

The Review on Socio-Hydrologic Studies through the World

A. Jabbari^{1*} and B. Hoseinpour²

Abstract

The staggering growth of information in all scientific branches and the impossibility of pursuing them by researchers, urges the need for review articles. On the other hand, the global strategic importance of water resources management and the emergence of the new scientific discipline of Socio-hydrology which addresses the inability of current hydrological methods and emphasizes on concurrent consideration of social and natural factors in water resources management, coupled with the ignorance and demand of the Iranian scholars to the growing socio-hydrological concepts, motivated this article as a comprehensive review on the Socio-hydrology initiation and evolution. To ensure the validity of information, scientific databases were applied and most of the information and resources, including articles, books, and scientific documents, were reviewed. Using the narrative review method, information was classified in four categories; 1. conceptualization, 2. applications in agriculture, 3. flood and drought studies, and 4. modeling and watersheds. The results showed that despite rapid growth of the socio-hydrologic discipline in scientific circles, there are still significant challenges in development of the branch which demands for further studies on basic concepts, methodology and ontology of Socio-hydrology.

Keywords: Socio-Hydrology, Inter-Disciplinary, Sociology, Hydrology, Modelling.

Received: July 22, 2020

Accepted: November 7, 2020

مروری بر مطالعات هیدرولوژی اجتماعی در جهان

آناهیتا جباری^{۱*} و باقر حسین پور^۲

چکیده

رشد سرسام‌آور اطلاعات در شاخه‌های علمی و عدم امکان تعقیب اطلاعات توسط اندیشمندان و نیاز مبرم به مطالعات مروری از سویی و اهمیت استراتژیک مدیریت منابع آبی از سوی دیگر و ایضاً با عنایت به شکل‌گیری دیسیپلین علمی جدیدی با عنوان "هیدرولوژی اجتماعی" که تأکید بر باهم‌نگری عوامل اجتماعی و طبیعی برای برطرف نمودن ضعف روش‌های هیدرولوژیک جاری دارد و نهایتاً نیاز دانشجویان و شاید بخشی از جامعه علمی کشور به کسب آگاهی از توسعه رو به تزاید مفاهیم در این دیسیپلین جدید، انگیزه مطالعه مروری جامعی پیرامون فعالیت‌های علمی صورت گرفته از ابتدای طرح عنوان هیدرولوژی اجتماعی تاکنون، شکل گرفت. برای انجام مطالعه و تأمین اعتبار علمی اطلاعات، از پایگاه‌های داده‌ای معتبر استفاده و تقریباً اغلب منابع اعم از مقاله، کتاب، و یا اسناد علمی، مورد بررسی قرار گرفته‌اند و با استفاده از روش مرور روایتی، اطلاعات تولیدشده در چهار گروه؛ ۱. مفهوم‌سازی، ۲. کاربرد در کشاورزی، ۳. مطالعات سیلاب و خشک‌سالی و ۴. مطالعات مدل‌سازی و حوضه‌های آبریز، طبقه‌بندی شدند. طبق بررسی‌های صورت گرفته، علی‌رغم رشد سریع این دیسیپلین در محافل علمی، هنوز چالش‌های مهمی بر سر راه توسعه آن وجود دارد که نیاز به انجام مطالعات بیشتر مفاهیم پایه‌ای، روش‌شناختی و هستی‌شناختی در هیدرولوژی اجتماعی را ضروری می‌نماید.

کلمات کلیدی: هیدرولوژی اجتماعی، بین‌رشته‌ای، جامعه‌شناسی، هیدرولوژی، مدل‌سازی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۵/۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۸/۱۷

1- Assistant Professor of Soil and Water Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran. Email: a.jabbari@areeo.ac.ir

2- Assistant Professor of Soil and Water Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran. Email: a.jabbari@areeo.ac.ir

*- Corresponding Author

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

۲- استادیار بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. *- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان زمستان ۱۳۹۹ امکان‌پذیر است.

۱- مقدمه

"دانش عملی هیدرولوژی یا آب‌شناسی قبل از توسعه فلسفه و علم، بوده و ریشه در نیاز بشر به ذخیره، انتقال و مدیریت آب دارد" (Koutsoyiannis, 2014). بنا بر شواهد موجود، ظهور بسیاری از تمدن‌های باستانی در گرو دسترسی به آب و همچنین افول بسیاری از همین تمدن‌ها نیز ناشی از آثار خشک‌سالی یا سیلاب‌های ویرانگر بوده است. در راستای همین واقعیت، ویتفوگل ایده تمدن‌های هیدرولیکی که در آن‌ها کنترل مهندسی شده سیستم‌های هیدرولوژیکی علت رشد کشاورزی و شهرنشینی بوده است را بیان می‌نماید (Wittfogel, 1957). تمدن‌هایی چون امپراتوری رم، تمدن مصر، امپراتوری ونتیان و سلسله اومایاد همگی بر پایه دسترسی به آب بنا شدند. یافته‌های باستان‌شناسان نشان می‌دهد که مصریان قدیم با محاسبات ریاضی به پیش‌بینی زمان طغیان رود نیل، جزر و مد، و سایر تغییرات آن اقدام می‌نمودند. ایرانیان به‌منظور انتقال آب از منابع زیرزمینی دور دست‌ها، قنات را اختراع کردند.

انسان باستان بخشی از طبیعت بود و همواره نگاه فلسفی و سیستماتیکی به طبیعت به معنای عام آن داشت. در نگاه او، تمام اجزاء خلقت برخوردار از یکپارچگی و انسجامی معنادار بوده و با یکدیگر در تعاملی پویا قرار داشتند که هرگونه تغییری در بخشی از این کل یکپارچه، مستقیم یا غیرمستقیم سایر اجزاء آن را تحت تأثیر قرار می‌داد. این جهان‌بینی تا زمان انقلاب صنعتی نگاه مسلط انسان بود. اما با پیدایش علوم جدید، انسان به مرور سلطه خود بر طبیعت را فزونی بخشیده و کم‌کم خود را از آن جدا نمود. از آن‌پس، انسان و طبیعت دو مقوله مجزا از هم و در بسیاری از مواقع، رو در روی یکدیگر قرار گرفتند. انسان به مدد علم و تکنولوژی خود سعی در کنترل پدیده‌های طبیعی و استفاده حداکثری از آن‌ها در راستای رفع نیازهای خود نمود. از سویی دیگر تخصص‌هایی بی‌شمار پدید آورد که هریک از زاویه نگاه خود بخشی از طبیعت را به زیر آزمایشات برد. انسان مدرن دیگر نگاه جامع و کل‌نگر انسان باستان را نداشت. تخصص‌گرایی مفرط، او را بر آن داشته بود تا هر موضوعی را منتزع از سایر اجزاء مطالعه نماید و این نگرش در فلسفه روش‌شناختی علم جدید نیز به وضوح جای گرفته بود.

در حوزه آب نیز به‌مانند سایر حوزه‌های علمی، جریان مشابهی حاکمیت داشت به‌طوری‌که تا مدت‌ها تکنوکرات‌های آب‌شناس بدون توجه به سایر عوامل، به‌ویژه انسان، صرفاً به مطالعه و بررسی فاکتورهای طبیعی با محوریت آب می‌پرداختند. اما به‌مرور و با برملا شدن بحران‌های زیست‌محیطی متعدد در گوشه و کنار جهان که ناشی از ضعف مدل‌های یک‌جانبه هیدرولوژیست‌ها بود، نیاز به طراحی و تدوین

روزگاری، تا اوایل میلاد مسیح، ۱۹۸۰۰۰ سال طول کشید تا نوع انسان دانشی معادل آن زمان را انباشت نماید. در آن زمان حدوداً ۱۵۰۰ سال زمان لازم بود تا مجدداً آن مقدار دانش به دو برابر افزایش یابد. با اختراع ماشین چاپ زمان دو برابر شدن دانش به ۲۵۰ سال، در ۱۹۰۰ میلادی به حدود ۱۵۰ سال، در پایان جنگ دوم جهانی به ۲۵ سال، سپس به حدود ۱۳ ماه و طبق برآورد شرکت IBM در سال ۲۰۲۰ هر ۱۲ ساعت کل دانش بشری به دو برابر افزایش می‌یابد (Fuller, 1981; Rosenberg, 2017).

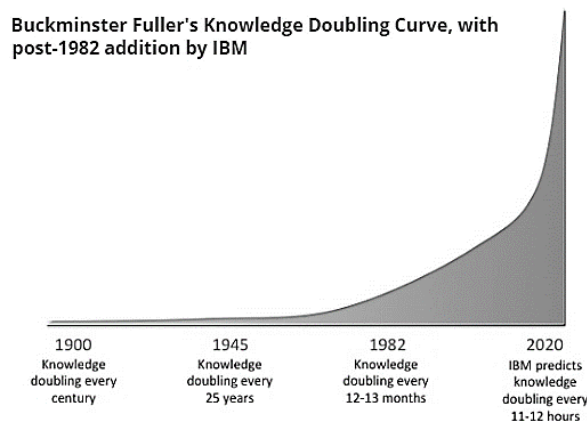


Fig. 1- Fuller's knowledge doubling curve along with IBM information

شکل ۱- منحنی دو برابر شدن دانش Fuller به علاوه اطلاعات IBM

ملاحظه می‌شود که امروزه به دلیل رشد علمی و گسترش فناوری‌های نوین، سرعت توسعه دانش بشری به‌شدت فزونی یافته و با انفجار اطلاعات روبرو هستیم. در چنین فضایی، پرواضح است که امکان تعقیب و درک اطلاعات و دانش بشری در هیچ یک از شاخه‌ها و حتی زیرشاخه‌های علمی برای اندیشمندان و محققان میسر نیست. بنابراین لزوم تدوین مقالاتی که اقدام به مرور دانش تولیدشده در یک حوزه مشخص می‌نمایند، بسیار ضروری‌تر از گذشته احساس می‌گردد تا از این طریق اندیشمندان را در شاخه‌های مختلف علمی در جریان آخرین اطلاعات و دستاوردهای مربوطه قرار دهند. بر اساس چنین ضرورتی مقاله حاضر پیرامون مفهوم هیدرولوژی اجتماعی^۱ به‌عنوان یکی از رویکردهای جدید و مسلط در حوزه مطالعات منابع آبی تدوین گردید. به‌زعم این رویکرد، انسان و آب ضروری است تا در رابطه‌ای تعاملی با یکدیگر مورد مطالعه قرار گیرند. اما آنچه که مسلم است، رابطه انسان و آب و باهم نگرایی این دو عامل، ابتکاری نیست که توسط هیدرولوژی اجتماعی و یا سایر رویکردهای مسلطی چون IWRM^۲ ابداع شده باشد. چراکه داستان آب و انسان روایتی است به قدمت تاریخ بشر.

اقلیمی به منطقه‌ای دیگر ایجاد می‌کند". اولین ادیتوری که با ایجاد یک شماره خاص برای مقالاتی با محوریت آب و انسان، فراخوان چاپ مقاله داد نیز احتمالاً دلی پرسکولی می‌باشد (Falkenmark, 1979; Delli Priscoli, 1980).

ابتکار مهم بعدی برای ترکیب مسائل اجتماعی در برنامه‌ریزی منابع آبی که بعد از معرفی اصول دوبلین (بیانیه دوبلین در خصوص آب و توسعه پایدار در کنگره بین‌المللی آب و محیط‌زیست، ایرلند، ۱۹۹۲) رخ داد معرفی پارادایم مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM) بود. این مفهوم در حال حاضر نیز یکی از رویکردهای مهم پذیرفته‌شده جهانی است که مدیریت هماهنگ آب، سرزمین و منابع دیگر را به منظور حداکثرسازی رفاه اقتصادی و اجتماعی ارتقا می‌بخشد (Global Water Partnership, 2000). در این رویکرد سه سطح حرکت از مدیریت فنی آب تا مدیریت جامع آن پیش‌بینی شده است:

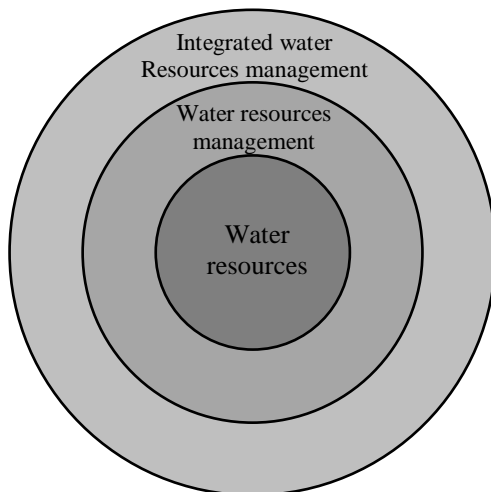


Fig. 2- Levels of water management from technical to integrative

شکل ۲- سطوح مدیریتی آب از مدیریت فنی تا مدیریت به هم پیوسته

۱- **سطح فنی کنترل آب**، که در اصل شامل همانی است که در لوله‌ها، پمپ‌ها، و سایر ابزار و زیرساخت‌های آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. می‌توان این مورد را مهندسی منابع آب نیز نامید. این مفهوم طی سده‌ها، همگام با تلاش انسان برای استفاده از آب در جهت رفع نیازهای انسانی چون شرب، کشت و تأمین انرژی، تکامل یافت.

۲- **سطح مدیریتی** شامل اخذ تصمیم در مورد تخصیص مقادیر منابع آب و استفاده از زیرساخت‌های آبی است. این مفهوم نیز اغلب به‌عنوان مدیریت منابع آب نامیده می‌شود.

چهارچوب‌های فکری جدیدی احساس گردید که فاکتورهای اثرگذار بیشتری را در معادلات خود بکار گیرند. بنابراین ابتکارات زیادی در رشته آب ایجاد شد تا بتواند عکس‌العمل‌های پیچیده بین جامعه و سیستم‌های آبی را بازتاب دهد. کتاب آب‌های گل‌آلود^۳ (Maass, 1951)، در نقد سیاست‌های انجمن مهندسی ارتش آمریکا، فعالیت‌های انجمن و میزان مشارکت جامعه در فرآیند طراحی زیرساخت‌های آبی نوشته شد. برنامه آب هاروارد^۴ که از ۱۹۵۵ آغاز شد نیز تلاش کرد برنامه‌ریزان، مهندسان آب، اقتصاددانان و جامعه شناسان را جهت افزایش توانایی ما در درک هم‌زمان سیستم‌های آبی- انسانی فراهم آورد. این تلاش‌ها منجر به نگارش کتابی توسط ماس و همکارانش شد (Maass et al., 1962) که ایده‌های موجود در آن به همراه برنامه آب هاروارد در طول سال‌ها تکامل یافت و در نهایت به معرفی دیسپلین سیستم‌های منابع آبی توسط لاکس و همکارانش منجر شد. علی‌رغم تک‌نگاشت‌هایی که به اهمیت انسان در چرخه‌های آبی تأکید می‌نمودند، این روند بی‌توجهی به فاکتورهای عموماً اقتصادی- اجتماعی همچنان ادامه داشت تا اینکه ۳۸ سال قبل ماتالاس و همکارانش در خصوص الزام تجمیع اثرات متقابل انسان و ساختارهای هیدرولوژیکی بیان نمودند که "باید درک کنیم که فعالیت‌های انسانی از موضوعات هیدرولوژیکی قابل جدا کردن نبوده و هر دوی این عوامل دارای خاصیت اثرگذاری و اثرپذیری از یکدیگر (عمداً و سهواً) می‌باشند". بر خلاف پارادایم مرسوم که فعالیت‌های انسانی را از سیستم‌های هیدرولوژیکی جدا می‌کرد، ماتالاس و همکارانش پارادایمی را معرفی کردند که فعالیت‌های انسانی را ذاتاً جزئی از سیستم‌های هیدرولوژیکی به حساب می‌آورد (Matalas et al., 1982).

