقابل سیستم هیدرولوژی با جامعه، مدل‌های هیدرولوژی را با مدل‌های مستقل رفتارهای اجتماعی جفت می‌کردند (Montanari et al, 2013).

با اهمیت یافتن نقش انسان در پایداری سیستم‌های آب، متخصصان نیازمند رویکرد چندرشته‌ای، بین‌رشته‌ای یا فرارشته‌ای برای بررسی، شناسایی، درک، مدل‌سازی و پیش‌بینی بازخوردها و اثرات متقابل بین اجزای سیستم‌های هم‌تکاملی انسان-آب هستند. بنابراین مفاهیمی^۳ چون «مدیریت جامع منابع آب» (Maass et al, 1962; Kneese, 1964; Teclaff, 1967)، «جامعه‌شناسی آب»^۴ (Falkenmark, 1979) و «هیدرولوژی اجتماعی»^۵ (Sivapalan et al, 2012)، در مباحث مدیریت منابع آب وارد شده‌اند. مدیریت جامع منابع آب که به شناسایی اثرات متقابل در هم تنیده بین آب و انسان (Savenije and Van der Zaag, 2008) و بررسی تخصیص عادلانه بین ذی‌مدخلان (Wolf, 1999) می‌پردازد، توسط تصمیم‌گیران سیاسی در بسیاری از کشورها مورد استفاده گسترده‌ای قرار گرفته است (Montanari et al, 2013). دانش جامعه‌شناسی آب بر اساس نیاز به درک چگونگی تغییر سیستم‌های آب ناشی از فعالیت‌های انسان و بررسی پیامدهای اجتماعی پروژه‌های آبی ارائه شد (Pande and Sivapalan, 2016). اگرچه در متون مختلف علمی جامعه‌شناسی آب با

1. Anthropocene

2. Co-evolution

۳. در مقاله سیواپالان و همکاران (۲۰۱۲) که اولین بار به اصطلاح «هیدرولوژی اجتماعی» پرداخته شده است، از کلمه science استفاده شده و هیدرولوژی اجتماعی را یک علم جدید معرفی کرده‌اند. در مقاله فالکنمارک (۱۹۷۹) نیز اصطلاح «جامعه‌شناسی آب» یا hydrosociology برای اولین بار و با کلمه field معرفی شده است. در اینجا برای هر سه اصطلاح از کلمه «مفهوم» استفاده شده است.

4. Hydrosociology

5. Socio-hydrology

اصطلاح hydrosociology معرفی شده است، اما کلاهی و همکاران (۲۰۱۶) اصطلاح water sociology را معرفی نموده و بیان کرده‌اند که این اصطلاح به بررسی اثرات متقابل بین آب و جامعه و عوامل و پیامدهای اجتماعی مشکلات آب می‌پردازد که از منظر آنها دارای سه بعد مبانی^۱، تفکری^۲ و کاربردی^۳ می‌باشد. در بعد اول، به چگونگی اثرگذاری مصرف، جمعیت، اقتصاد و فناوری و در بعد دوم به چگونگی اثرگذاری الگوی فکری، باورها، فرهنگ و تجارب اجتماعی بر منابع آب پرداخته می‌شود. بعد سوم نیز علاوه بر مطالعه مشکلات آب، راهکارهای لازم برای بهبود شرایط با توجه به نظریه‌های پایداری و عدالت آب را مورد توجه قرار می‌دهد (Kolahi et al, 2016). هیدرولوژی اجتماعی علاوه بر اینکه انسان را عامل مهمی در سیستم جفت شده انسان-آب در نظر می‌گیرد، بازخوردهای دوجانبه بین انسان و سیستم آب را مورد بررسی قرار می‌دهد که می‌توانند موجب ایجاد «رفتارهای نوظهور» در سیستم شوند (Sivapalan et al, 2012).

در این مقاله با توجه به اهمیت روزافزون تاثیر علوم اجتماعی در مطالعه سیستم‌های آب، به بررسی مفهوم جدید هیدرولوژی اجتماعی، خصوصیات، کاربردها، و چالش‌های پیش‌روی آن و نیز تفاوت آن با مدیریت جامع منابع آب و جامعه‌شناسی آب پرداخته می‌شود.

۱. هیدرولوژی اجتماعی

اصطلاح هیدرولوژی اجتماعی برای اولین بار توسط سیواپالان^۴ و همکاران در سال ۲۰۱۲ وارد متون علمی شد. آن‌ها در مقاله خود علم هیدرولوژی اجتماعی را به عنوان «علم مردم و آب» تعریف نمودند که هدف آن درک پویایی و هم‌تکاملی سیستم‌های درهم تنیده و جفت شده انسان-آب و بررسی اثرات متقابل و بازخوردهای دوجانبه بین انسان و آب است. سیواپالان و همکاران (۲۰۱۲) با ارائه نمونه‌ای از تنش‌های اجتماعی موجود در حوضه رودخانه مورومبیچ در استرالیا، اذعان داشتند که پیش‌بینی پویایی چرخه آب در مقیاس زمانی بلند مدت، بدون در نظر گرفتن اثرات متقابل و بازخوردهای موجود بین آب و انسان به آسانی امکان پذیر نمی‌باشد. تا پیش از ظهور علم هیدرولوژی اجتماعی، فعالیت‌های انسانی در زمینه

-
1. Material
 2. Ideal
 3. Practical
 4. Sivapalan

مدیریت منابع آب به عنوان واداشت خارجی و به عنوان عاملی ثابت در چرخه آب در نظر گرفته می‌شد (Milly et al, 2008; Peel and Bloschl, 2011). اما هیدرولوژی اجتماعی، انسان و فعالیت‌های انسانی را به عنوان بخشی از پویایی چرخه آب در نظر گرفته و هدف آن بررسی رفتار متقابل انسان و آب در کنار هم است (Sivapalan et al, 2012).

علی‌رغم این که متون و کتاب‌های درسی هیدرولوژی همچنان به بررسی فرآیندهای هیدرولوژی در حوضه‌های بکر و یا در شرایط ایده‌آل می‌پردازند، اما به اعتقاد واگنر^۱ و همکاران (۲۰۱۱)، در دنیای در حال تغییری که بخش عظیمی از آن تحت تاثیر عملکرد انسان است و تقریباً هیچ منبع آب دست نخورده‌ای در آن وجود ندارد، گسترش علم هیدرولوژی و ارتباط با سایر علوم و رشته‌های مرتبط برای مدیریت چالش‌های جدید در جهان در حال تغییر از ضروریات مطالعات هیدرولوژی است. هیدرولوژی اجتماعی این نیاز را مورد توجه قرار داده و به دنبال ارائه راهکارهایی برای حل اینگونه چالش‌ها در سیستم‌های درهم تنیده انسان-آب است (Sivapalan et al, 2012).

سیواپالان و همکاران (۲۰۱۲) بر این باورند که بین علم هیدرولوژی اجتماعی و اکوهیدرولوژی^۲ شباهت‌های بسیاری وجود دارد. به گفته آنها همانطور که ظهور علم اکوهیدرولوژی باعث گسترش ارتباط بین هیدرولوژی و علوم خاک‌شناسی، فیزیولوژی گیاهان و ژئومورفولوژی شده است، هیدرولوژی اجتماعی نیز منجر به گسترش ارتباط هیدرولوژی با علوم اجتماعی می‌شود. اکوهیدرولوژی به بررسی هم‌تکاملی پوشش گیاهی و آب (Eagleson, 1982; 2002; Rodriguez-Iturbe, 2000) و هیدرولوژی اجتماعی به بررسی هم‌تکاملی انسان و آب می‌پردازد. اما باید توجه داشت که هیدرولوژی اجتماعی در مقایسه با اکوهیدرولوژی از مکانیسم‌های پیچیده‌تری برخوردار بوده و کاربرد آن با چالش‌های بیشتری روبه‌رو است؛ چرا که انسان‌ها ابزار و روش‌های قدرتمندی برای کنترل طبیعت و چرخه آب داشته و نه تنها نسبت به پوشش گیاهی قدرت سازگاری بیشتری با محیط دارند، بلکه می‌توانند طبیعت را نیز با خود سازگار نمایند (Sivapalan et al, 2012). بنابراین به گفته سیواپالان و همکاران (۲۰۱۲)، پیش‌بینی سیستم درهم‌تنیده انسان-آب، نسبت به اکوسیستم-آب، دارای عدم قطعیت بیشتری است.