یکی دیگر از تلاش‌های مهمی که تقریباً هم‌زمان اما قدری زودتر از ماتالاس در جهت درک سیستم‌های به هم پیوسته آب- اجتماع انجام شد در مقاله‌ای با عنوان "آب و نوع بشر: سیستم پیچیده‌ای از تعاملات متقابل" توسط فالکن مارک ارائه شد (Falkenmark, 1977) در همان زمان، ویداسترن (Widstrand, 1978) به دلیل اثرات پیچیده متقابل موجود، بر لزوم ایجاد ارتباطی مؤثرتر بین جامعه‌شناسان و مهندسان آب تأکید کرد. به نظر میرسد فالکن مارک اولین کسی باشد که معتقد بود باید زیرشاخه‌ای از هیدرولوژی برای "فراهم‌آوری تحلیل‌های مبسوط از اثرات اجتماعی پروژه‌های آبی" وجود داشته باشد، او این زیرشاخه را جامعه‌شناسی آب (hydrosociology) نام نهاد. فالکن مارک یکی از اولین متخصصینی بود که خاطرنشان کرد "تفاوت‌های فرهنگی، مذهبی و اجتماعی بین مناطق مختلف چالش‌های فراوانی را برای انتقال دانش و تکنولوژی از یک منطقه

۳- سطح به هم پیوسته شامل مجموعه‌ای وسیع از فعالیت‌ها است که تصمیمات آبی را به عملیات در بخش‌های مختلف وابسته به آب پیوند می‌دهد، از قبیل سلامت، محیط‌زیست و غذا. نقطه برخورد مسائل آبی با سایر بخش‌ها اغلب تحت عنوان پیوند بین آن‌ها تعریف می‌شود، مانند پیوند آب و انرژی. این ارتباط بین مدیریت آب و سایر بخش‌ها، حیطة مدیریت جامع منابع آب را تعریف می‌کند (Grigg, 2016).

۲- متدولوژی

مقالات مروری انواع مختلفی دارند، که یکی از مهم‌ترین آن‌ها مقالات "مروری روایتی"^۵ است. مرور روایتی، برای موضوعات جامع و مفصل کاربرد دارد. این نوع مقاله، مطالعات اولیه و اصیل یک حیطة را خلاصه می‌کند. در مرور روایتی، برخلاف انواع دیگر مقالات مروری، وقتی یک فرضیه واحد وجود ندارد یا با روش‌های منظم قابل جمع‌بندی نیست، بر اساس تجربیات و مدل‌ها و فرضیات موجود، اقدام به نتیجه‌گیری کلی و نقد در حیطة موردنظر می‌شود. بدیهی است که نتایج این نوع مقالات برخلاف مقالات علمی پژوهشی یا مروری نظام‌مند کیفی است (Sohrabi, 2013). بررسی اولیه منابع نشان داد که ادبیات پیرامون هیدرولوژی اجتماعی بسیار ناهمگن بوده و اجازه واریسی سیستماتیک کیفی و یا ارائه یک مرور فرا تحلیلی را نمی‌دهد. بنابراین مرور روایتی موضوع، مورد استفاده قرار گرفت. این مرور به جز مواردی معدود، تماماً مشتمل بر اطلاعاتی بود که بعد از ۲۰۱۲ تولید شده بودند، چراکه ایده هیدرولوژی اجتماعی (به تعبیر سیوآپالان) برای اولین بار در ۲۰۱۲ در محافل علمی ایراد گردید. در رابطه با جستجوی مستندات مرتبط با موضوع تلاش وافر به عمل آمد تا از مدارکی استفاده گردد که اعتبار منبع انتشار آن‌ها از نظر علمی قابل قبول باشد. در انتخاب کلمات کلیدی ابتدا جستجوی مستقیم از طریق مفاهیمی چون؛ socio hydrology, hydro sociology انجام گرفت و سپس در مرحله دوم، با رجوع به لیست منابع بکار رفته در آن‌ها، منابعی دیگر نیز شناسایی و جستجو شدند که غالباً مفاهیمی در عنوان آن‌ها بکار رفته بود که ربط مستقیمی با socio-hydrology نشان نمی‌دادند اما در محتوای آن‌ها مباحث اجتماعی آب مطرح شده بود. نهایتاً مفاهیم sociology, water, society, human, hydrology در ترکیب با یکدیگر نیز مورد جستجو قرار گرفتند. جدول ذیل با جزئیات کامل اقدام به ارائه روش کار در ارتباط با هریک از مستندات علمی مورد استفاده در این مقاله نموده است. چنانکه ملاحظه می‌شود، اولین ستون سمت چپ اطلاعات نویسنده مقاله، ستون دوم نام مجله یا کنفرانسی که اقدام به انتشار مقاله نموده، ستون سوم کلمات کلیدی در جستجو، ستون چهارم موتور جستجوی بکار رفته و نهایتاً آخرین ستون پایگاه داده مورد استفاده را نشان می‌دهد.

فعالیت‌های فنی در اصل هسته تمامی سطوح هستند، برای تصمیم‌گیری‌هایی که شامل تخصیص منابع و هزینه‌ها است به ورودی‌های مدیریتی نیاز داریم و ارتباط با تصمیم‌گیری در سایر بخش‌ها نیز مفهوم را به IWRM متصل می‌سازد. بنابراین، هر فردی که در مدیریت آب فعالیت دارد در یکی از سطوح مشارکت دارد. مفهوم IWRM به دلیل ایجاد شبکه اتصالات و ارتباطات بین بخش‌های مختلف، نشان می‌دهد که تا چه حد نسبت به مدیریت سنتی آب متفاوت است. با وجود این میدان دید وسیع، این مفهوم مکانیسمی برای عملیات جمعی بوده و تنها وظیفه یک بخش یا دپارتمان به نام IWRM نیست. در واقع به صورت طبیعی شرح وظیفه کاری به عنوان "مدیر" IWRM وجود ندارد و در واقع مجموعه‌ای از وظایف مختلف است که به IWRM می‌انجامد. این مفهوم به عنوان یک فعالیت دسته‌جمعی چندبخشی است که چگونگی فراهم نمودن رویکردی ارتباطی که در آن آب ارتباط‌دهنده بین بخش‌های وابسته به آن است را شرح می‌دهد. بخش‌هایی از قبیل غذا، انرژی، سلامت، بحران‌ها، سیاست، و غیره تماماً مواردی هستند که آب می‌تواند ارتباط‌دهنده مابین آن‌ها باشد.

همان‌گونه که ذکر گردید، رویکرد IWRM رویکرد مسلط در حوزه مطالعات آبی بود که دیدگاه نسبتاً جامعی نسبت به موضوع آب داشت. اما در سال ۲۰۱۲ در پی برخی انتقاداتی که به IWRM وارد شده بود، سیوآپالان مفهوم جدیدی و به تعبیر خودش، علم جدیدی تحت عنوان "هیدرولوژی اجتماعی" را مطرح کرد که علیرغم عمر کوتاه آن، از استقبال گسترده‌ای برخوردار و به کرات در منابع و مقالات و آثار دانشمندان علم هیدرولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مفهومی که اتصال دوطرفه سیستم‌های آبی و انسانی را مورد بررسی قرار داده و اساساً به دلیل لزوم ایجاد دیالوگ‌های بین‌رشته‌ای (Wesselink et al., 2017) بنا نهاده شده است. این نوشتار بر آن است تا ضمن معرفی هیدرولوژی اجتماعی و مهم‌ترین ابعاد و مفاهیم آن، به مرور مهم‌ترین کارهایی بپردازد که بر این اساس در سطح جهان انجام شده‌اند تا باشد که خواننده محترم در متنی واحد، درکی اجمالی از آخرین جریانات و اطلاعات تولیدشده مبتنی بر هیدرولوژی اجتماعی

Table 1- The classification of the documentations used in current review study

جدول ۱- طبقه‌بندی مستندات مورد استفاده در این مطالعه مروری

Authors	Journal / congress title	Key search word	Search engine	Database
Anderson et al. (2019), Wesselink et al. (2017)	Wiley Interdisciplinary Reviews: Water	Socio hydrology	Firefox	onlinelibrary.wiley.com
Bakarji et al. (2017)	Water resources management	Socio hydrology	Firefox	link.springer.com
Baker et al. (2015)	Applied geography	Socio hydrology	Firefox	www.elsevier.com
Barendrecht et al. (2018), Dame et al. (2018), Roobavannan et al. (2018)	EGU conference	Socio hydrology	Firefox	www.geophysical-research-abstracts.net
Blair and Buytaert (2015), Blair and Buytaert (2016), Bouziotas and Ertsen (2017), Di Baldassarre et al. (2013), Elshafei et al. (2014), Ferdous et al. (2018), Fuchs et al. (2017), Garcia et al. (2016), Gober and Wheeler (2014), Liu et al. (2014), Savenije et al. (2014), Srinivasan (2015), Van Emmerik et al. (2014), Zlinszky and Timár (2013), Kandasamy (2014)	Hydrology and Earth System Sciences	Socio hydrology	Firefox	www.hydrol-earth-syst-sci.net
Delli Priscoli (1980)	Water International	Water and society	Firefox	onlinelibrary.wiley.com
Fuller BR (1981)	St. Martin's Press book	Knowledge development	Firefox	www.libgen.lc.com
Di Baldassarre et al. (2013)	Hydrology & Earth System Sciences Discussions	Water in society	Firefox	www.hydrol-earth-syst-sci.net
Thompson et al. (2013)	Hydrology and Earth System Sciences	Human water relations	Firefox	www.hydrol-earth-syst-sci.net
Chen et al. (2016), Di Baldassarre et al. (2019), Kuil et al. (2016), Wescoat Jr et al. (2018)	Water resources research	Socio hydrology	Firefox	onlinelibrary.wiley.com
Lund (2015), Vogel et al. (2015)	Water resources research	Human water relations	Firefox	www.agu.org
McMillan et al. (2016), Melsen et al. (2018), Montanari et al. (2013), Pouladi et al. (2020)	Hydrological sciences journal	Socio hydrology	Firefox	www.tandfonline.com
Matalas et al. (1982)	Book of geophysics study committee	Human water relations	Firefox	www.nap.edu
White (1945)	Chicago, IL: University of Chicago	Levee effect	Firefox	biotech.law.lsu.edu
Chaffin et al. (2014)	Ecology and Society	Adaptive governance	Firefox	www.ecologyandsociety.org
Garcia (2017)	PhD thesis	Socio hydrology	Firefox	dl.tufts.edu
Boelens (2014)	Geoforum	Water in society	Firefox	www.elsevier.com
Bohensky and Leitch (2014)	Regional Environmental Change	Water in society	Firefox	link.springer.com
Crăciunescu et al. (2010)	Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica	Water in society	Firefox	link.springer.com
Crutzen (2002)	Nature	Water in society	Firefox	www.nature.com
Di Baldassarre et al. (2017)	Earth System Dynamics	Water in society	Firefox	www.earth-syst-dynam.net
Essenfelder et al. (2018), Sivapalan et al. (2014)	Earth's Future	Socio hydrology	Firefox	www.agu.org
Falkenmark (1977)	Ambio	Water and mankind	Firefox	www.jstor.org

Falkenmark (1979)	GeoJournal	Human water relations	Firefox	link.springer.com
Gamage and Jayasena (2018)	Proc. IAHS	Socio hydrology	Firefox	www.proc-iahs.net
Gober et al. (2017)	Geological Society, London, Special Publications	Socio hydrology	Firefox	sp.lyellcollection.org
Grigg (2016)	Palgrave Macmillan	IWRM	Firefox	www.palgrave.com
Hou et al. (2019)	Hydrology Research	Socio hydrology	Firefox	www.iwapublishing.com
Koutsoyiannis (2014)	Hydrology Research	IWRM	Firefox	www.iwapublishing.com
Jeong and Adamowski (2016), Ogilvie et al. (2019)	Agricultural Water Management	Socio hydrology	Firefox	www.elsevier.com
Lee and Kang (2020), Madani and Shafiee Jood (2020)	Water	Socio hydrology	Firefox	www.mdpi.com
Ponnambalam K, Mousavi SJ (2020)	Water	Water and human	Firefox	www.mdpi.com
Sivakumar (2012), Sivapalan et al. (2012)	Hydrological Processes	Socio hydrology	Firefox	onlinelibrary.wiley.com
McDonald (1989)	Journal of urban economics	Field development	Firefox	www.sciencedirect.com
Milly et al. (2008)	Science	Stationarity	Firefox	en.vedur.is
Maass (1951)	Harvard Univ. Press book	Human and water	Firefox	www.cambridge.org
Maass et al., (1962)	Harvard Univ. Press book	Human and water	Firefox	www.cambridge.org
Nüsser et al. (2012)	Mountain Research and Development	Socio hydrology	Firefox	www.bioone.org
Schlueter et al. (2012)	Natural Resource Modeling	Human water relations	Firefox	onlinelibrary.wiley.com
Viglione et al. (2014), Pouladi et al. (2019)	Journal of Hydrology	Socio hydrology	Firefox	www.sciencedirect.com
Siddiqi et al. (2018)	Water Security	Socio hydrology	Firefox	dspace.mit.edu
Swyngedouw (2009)	Journal of Contemporary Water Research & Education	Human water relations	Firefox	onlinelibrary.wiley.com
Widlok et al. (2012)	Quaternary International	Human water relations	Firefox	www.elsevier.com
Gholizadeh-Sarabi et al. (2019)	Iran water resources research	Socio hydrology	Firefox	www.iwrr.sinaweb.net
Sohrabi (2013)	Pajoohandeh Journal	Writing review paper	Firefox	www.pajoohande.sbm.ac.ir
Singh (2018)	Interdisciplinary Journal of Partnership Studies	Local and global effects	Firefox	www.pubs.lib.umn.edu
Widstrand (1978)	Pergamon press book	Society and human	Firefox	www.elsevier.com
Wittfogel (1957)	Oxford university press	Society and human	Firefox	www.libgen.lc
Zhou et al. (2016)	Geophysical Monograph Series	Local and global effects	Firefox	www.researchgate.com

پایگاه‌هایی با پسوند edu یا ac که مربوط به مراکز دانشگاهی هستند از اولویت بالاتری برخوردار بودند اما متأسفانه در بین اسناد چاپ‌شده موجود موارد بسیار اندکی با این پسوندها به دست آمد که تماماً مورد استفاده و استناد قرار گرفت.

مستندات پس از مطالعه، از طریق نرم‌افزار Endnote فیش‌برداری و در درون متن مورد استفاده و مرجع‌نویسی قرار گرفتند. همان‌گونه که پیش‌تر نیز اشاره گردید، بررسی اولیه منابع حاکی از ناهمگن بودن

مبنای انتخاب منابع و مستندات، ابتدا ربط موضوعی بود. در رابطه با مقالات، چکیده مقاله مطالعه و چنانچه با موضوع و اهداف بررسی ما مرتبط بود، انتخاب می‌گردید. در رابطه با کتاب با توجه به جستجوی گسترده و نیز مکاتباتی که با صاحب‌نظر اصلی حوزه، یعنی سیواپالان انجام گرفت، متأسفانه هیچ کتابی در سطح جهانی در حیطه هیدرولوژی اجتماعی هنوز به چاپ نرسیده و لذا ناچار به مقالات بسنده گردید. ملاک دوم انتخاب مستندات پس از ربط موضوعی، تخصص نویسنده و پربازدیدتر بودن مقاله بود. علاوه بر موارد یادشده،

اطلاعات موجود در خصوص هیدرولوژی اجتماعی بود و همین مسأله دلیل اصلی استفاده از روش مرور روایتی گردید. بررسی دقیق تر منابع جستجو شده نشان داد که تحقیقات انجام یافته در حوزه هیدرولوژی اجتماعی از منظر تولید محتوا و ارتقاء مفاهیم تئوریک یا نظری و متدولوژیک، افزوده چندانی بر آنچه بنیان گذاران اولیه این نحله فکری ارائه کرده بودند، نداشتند. بررسی کارهای موجود به وضوح نشان داد که ایده اصلی تولید شده توسط سیوآپالان و همکاران، در کارهای پیروان این نحله، صرفاً در حوزه های مختلف به کارگیری شده و در حقیقت به عنوان یک چهارچوب مورد وثوق، در مطالعات کاربردی حوضه های آبی مورد استناد و استفاده قرار گرفتند، بی اینکه توسعه ای مفهومی در ایده اصلی اولیه ایجاد نمایند. بنابراین در طبقه بندی اطلاعات به دست آمده، نه افتراق مفهومی، بلکه تفاوت در عرصه های کاربردی مبنای تقسیم بندی مطالب قرار گرفت. بر این مبنای چهار محور عمده به شرح زیر شناسایی گردید: ۱. معرفی هیدرولوژی اجتماعی به عنوان روشی جدید برای درک موضوعات هیدرولوژیک، ۲. نقش هیدرولوژی اجتماعی در کشاورزی، مدیریت کاربری اراضی و حفظ محیط زیست، ۳. نقش هیدرولوژی اجتماعی در تبیین رابطه انسان، سیلابها و خشک سالی ها و نهایتاً ۴. نقش هیدرولوژی اجتماعی در مدل سازی و حل معضلات حوضه های آبریز رودخانه ای، می باشند.

۳- یافته ها

۳-۱- هیدرولوژی اجتماعی: روش جدیدی برای درک هیدرولوژی

هزاران سال است که چرخه هیدرولوژیکی در مقیاس حوضه ها و در ابعاد جهانی با فعالیت انسان عجین شده است. انسان ها اثر مستقیم روی ۸۳٪ سطح زمین و ۵۴٪ آب شیرین جهان دارند. حدود ۸۰٪ از جمعیت جهان تحت شرایط تنش آبی شدید زندگی می کنند و ۶۵٪ رودخانه های جهان در حال تجربه تنش تنوع زیستی متوسط تا زیاد هستند (McMillan et al., 2016). بسیاری از چالش هایی که جهان امروزه با آن ها دست به گریبان است را می توان با درک روند توسعه ای که جوامع از گذشته تا به حال طی کرده اند بهتر شرح داد (Kuil et al., 2016). عبارات و اصطلاحات چندی برای بیان ارتباط متقابل بین انسان و طبیعت در متون و نگاشته های محققین آمده است از قبیل: Hydrosociology (Falkenmark, 1979; Sivakumar, 2012) و Hydro-social (Swyngedouw, 2009) که بین برخی از مفاهیم فوق و همچنین دو مفهوم Socio-Hydrology و Hydro-social از منظر هستی شناسی، روش شناسی و معرفت شناسی (مفاهیم فلسفه علم) مقایساتی صورت گرفته است (Wesselink et al., 2017). در

هیدرولوژی اجتماعی، انسان به عنوان یک عنصر پویای عصر آنتروپوسن^۶، وارد محاسبات چرخه آبی شده و تأثیراتی که بر چرخه آبی می گذارد و می پذیرد، در محاسبات مد نظر قرار می گیرد. مطالعات پیرامون مفهوم هیدرولوژی اجتماعی از ۲۰۱۲ به بعد و پس از مقاله مشهور سیوآپالان و همکارانش (Sivapalan et al., 2012) تحت عنوان "هیدرولوژی اجتماعی: علمی جدید از انسان و آب" آغاز شد. سیوآپالان در این مقاله درصدد ایجاد درکی دینامیک و همکاری تعاملی (متقابل) سیستم های به هم پیوسته آب و انسان است که شامل اثرات و دینامیک تغییرات در استانداردها و ارزش های اجتماعی و نیز رفتارهای سیستم همچون نقاط اوج و مکانیسم های بازخوردی است که برخی از آن ها می توانند پیش بینی نشده و یا ناشی از عکس العمل های غیرخطی بین فرآیندهای رخ داده در مقیاس های مختلف مکانی و زمانی باشند. بنابراین، هیدرولوژی اجتماعی عبارت است از دانش تأثیرات انسانی بر هیدرولوژی و تأثیر چرخه آبی بر سیستم های اجتماعی بشر. چراکه سیستم های آب های شیرین وابستگی نزدیکی به سیستم های اکولوژیکی، اجتماعی و ژئومورفولوژیکی دارند و در هر مقیاس زمانی که اندکی بیش از چند دهه باشد، باید روش های مربوط به این علوم را در هیدرولوژی نیز ادغام نمود تا بررسی های عمیق تر هیدرولوژیکی ممکن گردد (Thompson et al., 2013). انسان ها سیستم های رودخانه ها، دریاچه ها و سطوح سیلاب گیر را از قرون بسیار قبل تغییر داده و همچنان این تغییرات در حال انجام هستند. هدف در مدیریت امروزه سیستم های آبی، تعریف راهکارهای میان رشته ای جدید است، چراکه عملیات مهندسی آب که تنها مبتنی بر سودآوری بوده، منجر به ایجاد مشکلات فراوانی شده است. داشتن یک پیش بینی خوب از رخدادهای حدی آبی برای مهندسی رودخانه، الزامی بوده و کمیت های هیدرولوژی تاریخی^۷ از چنین رخدادهایی را می توان در تخمین تقریبی رخداد مجدد آن ها در آینده مورد استفاده قرار داد (Crăciunescu et al., 2010). نیاز به ترکیب و تجمیع این دیدگاه ها مکرراً به عنوان راهکاری مؤثر از طرف علوم مختلف مورد اشاره و همچنین از طرف بسیاری سازمان های مرتبط با آب مانند HELP^۸ (هیدرولوژی برای محیط زیست، زندگی و سیاست گذاری)، یونسکو، و دستورالعمل آب در اتحادیه اروپا نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

در هیدرولوژی اجتماعی، افزایش همیشگی تأثیر انسان بر چرخه آب به همراه نقش مهم آب به عنوان منبع شکل دهنده جوامع انسانی به الگویی می انجامد که در اثر آن، بازخوردهای بین انسان- آب، و آب- سکونت گاه های طبیعی، به روابط دوطرفه ای تبدیل می شود که در اصل چهارچوب مطالعات اجتماعی- زیست محیطی را شکل می دهد (Widlok et al., 2012). بنابراین، هیدرولوژی اجتماعی نه تنها

بازخوردهای جوامع انسانی را با چرخه هیدرولوژیک به تصویر می‌کشد، حتی تحقیقاتی نیز در زمینه دخالت عامل جنسیت در مدل‌سازی‌های هیدرولوژی اجتماعی را نیز به منصفه ظهور می‌رساند، چراکه نوع برخورد زنان و مردان در مورد منابع آبی متفاوت است و به دلیل چالش موجود در مدل‌های رایج در عدم توانایی دخالت عامل انسانی، تفاوت جنسیت نیز در مدل‌ها وارد نمی‌شد (Baker et al., 2015).

در جهانی که تحت تغییرات جهانی و رشد جمعیت قرار دارد، درک فرآیندهای طبیعی که بر چرخه آب حکومت می‌کنند کافی نبوده و بایستی دلایل فرهنگی و تأثیرات انسانی بر سیستم‌های آبی را نیز شناسایی کرد. امروزه پروژه‌های مهندسی آب دچار میلیاردها دلار خسارت شده‌اند و بخشی یا همه پروژه تنها به دلیل ندیدن عامل مهم اجتماع در مسائل فنی و مهندسی، از دست رفته است (Lund, 2015). از این منظر، هیدرولوژی اجتماعی مفهومی است برای اخذ تصمیم به منظور ایجاد اطمینان از دسترسی به منابع ایمن و کافی آب و ایجاد محافظت در برابر رخدادهای حدی هیدرولوژیک. مدیریتی که بر مبنای سیستم‌های هیدرولوژیکی بنا شده باشد به طور فزاینده‌ای به یک پیش‌زمینه علمی نیاز دارد که نه تنها به فرآیندهای هیدرولوژیکی در سیستم‌های طبیعی واقف باشد، که اثرات قدیمی و حال حاضر مداخلات انسانی را نیز در بر بگیرد.

چهارچوب وسیع تئوریک که توسط سیواپالان و همکارانش (Sivapalan et al., 2014)، برای هیدرولوژی اجتماعی ارائه شد شامل سه جنبه مهم سیستم‌های هیدرولوژی اجتماعی است: ۱) ساختارها و دینامیک‌های چندگانه سیستم‌های آبی، ۲) برآمدهای سیستم در قالب رفاه بشری که در مقیاس‌های فیزیکی و سطوح حکمرانی ظاهر می‌شود و ۳) اهداف هنجاری شخصی و اجتماعی در خصوص محافظت، پایداری و استفاده از آب. این چهارچوب تئوریک بازخوردهای بین انسان و سیستم‌های آبی را به صورت صریح شکل می‌بخشد و به ما کمک می‌کند تا گذشته، حال و آینده را تشریح و مسیرهای پایدار آبی را با در نظر گرفتن تکامل همگام آن‌ها روشن سازیم (شکل ۳) (همان).

آنچه مسلم است اینکه فشار انسان‌ها بر سیستم‌های آبی در حال افزایش است و لازم است تصمیماتی آگاهانه بر اساس حقایق علمی جهت کاهش یا بهینه‌سازی این تأثیرات که می‌توانند دامنه‌ای از سطح اجرای محلی تا تأثیر جهانی داشته باشند، اتخاذ گردد.

بر همین مناسبت سال ۲۰۱۶ به نام سال بین‌المللی درک جهانی (IYGU)^۹ نام‌گذاری شد و ایده اصلی این نام‌گذاری این بود که آثار منطقه‌ای و جهانی به طرق فراوانی به هم مرتبط هستند. امروزه در جهان کمتر پدیده منطقه‌ای قابل مشاهده است که با آثار جهانی حتی به صورت

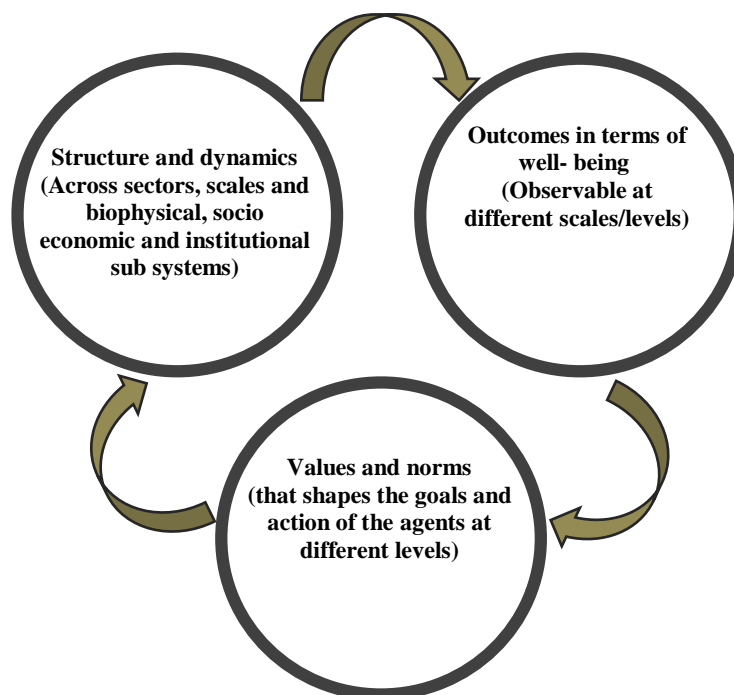


Fig. 3- Organizational framework of socio-hydrology
 شکل ۳- چهارچوب سازمانی هیدرولوژی اجتماعی (Sivapalan et al., 2014)

خفیف همراه نباشد. خشکی بزرگ منطقه ساحل در شمال آفریقا که در دهه ۱۹۸۰ باعث قحطی شدید و مهاجرت‌های ناخواسته وسیع انسانی شد، خشک شدن دریاچه آرال و بسیاری دیگر از رخدادهای اقلیمی علاوه بر آثار منطقه‌ای دارای ابعاد وسیعی در مقیاس‌های جهانی نیز می‌باشند. امروزه بسیاری از تحقیقات با محور اصلی "فعالیت‌های منطقه‌ای: آثار جهانی"^{۱۱} در حال انجام می‌باشند. آمارهای متغیری در خصوص تأثیر انسان‌ها در سطح زمین و کاربری اراضی وجود دارند که از ۵۰ درصد تا ۸۳ درصد متغیر است (Zhou et al., 2016). تغییر در سطح زمین، پاسخ به رواناب را تغییر می‌دهد، باعث تغییرات در تبخیر و تعرق و در نتیجه اتمسفر منطقه می‌شود، رواناب‌ها با سرعت بیشتری رخ می‌دهند و در مناطق پایین دست سیلاب‌ها قوت بیشتری می‌یابند. اثرات اقتصادی اجتماعی این سیلاب‌ها اغلب وسیع و گاهی هم منجر به مهاجرت‌های اجباری می‌شود. در سطح جهان کل ظرفیت آب ذخیره شده در سدها حدود ۷۰۰۰ کیلومتر مکعب یا ۱/۵ برابر رواناب متوسط سالیانه رودخانه‌ها می‌باشد. بنابراین تغییرات جهانی اغلب زمانی آغاز می‌شوند که انسان‌ها اقدامات محلی را آغاز می‌کنند (Singh, 2018). به دلیل اثر واضحی که اقدامات و تغییرات محلی در مقیاس‌های جهانی دارند، مدل‌سازی رخدادهای در مقیاس‌های محلی برای درک تأثیر آن‌ها در مقیاس‌های جهانی نیز حیاتی است.