پیش از ارائه مفهوم هیدرولوژی اجتماعی، مطالعاتی در زمینه هم‌تکاملی سیستم

انسان- آب صورت گرفته بود که از آن جمله می‌توان به مطالعات گیلز^۱ (۲۰۰۵) برای بررسی هم‌تکاملی تکنولوژی آب و جامعه در هلند، مطالعه کالیس^۲ (۲۰۱۰) برای بررسی هم‌تکاملی توسعه منابع آب در آتن باستان، و مطالعه پاتاکی^۳ و همکاران (۲۰۱۱) برای بررسی اثرات متقابل فرآیندهای اجتماعی و اکولوژی در مدیریت آب شهری اشاره کرد. پس از ارائه مفهوم هیدرولوژی اجتماعی مطالعات بیشتری در این زمینه صورت گرفت (Elshafei et al, 2014; Gober and Wheater, 2014; Loucks, 2015; Sivapalan, 2015; Sivapalan and Bloschl, 2015; Blair, P and Buytaert, 2016, Garcia et al, 2016). به عقیده ارتسن^۴ و همکاران (۲۰۱۴) با افزایش مطالعات و درک بهتر فعالیت‌ها و شبکه‌های انسانی، مدل‌ها با جزئیات بیشتری در حال توسعه هستند، بنابراین اثرات کوتاه مدت هیدرولوژی بر انسان‌ها و واکنش انسان‌ها برای مواجه شدن با این اثرات که به نوبه خود بر هیدرولوژی اثر دارد (وجود بازخورد بین انسان و هیدرولوژی) باید وارد مدل‌ها شود. تاکنون مطالعات مختلفی برای بررسی این اثرات متقابل و بازخوردها انجام شده و مدل‌های مفهومی جدیدی در این زمینه پیشنهاد شده است. برخی از مطالعات انجام شده در زمینه هیدرولوژی اجتماعی به بررسی الگوی تغییرات زمانی روابط انسان-آب پرداخته‌اند (Lu et al, 2015; Parveen et al, 2015; Zhou et al, 2015). اما هدف بیشتر تحقیقات انجام شده، ارائه یک مدل مفهومی ریاضی شامل معادلات دیفرانسیلی غیرخطی جفت شده بوده است (Troy et al, 2015). به عنوان نمونه دی‌بالدازار^۵ و همکاران (۲۰۱۳) برای بررسی اثر متقابل و بازخوردهای بین فرآیندهای اجتماعی و فرآیندهای هیدرولوژیکی در یک سیستم در هم تنیده انسان-سیل، مدل مفهومی ساده و دینامیکی را برای بررسی چگونگی هم‌تکاملی ارتفاع سیل‌بندها با سکونت جمعیت انسانی توسعه دادند. اسرینواسان^۶ (۲۰۱۵) به بررسی امنیت آب شهری بر اثر وضع قوانین جدید در شهر چنایی در هند پرداخته است. لیو^۷ و همکاران (۲۰۱۴) مدلی برای بررسی هم‌تکاملی سیستم جفت شده انسان-آب در حوضه

-
1. Geels
 2. Kallis
 3. Pataki
 4. Ertsen
 5. Di Baldassarre
 6. Srinivasan
 7. Liu

تریم در چین ارائه نمودند. ون امریک^۱ و همکاران (۲۰۱۴) مدلی برای بررسی رقابت بین انسان و اکوسیستم بر سر آب در حوضه رودخانه مورومبیج استرالیا پیشنهاد دادند. کری^۲ و همکاران (۲۰۱۴) نیز متغیرهای انسانی و علوم اجتماعی را با مدل‌های هیدرولوژی برای بررسی رواناب یخچال‌ها در رودخانه سانتا در پرو ترکیب کردند. الشافعی^۳ و همکاران (۲۰۱۵) مدلی مفهومی برای بررسی هم‌تکاملی و خصوصیات نوظهور سیستم انسان-آب در حوضه نیمه خشک دریاچه تولیین در استرالیا ارائه نمودند. همچنين گارسیا^۴ و همکاران (۲۰۱۶) برای پاسخ به این سوال که نظام بهره‌برداری از مخزن چه اثری بر اعتمادپذیری تامین آب در شهرهای در حال گسترش دارد، به بررسی سیستم جفت شده انسانی و هیدرولوژیکی پرداختند.

با توجه به اهمیت نقش انسان در پاسخ هیدرولوژیکی حوضه‌ها و سیستم‌های جفت شده انسان-آب، مهمترین مزیت هیدرولوژی اجتماعی این است که انسان را به عنوان یکی از عوامل و عناصر مهم مدل‌سازی در نظر می‌گیرد و بر این اساس وقوع پدیده‌های نوظهور در سیستم را پایش و مدل‌سازی می‌کند.

۲. هم‌تکاملی و رفتار نوظهور

مفهوم هم‌تکاملی از طریق اکوهیدرولوژی وارد متون علمی شد که در هیدرولوژی اجتماعی نیز مورد استفاده قرار گرفته است (Sivapalan et al, 2012). منظور از هم‌تکاملی تغییرات (رشد یا افول) مرتبط دو پدیده یا دو گونه متفاوت با یکدیگر است. به عبارت دیگر، هم‌تکاملی به معنی این است که دو پدیده یا دو گونه به طور همزمان بر تکامل همدیگر اثر دارند. به عقیده ویندر^۵ و همکاران (۲۰۰۵) و کالیس (۲۰۰۷) «زمانی می‌توان یک سیستم را دارای رفتار هم‌تکاملی دانست که در آن سیستم، فرآیند ایجاد «تغییرات جدید» وجود داشته باشد. این تغییرات جدید که به آن «رفتارهای نوظهور»^۶ نیز گفته می‌شود، در اثر بازخوردهای بین فرآیندها، در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف ایجاد شده و می‌توانند با تغییر حالت

1. van Emmerik

2. Carey

3. Elshafei

4. Garcia

5. Winder

6. Emergent behavior

سیستم آن را به تکامل برسانند» (Sivapalan et al, 2012). به اعتقاد سیواپالان و همکاران (۲۰۱۲) یکی از خصوصیات مهم سیستم‌های غیرخطی این است که به منظور ایجاد سیستم‌های پیچیده و کاملاً پویا، فرآیندهای سریع و کند در این سیستم‌ها با یکدیگر در تعامل بوده و این تعامل ممکن است منجر به جابه‌جایی «نقاط بحرانی» و یا «نقاط اوج» در یک سیستم شود. در برخی از مناطق ممکن است مقاومت سیستم کم بوده و بنابراین وقوع یک حادثه جدی در آن می‌تواند به آسانی موجب تغییر سیستم به یک حالت متفاوت شود (Folke et al, 2004). آنها از خشکسالی دهه ۱۹۸۰ در منطقه ساحل به عنوان یکی از این نمونه‌ها یاد می‌کنند که این خشکسالی منجر به بیابان‌زایی، قحطی گسترده و مهاجرت اجباری شد. آنان همچنین به منطقه نیمه مرطوب بنگلادش که آب آشامیدنی آنجا به روش سنتی و از طریق مخازن جمع‌آوری آب باران تامین می‌شود، اشاره کردند که به دلیل آلودگی آب مخازن توسط پاتوژن‌ها، مردم به استفاده از آب‌های زیرزمینی رو آورده و پمپاژ آب باعث حرکت آرسنیک و سمی شدن گسترده آب‌ها شد.

نمونه‌ای از پدیده‌های نوظهور در ایران در دریاچه هامون دیده شده است. در دریاچه هامون پس از رشد بیش از حد نيزارها تا سال ۱۳۵۹ شمسی (۱۹۸۰ میلادی)، در سال ۱۳۶۰ به منظور کنترل رشد بی‌رویه نيزارها و همچنین رشد اقتصادی ناشی از صید ماهی، ماهی‌آمور را وارد دریاچه هامون کردند. اما این کار باعث از بین رفتن بیش از ۹۰ درصد نيزارهای این دریاچه شد. در نتیجه در زمستان ۱۳۶۲ سرمای ایجاد شده و نبود پوشش گیاهی باعث تلف شدن شمار زیادی از دام‌ها و تخریب نشینان هامون شد. به عنوان مثالی دیگر می‌توان به برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی و از بین رفتن پوشش گیاهی، و اثر این دو عامل بر ایجاد سیلاب اشاره نمود. برداشت بی‌رویه منابع آب زیرزمینی، باعث خالی شدن آبخوان‌ها و در نتیجه فرونشست آنها در طول زمان می‌گردد. از سوی دیگر از بین رفتن پوشش گیاهی به دلیل سوءمدیریت و بهره‌برداری‌های نامناسب همراه با ایجاد پدیده فرونشست، از ظرفیت نگهداشت آبخوان کاسته و موجب می‌شود بارش‌های سطحی به دلیل عدم امکان جذب در لایه‌های خاک به صورت سیلاب جریان پیدا کند و تخریب مضاعف حوضه را به دنبال داشته باشد.

۳. لزوم بررسی هیدرولوژی اجتماعی در مطالعات و مدیریت حوضه‌های آبریز

همانطور که ذکر شد، نقش انسان در تغییر چرخه آب و هیدرولوژی در حوضه‌های آبریز باعث شده است که حوضه‌های آبریز با چالش‌هایی روبه‌رو شود که نگاه صرف

هیدرولوژی و مدل‌سازی هیدرولوژیکی نمی‌تواند به تنهایی با حل این چالش‌ها پردازد. برای بررسی بهتر رفتار هیدرولوژیکی حوضه‌ها باید از فعالیت‌های انسانی و چالش‌های اجتماعی و سیاسی در حوضه شناخت کافی داشت. در این بخش، به‌عنوان نمونه، چالش‌های موجود در حوضه زاینده‌رود به طور اختصار مطرح شده و رفتار هم‌تکاملی سیستم انسان-آب و پدیده‌های نوظهور در آن مورد بررسی قرار می‌گیرد تا اهمیت لزوم مطالعات هیدرولوژی اجتماعی در حوضه‌های آبریز روشن گردد.

حوضه آبریز زاینده‌رود با مساحتی حدود ۴۱۵۰۰ کیلومتر مربع یکی از حوضه‌های پرتنش در ایران است که به شدت تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی قرار گرفته و در سال‌های اخیر با مشکلات بسیاری روبه‌رو بوده است. سیاست‌گذاری‌های غلط توسعه، افزایش جمعیت، افزایش سطح کشت آبی در بالادست حوضه (به ویژه کشت برنج که مناسب شرایط آب و هوایی این حوضه نیست) و وجود صنایع بزرگ آب‌بر (که اصولاً باید در کنار منابع آبی بزرگی چون دریاها تاسیس شوند) در این حوضه باعث افزایش تقاضا و مصرف آب شده و رودخانه زاینده‌رود را که مهمترین رودخانه در مرکز ایران است در معرض خطر قرار داده است. نیاز به تامین آب جهت مصارف آبیاری، شرب و صنعت باعث احداث بندهای انحرافی در دو سوی رودخانه، تاسیس صنایع بسیار آب‌بر، استفاده از آب‌های زیرزمینی از طریق چاه‌ها، و گسترش نامناسب شبکه‌های توزیع و انتقال آب شده است. تغییرات شدید ایجاد شده در حوضه زاینده‌رود، کاهش جریان در این رودخانه و خشک بودن بستر رودخانه در اکثر موارد، مشکلاتی برای آبیاری زمین‌های کشاورزی ایجاد کرده و باعث شور شدن خاک‌های اراضی پایین دست حوضه و کاهش کیفیت آب برگشتی به رودخانه شده است (سالمی و راست، ۱۳۸۳).