همچنین پرواضح است که چالش‌های مربوط به مهندسی آب اغلب در یک دیسپلین به‌تنهایی قابل پاسخگویی نبوده و ترکیبی از علوم فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی برای اجرا و تداوم موفقیت‌آمیز پروژه‌های مهندسی آب مورد نیاز است؛ چراکه این پروژه‌ها اغلب هزاران نفر را از مرحله اجرا تا نگهداری و تا استفاده و بهره‌برداری، درگیر می‌کنند (Lund, 2015). امروزه علاوه بر تغییرات شدید اقلیمی و اثر آن بر چرخه‌های هیدرولوژیکی و توجه به این مهم که در کره زمین کمتر حوضه آبریزی می‌توان یافت که از تأثیرات مثبت یا منفی انسانی (اغلب منفی) در امان مانده باشد، باید بدانیم که سیستم‌های اجتماعی نیز با سرعت بسیار بالاتری در حال تغییر هستند. در چنین شرایطی فراهم آوری آب آشامیدنی برای جمعیت ۹ میلیاردی این کره خاکی تا پایان سال ۲۰۵۰ میلادی (Vogel et al., 2015)، هنری است آمیخته از علوم مختلف و ترکیبی میان‌رشته‌ای از هیدرولوژی و اجتماع. بنابراین طبق پیش‌بینی چهل سال قبل ماتالاس و همکارانش، باید به یک نگاه جامع به آب رسید و آن‌هم چیزی نیست جز تغییر از پارادایم مرسوم به پارادایم فعال هیدرولوژی اجتماعی (Matalas et al., 1982).

مطالعات هیدرولوژی اجتماعی که از سال ۲۰۱۲ به بعد توسط محققین در رده‌بندی‌های مختلف انجام شد، در سه مسیری که خود سیواپالان پیش‌بینی کرده بود ادامه یافت که در مطالعه حاضر نیز علاوه بر رده‌بندی موضوعی در سه محور عمده به شرح ذیل، به تقسیم‌بندی هر مطالعه موردی در این سه دیدگاه نیز پرداخته شده است (جدول شماره ۲):

- ۱- هیدرولوژی اجتماعی تاریخی^{۱۱}: این نوع از مطالعات به‌طور کلی به مطالعه تاریخ‌های دور و نزدیک آب-انسان، نقش آب در ظهور و افول تمدن‌ها، مدیریت و حکمرانی آب در تاریخ جوامع و تکنولوژی‌های بشری در راستای مدیریت آب می‌پردازند. سطح تحلیل در این رده از مطالعات، کلان می‌باشد.
- ۲- هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای^{۱۲}: مقایسه تشابهات و تفاوت‌ها در مدیریت و مصرف آب در مکان‌های مختلف، مطالعه تطبیقی تعاملات انسان-آب با توجه به لایه‌های مختلف اجتماعی-اقتصادی، اقلیمی، و جغرافیائی و ترسیم تفاوت‌های مکانی و منطقه‌ای از اهداف اصلی این محور به شمار می‌آید که سطح تحلیل نیز در آن متوسط قلمداد می‌شود.
- ۳- هیدرولوژی اجتماعی فرآیندی^{۱۳}: انجام تحلیل‌های زمانی-مکانی در سطح سیستم‌های کوچک مقیاس/حوضه‌ای، انجام بررسی‌های علی و تولید اطلاعات در خصوص فرایندهای هیدرولوژیکی-جامعه‌شناختی جهت درک کارکرد سیستم انسان-آب در حال حاضر و پیش‌بینی مسیر تغییرات احتمالی در آینده از مهم‌ترین اهداف این محور می‌باشد که سطح تحلیل آن نیز خرد به حساب می‌آید (Sivapalan et al., 2012).

۳-۲- نقش هیدرولوژی اجتماعی در کشاورزی، مدیریت کاربری اراضی و حفظ محیط‌زیست

هم‌زمان با ارائه این مفهوم میان‌رشته‌ای توسط سیواپالان، این علم اولین کاربردهایش را در کشاورزی به‌عنوان محلی که انسان آب را به نحوی جهت کشت در اختیار می‌گیرد، نشان داد. نوسر و همکارانش (Nüsser et al., 2012) توسعه کشاورزی آبی را در بالادست رود سند در منطقه مرکزی لداخ^{۱۴} در شمال هندوستان در دو سایت مطالعاتی در مقیاس روستا مورد مطالعه قرار دادند. تحلیل سیستم‌های آبیاری در این منطقه به‌وضوح حاکی از شدت آثار خارجی و توسعه مداخلات انسانی بود. در واقع ممکن است بررسی تغییرات کاربری اراضی در نگاه اول تنها ناشی از رشد جمعیت به نظر برسد اما تغییرات اجتماعی و اقتصاد محلی را نیز در این تغییرات باید به حساب آورد. در مطالعه آن‌ها از تصاویر سنجنش از دور منطقه مربوط به ۴ دهه گذشته، اطلاعات موجود منطقه و همچنین مصاحبه‌های کیفی برای بررسی

تأثیر ذیفغان مختلف در تغییرات اراضی استفاده و در نهایت مشخص شد که فرایندهای هیدرولوژیکی منطقه در ارتباط تنگاتنگ با تغییرات اجتماعی- اقتصادی هستند. (Dame et al. (2018 نیز جهت تعدیل شرایط کمبود فزاینده آب در این منطقه، یخچال‌های مصنوعی در بالادست مناطق کشاورزی را پیشنهاد دادند، به این ترتیب که با ایجاد محلی برای ذخیره آب رودخانه در فصل زمستان و یخ زدن آن، از ذوب تدریجی آن در فصل کاشت استفاده شود. کارایی یخچال‌های مصنوعی پیشنهادی به منظور تأمین همیشگی آب کشاورزی در این منطقه و نقشی که ذوب آب ناشی از برف و استفاده از آن در کشاورزی می‌تواند داشته باشد، در قالب هیدرولوژی اجتماعی و با توجه به داده‌های اقلیمی منطقه، عکس‌های هوایی، و همچنین در نظر گرفتن آرا متخصصین و نظرات ساکنین در قالب پرسش‌نامه مورد ارزیابی قرار گرفت و معلوم شد تا زمانی که عوامل اجتماعی اقتصادی در نظر گرفته نشوند، کارایی مورد انتظار از یخچال‌ها تا حد زیادی افت می‌یابد. با توجه به این که رودخانه سند تغییرات بزرگی را در سطوح مختلف بهره‌برداری تجربه کرده است، بازه‌ای از همین رودخانه در پنجاب پاکستان در مطالعه‌ای دیگر مورد بررسی و اثر ابزارآلات و روش اندازه‌گیری دبی رودخانه و زیرشاخه‌هایش در قالب هیدرولوژی اجتماعی در دوره‌های مختلف مطالعه و طی آن از جغرافیای تاریخی و تحلیل‌های آماری برای درک سیستم پیچیده این رودخانه استفاده شد. با توجه به پیشرفت‌هایی که از منظر استحصال آب آبیاری از این رودخانه از اواسط قرن نوزدهم تا امروز صورت گرفته، (Wescoat Jr et al. (2018 در سه سطح به مطالعه این تغییرات پرداختند: سطح اول بررسی جریان‌ات رودخانه سند از حوالی سال‌های ۱۹۲۲ تا حال حاضر، سطح دوم در خصوص تخصیص حقابه کانال‌ها، و سطح سوم از تحلیل‌ها که نشان‌دهنده نقش ابزارآلات دقیق اندازه‌گیری جریان در برنامه‌ریزی آبیاری قطعات زراعی بود. آن‌ها در مطالعه خود به‌عنوان اولین مطالعه سیستماتیک در خصوص تجهیزات تخصیص آب روی کانال‌ها در کانال‌های اصلی در پنجاب پاکستان نشان دادند که اندازه‌گیری‌ها در کانال‌ها چگونه می‌تواند روی نحوه مدیریت و کارایی آب آبیاری اثرگذار باشد. کارایی سیستم آبیاری از طریق کانال‌های انتقال آب (۲۵ کانال آبیاری اصلی) از منظر عدالت در تحویل آب نیز در یک دوره ده‌ساله از ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ در همین رودخانه در دو بازه زمانی متفاوت از سال، توسط Siddiqi et al. (2018 مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف اصلی در این تحقیق ترویج مدیریتی مناسب و جدید جهت تخصیص عادلانه آب بجای رویه‌ای بود که از قدیم مورد استفاده بوده و تحویل قطعات می‌شد. ارزیابی‌ها نشان‌دهنده رکودها و همچنین نوسانات متعدد در اعتمادپذیری سیستم در طول زمان بود که نهایتاً تأثیر مثبت چارچوب‌های هیدرولوژی اجتماعی در کارایی آبیاری

سطحی مشخص شد.

از آنجایی که مدیریت منابع آبی در اقتصاد کشاورزی کشوری مانند سریلانکا نقش مهمی بازی می‌کند، لذا از چارچوب هیدرولوژی اجتماعی در مناطق خشک این کشور استفاده و رابطه بین میزان درآمد خانوار، میزان جمعیت، و سطح تحصیلات با مقدار آب مصرفی و نحوه تصفیه و دفع آب بررسی گردید. در این راستا پرسش‌نامه‌هایی بین خانوارهایی با سطوح مختلف درآمدی از پنج منطقه از یک حوضه آبریز توزیع و اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری گردید. تمرکز اصلی در این تحقیق بر روی شناسایی سیستم مدیریت آبی این پنج منطقه با در نظر گرفتن طبقات متفاوت اجتماعی (سوابق متنوع اجتماعی اقتصادی خانوارها) بود (Gamage and Jayasena, 2018). در مطالعه‌ای در کشور تونس ۵۶ مخزن کوچک ذخیره آب از نظر سوددهی و مطلوبیت بررسی شدند به این صورت که در قالب یک مطالعه هیدرولوژی اجتماعی، علاوه بر اطلاعات منطقه، پرسش‌نامه‌هایی طراحی و مصاحبه‌هایی نیز انجام شد تا همه اطلاعات کمی و کیفی در خصوص نقش آن مخازن در تأمین آب برای اهداف کشاورزی و نیز سایر اهداف جمع‌آوری و تحلیل شود (Ogilvie et al., 2019).

Kandasamy et al. (2014) تعادل بین استحصال آب برای کشاورزی و استفاده از آن برای تولید غذا و تلاش برای کاهش و معکوس نمودن روند تخریب محیط‌زیست پیرامون رودخانه مورویچ در استرالیا را در یک مطالعه موردی مطالعه نمودند. آن‌ها به طور خاص روند تاریخی نوسان بین توجه زیاد به توسعه کشاورزی و غذایی در مراحل اولیه و مزایای اقتصادی- اجتماعی آن با درک تدریجی از اثرات نامطلوب زیست‌محیطی را در یک دوره صدساله و در چهار زیر دوره مورد بررسی قرار دادند. مطالعه آن‌ها روی این رودخانه نشان داد که پاسخ هیدرولوژیک رودخانه در گذر زمان نسبت به تخصیص نسبی منابع آب به انسان‌ها یا به محیط‌زیست، تحت تأثیر ساختارهای اجتماعی- اقتصادی بوده است.

۳-۳- نقش هیدرولوژی اجتماعی در تبیین رابطه انسان، سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها

امروزه دیگر پدیده‌های حدی هیدرولوژیک بدون ملاحظات انسانی قابل ارزیابی نبوده و این امر خوشبختانه در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. هیدرولوژی اجتماعی مدعی بررسی صریح رابطه انسان و طبیعت و در صدر آن‌ها رابطه هم‌تکاملی جوامع انسانی و فجاج طبیعی است. در این راستا، مطالعات فراوانی در چند دهه اخیر در خصوص تأثیر انسان روی پدیده‌های سیلاب و خشک‌سالی انجام

بررسی سیلاب‌دشت رودخانه جامونا^{۱۶} در بنگلادش و تقسیم‌بندی ساحل‌های چپ و راست این رودخانه از منظر نوع حفاظت موجود در مقابل سیلاب و با استناد به این دو نوع مختلف از بازخورد، مطالعه هیدرولوژی اجتماعی را با تعریف جدیدی از فضاهای هیدرولوژی اجتماعی ارائه دادند.

در هیدرولوژی رایج، انسان‌ها اغلب به عنوان شرایط مرزی و یا نیروهای فشار خارجی برای این اکوسیستم‌ها محسوب و رابطه متقابل و تعاملی آنان مورد توجه قرار نگرفته است، حال آنکه نحوه تأثیر جوامع بر تناوب سیلاب‌ها و همگام با آن، نحوه شکل‌گیری و توسعه جوامع در معرض سیلاب‌ها به‌خوبی توسط هیدرولوژی اجتماعی تبیین شده است (Di Baldassarre et al., 2013 a & b). به‌عنوان مثال مفهوم مشهور "اثر خاک‌ریز"^{۱۷} (White, 1945) که باعث ایجاد احساس امنیت انسان‌ها در حضور سازه‌های ایمن‌تر و خاک‌ریزهای بلندتر و در نتیجه تراکم ساختارهای اقتصادی و زیرساخت‌های صنعتی گران‌قیمت‌تر در حاشیه رودخانه‌ها و نهایتاً پاک شدن حافظه انسان از وقوع پدیده‌های حدی می‌گردد، متأسفانه عاملی بود که سبب وقوع سیلاب سال ۲۰۱۱ در بریزبین^{۱۸} استرالیا گردید (Bohensky and Leitch, 2014). تأثیر اجتماع بر آثار این‌گونه رخدادهای به حدی زیاد است که طبق نظر محققین میزان خسارتی که از این رخدادهای ممکن است ایجاد شود به این بازمی‌گردد که اجتماع به وقوع آن‌ها فکر می‌کرده است یا خیر. بارندشت و همکاران در مطالعه خود از هیدرولوژی اجتماعی برای مدل‌سازی میزان آگاهی و آمادگی جامعه در مقابل خسارات سیلاب رودخانه البه^{۱۹} در شهر درسدن^{۲۰} آلمان استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که میزان خسارات در سیلاب سال ۲۰۱۳ نسبت به ۲۰۰۲ به این دلیل که در سیلاب دوم آگاهی ایجاد شده بود کاهش یافته است (Barendrecht et al., 2018; Di Baldassarre et al., 2017). در همین رابطه قبلاً (Di Baldassarre et al., 2013b) et al. (2013b) نیز با توجه به یک رودخانه فرضی با اطلاعات جمعیتی فرضی، مدلی مفهومی برای در نظر گرفتن هم‌زمان عوامل اقتصادی اجتماعی و ارتفاع خاک‌ریزها ارائه داده بودند.

تمرکز بر روی ریسک سیلاب و توسعه برنامه‌های مدیریت ریسک الزامی است اما در این حین، اغلب درک جامعه از خطر نادیده گرفته شده است. یک جنبه مهم نیز این است که این ریسک از طرف دانشمندان و تصمیم‌گیران و عامه مردم به‌انحاء مختلفی درک می‌شود که همین مسأله نیز برخی برنامه‌ریزی‌های مدیریتی سیلاب‌ها را در گذشته با شکست مواجه کرده است (Fuchs et al., 2017). اثر تعاملی بین رخدادهای سیلابی و انسان و وضع قوانین در بسیاری موارد

شده اما هنوز هم درک ما در خصوص دینامیسم عوامل انسانی و تغییرات ناشی از عکس‌العمل‌های آن‌ها چه به‌صورت پاسخ و چه به‌صورت اثر، محدود است (Di Baldassarre et al., 2017). Fuchs et al. (2017) در دو حوضه آبریز مختلف در یونان (یکی در حومه شهر و دیگری در روستا) که با بالاترین تعداد رخداد سیلابی در ۲۰ سال اخیر درگیر بوده‌اند، ظرفیت تطبیق و درک مخاطره سیلاب را با به‌کارگیری چهارچوب هیدرولوژی اجتماعی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها به ترتیب با ارائه ۱۵۵ و ۱۵۷ پرسش‌نامه به بررسی و مقایسه دو نوع متفاوت رخداد سیلاب شامل سیلاب دوره‌ای (در حوضه روستایی) و جریان‌های سریع (در حوضه شهری) پرداختند. مهم‌ترین پرسشی که در هر دو حوضه مطرح شد در خصوص نظر افراد در مورد علل اصلی رخدادهای سیلابی گذشته بود. بر اساس مقایساتی که از پاسخ‌ها به دست آمد درصد پاسخ‌ها به سؤالاتی همچون: علت اصلی سیلاب‌های گذشته، میزان درک افراد از خطر سیلاب (بر اساس در معرض قرار گرفتن یا نگرفتن فرد در رخدادهای گذشته) و استفاده از سازه‌های محافظتی مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت ماتریس همبستگی برای متغیرهای مختلف اندازه‌گیری شده در هر دو منطقه رسم شد (Fuchs et al., 2017). در مطالعه‌ای، (Kuul et al., 2016) بازخوردهای بین یک جامعه کشاورزی با محیط اطراف را مورد ارزیابی قرار دادند. این مطالعه با توجه به داده‌های تاریخی قوم باستانی مایا و نحوه تأثیر خشک‌سالی‌های پی‌پی در از بین رفتن این قوم در قرن نوزدهم انجام شد. یکی از نتایج مهمی که با مدنظر قرار دادن چارچوب هیدرولوژی اجتماعی به دست آمد، حقایقی بود که قبلاً در مطالعات هیدرولوژی رایج^{۱۵} قابل رصد نبودند؛ برای مثال در مورد این قوم نتایج مطالعات نشان داد که کاهش فراوانی بارش‌ها موجب پراکندگی جمعیت شد. به نظر می‌رسید که ساخت سدها می‌توانست تا حدودی این تخریب را بهبود بخشد اما مشاهده شد که بعد از ساخت سدها و زمانی که سدها خالی از آب می‌شدند، اثر خشک‌سالی‌ها بر جوامع انسانی وخیم‌تر و در نتیجه افت تعداد جمعیت این قوم نیز بیشتر از گذشته شدت می‌گرفت.

تخمین زده می‌شود که حدود ۱ میلیارد انسان در سیلاب‌دشت‌ها زندگی می‌کنند. این مناطق در طول تاریخ همواره به دلیل اینکه رودخانه‌ها نوعی کانال ارتباطی به حساب می‌آمده‌اند، مورد توجه انسان‌ها برای سکونت بوده‌اند که البته ریسک‌هایی نیز در پی داشته و بدین منظور انسان برای رفع خطر سیلاب به ساخت سازه‌های کنترل سیلاب و محافظت از خود به کمک خاک‌ریزها و غیره اقدام کرده است. بنابراین، بازخوردهای بین انسان و سیلاب‌دشت‌ها از دو نوع کلی خارج نبوده است: جنگ یا تطبیق. بر همین اساس (Ferdous et al., 2018) در

قابل مشاهده است. سیلاب سال ۲۰۱۳ در کالاداری^{۲۱} در کانادا آسیب مالی به میزان ۵ میلیارد دلار کانادا ایجاد کرد که پرهزینه ترین فاجعه طبیعی در کانادا نام گذاری شد. رخداد این سیلاب اثراتی در سیاست نیز داشت؛ کنترل تغییرات در کاربری اراضی در مناطق پرخطر تشدید شد و قوانین بیمه‌ای جدیدی برای صاحبان زمین در سیلاب دشت‌ها وضع گردید. ترکیب فاکتورهای انسانی (شهری شدن، رشد اقتصادی و حکمرانی نادرست) به همراه نیروهای طبیعی (تغییرات اقلیمی، خشک‌سالی‌ها و سیلاب‌ها) حوضه رودخانه ساسکاچوان را در کانادا تحت تأثیر قرار داد که گوهر و ویتز مروری بر نوع و میزان تأثیر آن‌ها انجام دادند. خشک‌سالی سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۲ نیز در حوضه آبریز رودخانه ساسکاچوان باعث ضربه شدید اقتصادی در مناطق روستایی گردید، اما در عین حال منجر به گشایش سیاسی در آلبرتا^{۲۲} کانادا نیز شده و از طریق استراتژی "آب برای زندگی" مقدمات اصلاح روش‌های تخصیص آب فراهم آمد (Gober and Wheater, 2014). یکی از وظایف سدهای چندمنظوره کنترل سیلاب و استفاده از آن‌ها به عنوان سازه‌های کنترلی سیلاب‌ها است که برای آنالیز اثربخش بودن این سدهای چندمنظوره باید از روش‌های مبتنی بر هیدرولوژی اجتماعی استفاده کرد. آثاری که به نظر می‌رسد تاکنون به خوبی مطالعه نشده است، به خصوص در رابطه با تأثیر این سازه‌ها در شرایط اقتصادی و اجتماعی پایین دست رودخانه‌ها. (Lee and Kang (2020) برای پوشش این خلأ در مطالعه اخیر خود، با در نظر گرفتن عوامل اجتماعی‌ای همچون جمعیت، کاربری اراضی، تولید ناخالص داخلی و خسارات ناشی از سیلاب و خشک‌سالی و عوامل هیدرولوژیکی همچون جریان ورودی و خروجی سد، مقدار بارش، و میزان تقاضای آبی، مدل‌سازی هیدرولوژی اجتماعی را انجام دادند که با تعریف سناریوهای گوناگون ترکیبی، آثار آبی و اثربخشی سد را بررسی می‌نمود. آن‌ها سیستم‌های هیدرولوژیکی و اجتماعی حاکم بر سد هوئنگ سئونگ^{۲۳} در جنوب کشور کره را از طریق معادلاتی به عوامل نامبرده فوق تقسیم و در یک حلقه قرار داده و سپس سه سناریوی مختلف (حفظ شرایط حاضر، شرایط حدی اقلیمی، شهری شدن سریع) را اعمال نمودند و به این طریق مدلی را برای تخمین دینامیک سیستم ارائه دادند. به‌زعم ایشان می‌توان از مدل هیدرولوژی اجتماعی ساخته‌شده در پروسه اخذ تصمیم و برنامه‌ریزی بهینه منابع آب به خوبی بهره برد. ویگلیون و همکارانش برای مدل‌سازی بازخوردهای بین انسان و سیلاب دشت‌ها در یک مطالعه موردی فرضی از رابطه‌ای با چهار معادله دیفرانسیلی که قبلاً به عنوان یک مدل هیدرولوژی اجتماعی توسط بالدازار و همکارانش معرفی شده بود، استفاده نمودند. آن‌ها از این چهار معادله ساده‌سازی شده برای شرح عوامل اقتصادی، سیاسی، فنی و اجتماعی کمک گرفته و مهم‌ترین بازخوردهای بین

فرآیندهای اقتصادی، سیاسی، فنی و هیدرولوژیکی در تکامل یک جامعه را با این مدل تحلیل نمودند. بنابراین آن‌ها سه جنبه مهم در خصوص اثرات سیلاب در ارتباط با جامعه، به شرح زیر مورد بررسی قرار دادند: ۱) حافظه جمعی، یعنی ظرفیت جامعه برای اینکه آگاهی از ریسک را در حد بالا نگاه دارند، ۲) ذهنیت ریسک‌پذیر، یعنی مقدار ریسکی که جامعه اغلب در مواجهه با آن قرار دارد و ۳) اعتماد جامعه به ابزارها و معیارهای کاهش ریسک. بدین منظور مدل‌سازی انجام‌شده نشان داد که از یک طرف با کمتر درک شدن ریسک سیلاب (به دلیل حافظه جمعی پایین و اعتماد بیش‌ازحد به سازه‌های حفاظت از سیلاب) و از طرفی به دلیل ریسک‌پذیری بالای جامعه، روند توسعه اجتماعی به دلیل خطرات ناشی از سیلاب‌ها به خطر افتاده و حتی احتمال کاهش توسعه اقتصادی نیز وجود دارد (Di Baldassarre et al., 2013 b; Viglione et al., 2014). علیرغم توجه اغلب یا تقریباً تمامی مطالعات موردی بر سیلاب‌ها یا خشک‌سالی‌ها، رابطه انسان و آب، اخیراً در درک رودخانه‌ها و روابط اجتماعی آن‌ها نیز مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به این‌که در سال‌های اخیر جریان‌های زیست‌محیطی اهمیت بالایی یافته‌اند، محققین از هیدرولوژی اجتماعی برای پیمایش مرحله مهمی در پیشبرد مدیریت جریان آب زیست‌محیطی نیز بهره برده‌اند. (Anderson et al. (2019) روابط بین انسان و رودخانه را در قالب تعریف جدید جریان‌ات زیست‌محیطی ترکیب کرده و مطالعاتی روی رودخانه‌های مختلف از کشورهای هندوراس، هند، کانادا، نیوزیلند و استرالیا انجام دادند که در آن‌ها تلاش‌های جامعی برای مشخص شدن حقایق‌های زیست‌محیطی و به‌طور هم‌زمان نیازهای انسانی شده است. در نهایت معلوم شد که بدون در نظر گرفتن فاکتورهای اجتماعی-اقتصادی و مشارکت محلی امکان برنامه‌ریزی و مدیریت مناسب حقایق زیست‌محیطی رودخانه‌ها وجود نخواهد داشت.

در مطالعه‌ای دیگر، (Chen et al. (2016) دو نوع متفاوت از مدیریت رودخانه کیسیمی^{۲۴} در فلوریدای آمریکا را مورد بررسی قرار دادند که به دلیل تفاوت در اولویت‌ها، در بازه‌های زمانی مختلف اعمال شده بودند. این رودخانه در حوالی سال‌های دهه ۱۹۶۰ برای کنترل سیلاب‌ها کانالیزه شده و سپس بعد از گذشت حدود ۵۰ سال، به حالت اول بازگردانده شد. آن‌ها این تغییرات را بر اساس عوامل انسانی مطالعه و به این نتیجه رسیدند که میزان حساسیت جوامع نسبت به سیل در دهه‌های مختلف متفاوت بوده است.

با توجه به مرور منابع موجود مشخص شد که مطالعات سیلاب‌ها در قالب هیدرولوژی اجتماعی در سال‌های اخیر به صورت رو به رشدی

در حال انجام است و امروزه دیگر اثرات رخداد فجایع طبیعی از جمله سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها بدون ملاحظات انسانی قابل ارزیابی نمی‌باشد. در پی چنین اقبالی، مسیر مطالعات جدیدی از طرف برخی از محققین گشوده شد که طی آن نه تنها مطالعات سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها، بلکه درک رودخانه‌ها و روابط اجتماعی پیرامون آن‌ها نیز مورد توجه قرار گرفت تا از این طریق نگاه جامع‌تری نسبت به رفتار تعاملی رودخانه‌ها و انسان‌ها و تأثیرات آن بر رخداد‌های حدی معطوف گردد.

۳-۴- نقش هیدرولوژی اجتماعی در مدل‌سازی

وگل معتقد است تقریباً تمامی مدل‌سازی‌های هیدرولوژیکی که تا به حال انجام شده باید مورد بازبینی قرار گیرند تا معلوم شود که فاکتورهای اقلیم، زمین، پوشش گیاهی و اقتصادی- اجتماعی چگونه در طول زمان با هم در تعامل، تغییر و تکامل بوده‌اند (Vogel et al., 2015). در همین راستا، مرور مطالعات هیدرولوژی اجتماعی نشان داد که بخش مهمی از کارهای انجام گرفته در این حوزه، مربوط به مدل‌سازی می‌باشند. بلر و بیتاورت در سال ۲۰۱۵ مرور جامعی در خصوص مدل‌سازی در هیدرولوژی اجتماعی، مفاهیم، روش‌ها و کاربردهای آن انجام دادند. این دو محقق یک سال بعد نیز در مورد چرایی، چیستی و چگونگی مدل‌سازی در هیدرولوژی اجتماعی به مطالعه پرداختند (Blair and Buytaert, 2015; Blair and Buytaert, 2016). (Buytaert, 2016). Melsen et al. (2018) نیز در خصوص نقش مدل در هیدرولوژی اجتماعی و وجود عدم قطعیت در بررسی سیستم‌هایی که بازیگران انسانی در آن دخیل هستند را به صورت مفهومی مطالعه نموده و لزوم نگاه فرا رشته‌ای^{۲۵} به پیش‌بینی مدل‌های هیدرولوژی اجتماعی را مورد تأکید قرار دادند. مطالعه مدل‌سازی هیدرولوژی اجتماعی با استفاده از مدل‌سازی مبتنی بر عامل^{۲۶} توسط باکارچی و همکارانش ارائه شد که به نظر می‌توانست چالش‌های مدل‌سازی‌های قبلی را تا حدود زیادی رفع نماید. آن‌ها در مطالعه خود یک چهارچوب ساده مدل‌سازی بر مبنای هیدرولوژی اجتماعی ارائه دادند که دینامیک‌های دوگانه رفتار اجتماعی و آلاینده‌گی آب‌های زیرزمینی را دربرمی‌گرفت. مهم‌ترین برآمد تحقیق آن‌ها این بود که تغییری کوچک در متغیر کنترل باعث تغییر استراتژی برای بازگرداندن تعادل اجتماعی- اکولوژیکی می‌شود (Bakarji et al., 2017; Bouziotas and Ertsen, 2017). با تمام اهمیتی که مدل‌سازی مبتنی بر هیدرولوژی اجتماعی می‌تواند داشته باشد، به دلیل پیچیدگی‌های ضمنی موجود در ورود انسان به عنوان جزئی از چرخه هیدرولوژیکی، اغلب اقدامی برای مدل‌سازی جامع با احتساب انسان و آثار آن نشده، اما اخیراً تلاش‌هایی برای ارائه چارچوب‌هایی عملی برای

مدل‌سازی با در نظر گرفتن سیستم‌های به هم پیوسته انسان- طبیعت در مقیاس‌های مختلف (CHNS)^{۲۷} در حال شکل‌گیری است. به نظر می‌رسد برای بررسی پیچیدگی‌های روابط آب و جامعه مدل‌سازی سیستم با در نظر گرفتن سیستم‌های به هم پیوسته انسان- طبیعت تنها راه عملی باشد. پونامبالام و موسوی برخی از چالش‌های این مدل‌سازی را از جمله تفاوت‌های مقیاس‌های زمانی و مکانی، مسائل مقیاس، مسائل سازمانی، و برخی روش‌های مناسب ریاضی برای حل معادلات را ارائه نمودند (Ponnambalam and Mousavi, 2020). مرور منابع موجود در این زمینه نشان می‌دهد ذات هیدرولوژی اجتماعی یعنی میان‌رشته‌ای^{۲۸} بودن، تمرکز بر روی بازخوردهای پیچیده بین انسان و طبیعت و سروکار داشتن با افق‌های زمانی طولانی مدت، باعث می‌شود تا مدل‌سازی هیدرولوژیکی هم‌زمان با مدنظر قرار دادن این مفهوم نوپا، به یک چالش تبدیل گردد. بنابراین مسأله اساسی برای یک مدل‌ساز این است که با تمام امکاناتی که در اختیار دارد، این چالش‌ها را تا جای ممکن به حداقل برساند (Blair and Buytaert, 2016). هدف اصلی در مدل‌سازی به شیوه هیدرولوژی اجتماعی این است که بتوانیم برخلاف روش‌های رایج مدل‌سازی، تصمیم‌گیری‌های سیاسی و رفتارهای انسانی را به شیوه مناسبی وارد مدل‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی نماییم تا این مدل‌ها به ابزارهای مناسب‌تری برای اخذ تصمیم بدل شوند (Gober et al., 2017).