رودخانه زاینده‌رود از ارتفاعات زاگرس در چهارمحال و بختیاری سرچشمه می‌گیرد و به باتلاق گاوخونی در اصفهان می‌ریزد. علاوه بر جریان طبیعی رودخانه، تونل‌های انحرافی ۱ و ۲ کوهرنگ که به ترتیب در سال ۱۳۳۲ و ۱۳۶۴ به بهره‌برداری رسید، حدود ۵۴۰ میلیون مترمکعب آب را در سال از سرشاخه‌های کارون به رودخانه زاینده‌رود منتقل می‌کنند (سالمی و راست، ۱۳۸۳). از بین رفتن پوشش گیاهی، چرای بی‌رویه دام‌ها، برداشت بی‌رویه بخش عظیمی از آب زاینده‌رود در فاصله خروجی سد زاینده‌رود تا پل کله به منظور تامین آب مورد نیاز صنعت، کشاورزی و شرب، و سوءمدیریت منابع آب، باعث کاهش جریان آب در زاینده‌رود و در نتیجه خشک شدن باتلاق گاوخونی شده و

اکوسیستم آن را نابود کرده است. ایجاد بارگذاری‌های غیرضروری در بالادست زاینده‌رود باعث شده است که رودخانه زاینده‌رود از یک رودخانه دائمی به یک رودخانه فصلی تبدیل شود. به دلیل چنین ناملایمات، خشک شدن تالاب گاوخونی، باعث ایجاد ریزگردها و گرد و غبار در اصفهان شده است. طبق برخی آمار، میزان برداشت آب بین خروجی سد زاینده‌رود تا پل کله‌گاهی تا ۶۶ درصد حجم آب خروجی از سد است و در سال‌های خشک که حجم آب خروجی از سد کمتر است، بخش زیادی از آب برداشت می‌گردد (حاجیان و حاجیان، ۱۳۹۲). بر اساس گزارش حاجیان و حاجیان (۱۳۹۲)، این مسئله مشکلات کمبود آب در پایین دست رودخانه را بیشتر می‌کند که اهمیت بازنگری قوانین تخصیص آب و جلوگیری از برداشت‌های غیرقانونی را برجسته می‌سازد. پس از احداث سد و با افزایش برداشت آب در این منطقه، حجم آب ورودی ثبت شده در ایستگاه ورزنه در فاصله ۱۳۳۱ تا ۱۳۹۱ به شدت کاهش یافته و لذا حقایق باتلاق گاوخونی که برابر ۲۰۰ میلیون متر مکعب در سال است تامین نمی‌شود. نتایج نشان داده است که تغییر آب مصرفی در فاصله بین سد تا باتلاق در سال‌های پس از احداث سد قابل ملاحظه نبوده و تفاوتی بین سال‌های تر و خشک وجود ندارد، که این مسئله به دلیل ذخیره آب در سال‌های تر و استفاده آن در سال‌های خشک است. اما در محدوده بین پل کله تا باتلاق، حجم آب مصرفی کاهش چشمگیری داشته که حاصل برداشت زیاد آب در فاصله بین سد و پل کله است. علل خشک شدن زاینده‌رود شامل محدود بودن منابع آب تجدیدپذیر، افزایش مصرف سالانه آب شرب و صنعت، انتقال آب به شهرهای خارج از حوضه و برداشت آب از چاه‌های حریمی به ویژه در بالادست حوضه است. مصرف آب شرب در این حوضه از ۳۳۰ میلیون متر مکعب در سال ۶۹-۱۳۶۸ به ۴۲۰ میلیون متر مکعب در سال ۸۵-۱۳۸۴ رسیده است. همچنین مصرف آب در بخش صنعتی در سال ۶۹-۱۳۶۸، ۱۲۶ میلیون متر مکعب بوده است که در سال ۸۵-۱۳۸۴ به ۱۸۸ میلیون متر مکعب رسیده است. اگرچه به گفته وزیر نیرو در صحن مجلس در تاریخ ۲۷ مرداد ۱۳۹۵ میزان سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی در این منطقه (در حال حاضر ۲۰۰ هزار هکتار) نسبت به گذشته ۵ برابر شده است، اما از سوی دیگر عوامل ذکر شده فوق باعث کاهش اختصاص آب به کشاورزی و کاهش سطح زیر کشت اراضی کشاورزی در پایین دست حوضه شده است که احتمالاً این مسئله اعتراضات کشاورزان را در سال ۱۳۹۱ در پی داشته است.

علاوه بر موارد ذکر شده، بهره‌برداری از تونل ۳ کوه‌رنگ با ظرفیت انتقال سالانه ۲۵۰

میلیون متر مکعب آب از سرشاخه‌های کارون به زاینده‌رود (سالمی و راست، ۱۳۸۳) مشکلاتی برای حوضه کارون و مردم خوزستان ایجاد کرده و اعتراضاتی را در پی داشته است. انتقال آب از کارون به حوضه‌های دیگر ایجاد مشکلاتی در صنعت کشتیرانی در این رود بزرگ، صنعت ماهیگیری، حیات آبریان، کشاورزی، تخریب محیط‌زیست و بیماری‌های ناشی از آن، بیکاری و مهاجرت مردم به شهرها و به تبع آن تبعات اجتماعی و فرهنگی و سیاسی (به عنوان مثال اعتراضات گسترده مردم آبادان در سال ۱۳۷۹، اعتراضات مردم خوزستان به انتقال آب کارون به زاینده‌رود در سال ۱۳۹۲، اعتراضات مردم شهرکرد در فروردین ۱۳۹۳ و آبان ۱۳۹۵، اعتراضات مردم چهارمحال و بختیاری به طرح انتقال آب بهشت آباد در سال ۱۳۹۴، اعتراضات مردم شادگان و اهواز در بهمن ۱۳۹۵) را در حوضه کارون به دنبال داشته است. انتقال آب از کارون برای تامین آب صنایع آبربر و محصولات کشاورزی پرمصرف مانند برنج در حوضه زاینده‌رود با اعتراضات استان‌های خوزستان و چهارمحال و بختیاری روبه‌رو بوده است. از سوی دیگر انتقال آب زاینده‌رود به استان‌های یزد، قم و کاشان و انتقال آب به کارخانه‌های فولاد مبارکه و ذوب آهن، باعث اعتراض گسترده کشاورزان اصفهانی (در ورزنه) در بهمن و اسفند ۹۱ شد که در نهایت علاوه بر درگیری و دخالت نیروهای امنیتی، کشاورزان اقدام به تخریب لوله‌های انتقال آب به یزد کردند. همچنین مردم اصفهان در شهریور ۱۳۹۳ نیز تجمع اعتراض آمیزی درباره خشک شدن زاینده‌رود تشکیل دادند. همانطور که پیش از این ذکر شد، نقش انسان و فعالیت‌های انسانی فراتر از منطقه و محل فعالیت انسان است و بنابراین شواهد در حوضه آبریز زاینده‌رود نیز نشان می‌دهد که چالش‌های موجود در این حوضه در استان اصفهان، مناطق و حوضه‌های دیگری (از جمله حوضه رود کارون) را نیز با چالش روبه‌رو کرده است.

اطلاعات فوق از حوضه رودخانه زاینده‌رود نشان می‌دهد که این حوضه همانند سایر سیستم‌های آبی یک سیستم جفت شده و درهم تنیده انسان-طبیعت است که چالش‌های زیادی برای مدیریت این سیستم پویا وجود دارد. وجود ویژگی‌های هم‌تکاملی (به عنوان مثال اثر کاهش آب و خشک شدن زاینده‌رود و باتلاق گاوخونی بر انسان‌ها و اثر فعالیت‌های انسانی همچون کشاورزی و صنعت بر خشک شدن زاینده‌رود و باتلاق گاوخونی) و پدیده‌های نوظهور (خشک شدن زاینده‌رود و باتلاق گاوخونی، گردوغبار، شور شدن خاک‌های اراضی پایین دست حوضه و کاهش کیفیت آب برگشتی به رودخانه و تبدیل شدن رودخانه دائمی زاینده‌رود به رودخانه فصلی) بر لزوم استفاده از هیدرولوژی

اجتماعی در مدل‌سازی این حوضه تاکید می‌نماید. بنابراین برای بررسی هیدرولوژی این حوضه و مدیریت آن باید مدل‌سازان هیدرولوژی با همکاری سایر متخصصان مربوطه از جمله متخصصان علوم اجتماعی تمام جوانب و بخش‌های حوضه را مورد توجه قرار دهند و همچنین برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و حکمرانی مناسب‌تر باید مدل‌سازان و مدیران با کمک یکدیگر به حل مشکلات این حوضه پرتنش بپردازند. برای اهداف هیدرولوژی اجتماعی در چنین حوضه‌هایی باید علم و سیاستگذاری در کنار هم قرار گیرند.

۴. هیدرولوژی اجتماعی و رویکردهای پیش‌رو

سه رویکرد «متفاوت، اما تکمیلی» در مطالعات آینده پیش‌روی هیدرولوژی اجتماعی وجود دارد (Sivapalan et al, 2012; Pande and Sivapalan, 2016): هیدرولوژی اجتماعی تاریخی^۱؛ هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای^۲ و هیدرولوژی اجتماعی فرآیندی^۳.