در یکی از مطالعات صورت گرفته، به منظور ترکیب یکی از مدل‌های معروف هیدرولوژیکی یعنی مدل SWAT با فاکتورهای اقتصادی، اجتماعی، واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی^{۲۹} (HRUs) به واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی- اقتصادی^{۳۰} (HERUs) تبدیل و طی آن اثرات محدودیت آب آبیاری در کشاورزی جنوب شرقی اسپانیا مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی مشخصاً گزارش شد که استراتژی‌های تطبیق عوامل در پاسخ به محدودیت‌های آبیاری آثار بسیار وسیع اقتصادی و در نتیجه تأثیرات سلسله‌وار در هیدرولوژی آب‌های سطحی و زیرزمینی دارند (Essenfelder et al., 2018). گوبر بیان می‌دارد که در بخش آب با افزودن دو بعد، نیاز برای وجود مدل‌های جامع‌تر پاسخ داده می‌شود: **اول**، استراتژی‌های مدیریتی که با انسان و فعالیت‌ها و تصمیم‌گیری‌های او به عنوان جزئی ذاتی از یک سیستم آبی برخورد می‌کند و **دوم** بررسی اینکه سیاسیون چگونه از علم برای تصمیم‌گیری‌های سیاسی خود استفاده می‌کنند. به عقیده وی مدل‌سازی جدید مبتنی بر چهارچوب هیدرولوژی اجتماعی برای درک بازخوردهای پویا بین سیستم‌های طبیعی و انسانی بسیار الزامی است. این نحوه جدید مدل‌سازی توانایی آن را دارد که کاربری اراضی، هیدرولوژی، اقلیم و اکولوژی را با ارزش‌های انسانی، موقعیت‌های

S1 تا S5 وابسته به تأثیر این دو نوع تغییرات توسط محققین مورد بررسی قرار گرفته و معادلات آن‌ها ارائه شده است. در واقع این نمودار چرخه آب اجتماعی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد (Hou et al., 2019).

در رویکردی دیگر، سربنیواسان مدل‌سازی‌ای بر پایه هیدرولوژی اجتماعی در شهر چنای^{۳۴} در خلیج بنگال در شرق هندوستان، انجام داد. او بدون احتیاج به این که شرایط آبی اجتماعی را حدس زده و در مدل وارد کند، مدل‌سازی را برای یک دوره ۴۰ سال تاریخی و با تکنیک بازسازی گذشته انجام داد بر این مبنا که اخذ هر تصمیم در گذشته چه تأثیر متفاوتی در شرایط حال می‌توانست ایجاد نماید (Srinivasan, 2015). روش دیگری که برای مدل‌سازی هیدرولوژی اجتماعی مورد استفاده قرار گرفت، تکنیک سؤال محوری بود که Garcia et al. (2016; 2017) بکار گرفتند. آن‌ها با طرح یک سؤال محوری و کلاسیک تحت این عنوان که "اثر سیاست بهره‌برداری از مخزن بر اعتبار تأمین آب یک شهر چیست؟"، اقدام به ارزیابی مهندسی منابع آب در قوانین بهره‌برداری مخازن نموده و در واقع سیستم‌های انسانی و هیدرولوژیکی را به هم متصل کردند. آن‌ها دو نوع متفاوت از سیاست‌های بهره‌برداری از مخزن را در یک شهر با داده‌های فرضی با هم مقایسه نمودند و به نتایجی در خصوص مدیریت موجودیت آب برای شهر رسیدند که جز با مدل‌سازی در چارچوب هیدرولوژی اجتماعی ممکن نبود.

در سیستم حوضه آبریز رودخانه مورومبیج^{۳۵} (MRB) در استرالیا که در صد سال اخیر به دلیل بازخوردهای بین الگوهای مدیریتی مختلف آب و تنوعات ناشی از تغییرات اقلیمی شاهد دینامیک‌های خاصی بوده است، یک استراتژی میانه‌رو بین انسان و طبیعت توسط Van Emmerik et al. (2014) به کار برده شد. به دلیل تغییرات سیستمیک خاص حوضه آبریز این رودخانه، مطالعات اولیه هیدرولوژی اجتماعی در آنجا شکل گرفت و حتی مدل‌سازی آن نیز تحت شرایط نامعین اجتماعی و اقتصادی انجام گردید (Roobavannan et al., 2018). نتیجه مهم تحلیل‌ها در دوره‌های مختلف توسعه منابع آب در این حوضه، حاکی از یک نوسان آونگی مابین توسعه کشاورزی و احیای اکوسیستم‌های طبیعی بود. لذا بر این اساس برای حوضه مورومبیج، یک مدل ساده‌سازی شده نیمه توزیعی از سیستم تعاملی هیدرولوژی اجتماعی که تعامل متقابل بین انسان و سیستم‌های هیدرولوژیکی را شبیه‌سازی نماید، ساخته شد. مدل مذکور شامل معادلات دیفرانسیلی معمولی غیرخطی بود که بازخوردهای بین متغیرهای ذیل را شرح می‌داد: ذخیره در سدها، مساحت تحت آبیاری، جمعیت انسانی، سلامتی اکوسیستم‌ها، و آگاهی زیست‌محیطی. در

سیاسی و فرآیندهای بازار ارتباط داده و به نقش اجتماع روحی تازه ببخشد. گویر و همکاران با اعمال فاکتورهای انسانی در مدل‌های رایج هیدرولوژیکی در حوضه‌های آبریز رودخانه‌های کلرادو^{۳۶} و ساسکاجوان^{۳۷} نشان دادند که این قالب جدید مدل‌سازی به مدیران این امکان را می‌دهد که نتیجه سیاست‌های خود روی منابع آب و تقاضا، تحت طیف متنوعی از شرایط آبی، حتی دسته‌ای از اتفاقاتی که خارج از روند داده‌های اقلیمی یا تاریخی رخ می‌دهند را رصد نمایند (Gober et al., 2017). واقعیت این است که دیگر مدل‌سازی‌های ایستا توان پاسخگویی به نیازها و حوادث در حال تغییر را ندارند و بقول مایلی، ما در حال ورود به دوره‌ای هستیم که پایداری مرده است و دیگر نمی‌توانیم از توابع چگالی احتمال بر اساس داده‌های تاریخی برای مدیریت و برنامه‌ریزی ریسک در آینده درازمدت استفاده نماییم (Milly et al., 2008).

در یکی از مطالعات بسیار مهم به‌عنوان اولین قالب عملی مدل‌سازی برای حوضه‌های آبریز تحت کشاورزی، Elshafei et al. (2014) دو حوضه آبریز بزرگ در استرالیا را مورد بررسی قرار داده و در قالب ۶ عامل مهم، روابطی برای بیان ریاضی این مدل ارائه نمودند که در ترکیب با یکدیگر، نوعی سیستم تعاملی پویا را شکل داده و عبارت‌اند از: ۱- هیدرولوژی حوضه، ۲- جمعیت، ۳- اقتصاد، ۴- محیط‌زیست، ۵- حساسیت اجتماعی- اقتصادی و ۶- پاسخ ترکیبی. چنانکه مشاهده می‌شود، این قالب مفهومی دو ساختار جدید را ارائه می‌دهد: ۱- متغیر مرکب عامل اقتصادی- اجتماعی که به دنبال ثبت سطح تهدید قابل‌درک در کیفیت زندگی جامعه بوده و به‌عنوان یک رابط کلیدی برای اتصال حلقه‌های بازخورد اساسی در سیستم تعاملی عمل می‌کند و ۲- متغیر پاسخ رفتاری به‌عنوان مکانیسم بازخورد قابل‌مشاهده که تصمیمات مدیریتی آب و زمین را که به چرخه هیدرولوژی مربوط می‌شوند، انعکاس می‌دهد. "علیرغم این که اهمیت بعد انسانی و پویای اجتماعی در مدیریت پایدار منابع آبی به‌خوبی درک شده است، اما عدم قطعیت‌های ناشی از پاسخ انسان به تغییرات بنیادی و زیست‌محیطی به‌طور شایسته موردتوجه قرار نگرفته" (Schlueter et al., 2012). در همین رابطه، Hou et al. (2019) برای غلبه بر عدم قطعیت ناشی از پاسخ انسانی، تلاش کردند تا با ارائه مفهوم چرخه آب اجتماعی^{۳۳}، معادلات اساسی را با تمرکز بر مکانیسم‌های تکاملی در جریانات این چرخه تبیین نمایند. در نتیجه تلاش این تیم، نمودار S شکلی برای فرمول‌بندی ارائه شد که از آن نقطه به بعد به‌تدریج امیدواری به ارائه روابط ریاضی و مدل‌سازی‌های قوی‌تر، قوت گرفت. در این نمودار حالت S0 برای یک توالی تکاملی کامل عکس‌العمل‌های بین تغییرات تدریجی و ناگهانی ارائه شده است. بعد از تکامل این نمودار ۵ حالت از

شبیه‌سازی‌های مدل ایجادشده، انتشار عوامل خارجی اقلیمی و اجتماعی- اقتصادی در این سیستم یکپارچه و پیچیده، رصد می‌گردید. در تحقیقی دیگر در حوضه آبریز رودخانه تاریم^{۳۶} در غرب چین، چهار نوع سیستم هیدرولوژی اجتماعی بر اساس خصوصیات و تنوع زمانی- مکانی و تکامل تاریخی به این ترتیب تعریف شدند: کشاورزی اولیه، کشاورزی رایج، کشاورزی صنعتی و سیستم هیدرولوژی اجتماعی شهری. (Liu et al. (2014) این چهار مرحله و زیرسیستم‌های مربوطه را بر مبنای منابع تولیدی اجتماعی مورد بحث و بررسی قرار دادند تا امکان درک تغییرات تعاملی جامعه و رودخانه فراهم آید.

نهایتاً آنچه در بسیاری از مدل‌سازی‌های دیگر نیز قابل مشاهده است، رقابت بین واژه "تولیدکنندگی"^{۳۷} در ادبیات انسانی و واژه "احیاکنندگی"^{۳۸} در ادبیات زیست‌محیطی است که در واقع نیروی محرک نوسانات آونگی را ایجاد می‌کند (Van Emmerik et al., 2014). (Gober and Wheatler (2014) همین رقابت را در حوضه آبریز رودخانه ساسکاچوان در غرب کانادا نیز مشاهده نمودند، بطوریکه بازخوردهای ۵ عامل متنوع در این حوضه از جمله: مجموعه‌ای از رخدادهای حدی در قرن ۲۱ (سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌های شدید)، تخصیص کامل آب رودخانه در بخشی از حوضه، رشد سریع جمعیت و توسعه اقتصادی، افزایش آلاینده‌ها و نهایتاً حاکمیت گسیخته و یا دوگانه (دارای همپوشانی) حوضه آبریز در استان‌های مختلف و مرزهای بین‌المللی، سبب افزایش رقابت بر سر آب بین بخش‌های مختلف اقتصادی و استان‌های مختلف، بین کاربران در بالادست و پایین‌دست رودخانه، و بین حقبه‌های زیست‌محیطی و نیازهای بشری و حتی بین انسان‌ها با ارزش‌ها و اولویت‌های گوناگون شده بود. بنابراین طبق آنچه که از هیدرولوژی اجتماعی قابل دریافت بود، بروز چالش‌های مربوط به امنیت آب در این حوضه بود که حاکی از رسیدن سیستم‌های پیچیده و پویای آبی به آستانه‌های بحرانی و نقاط عطف خطرناکی بود، چراکه همه این رخدادهای در بستری از تغییرات سریع اجتماعی- زیست‌محیطی رخ می‌دادند. پر واضح است حوضه‌های آبریز در واقع سیستم‌های هیدرولوژیکی چندبعدی‌ای هستند که سیستم جامع آب در آن‌ها هنگامی با مشکل مواجه می‌شود که با همه اجزای آن، شامل انسان‌ها و اجزا بیوفیزیکی، به‌طور جامع برخورد نشود.

(Pouladi et al. (2020) برای مطالعه نحوه تأثیر رفتار کشاورزان منطقه بر خشکی دریاچه ارومیه، از مدل‌سازی بر پایه عامل به همراه روش‌های داده‌کاوی برای ارائه یک چهارچوب هیدرولوژی اجتماعی جهت ایجاد دیدگاه برای سیاست‌گذاران استفاده نمودند. داده‌های مربوط به خصوصیات اصلی کشاورزان از تحقیقات میدانی و مصاحبه‌ها به دست آمد. سپس الگوهای اصلی نمایشگر تصمیمات کشاورزان در

حوزه کشاورزی استخراج و از رفتارهای استخراج‌شده در مدل به عنوان ورودی استفاده گردید تا فعالیت‌های کشاورزی شبیه‌سازی شود. در نهایت چارچوب پیشنهادی برای درک عکس‌العمل‌های بین فعالیت‌های کشاورزی و میزان ورودی آب از رودخانه زربنه‌رود به‌عنوان یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های تغذیه‌کننده دریاچه ارومیه، تدوین و ارائه گردید که نشان‌دهنده اثر معنی‌دار آموخته‌های اکتسابی کشاورزان در حوضه است. آن‌ها در مطالعه‌ای دیگر با اتکا بر مدل‌سازی هیدرولوژی اجتماعی یک ارزیابی موردی از سیستم‌های منابع آبی پیچیده‌ای همچون دریاچه ارومیه انجام داده و این بار از ترکیب مدل‌سازی بر مبنای عامل و تئوری رفتار برنامه‌ریزی‌شده (TPB)^{۳۹} بهره بردند. در این مطالعه نیز محققین مجدداً روی رفتار کشاورزان تأکید داشتند و از تکنیک پرسشنامه و مصاحبه‌های محلی برای جمع‌آوری داده استفاده نمودند. نتایج ارزیابی شبیه‌سازی به کمک معیارهای RMSE (جذر متوسط مربعات خطا) و DC (ضریب تبیین) نشان‌دهنده قدرت خوب مدل‌سازی در قالب هیدرولوژی اجتماعی بود (Pouladi et al., 2019). (Gholizadeh-Sarabi et al. (2019) نیز پس از طبقه‌بندی مراحل مطالعه تاریخی هیدرولوژیکی اجتماعی، تسلسل تاریخی وقایع طبیعی و فعالیت‌های انسانی و تغییرات مؤلفه‌های هیدرولوژیکی اجتماعی را در حوضه مشهد مورد بررسی قرار دادند. طی این مطالعه تاریخی، سیستم‌های اصلی، زیرسیستم‌ها و مؤلفه‌های مؤثر هیدرولوژیکی اجتماعی در حوضه آبریز مشهد شناسایی شده و تاریخ هم‌تکاملی سیستم هیدرولوژیکی اجتماعی از بدو پیدایش سیستم انسانی تاکنون مورد بررسی قرار گرفته است، و در نهایت نحوه ارتباط سیستم‌های انسانی و هیدرولوژیکی و برهم‌کنش‌هایشان با یکدیگر در قالب مدلی ادراکی و مبتنی بر تاریخ هم‌تکاملی سیستم هیدرولوژیکی اجتماعی در حوضه، به‌سادگی نمایش داده شده است.