در هیدرولوژی اجتماعی تاریخی با مطالعه گذشته دور یا نزدیک می‌توان اطلاعات خوبی برای درک یک سیستم جفت شده به دست آورده و علل وقوع یک پدیده نوظهور در یک حوضه را بررسی نمود. (Sivapalan et al, 2012; Pande and Sivapalan, 2016). سیواپالان و همکاران (۲۰۲) (2012) از فروپاشی تمدن سومری ناشی از بالا آمدن تراز آب و شوری آب آبیاری به نقل از (Ponting, 1991) و الگوهای حکمرانی و تکنولوژی‌های بومی آب از جمله طراحی و توسعه «قنات» در ایران نام برده‌اند که در حیطه هیدرولوژی اجتماعی تاریخی قرار می‌گیرد. همچنین در این زمینه می‌توان به از بین رفتن تمدن شهر سوخته در قسمت جنوبی دریاچه هامون (۱۵۰۰-۲۸۰۰ سال قبل از میلاد مسیح) بر اثر عدم جاری شدن آب در رود بیابان (رامرود) که مهمترین پخش کننده آب رود هیرمند در دوره هولوسن در این منطقه بوده است (Whitney, 2006)، اشاره کرد.

با استفاده از رویکرد هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای می‌توان یک پدیده خاص را که در چندین سیستم جفت شده انسان-آب وجود دارد، مطالعه و فرضیات مناسب برای بررسی تفاوت‌ها و شباهت‌های آن‌ها در شرایط مختلف اقلیمی و اقتصادی-اجتماعی ارائه نموده و سپس این فرضیات را به کمک داده‌های موجود مورد ارزیابی قرار داد (Pande and

-
1. Historical socio-hydrology
 2. Comparative socio-hydrology
 3. Process socio-hydrology

Sivapalan, 2016).

در هیدرولوژی اجتماعی فرآیندی نحوه ارتباط درونی (متقابل) بین بخش‌های مختلف سیستم جفت شده انسان-آب مورد بررسی قرار می‌گیرد (Pande and Sivapalan, 2016). سیواپالان و همکاران (۲۰۱۲) (2012) پیشنهاد کردند که می‌توان تعداد کمی از سیستم‌های انسان-آب را به صورت جزئی‌تر و به صورت منظم پایش نمود تا دید بهتری از روابط بین آن‌ها و فرآیندهای موجود به دست بیاوریم. به این ترتیب با به دست آوردن اطلاعات بیشتر از فرآیندهای هیدرولوژیکی و اجتماعی درگیر در این سیستم‌ها می‌توان پیش‌بینی‌های بهتری برای آینده ارائه کرد.

۵. هیدرولوژی اجتماعی و مدیریت جامع منابع آب

بر اساس مفهوم مدیریت جامع منابع آب که از سال ۱۹۹۲ در کنفرانس بین‌المللی آب و محیط‌زیست در دوبلین مورد توجه قرار گرفت، سیستم‌های منابع آب سیستم‌های درهم تنیده‌ای هستند که به دلیل اثرات متقابل و بازخوردهای بین اجزای آن، «تلاش برای حل یک معضل در بخشی از سیستم منجر به ایجاد مشکلی دیگر در بخش دیگر سیستم شده و بر گروداران^۱ و مصرف‌کنندگان آب تاثیرگذار می‌باشد» (Savenije et al, 2014). به عنوان مثال برداشت آب‌های زیرزمینی یا ایجاد سد در بالادست جریان برای توسعه کشاورزی، می‌تواند بر کیفیت و کمیت آب در پایین دست جریان اثر نامطلوبی بگذارد. این مسائل باعث شد که ایده مدیریت جامع منابع آب مطرح شود، به این معنی که سیستم منابع آب و ذی‌مدخلان باید به روشی جامع مطالعه شوند، به طوری که همه سودها و هزینه‌های مداخله در سیستم بررسی شده و در نهایت راهکار متعادل و عادلانه‌ای که درباره آن مطالعه کافی صورت گرفته است، ارائه شود (Savenije et al, 2014). در مدیریت جامع منابع آب، بررسی اثر تغییرات ایجاد شده و اثرات متقابل آب و انسان با استفاده از «تحلیل سناریوها» (Savenije and Van der Zaag, 2008; Mahmoud et al., 2009; Haasnoot and Middelkoop, 2012) انجام شده و پویایی، بازخوردها و هم‌تکاملی سیستم جفت شده انسان-آب را که شامل رفتارهای خودجوش یا غیرمنتظره است، در نظر نمی‌گیرد (Sivapalan et al, 2012; Montanari et al, 2013). بنابراین درحالی که هدف مدیریت جامع

منابع آب «کنترل یا مدیریت سیستم‌های آبی برای دست یافتن به خروجی‌های از پیش تعیین شده اجتماعی و زیست محیطی است» (Sivapalan et al, 2012)، هیدرولوژی اجتماعی به مطالعه اثر متقابل دوسویه بین جامعه انسانی و سیستم‌های آبی که منجر به هم‌تکاملی سیستم‌های جفت شده انسان-آب می‌شود، می‌پردازد (Pataki et al, 2011; Sivapalan et al, 2012; Montanari et al, 2013; Carey et al, 2014; Gober and Wheater, 2014). پوشش این کمبود براون و اسمیت^۱ (۲۰۱۰) (2010) پیشنهاد کرده‌اند که از عبارت «مدیریت جامع منابع آب و سرزمین»^۲ استفاده شود. آنها معتقدند در ابزارهای ترکیبی مدیریت یکپارچه منابع آب باید واژه «سرزمین» را هم بکار ببریم تا بتوانیم روش مدیریت انطباقی برای مداخلات بشر در سرزمین را گسترش و رواج دهیم. آنان بیان کردند که این رویکرد، امکان حرکت به سمت یک سامانه نظارتی را فراهم خواهد آورد که از خصوصیات آن، هدایت به سمت سازگاری و انطباق آبخیزداری بین منافع مهم و پدیده استفاده از زمین، استفاده از آب و عملکردهای زیست‌بوم پایدار خواهد بود و همچنین پتانسیل بهبود مدیریت آب شیرین را برای رفاه بشر دارد.

۶. هیدرولوژی اجتماعی یا جامعه‌شناسی آب^۳

سیواکومار^۴ (۲۰۱۲) مدعی است که آنچه سیواپالان و همکاران (۲۰۱۲) به عنوان علم جدید هیدرولوژی اجتماعی معرفی کرده‌اند، در واقع یک علم جدید نیست، چرا که این علم مدت‌هاست که تحت عنوان «جامعه‌شناسی آب» برای مطالعه اثرات متقابل انسان-آب وجود داشته است. وی معتقد است مطالعات مختلفی که پس از فالکن مارک^۵ (۱۹۷۹) (1979) در زمینه پویایی و هم‌تکاملی سیستم‌های جفت شده انسان-آب صورت گرفته است، (از جمله آب و مردم (یا مردم و آب) مدت‌هاست که توسعه یافته و سایر مطالعات انجام شده تنها بخش کوچکی به این علم اضافه کرده‌اند. بنابراین سیواپالان و همکاران علم جدیدی را ارائه نکرده‌اند، بلکه تنها به توضیح بیشتر اصطلاح «رفتار نوظهور» پرداخته‌اند.

1. Brown and Schmidt

2. Integrated Land and Water Resources Management (ILWRM)

۳. در این قسمت منظور از «جامعه‌شناسی آب» واژه hydrosociology است.

4. Sivakumar

5. Falcon Mark

از سوی دیگر وسلینک^۱ و همکاران (۲۰۱۶) معتقدند که ترتیب قرار گرفتن واژه‌های hydro (آب) و socio (جامعه) و همچنین وجود یا عدم وجود خط فاصله بین آنها (Socio-hydrology یا Hydrosociology اهمیت بسیار زیادی دارد و لذا آنها معتقدند که بین این دو اصطلاح تفاوت‌هایی وجود دارد. بر اساس نظر آنها هیدرولوژی اجتماعی برخلاف سایر تحقیقات مسئله‌محور^۲ منابع آب، در تلاش است تا همه اثرات متقابل انسان-طبیعت را در یک مدل ریاضی و با رویکرد کلی‌گرایی^۳ و فراتر از مدل‌های مفهومی اشاره شده در مطالعات فالکنمارک (۱۹۷۷؛ ۱۹۷۹) در نظر بگیرد.

وسلینک و همکاران (۲۰۱۶) تفاوت هیدرولوژی اجتماعی و جامعه‌شناسی آب را بر اساس چهار الگوی تحقیقاتی متفاوت مورد بررسی قرار دادند (جدول ۱). این چهار مرحله شامل مراحل «هستی‌شناسی»^۴ (جهان چگونه است؟)، «معرفت‌شناسی»^۵ (ما درباره جهان چه می‌دانیم؟)، «روش‌شناسی»^۶ (چگونه باید دانش خود را کسب کنیم؟) و «ارزش‌شناسی»^۷ (چرا باید دانش کسب کنیم و با این دانش چه باید کرد؟) می‌باشد به نقل از (Guba and Lincoln, 1994a; 1994b).

جدول ۱: مقایسه تحقیقات هیدرولوژی اجتماعی و جامعه‌شناسی آب (Wesselink et al., 2016)

جامعه‌شناسی آب	هیدرولوژی اجتماعی	الگو
ساختارگرا، نظریه انتقادی	اثبات‌گرا، پسا اثبات‌گرا	هستی‌شناسی
کلی‌گرا، بخش‌ها به هم متعلق هستند و نمی‌توانند از هم جدا شوند	عینی‌گرا، کلی‌گرا، بخش‌های آن می‌تواند جدا شود. اثرات متقابل، خصوصیات نوظهور را ایجاد می‌کند	معرفت‌شناسی
ذهنی	عینی	روش‌شناسی اصلی
تحلیل ماتریالیستی تاریخی جامعه (و تکنولوژی)	مدل‌سازی کمی	نقطه شروع
قدرت	سیستم طبیعی	کلمات کلیدی
انتقادی یا تفسیرگرا، محققان نمی‌توانند و نباید بی‌طرف باشند.	اثرات متقابل	ارزش‌شناسی
	(پسا) اثبات‌گرا، محققان باید بی‌طرف باشند و هستند	

1. Wesselink
2. problem-focused
3. Holistic
4. Ontology
5. Epistemology
6. Methodology
7. Axiology

بر اساس آنچه آنها مطرح کرده‌اند، از دیدگاه ارزش‌شناسی بسیاری از اهداف مطالعات اجتماعی مانند توسعه پایدار در هیدرولوژی اجتماعی کاملاً مشخص است و طرح مجدد آن غیرضروری است. آنها بیان کردند که از نظر هستی‌شناسی، هیدرولوژی اجتماعی در تلاش است تا تمام رفتارهای انسانی را که با سیستم‌های طبیعی اثر متقابل دارند مورد ارزیابی قرار دهد. اما از نظر روش‌شناسی نمی‌توان تمام این ابعاد را وارد مدل کرد. پس برای توسعه یک مدل کمی، ابعاد انسانی و طبیعی سیستم کاهش یافته و به شکل ساده‌تری بیان می‌شوند. این ساده‌سازی به نوبه خود باعث بروز مشکلاتی در بخش معرفت‌شناسی می‌شود، چرا که بشر به این دلیل که می‌تواند نحوه عمل خود را بر اساس ادراک و ترجیحات خود انتخاب کند، از دیگر اجزای مدل‌های هیدرولوژی اجتماعی متفاوت است. بر همین اساس دی بالدازار و همکاران (۲۰۱۳) اذعان داشتند که به دلیل اینکه در مدل‌های هیدرولوژی اجتماعی باید به ناچار از برخی از جنبه‌های مهم جوامع انسانی چشم‌پوشی کرد، مدل انسان-سیلی که پیشنهاد کرده‌اند را نمی‌توان به عنوان ابزاری برای پیش‌بینی سیل در یک مکان خاص استفاده نمود و بیشتر می‌توان از آن به عنوان یک مدل کلی استفاده کرد.

تفاوت در مرحله هستی‌شناسی: محققان جامعه‌شناسی آب از منظر هستی‌شناسی دو

تفاوت اساسی در مفهوم سیستم اجتماعی-طبیعی بین هیدرولوژی اجتماعی و جامعه‌شناسی آب ارائه کردند (Wesselink et al, 2016):

۱) جنبه‌های اجتماعی مورد بررسی در هیدرولوژی اجتماعی و جامعه‌شناسی آب متفاوت بوده و بنابراین روابط علت و معلولی در هر کدام متفاوت تعریف می‌شود. هیدرولوژی اجتماعی خصوصیاتمانند الگوی سکونت و رفاه اقتصادی را در نظر می‌گیرد، اما آنچه در بیشتر تحقیقات جامعه‌شناسی آب اهمیت دارد، «ارتباط آب با قدرت اجتماعی» (Linton and Budds, 2014) است، به این معنی که «تصمیمات چه کسانی و چگونه سیستم جامعه‌شناسی آب را شکل داده و این تصمیمات چه اثری بر بی‌عدالتی سیاسی و مادی دارد». نحوه ارتباط مفاهیم غیرعلمی، اجتماعی و فرهنگی آب با آب و دخالت این مفاهیم در مدیریت منابع آب نیز در جامعه‌شناسی آب مورد بررسی قرار می‌گیرد (Budds, 2009; Boelens, 2014).

۲) مدل مفهومی پیشنهاد شده در تحقیقات جامعه‌شناسی آب بسیار متفاوت از سیستم‌های جفت شده انسان-طبیعت در هیدرولوژی اجتماعی است. وسلینگ و همکاران

hydro و (۲۰۱۶) (2016) با اشاره به وجود یا عدم وجود علامت خط تیره بین دو کلمه socio معتقدند که در جامعه شناسی آب «تنها رابطه جامعه با آب اهمیت ندارد، بلکه طبیعت اجتماعی خود آب نیز مهم است». لیتون و بادز (۲۰۱۴) اظهار داشته‌اند که مولفه‌های «آب» و «قدرت اجتماعی» با هم مرتبط هستند و باید به صورت ترکیبی (و نه به شکل ماهیت‌های جداگانه) آن‌ها را در نظر گرفت (و به همین علت است که در جامعه‌شناسی آب، Hydro sociology)، بین دو واژه hydro و socio خط تیره وجود ندارد).

تفاوت در مرحله روش‌شناسی: با توجه به اینکه مرحله هستی‌شناسی بین تحقیقات هیدرولوژی اجتماعی و جامعه‌شناسی آب متفاوت است، بنابراین روش‌شناسی (جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها) در این دو زمینه تحقیقاتی نیز متفاوت است (Wesselink et al, 2016). در تحقیقات هیدرولوژی اجتماعی، سیاست‌های انتخاب‌ها، صریح و روشن بیان نمی‌شوند، لذا متخصصان هیدرولوژی اجتماعی برای شفاف‌سازی و بحث درباره فرضیات مدل‌سازی با غیر متخصصان باید روابط ریاضی را به زبان عامیانه و به سبک جامعه‌شناسی آب بیان نمایند.

تفاوت در مرحله ارزش‌شناسی: دانشمندان هیدرولوژی اجتماعی برای مشکلات سیاسی راه حل ارائه داده و اولویت‌ها را مشخص می‌کنند و به طور کلی انعطاف‌پذیر نیستند؛ اما پژوهشگران جامعه‌شناسی آب در مورد مسائل اخلاقی صحبت کرده و اهدافی مانند فقرزدایی را دنبال می‌کنند (Wesselink et al, 2016).

۷. چالش‌های هیدرولوژی اجتماعی

علی‌رغم اهمیت زیاد علم هیدرولوژی اجتماعی در شناسایی و بررسی سیستم‌های جفت شده انسان-آب، کاربرد این علم با چالش‌هایی روبه‌رو است که در ادامه به توضیح آن‌ها می‌پردازیم.

۱) داده: روش تحقیق در هیدرولوژی اجتماعی نیز مانند سایر علوم با مشاهده یک پدیده آغاز شده و سپس باید فرضیه ارائه شده برای بررسی این پدیده با استفاده از داده‌های موجود مورد آزمون قرار گیرد (Pande and Sivapalan, 2016). از آنجایی که قابلیت اطمینان این فرضیه و اثبات درستی آن و پیش‌بینی‌های انجام شده به صحت و قابل اطمینان بودن داده‌ها و مشاهدات بستگی دارد (Beven, 2007)، بنابراین هرچه تکنیک‌ها و ابزار اندازه‌گیری بهتر و دقیق‌تر باشد، عدم قطعیت پیش‌بینی کمتر می‌شود (Pande and

(Sivapalan, 2016). در هیدرولوژی اجتماعی جمع آوری و اندازه گیری داده‌های مربوط به سیستم انسانی در مقیاس زمانی و مکانی مناسب دشوار می‌باشد (Levy et al, 2016). جمع آوری برخی از این داده‌ها یا پرهزینه هستند و یا اصلاً وجود ندارند، برخی دیگر از داده‌ها و اطلاعات فقط به شکل روایات و گزارشات تاریخی هستند و برخی از فرآیندهای اجتماعی (به عنوان مثال میزان تمایل جامعه به حفظ محیط زیست به نفع آیندگان) نیز به راحتی قابل اندازه گیری نیستند (Pande and Sivapalan, 2016). ووگل^۱ و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که «اولین و شاید مهمترین چالش، توصیف کمی رفتار افراد (یعنی ذی مدخلان و تصمیم گیران) و نهادها و جوامع اجتماعی است». تروی^۲ و همکاران (۲۰۱۵) نیز بیان کردند که در حالی که متخصصان هیدرولوژی اجتماعی علاقه مند به داشتن نتایج کمی می‌باشند، اما باید از اطلاعات و دانش کیفی رشته‌های علوم اجتماعی استفاده کنند. آنان همچنین متذکر شدند که متخصصان برای تطبیق داده‌های عددی با اطلاعات تاریخی توصیفی با چالش‌هایی روبه‌رو هستند و در صورتی که بخواهند به قدر کافی جزئیات و متغیرها را در مدل هیدرولوژی اجتماعی در نظر بگیرند، به حجم زیادی از داده‌ها نیاز دارند.

۲) ابعاد محدود مدل‌ها: به اعتقاد پانده و سیوایپالان (۲۰۱۶)، یکی از چالش‌های مهم در هیدرولوژی اجتماعی این است که در حال حاضر مدل‌های هیدرولوژی اجتماعی بر مقیاس زمانی تمرکز کرده‌اند و فرض می‌کنند که سیستم مورد مطالعه آنها از نظر مکانی یک محیط مجزا است (مانند یک حوضه آبریز) که اثر محیط خارجی بر روی آن از طریق شرایط مرزی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در حالی که در دنیای امروز سیستم‌ها مجزا از هم نبوده و ارتباط تنگاتنگی با هم دارند. به عنوان مثال دو حوضه ممکن است از نظر هیدرولوژیکی با هم ارتباطی نداشته باشند، اما از طریق انتقال و تجارت کالا و یا از طریق شارهای جوی (مثلاً تبخیر در یک حوضه باعث ایجاد بارش در حوضه پایین دست باد^۳ شود) با هم در ارتباط باشند. بنابراین این مسئله مطرح است که چگونه می‌توان مدل‌های هیدرولوژی اجتماعی را به نحوی توسعه داد که بتوان از آنها برای مدیریت و سیاستگذاری در جهانی که بخش‌های آن به شدت به هم مرتبط هستند نیز استفاده نمود (Pande and Sivapalan, 2016).