مرور مطالعات هیدرولوژی اجتماعی نشان داد که عمده کارهای صورت گرفته در چهار موضوع کلی قابل بررسی هستند: مفاهیم کلی حاکم بر اصل هیدرولوژی اجتماعی، نقش آن در مسائل مهمی همچون کشاورزی، رخدادهای حدی و مدل‌سازی. در این قسمت با توجه به جزئیات فراوان مطالعات انجام شده، تصمیم بر آن شد تا طی جدولی اقدام به جمع‌بندی آن‌ها گردد. در تنظیم این جدول سعی شد تا تقسیم‌بندی سیواپالان مبنای عمل قرار گیرد به این صورت که تمامی تحقیقات میدانی مرور شده در سه محور هیدرولوژی اجتماعی تاریخی، مقایسه‌ای و فرآیندی به تفکیک سطوح تحلیل کلان، میانی و خرد به شرح ذیل طبقه‌بندی شوند. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود تعداد کارهای صورت گرفته در محور هیدرولوژی اجتماعی تاریخی بسیار اندک می‌باشد و عمده کارهای صورت گرفته در هیدرولوژی اجتماعی

۴- نتایج و بحث

با اینکه در طول تاریخ بین انسان و آب همواره نوعی قرابت و همبستگی بسیار نزدیک وجود داشته است، اما در تحقیقات علمی به‌ویژه در دوران مدرنیسم، به دلیل تخصصی شدن هرچه بیشتر علوم و تعریف مرزبندی‌های سخت و شکننده بین آن‌ها، محققان بدون توجه به واقعیت‌های خارج از مرزبندی‌های دیسیپلین‌های خود، اقدام به ارائه تحلیل‌های یک‌جانبه می‌نمودند. اما پدیدار شدن بحران‌های علمی یکی پس از دیگری، به‌وضوح نشان داد که دیدگاه‌های محدود و یک‌جانبه سنتی توان تحلیل و پاسخگویی به چالش‌های مهم بشری را ندارند. در حوزه زیست‌محیطی نیز متعاقب نارسایی رویکردهای سنتی در مطالعات مدیریت منابع آب، بسیاری از اندیشمندان این عرصه متوجه ضرورت تعریف رویکردهای جدیدی شدند که طی آن رابطه انسان و آب می‌بایست مجدداً مورد بازنگری قرار می‌گرفت. در این راستا مفاهیم و دیدگاه‌های متعددی ظهور کردند از جمله سیستم‌های چندمنظوره آب^{۴۰}، مدیریت جامع آب^{۴۱}، مدیریت همه‌جانبه آب^{۴۲}، مدیریت کلی آب^{۴۳} و رویکرد متأخرتری (تقریباً از دهه ۱۹۹۰ میلادی) تحت عنوان مدیریت یکپارچه منابع آب^{۴۴} که ضمن نقد دیدگاه‌های سنتی، معتقد به باهم نگرایی مؤلفه‌های مهم در مطالعات مربوط به مدیریت منابع آب بودند. در این میان مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM) با تأکید خاصی که بر رابطه بین انسان و آب داشت، دیدگاه نسبتاً کامل‌تری در مقایسه با روش‌های مرسوم ارائه می‌کرد که همین امر منجر به رشد چشمگیر و تبدیل آن به یک چهارچوب فکری مسلط در حوزه مطالعات آبی گردید. بی‌شک مهم‌ترین دلیل استقبال از IWRM مربوط به ضعف مشخص رویکردهای رایجی بود که ماهیت ایستا، تکنوکراتیک و سناریو محور داشتند. این رویکردها هرچند در کوتاه‌مدت غالباً عملکرد نسبتاً خوبی از خود به نمایش می‌گذاشتند اما در بلندمدت با نتایج ناخواسته‌ای مواجه می‌شدند که ناشی از بی‌توجهی آن‌ها نسبت به بازخوردهای پویا بین سیستم‌های طبیعی، تکنیکی، و اجتماعی بود. مدیریت یکپارچه منابع آب با لحاظ کردن مؤثرتر متغیرهای دوسویه آب-انسان در مطالعات و مدل‌سازی‌های خود، گام بسیار مهمی در تبیین و تحلیل واقع‌گرایانه‌تر منابع آب و مدیریت بهینه این منابع برداشت و به‌ویژه با توجه به اینکه مفهوم مدیریت را به‌عنوان یک فرایند در نظر می‌گرفت، لذا ماهیت پویایی در مقایسه با رویکردهای ایستای پیشین داشت.

اما به‌مانند بسیاری از روش‌ها و نظریه‌های علمی دیگر، IWRM نیز

پس از مدتی مواجه با انتقاداتی گردید. از آنجایی که منابع آبی همچون سایر منابع طبیعی به دلیل نقش استراتژیکی که در تولید ثروت و قدرت دارا هستند، همواره عرصه بازی‌های سیاسی قدرت‌طلبان و سودجویان بوده‌اند، لذا روابط قدرت و تأثیر آن بر منابع آبی یکی از مواردی است که IWRM آن را نادیده گرفته و چنین تلقی نموده است که بازیگران اصلی عرصه‌های آبی تماماً میل به همگرایی و ایجاد یک سیستم یکپارچه مبتنی بر عدالت را دارند حال آنکه لزوماً و در اکثر مواقع چنین نیست. در بسیاری از مواقع و به‌ویژه در شرایطی که رقابت بر سر منابع و منافع در میان باشد، میل به واگرایی در یک سیستم معمولاً بیشتر از میل به همگرایی است. در چنین حالتی، بدیهی است که پایداری سیستم نیز در بلندمدت دچار اختلال خواهد گردید. این موضوع در تعدادی از تحقیقات به‌وضوح نشان داده شد که IWRM به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌نیافته، عملاً ناکارآمدی بارزی در ایجاد یک سیستم یکپارچه مدیریتی در منابع آب دارد. متعاقب انتقادات وارد شده به IWRM و رویکردهای مشابه دیگر، هیدرولوژی اجتماعی (SH) در ۲۰۱۲ توسط سیوآپالان و همکاران معرفی و از استقبال چشمگیری در محافل علمی برخوردار گردید. هیدرولوژی اجتماعی با تأکید ویژه و خاصی که روی مؤلفه‌های اجتماعی داشت، برخلاف رویکردهای تکنوکراتیک پیشین که مفاهیم اجتماعی را به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کمکی و عمدتاً به‌عنوان هدف برنامه‌ریزی‌ها در تحلیل‌های خود در نظر می‌گرفتند، به ابعاد اجتماعی وزن بسیار بیشتری داده و حتی در کمترین میزان توجه، حداقل هم‌وزن مؤلفه‌های تکنیکی در نظر می‌گرفت (Sivapalan et al., 2012). اما با این حال، گروهی از منتقدان (Madani and Shafiee Jood, 2020) بر این باورند که هیدرولوژی اجتماعی در حقیقت تکرار مفاهیمی است که توسط رویکردهای پیشین مورد اشاره و تصدیق قرار گرفته‌اند و این رویکرد حرف تازه‌ای برای گفتن ندارد. به‌زعم ایشان، تنها تفاوت و یا سهم عمده‌ای که هیدرولوژی اجتماعی در حوزه مطالعات منابع آبی داشته است، یادآوری و تأکید بجا بر جنبه‌های مهم اجتماعی است که در رویکردهای دیگر کمرنگ شده بودند. برخلاف IWRM که عمدتاً روی مدیریت ابعاد تکنیکی، اقتصادی-اجتماعی و نهادی تصمیم‌گیری در منابع آبی-به‌ویژه در مقیاس حوضه‌ای-متمرکز شده است، هیدرولوژی اجتماعی درصدد مطالعه پویایی سیستم‌های آب-انسان بوده و بر فهم هم‌تکاملی سیستم‌های آبی و اجتماعی و نیز تأثیرات متقابل بین این سیستم‌ها و چرخه جهانی آب تأکید می‌نماید. به‌عبارتی دیگر، تأثیرات متقابل انسان محلی (Local) و چرخه آب در سطح جهانی (Global) در هیدرولوژی اجتماعی به‌خوبی مورد توجه واقع شده است (Ponnambalam and Mousavi, 2020). طبق نظرات محققین و به طور خلاصه می‌توان به این صورت مرزبندی

Table 2- Classification of the field studies presented in sections 3-2, 3-3 and 3-4

جدول ۲- طبقه‌بندی مطالعات میدانی ارائه‌شده در بخش‌های ۳-۲، ۳-۳ و ۳-۴

حوزه‌های مطالعاتی	مطالعات انجام‌شده	سطح تحلیل	محور
تیین رابطه انسان، سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها	Kuil et al. (2016) در مطالعه‌ای تاریخی در خصوص قوم مایا ارتباط انحطاط تمدن آن‌ها را در قالب هیدرولوژی اجتماعی با آب و دوره‌های خشک‌سالی بررسی نمودند.	۳-۱	هیدرولوژی اجتماعی تاریخی
کشاورزی، مدیریت کاربری اراضی و حفظ محیط‌زیست	Dame et al. (2018) ، Wescoat Jr et al. (2018) و Siddiqi et al. (2018) به مطالعه نحوه توسعه اراضی کشاورزی، تخصیص آب و ایجاد منابع مصنوعی تأمین آب در رودخانه سند (بازه‌هایی از رودخانه در کشورهای پاکستان و هندوستان) پرداختند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
کشاورزی، مدیریت کاربری اراضی و حفظ محیط‌زیست	Gamage and Jayasena (2018) رابطه بین میزان درآمد خانوار، میزان جمعیت، و سطح تخصیلات با مقدار آب مصرفی و نحوه تصفیه و دفع آب در ۵ منطقه از یک حوضه آبریز در سریلانکا را بررسی نمودند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
کشاورزی، مدیریت کاربری اراضی و حفظ محیط‌زیست	Vogel et al. (2019) به ارزیابی هیدرولوژی اجتماعی ۵۶ مخزن کوچک برای تأمین آب کشاورزی در بخش مرکزی کشور تونس و مقایسه مطلوبیت آن‌ها از مناظر مختلف پرداختند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
تیین رابطه انسان، سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها	Fuchs et al. (2017) به بررسی میزان درک خطر سیلاب و علل رخداد سیلاب از دید ساکنین دو حوضه مختلف در دو منطقه متفاوت (شهری و روستایی) از کشور یونان از منظر هیدرولوژی اجتماعی پرداختند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
تیین رابطه انسان، سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها	Anderson et al. (2019) به بررسی رودخانه‌ها و روابط اجتماعی آن‌ها و مرور مدیریت حقایق زیست‌محیطی رودخانه‌ها در چندین رودخانه مهم در کشورهای متفاوت پرداختند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
مدل‌سازی	Gober et al. (2017) با مقایسه مدل‌سازی در قالب هیدرولوژی اجتماعی در دو رودخانه کلرادو (آمریکا) و ساسکاچوان (کانادا) نشان دادند که موجودیت آب در آینده به شدت به نحوه تصمیم‌گیری در مورد آن و دخالت دادن عوامل انسانی و سیاسی ارتباط دارد.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
مدل‌سازی	Elshafei et al. (2014) یکی از جامع‌ترین چارچوب‌های مدل‌سازی هیدرولوژیک را با مقایسه دو حوضه آبریز با دو نوع متفاوت از مدیریت آبیاری (آبی و دیم) در استرالیا ارائه دادند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
مدل‌سازی	Hou et al. (2019) معادلات اساسی چرخه آب اجتماعی را فرمول‌بندی نمودند. و خصوصیات ذاتی و پویای این چرخه را همچون مکانیسم تغییر تدریجی و تغییرات ناگهانی را به تصویر کشیدند. مطالعات موردی آن‌ها در ۳۹ کشور انجام شد.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
مدل‌سازی	Garcia et al. (2016) در یک مثال فرضی در قالب مدل‌سازی هیدرولوژی اجتماعی به بررسی اثر سیاست بهره‌برداری از مخزن سد بر روی اعتمادپذیری موجودیت آب برای دو مخزن با دو نوع سیستم بهره‌برداری مختلف پرداختند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
کشاورزی، مدیریت کاربری اراضی و حفظ محیط‌زیست	Kandasamy et al. (2014) تعادل بین آب مورد نیاز برای کشاورزی و تلاش برای کاهش روند تخریب محیط‌زیست پیرامون رودخانه مورویج در استرالیا را در یک مطالعه موردی در چهار دوره بررسی نمودند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
تیین رابطه انسان، سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها	Ferdous et al. (2018) با تعریف دو نوع متفاوت از بازخوردهای انسان با رخداد‌های سیلابی، در قالب هیدرولوژی اجتماعی، سیلاب‌دشت مربوط به رودخانه جامونا را مورد مطالعه قرار دادند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
تیین رابطه انسان، سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها	Barendrecht et al. (2018) با در نظر گرفتن سیلاب‌های سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۳ در رودخانه الهه در درسدن آلمان به بررسی رابطه بین میزان آگاهی مردم از سیلاب (حافظه تاریخی) و خسارات آن پرداختند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
تیین رابطه انسان، سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها	Gober and Wheater (2014) چارچوب هیدرولوژی اجتماعی را برای رودخانه ساسکاچوان در کانادا در بستر تغییرات شدید این رودخانه به دلایل اقلیمی، رشد سریع جمعیت، توسعه اقتصاد، نوع حکمرانی در منطقه، به طور کیفی پیاده نمودند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
تیین رابطه انسان، سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها	Lee and Kang (2020) مدلی برای درک دینامیک سیستم سد چندمنظوره هوئنگ سئونگ در جنوب کره ایجاد کردند و با در نظر گرفتن عوامل اجتماعی و هیدرولوژیکی و با در نظر گرفتن سه سناریوی مختلف مدل‌سازی سیستم را با در نظر گرفتن شرایط اجتماعی انجام دادند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
تیین رابطه انسان، سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها	Di Baldassarre et al. (2013) به بررسی دو نوع متفاوت از برخورد انسان با سیلاب (دور شدن از سیلاب‌دشت، مرتفع‌تر کردن سازه‌های محافظتی) به مفهومی سازی یک مدل هیدرولوژی اجتماعی بر مبنای فاکتورهای هیدرولوژیکی و جامعه‌شناختی پرداختند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
تیین رابطه انسان، سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها	Viglione et al. (2014) با استناد به مدل هیدرولوژی اجتماعی ارائه‌شده توسط Di Baldassarre et al. (2013) با در نظر گرفتن یک شرایط فرضی نقش سه عامل حافظه جمعی، ذهنیت ریسک‌پذیر و اعتماد را مدل‌سازی نمودند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
تیین رابطه انسان، سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها	Chen et al. (2016) دو نوع متفاوت از مدیریت رودخانه (کانالیزه کرده برای کنترل سیلاب و بازگرداندن به حالت ابتدایی) را که به دلیل تفاوت اولویت‌ها در بازه‌های مختلف رخ داده مورد بررسی قرار داده‌اند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای
مدل‌سازی	Bakarji et al. (2017) در یک مطالعه مدل‌سازی اثرات متقابل جوامع انسانی و میزان آلاینده‌گی در آب‌های زیرزمینی را انجام دادند.	۳-۲	هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای

مدل‌سازی	Essenfelder et al. (2018) دو مدل PMAUP* و SWAT** را با هدف کشف و ارزیابی دینامیک‌های بین رفتارهای عوامل اجتماعی- اقتصادی و نحوه ارتباط آن‌ها با سیستم آبی و مدیریت اراضی با هم تلفیق نمودند. این مطالعه در حوضه‌ای در جنوب شرقی اسپانیا انجام شد.
مدل‌سازی	Srinivasan (2015) مدل‌سازی هیدرولوژی اجتماعی را در شرق هندوستان انجام داد و پاسخ سناریوهای مختلف تاریخی را مورد بررسی قرار داد.
مدل‌سازی	Roobavannan et al. (2018) به بررسی و مدل‌سازی شرایط حوضه آبریز رودخانه مورومبج تحت آینده نامعلوم اقتصادی و اقلیمی پرداختند.
مدل‌سازی	Liu et al. (2014) در حوضه آبریز رودخانه تاریم بر مبنای ۴ نوع متفاوت از سیستم‌های هیدرولوژی اجتماعی به بررسی تغییرات تمامی رودخانه و جامعه پرداختند.
مدل‌سازی	Van Emmerik et al. (2014) نوسان آونگی مابین توسعه کشاورزی و احیای اکوسیستم‌های طبیعی را در حوضه مورومبج استرالیا مورد مطالعه قرار دادند.
مدل‌سازی	Pouladi et al. (2020) از مدل‌سازی بر پایه هیدرولوژی اجتماعی برای مدل‌سازی رابطه بین رفتارهای کشاورزان در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و آورد رودخانه زربینه‌رود بهره بردند.
مدل‌سازی	Pouladi et al. (2019) با ترکیب تئوری رفتار برنامه‌ریزی‌شده و مدل‌سازی بر مبنای عامل در حوضه دریاچه ارومیه و زیر حوضه زربینه‌رود مدل‌سازی هیدرولوژی اجتماعی انجام دادند.