1. Vogel
2. Troy
3. Downwind

۳) **ما خود بخشی از سیستم هستیم:** به اعتقاد تروی و همکاران (۲۰۱۵) «تلاش برای مشاهده و پیش‌بینی رفتار یک سیستم، در حالی که خود ما جزو آن سیستم هستیم» یکی دیگر از چالش‌های علم هیدرولوژی است. همانطور که لین^۱ (۲۰۱۴) بیان کرده است، متخصصان هیدرولوژی اجتماعی (به عنوان انسان) نمی‌توانند مجزا از سیستم هیدرولوژی اجتماعی باشند که در حال مطالعه و بررسی آن هستند و کاری که به عنوان متخصصان هیدرولوژی انجام می‌دهند به نوبه خود می‌تواند اثر مداخله‌ای در این سیستم داشته باشد.

۴) **تعدد ارزش‌های انسانی، نهادهای انسانی مختلف و قدرت:** دلایلی که نمی‌توان «جامعه» را به آسانی وارد مدل‌های هیدرولوژی کرد تعدد ارزش‌های انسانی، نهادهای انسانی مختلف، و پیچیدگی روابط اجتماعی (قدرت) می‌باشد. به عنوان مثال تجارب اجتماعی و میزان ارزشمندی پدیده سیل می‌تواند منجر به وضع قوانین متفاوت در کشورهای مختلفی مثل آمریکا، انگلیس و کانادا شود (Wesselink et al., 2016).

۵) **عدم قطعیت مدل‌ها:** یکی از چالش‌های مطرح شده توسط لوی^۲ و همکاران (۲۰۱۶) این است که با توجه به پیچیدگی سیستم‌های جفت شده اجتماعی و هیدرولوژیکی نمی‌توان رفتار هیدرولوژیکی حوضه‌ها را به شکل قدیمی و سنتی پیش‌بینی کرد. ترکیب سیستم‌های هیدرولوژی و اجتماعی باعث افزایش عدم قطعیت و ایجاد چالش‌های زیادی در پیش‌بینی می‌شود (Milly et al, 2008; Viglione et al, 2014).

۶) **زمان، تلاش و حمایت مالی:** انجام کارهای تحقیقاتی بین‌رشته‌ای از جمله هیدرولوژی اجتماعی، نیاز به زمان، تلاش برای یادگیری علوم مرتبط و حمایت مالی زیادی دارد و جهت رسیدن به نتیجه مناسب کسب مهارت‌های لازم برای انجام کار تیمی و گفتگوی مناسب بین تخصص‌های مختلف ضروری است (Levy et al, 2016).

بر اساس پیشنهاد تروی و همکاران (۲۰۱۵) روش‌هایی از قبیل مدل‌سازی نهاد-مبنای^۳ و سناریوسازی می‌تواند برخی از چالش‌های ذکر شده را تا حدودی برطرف نماید، با این وجود همچنان بررسی رفتار انسان در مدل مشکل است، چرا که اغلب رفتار انسان قابل پیش‌بینی نیست.

1. Lane

2. Levy

3. Agent-based

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با افزایش دخالت انسان در طبیعت برای تأمین نیازهای مختلف، اثرات مختلف این دخالت‌ها به شکل تغییرات اقلیمی و چالش‌های متعدد زیست‌محیطی در آغاز سده بیست و یکم نمود پیدا کرده است. از این‌رو، بررسی اثرات متقابل فعالیت‌های انسانی بر پاسخ‌های طبیعی طبیعت، اهمیت ویژه‌ای در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان یافته است.

بررسی بسیاری از مشکلات آبی و محیط‌زیست در کشور از جمله مسائل مربوط به احیاء دریاچه ارومیه، نجات سیستان و احیاء تالاب بین‌المللی هامون و همچنین چالش‌های آلودگی هوا در کلان‌شهرها همگی گواه از آن دارند که این مشکلات از جنس مسائل بدخیم^۱ هستند. مسائل بدخیم مانند برخی دیگر از چالش‌های سیاستی، در نظام‌های غیرخطی و باز که انسان نیز ممکن است برای تغییر محیط اطراف خود به شکل انعکاسی و غیرقابل پیش‌بینی کنش و واکنش نشان دهد، اتفاق می‌افتد (لوین و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به ویژگی‌های خاص مسائل بدخیم، از جمله عدم وجود فرصت کافی برای آزمون و خطا، عدم وجود راهکار مشخص برای حل آن و عدم وجود آزمون مشخص برای ارزیابی پیامدهای راهکارهای موجود (فاضلی، ۱۳۹۵)، شناخت بیشتر این‌گونه مسائل در همه بخش‌های سیاست عمومی از جمله آب و محیط زیست، جهت درک و ارزیابی بهتر مسائل آبی به ویژه با توجه به نقش و دخالت انسان در سیستم‌های محیطی مختلف، ضروری است. بدون شک، شناخت مسائل بدخیم و واکاوی راهکارهای مواجهه با این مشکلات و مدیریت آن‌ها، نیازمند نگاه و نگرشی نوین به ابعاد مختلف و پنهان این مسائل دارد. ارتباط و اندرکنش مسائل آب و محیط‌زیست با مسائل اجتماعی و انسانی، از مهمترین ابعاد مدیریت مسائل بدخیم آب و محیط‌زیست است که در بسیاری از مطالعات سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی منابع آب مورد غفلت جدی قرار گرفته است.

از نظر اجتماعی، می‌توان گفت آب با تمام فعالیت‌های بشر مرتبط بوده و دیگر نمی‌توان تنها از دیدگاه مهندسی به آب و سیستم‌های آبی نگاه کرد. رویکردهای سنتی و تقلیل‌گرا^۲ بدون در نظر گرفتن نقش انسان و جامعه در سیستم‌های آبی می‌تواند چالش‌های بسیاری در زمینه مدیریت جامع منابع آب ایجاد کند. بنابراین مطالعات اجتماعی نقش بسیار

1. Wicked Problems

2. Reductionism

مهمی در مدیریت منابع آب و سیاستگذاری آب و محیط‌زیست داشته و برای بررسی سیستم‌های آبی باید ارتباطی میان رشته‌های مهندسی و اجتماعی برقرار نمود. بنابراین ظهور چارچوب‌های بین رشته‌ای از رویکردهای مهم هر کشوری در حل چالش‌های مدیریت سیستم‌های منابع آب است که باید مورد توجه جدی قرار گیرد. یکی از چالش‌های جدی پیش‌رو برای نیل به این هدف، ایجاد نگرش‌ها و علوم جدید بین‌رشته‌ای است که توانایی در نظر گرفتن همزمان مسائل فنی-مهندسی، مسائل آب (از جمله علوم پایه مهندسی منابع آب) و علوم اجتماعی را داشته باشد. از این‌رو، در این مقاله، هیدرولوژی اجتماعی به عنوان یک علم نوین که در سال ۲۰۱۲ ارائه شد، معرفی و مورد بررسی قرار گرفت و ضرورت آن در مطالعات مربوط به سیاستگذاری‌های کلان آب و محیط‌زیست مورد بحث و بررسی قرار گرفت. از سال ۲۰۱۲ که علم هیدرولوژی اجتماعی معرفی شد، تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه کاربرد آن صورت گرفته و نقدها و نظرات متفاوتی از سوی دیگر متخصصان ارائه شده است. علم هیدرولوژی اجتماعی به بررسی هم‌تکاملی سیستم‌های هیدرولوژیکی و اجتماعی (انسان-آب) و بازخوردها و اثرات متقابل بین آن‌ها می‌پردازد که منجر به ایجاد «پدیده‌های نوظهور» در سیستم می‌شود. اگرچه مدل کردن رفتار انسانی کار آسانی نیست، اما در این راستا مدل‌های مفهومی ساده‌ای ارائه شده‌اند که با استفاده از روابط ریاضی سیستم درهم تنیده انسان-آب را مورد ارزیابی قرار داده‌اند.

علی‌رغم اهمیت هیدرولوژی اجتماعی، گسترش، اجرا و استفاده آن با چالش‌های بسیاری روبه‌رو است. فراهم کردن داده‌های مناسب کمی و کیفی به ویژه در بخش اجتماعی، زمان، حمایت مالی، ابعاد محدود مدل‌ها، عدم قطعیت مدل‌ها و غیر قابل پیش‌بینی بودن رفتار انسان‌ها از جمله چالش‌های پیش‌روی هیدرولوژی اجتماعی است که باید مورد توجه قرار گیرند. علاوه بر هیدرولوژی اجتماعی، علم جامعه‌شناسی آب نیز وجود دارد که به بررسی ابعاد و پیامدهای اجتماعی پروژه‌های آبی می‌پردازد. اگرچه برخی از محققان معتقدند که این دو علم مجزا از هم نبوده و در واقع یکی هستند، اما برخی دیگر به بررسی تفاوت‌های این دو رشته پرداخته‌اند. در جامعه‌شناسی آب «قدرت اجتماعی» نقش مهمی در بررسی روابط متقابل جامعه و آب دارد و جامعه و آب جدا از هم در نظر گرفته نمی‌شوند. اما در هیدرولوژی اجتماعی این دو بخش می‌تواند به صورت مجزا در نظر گرفته شود که اثرات متقابل بین آنها باعث ایجاد رفتار نوظهور در سیستم می‌شود. در هیدرولوژی اجتماعی برای رسیدن به نتایج مورد نظر مدل‌سازی کمی صورت

می‌گیرد، ولی در جامعه‌شناسی آب به تحلیل و بررسی داده‌ها و شواهد موجود در طی زمان پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه در جهان و از جمله در کشور ما تقریباً سیستم آبی دست نخورده‌ای باقی نمانده است و همه حوضه‌های آبریز تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی می‌باشند، لذا بررسی پاسخ هیدرولوژیکی حوضه‌ها به تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی و همچنین پیامدهای این فعالیت‌ها بر جامعه و طبیعت در قالب هر دو علم هیدرولوژی اجتماعی و جامعه‌شناسی آب ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین آشنایی متخصصان مدیریت منابع آب، هیدرولوژی، جامعه‌شناسی و اقتصاد با مفاهیم جدید و ترکیبی بین‌رشته‌ای و همکاری آن‌ها با یکدیگر جهت حل چالش‌های آبی موجود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

منابع

الف) منابع فارسی

- اطاعت، جواد (۱۳۹۰)، «جمعیت و توسعه پایدار در ایران»، *رفاه اجتماعی*، شماره ۴۲: ۳۶-۷.
- باندیوپادهیای، جایانتا (۲۰۰۹)، *آب، بوم‌سازگان‌ها و جامعه: تلاقی رشته‌ها*، ترجمه ویدا نوشین‌فر، ۱۳۹۶، تهران: انتشارات پژوهشگاه فرهنگ، هنر و ارتباطات.
- حاجیان، ناصر و پوریا حاجیان (۱۳۹۲)، «پایگاه داده‌های زاینده‌رود (همراه با تحلیل گرافیکی اطلاعات)»، تهران: علم آفرین.
- سالمی، حمیدرضا و هاموندمورای راست (۱۳۸۳)، «سیمای کلی هیدرولوژی حوضه آبخیز زاینده رود»، *آب و فاضلاب*، سال پانزدهم، شماره ۲: ۱۳-۲.
- فاضلی، محمد (۱۳۹۵)، «مفهوم مسائل بدخیم»، *مطالعات راهبردی سیاستگذاری عمومی*، سال ششم، شماره ۲۱، ۱۲-۱۱.
- کتابی، احمد (۱۳۶۴)، *نظریات جمعیت‌شناسی*، چاپ دوم، تهران: اقبال.
- لوین، کلی، بنجامین کاشور، استیون برنشتاین، گرام اولد (۲۰۱۲)، «غلبه بر تراژدی برآمده از مشکلات فوق بدخیم: محدود ساختن منافع شخصی آینده برای بهبود وضعیت تغییرات اقلیمی جهانی»، *مطالعات راهبردی سیاستگذاری عمومی*، سال ششم، شماره ۲۱: ۲۷۱-۲۹۲.

ب) منابع لاتین

- ADB. (2013), *Asian Water Development Outlook 2013: Measuring water security in Asia and the Pacific*, Mandaluyong City, Philippines: Asian Development

- Bank.
- Beven, K. (2007), "Towards Integrated Environmental Models of Everywhere: Uncertainty, Data and Modelling as a Learning Process", *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol.11, No.1: 460–467.
- Biswas, A. K. & Seetharam, K. E. (2008), "*Achieving Water Security for Asia*". *International Journal of Water Resources Development*, Vol.24, No.1: 145–176.
- Blair, P. and Buytaert, W. (2016), "Socio-Hydrological Modelling: A Review Asking 'why, What and How?'", *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol.20, No.1: 443–478.
- Boelens, R. (2014), "Cultural Politics and the Hydrosocial Cycle: Water, Power and Identity in the Andean Highlands", *Geoforum*, Vol.57: 234–247.
- Brown, P. G. and Schmidt J. J. (2010), *Water ethics: foundational readings for students and professionals*, Island Press, Washington, DC.
- Budds, J. (2009), "Contested H2O: Science, Policy and Politics in Water Resources Management in Chile", *Geoforum*, Vol.40, No.3: 418–430.
- Carey, M. Baraer, M. Mark, B. G. French, A. Bury, J., Young, K. R., and McKenzie, J. M. (2014), "Toward Hydro-Social Modeling: Merging Human Variables and the Social Sciences with Climate-Glacier Runoff Models (Santa River, Peru)", *Journal of Hydrology*, Vol.518: 60–70.
- Chapagain, A. K. Hoekstra, A. Y. and Savenije, H. H. G. (2006), "Water Saving through International Trade of Agricultural Products", *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol.10: 455–468.
- Crutzen, P. J. and Stoermer, E. F. (2000), "The Anthropocene", *Global Change Newsletter*, Vol.41: 17–18.
- Delli Priscoli, J. (1980), "Water and People", *Water International*. Vol.5, No.4: 28–32.
- Di Baldassarre, G. Viglione, A. Carr, G., Kuil, L. Salinas, J. L. and Blöschl, G. (2013), "Socio-Hydrology: Conceptualising Human-Flood Interactions". *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol.17, No.8: 3295–3303.
- Eagleson, P.S. (1982), "Ecological Optimality in Water-Limited Natural Soil Vegetation Systems: 1. Theory And Hypothesis", *Water Resources Research*, Vol.18. No.2: 325–340.
- Eagleson, P.S. (2002), *Ecohydrology: Darwinian expression of vegetation form and function*, Cambridge University Press.

- Elshafei, Y. Coletti, J. Z. Sivapalan, M. and Hipsey, M. R. (2015), “A Model of the Socio-Hydrologic Dynamics in a Semiarid Catchment: Isolating Feedbacks in the Coupled Human-Hydrology System”, *Water Resources Research*, Vol.51, No.8: 6442–6471.
- Elshafei, Y. Sivapalan, M. Tonts, M. and Hipsey, M. R. (2014), “A Prototype Framework for Models of Socio-Hydrology: Identification of Key Feedback Loops and Parameterisation Approach”, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol.18, No.6: 2141–2166.
- Ertsen, M. W. Murphy, J. T. Purdue, L. E. and Zhu, T. (2014), “A Journey of a Thousand Miles Begins with One Small Step – Human Agency, Hydrological Processes and Time in Socio-Hydrology”, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol.18, No.4: 1369–1382.
- Falkenmark, M. (1977), “Water and Mankind: A Complex System of Mutual Interaction”, *Ambio*, Vol.6, No.1: 3–9.
- Falkenmark, M. (1979), “Main Problems of Water Use and Transfer of Technology”, *GeoJournal*, Vol.3, No.5: 435–443.
- Falkenmark, M. (1997), “Society’s Interaction with the Water Cycle: A Conceptual Framework for a More Holistic Approach”, *Hydrological Sciences Journal*, Vol.42, No.4: 451–466.
- Falkenmark, M. (2002), “Human Interaction with Land and Water: A Hydrologist’s Conception”, *Encyclopedia of Life Support Systems*, Vol.2: 95–107.
- Falkenmark, M. and Rockström, J. (2004), *Balancing water for humans and nature: The new approach in ecohydrology*, Routledge.
- Fischer, G., and Heilig, G. K. (1997), “Population Momentum and The Demand on Land and Water Resources”, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Vol.352, No.1356: 869–889.
- Folke, C. Carpenter, S. Walker, B. Scheffer, M. Elmqvist, T. Gunderson, L. and Holling, C. S. (2004), “Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management”, *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol.35: 557–581.
- Garcia, M. Portney, K and Islam, S. (2016), “A Question Driven Socio-Hydrological Modeling Process”, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol.20, No.1: 73–92.
- Geels, F. (2005), “Co-Evolution of Technology and Society: The Transition in Water Supply and Personal Hygiene in the Netherlands (1850–1930)—a Case

- Study in Multi-Level Perspective”, *Technology in Society*, Vol.27, No.3: 363–397.
- Gleditsch, N. (2003), “Environmental conflict: Neomalthusians vs. cornucopians”. In *Security and Environment in the Mediterranean* (pp:477–485), Springer, Berlin Heidelberg.
- Gober, P. and Wheatler, H. S. (2014), “Socio-Hydrology and the Science-Policy Interface: A Case Study of the Saskatchewan River Basin”, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol.18, No.4: 1413–1422.
- Guba, E. G. and Lincoln, Y. S. (1994b), “Paradigmatic Controversies, Contradictions, and Emerging Confluences”, In *Handbook of Qualitative Research*, eds. Denzin N. K. and Lincoln, Y. S. Thousand Oaks, CA, 191–215.
- Guba, E. G., and Lincoln, Y. S. (1994a), “Competing Paradigms in Qualitative Research”, In *SAGE Handbook of Qualitative Research*, eds. Denzin N. K. and Lincoln, Y. S. Thousand Oaks, CA, 105–117.
- Haasnoot, M., and Middelkoop, H. (2012), “A History of Futures: A Review of Scenario Use in Water Policy Studies in the Netherlands”, *Environmental Science and Policy*, Vol.19–20: 108–120.
- Hensel, P.R. McLaughlin, M. S. and Sowers, T. E. (2006), “Conflict Management of Riparian Disputes”, *Political Geography*, Vol.25, No.4: 383–411.
- Hoekstra, A. Y. and Chapagain, A. K. (2007), “Water Footprints of Nations: Water Use by People as a Function of Their Consumption Pattern”, *Water Resources management*, Vol.2, No.1: 35–48.
- IAHS. (2012), *Celebrating 90 Years of International Scientific Cooperation and Activity*, Wallingford.
- Kallis, G. (2007), “When Is It Coevolution?”, *Ecological Economics*, Vol.62, No.1: 1–6.
- Kallis, G. (2010), “Coevolution in Water Resource Development”, *Ecological Economics*, Vol.69, No.4: 796–809.
- Klemeš, V. (1988), “A Hydrological Perspective”, *Journal of Hydrology*, Vol.100, No.1–3: 3–28.
- Kliot, N. Shmueli, D. and Shamir, U. (2001), “Institutions for Management of Transboundary Water Resources: Their Nature, Characteristics and Shortcomings”, *Water Policy*, Vol.3, No.3: 229–255.
- Kneese, A.V. (1964), *The Economics of Regional Water Quality Management*,

- Baltimore, MD: The John Hopkins University Press.
- Kolahi, M. Jafari Sayadi, M. H. and Bajestani Moghadam, G. (2016), ***Socialization of water problems***, WENUM : 91-95.
- L'vovich, M. I. and White, G. F. (1990), "Use and Transformation of Terrestrial Water Systems", In: ***The Earth as Transformed by Human***, 235-252.
- Lane, S. N. (2014), "Acting, Predicting and Intervening in a Socio-Hydrological World", ***Hydrology and Earth System Sciences***, Vol.18, No.3: 927–952.
- Levy, M. C. Garcia, M. Blair, P. Chen, X. Gomes, S. L. Gower, D. B. Grames, J. (2016), "Wicked but Worth It: Student Perspectives on Socio-Hydrology", ***Hydrological Processes***, Vol.30, No.9: 1467–1472.
- Linton, J. and Budds, J. (2014), "The Hydrosocial Cycle: Defining and Mobilizing a Relational-Dialectical Approach to Water", ***Geoforum***, Vol.57: 170–180.
- Liu, J. Dietz, T. Carpenter, S. R. Alberti, M. Folke, C. Moran, E., ... & Ostrom, E. (2007), "Complexity of coupled human and natural systems", ***science***, Vol.317, No.5844: 1513-1516.
- Liu, Y. Tian, F. Hu, H. and Sivapalan, M, (2014), "Socio-Hydrologic Perspectives of the Co-Evolution of Humans and Water in the Tarim River Basin, Western China: The Taiji-Tire Model", ***Hydrology and Earth System Sciences***, Vol.18, No.4: 1289–1303.
- Loucks, D. P. (2015), "Debates-Perspectives on Socio-Hydrology: Simulating Hydrologic-Human Interactions", ***Water Resources Research***, Vol.51, No.6: 4789–4794.
- Lu, Z. Wei, Y. Xiao, H. Zou, S. Xie, J. Ren, J. and Western, A. (2015), "Evolution of the Human-Water Relationships in the Heihe River Basin in the Past 2000 Years", ***Hydrology and Earth System Sciences***, Vol.19, No.5: 2261–2273.
- Maass, A. Hufschmidt, M. M. Dorfman, R. Harold A. T. Marglin, S. A. and Fair, G. M. (1962), ***Design of Water-Resource Systems***, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Mahmoud, M. Liu, Y. Hartmann, H. Stewart, S. Wagener, T. Semmens, D. ... & Hulse, D. (2009), "A formal framework for scenario development in support of environmental decision-making", ***Environmental Modelling & Software***, Vol.24, No.7: 798–808.
- Meybeck, M. (2003), "Global Analysis of River Systems: From Earth System Controls to Anthropocene Syndromes", ***Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences***, Vol.358, No.1440: 1935–1955.

- Mianabadi, H. Mostert, E. & van de Giesen, N. (2015), "Trans-boundary river basin management: factors influencing the success or failure of international agreements", In *Conflict Resolution in Water Resources and Environmental Management* (pp.133-143), Springer, Cham.
- Mianabadi, H. Mostert, E. and Van de Giesen, N. (2013), "Glocal Transboundary River Basins Management", In *NCR-DAYS 2013 Conference* (pp.3-4).
- Milly, P. C. D. Betancourt, J. Falkenmark, M. Hirsch, R. M. Kundzewicz, Z. W. Lettenmaier, D. P. and Stouffer, R. J. (2008), "Stationarity Is Dead: Whither Water Management?", *Science*, Vol.319, No.5863: 573–574.
- Montanari, A. Young, G. Savenije, H. H. G. Hughes, D. Wagener, T. Ren, L. L. ... & Blöschl, G. (2013), "Panta Rhei—everything flows": change in hydrology and society—the IAHS scientific decade 2013–2022, *Hydrological Sciences Journal*, Vol.58, No. 6:1256-1275.
- Pande, S., and Murugesu, S. (2016), *Progress in Socio-Hydrology: A Meta-Analysis of Challenges and Opportunities*, Wiley Interdisciplinary Reviews: Water.
- Parveen, S. Winiger, M. Schmidt, S. and Nüsser, M. (2015), "Irrigation in Upper Hunza: Evolution of Socio-Hydrological Interactions in the Karakoram, Northern Pakistan", *Erdkunde*, Vol.69, No.1: 69–85.
- Pataki, D. E. Boone, C. G. Hogue, T. S., Jenerette, G. D. McFadden, J. P. and Pincetl, S. (2011), "Socio-Ecohydrology and the Urban Water Challenge", *Ecohydrology*, Vol.4, No.2: 341–347.
- Peel, M.C., and Blöschl, G. (2011), "Hydrological Modelling in A Changing World", *Progress in Physical Geography*, Vol.35, No.2: 249–261.
- Ponting, C. (1991), *A New Green History of the World: The Environment and the Collapse of Great Civilizations*, New York, USA: Penguin.
- Rockström, J. Falkenmark, M. Allan, T. Folke, C. Gordon, L. Jägerskog, A. ... & Postel, S. (2014), "The unfolding water drama in the Anthropocene: towards a resilience based perspective on water for global sustainability", *Ecohydrology*, Vol.7, No.5: 1249-1261.
- Rodriguez-Iturbe, I. (2000), "Ecohydrology: A Hydrologic Perspective of Climate-Soil-Vegetation Dynamics", *Water Resources Research*, Vol.36, No.1: 3–9.
- Said, R. (1993), *The River Nile: Geology, Hydrology and Utilization*, Oxford: Pergamon Press.
- Savenije, H. H. G. and Van der Zaag, P. (2008), "Integrated Water Resources

- Management: Concepts and Issues”, *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C, Vol.33, No.5: 290–297.
- Savenije, H. H. G. Hoekstra, A. Y. and van der Zaag, P. (2014), “Evolving Water Science in the Anthropocene”, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol.18, No.1: 319–332.
- Sivakumar, B. (2012), “Socio-Hydrology: Not a New Science, but a Recycled and Re-Worded Hydrosociology”, *Hydrological Processes*, Vol.26, No.24: 3788–3790.
- Sivapalan, M. (2015), “Debates- Perspectives on Socio-Hydrology: Changing Water Systems and The ‘tyranny of Small Problems’- Socio-Hydrology”, *Water Resources Research*, Vol.51, No.6: 4795–4805.
- Sivapalan, M. Savenije, H. H. G. and Blöschl, G. (2012), “Socio-Hydrology: A New Science of People and Water”, *Hydrological Processes*, Vol.26, No.8: 1270–1276.
- Sivapalan, M., and Blöschl, G. (2015), “Time Scale Interactions and the Coevolution of Humans and Water”, *Water Resources Research*, Vol.51, No.9: 6988–7022.
- Srinivasan, V. (2015), “Reimagining the Past – Use of Counterfactual Trajectories in Socio-Hydrological Modelling: The Case of Chennai, India”, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol.19, No.2: 785–801.
- Teclaff, L.A. (1967), *The River Basin in History and Law*, The Hague: Springer Netherlands.
- Troy, T. J. Konar, M. Srinivasan, V. and Thompson, S. (2015), “Moving Sociohydrology Forward: A Synthesis across Studies”, *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, Vol.12, No.3: 3319–3348.
- Troy, T. J. Pavao-Zuckerman, M. and Evans, T. P. (2015), “Debates-Perspectives on Socio-Hydrology: Socio-Hydrologic Modeling: Tradeoffs, Hypothesis Testing, and Validation”, *Water Resources Research*, Vol.51, No.6: 4806–4814.
- UN-Water. (2012), *Global Water Resources under Increasing Pressure from Rapidly Growing Demands and Climate Change, According to New UN World Water Development Report*, United Nations Environment Programme, World Water Assessment Program, Perugia, Italy.
- UN-Water. (2013), *Water Security and the Global Water Agenda —A UN- Water analytical brief*, Hamilton: United Nations University.
- Van Emmerik, T. H. M. Li, Z. Sivapalan, M. Pande, S. Kandasamy, J. Savenije, H. H. G. Chanan, A. and Vigneswaran, S. (2014), “Socio-Hydrologic Modeling to

- Understand and Mediate the Competition for Water between Agriculture Development and Environmental Health: Murrumbidgee River Basin, Australia”, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol.18, No.10: 4239–4259.
- Varis, O. Kajander, T. and Lemmelä, R. (2004), “Climate and Water: From Climate Models to Water Resources Management and Vice Versa”, *Climate Change*, Vol.66: 321–344.
- Viglione, A. Di Baldassarre, G. Brandimarte, L. Kuil, L. Carr, G. Salinas, J. L. Scolobig, A. and Blöschl, G. (2014), “Insights from Socio-Hydrology Modelling on Dealing with Flood Risk – Roles of Collective Memory, Risk-Taking Attitude and Trust”, *Journal of Hydrology*, Vol.518: 71–82.
- Vogel, R. M. Lall, U. Cai, X. Rajagopalan, B. Weiskel, P. K. Hooper, R. P. and Matalas, N. C. (2015), “Hydrology: The Interdisciplinary Science of Water”. *Water Resources Research*, Vol.51, No.6: 4409–4430.
- Wagner, T. Sivapalan, M. Troch, P. A. McGlynn, B. L. Harman, C. J. Gupta, H. V. Kumar, P. Rao, P. S. C. Basu, N. B. and Wilson, J. S. (2010), “The Future of Hydrology: an Evolving Science for a Changing World”, *Water Resources Research*, Vol.46, No.5: 1-10.
- Wesseling, A. Kooy M., and Warner, J. (2016), *Socio-Hydrology and Hydrosocial Analysis: Toward Dialogues across Disciplines*, Wiley Interdisciplinary Reviews: Water.
- Whitney, J. W. (2006), *Geology, water, and wind in the lower Helmand basin, southern Afghanistan US Geological Survey*, Reston, Virginia. Retrieved 2010-08-31.
- Winder, N. Brian, S. M. and Jeffrey, P. (2005), “The Origin, Diagnostic Attributes and Practical Application of Co-Evolutionary Theory”, *Ecological Economics*, Vol.54, No.4: 347–361.
- Wolf, A. T. (1999), “Criteria for Equitable Allocations: The Heart of International Water Conflict”, *Natural Resources Forum*, Vol.23, No.1: 3–30.
- Zhou, S. Huang, Y., Wei, Y. and Wang, G. (2015), “Socio-Hydrological Water Balance for Water Allocation between Human and Environmental Purposes in Catchments”, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol.19, No.8: 3715–3726.