* Microeconomic multifactor/multioutput Positive Multi-Attribute Utility Programming

** Soil and Water Assessment Tool

دقیق‌تر، نه تنها ریشه‌های تاریخی روابط موجود بین انسان و آب در یک حوضه یا جامعه باید بررسی شوند بلکه برای فهم بهینه مناسبات موجود، مطالعات مقایسه‌ای بین حوضه‌های مختلف و تحلیل تشابهات و تفاوت‌های بین آن‌ها را نیز ضروری دانسته است. بدین ترتیب هیدرولوژی اجتماعی علاوه بر مطالعات مقطعی (فرآیندی) با ارائه مطالعات عرضی (مقایسه‌ای) و طولی (تاریخی) نقش روش‌شناختی بسیار مهمی در مطالعات منابع آبی ایفاء کرده و پویایی خاصی به تحلیل‌ها و برنامه‌ریزی‌های خود داده است. این محورهای عمده مطالعاتی^{۴۵} هر یک نشانگر تحلیل در سطوح خرد، میانی و کلان می‌باشند که در رویکردهای مسلط موجود بدان توجهی نشده است. همچنین به دلیل تأکید ویژه روی مؤلفه‌های اجتماعی، مفاهیم جدیدی در تحلیل‌های هیدرولوژی اجتماعی بچشم می‌خورد که از منظر مطالعه و پیش‌بینی رفتار انسان- آب از ارزش تحلیلی بسیار بالایی برخوردارند. مفاهیمی از قبیل "پایداری" (Sustainability)، "تاب‌آوری"^{۴۶} (Resilience) و "حکمرانی انطباقی"^{۴۷} (Adaptive Governance) از جمله این موارد هستند که اتفاقاً برای جامعه‌شناسان نیز جذابیت خاصی دارند.

سیواپالان که هیدرولوژی اجتماعی مد نظر خود را یک "علم جدید" می‌نامید، به‌درستی با انتقاداتی مواجه گردید. یک علم جدید نیازمند مقتضیات بسیاری است از قبیل موضوع مورد مطالعه، فلسفه، سؤالات، و نهایتاً روش‌شناسی کاملاً متفاوت از سایر علوم که هیدرولوژی اجتماعی چنین ویژگی‌های مرزبندی شده‌ای را ندارد. اما از سویی دیگر، تفاوت‌هایی چه از نظر دیدگاه نسبت به مسائل منابع آبی و چه از نظر روش‌شناسی، بین هیدرولوژی اجتماعی و رویکردهای مسلط موجود به

مشخصی بین هیدرولوژی اجتماعی و IWRM انجام داد: نسبت هیدرولوژی اجتماعی به IWRM بی‌شبهت به نسبت هیدرولوژی به‌عنوان یک علم، به فرایند مدیریت منابع آب نیست. هیدرولوژی اجتماعی تکیه بر جنبه‌های دینامیک تکامل هم‌زمان بازخوردهای انسان- آب دارد و در مقابل IWRM پارادایمی در مدیریت منابع آب است که مبانی و قوانین آن را به خدمت می‌گیرد تا همین سیستم‌های هیدرولوژیکی- انسانی را مدیریت نماید. از این منظر نگاه و تکیه هیدرولوژی اجتماعی به‌عنوان شاخه‌ای از یک علم، عمدتاً نگاه تشریحی و توصیفی پدیده‌ها (descriptive) است درحالی‌که نگاه IWRM به‌عنوان بخشی از دیدگاه عملیاتی مدیریتی منابع آب، عملیاتی و تجویزی است (prescriptive). نکته دیگر این که مقیاس مکانی تحلیل‌ها در IWRM عمدتاً حوضه‌ای و منطقه‌ای و اغلب یک‌سویه (مدل‌سازی اثرات جهانی بر محلی) به روش سناریوسازی با برخی موارد استثناء بوده است. در مقابل، هیدرولوژی اجتماعی بر اثرات متقابل فرایندهای عمومی- محلی بر یکدیگر و به شکل کوپل شده تکیه می‌کند که پیش از هیدرولوژی اجتماعی نیز در تحلیل سیستم‌های پیچیده منابع آب با استفاده از روش پویایی سیستم بدان پرداخته شده است (Ponnambalam and Mousavi, 2020).

بررسی‌ها نشان می‌دهند که هیدرولوژی اجتماعی علی‌رغم برخی نارسایی‌ها، عناصر فکری جدیدی ارائه کرده است که قابلیت تحلیلی بهتری نسبت به رویکردهای پیش از خود دارد. از جهت فکری، هیدرولوژی اجتماعی چهارچوب بسیار گسترده‌تری نسبت به رویکردهای موجود را تعریف کرده که طی آن برای درک صحیح‌تر واقعیات موجود منابع آبی و انجام برنامه‌ریزی‌ها و مدل‌سازی‌های

تولیدشده و مدل‌سازی‌های ناشی از آن، به دلیل عدم تحلیل درست عامل انسانی، دچار همان نقیصه‌ای خواهند شد که علت وجودی رویکردهای جدیدی چون IWRM و SH بوده‌اند.

چالش دیگر معطوف به این مسئله می‌گردد که در IWRM و به‌ویژه SH به دلیل پیچیدگی‌های خاصی که در مدل‌های مربوط به سطوح محلی-به-جهانی و جهانی-به-محلی وجود داشته و منجر به عدم قطعیت می‌شود و نیز با عنایت به اینکه فهم پروسه‌های اجتماعی، اقتصادی، نهادی، و طبیعی و نیز روابط یا معادلات، دینامیسم و تکامل آن‌ها بسیار سخت می‌باشد، لذا محققین بسیاری تمایل به استفاده از مدل‌های ساده‌تر و قابل‌حل‌تری دارند که امکان مدل‌سازی، ارزیابی و سازگاری بیشتری داشته باشند. در این حالت، کارها شکل کلیشه‌ای و ساده به خود گرفته و توسعه علمی به دلیل مواجه نشدن تحقیقات با مفاهیم و واقعیات جدی و چالش‌برانگیز اتفاق نخواهد افتاد.

کلام آخر این که باید بپذیریم انسان هم عامل توسعه و هم هدف توسعه است و لذاست که در هیچ زمینه‌ای امکان ایجاد توسعه پایدار میسر نخواهد بود مگر از طریق توجه جدی به عامل انسانی و مشارکت فعال و مسئولانه او در برنامه‌های توسعه. "بالداسار" در همین رابطه یکی از موانع مهم رسیدن به اهداف توسعه پایدار در بخش آب را پیشرفت تکنولوژیکی وسیع در بخش آب و به همان میزان نقصان در مطالعات جامعه‌شناختی این بخش می‌داند که هیدرولوژی اجتماعی می‌تواند راهگشای مناسبی در این زمینه باشد (Di Baldassarre et al., 2019). این رویکرد جدید به‌جهت توجه ویژه‌ای که به عامل انسانی معطوف می‌دارد، به شرط تعریف و اجرای پروژه‌های مشترک میان‌رشته‌ای گسترده و دقیق متشکل از متخصصین زبده رشته‌های علوم آب و اجتماعی، یقیناً از ملزومات نظری و عملی به‌مراتب بیشتری برای ایجاد توسعه پایدار در عرصه منابع آبی برخوردار خواهد بود. بنابراین بسیار ضروری است تا متخصصین میان‌رشته‌ای با اجرای تحقیقات مشترک بنیادین و استفاده از بیان ریاضی پیشرفته جهت تولید مدل‌هایی که سازگاری بیشتری با واقعیات پیچیده دنیای بیرون داشته و از توان تحلیلی و پیش‌بینی دقیق‌تری برای رفتار انسان-آب برخوردار باشند، پاسخگویی مناسبی برای چالش‌های پیش روی بخش ارائه نمایند. همچنین بسیار ضروری است تا ضمن به‌کارگیری مفاهیم و تحلیل‌های علمی بنیادی و اجرای تحقیقاتی که منجر به توسعه مبانی دانش در این شاخه از هیدرولوژی می‌گردد، زمینه توسعه و بهره‌مندی هرچه بیشتر از پتانسیل بالای این رویکرد را فراهم و انسان را در پاسخگویی مؤثر به چالش‌های بخش آب که حیاتی‌ترین نیاز بشری است، توانمندتر ساخت. چراکه پیش‌بینی می‌شود رقابت بین

چشم می‌خورد که اگر بپذیریم که یک پارادایم متشکل از مجموعه‌ای از عقاید، ارزش‌ها، پیش‌فرض‌ها، روش‌ها و تکنیک‌هایی است که بین بخشی از یا تمامی اعضای یک جامعه علمی پیرامون مفاهیم، موضوعات و چالش‌های یک رشته علمی شکل می‌گیرد، در آن صورت هیدرولوژی اجتماعی را با قدری تسامح شاید بتوان یک پارادایم علمی جدید در حوزه آب تلقی کرد. هرچند در طرح همین مدعا نیز باید با احتیاط بسیار گام برداشت. چراکه پارادایم‌های علمی نیز در دل خود نظریات متعددی دارند که هنوز این چنین نظریاتی در هیدرولوژی اجتماعی شکل نگرفته‌اند که شاید ناشی جوان بودن این نحله فکری نیز باشد. اما واقعیت دیگر این است که طبق تئوری‌های دانش، تکامل علم و جایجا شدن مرزهای دانش در پی انقلاباتی حاصل می‌شود که در اثر به چالش کشیده شدن پارادایم‌های موجود و ظهور سنتزهای جدید اتفاق می‌افتند. یک پارادایم علمی مادامی که به لحاظ تئوریک قادر به پاسخگویی به چالش‌های موجود باشد، به حیات خود ادامه می‌دهد. با توجه به سرعت و حجم بسیار بالای تغییرات و ظهور نیازها و چالش‌های نوپدید، اگر چنانچه یک پارادایم علمی قادر به توسعه درونی مفاهیم و روش‌های خود نباشد، توان پاسخگویی به چالش‌های جدید را از دست داده و به‌زودی دچار ناکارآمدی و جایجایی با سنتزهای جدید خواهد شد. آنچه مشخص است، اینکه این نحله فکری در ابتدا مفاهیم و رویه‌های جدیدی ارائه نمود که نسبت به پارادایم‌های مسلط وقت، از توان تحلیلی بالاتری برخوردار بود. اما مرور کارهای انجام‌شده در زمینه هیدرولوژی اجتماعی به‌وضوح نشان می‌دهد که پیروان بعدی هیدرولوژی اجتماعی صرفاً به بکار گرفتن قضایا و مفاهیم تولیدشده اولیه توسط بنیان‌گذاران اکتفا نموده و هیچ‌گونه اهتمام جدی نسبت به توسعه مفاهیم جدید در این دیدگاه از خود نشان نداده‌اند که این واقعیت به مرور زمان باعث ناکارآمدی آن شده و زمینه‌های جایگزینی آن با افکار و ایده‌های جدیدتر را تسریع خواهد کرد.

از دیگر مشکلاتی که در این دیدگاه فکری مشاهده می‌شود این واقعیت است که تحقیقات صورت گرفته در هیدرولوژی اجتماعی و البته در سایر رویکردهای مطالعات منابع آبی نیز به‌گونه‌ای است که قریب به اتفاق توسط محققین رشته‌های آب انجام گرفته‌اند. بررسی ما نشان می‌دهد تحلیل‌هایی که تحت عنوان "اجتماعی" در مطالعات آبی صورت گرفته‌اند، به دلیل عدم آشنایی متخصصین آب با علوم اجتماعی، صرفاً مبتنی بر تعدادی متغیرهای عمومی هستند که به شکل نظرسنجی تفسیر شده‌اند درحالی‌که این قبیل نظرسنجی‌ها را به‌هیچ‌عنوان نمی‌توان تحلیل اجتماعی تلقی کرد. در این حالت، علی‌رغم اعتقاد نظری به اهمیت باهم نگرانی انسان-آب، رفتار انسانی عملاً در تحقیقات آبی مورد تحلیل قرار نگرفته و در نتیجه اطلاعات

- 35- Murrumbidgee
- 36- Tarim
- 37- Productive
- 38- Restorative
- 39- Theory of Planned Behavior
- 40- Multipurpose Water Systems
- 41- Comprehensive Water Management
- 42- Holistic Water Management
- 43- Total Water Management
- 44- Integrated Water Resources Management

۴۵- هیدرولوژی اجتماعی شامل سه محور عمده مطالعاتی تحت عناوین "هیدرولوژی اجتماعی فرایندی"، "هیدرولوژی اجتماعی مقایسه‌ای" و "هیدرولوژی اجتماعی تاریخی" می‌باشد.

۴۶- تاب‌آوری اجتماعی یکی از مهمترین مفاهیم در جهت دستیابی به پایداری است و در مفهوم کلی عبارت است از توانایی ادامه عملکرد یک سیستم همگام با تحمل تغییرات محیطی.

۴۷- حکمرانی انطباقی نتیجه مطالعات تئوریک حالات مختلف مدیریت عدم قطعیت و پیچیدگی در سیستم‌های اجتماعی- زیست محیطی است. این مفهوم، جنبه‌های مختلف ایجاد کننده حکمرانی چند سطحی را بررسی کرده و نقش این جنبه‌ها را در کمک به ایجاد تاب‌آوری در مقابل چالش‌های فراوان ناشی از تغییرات جهانی، ارزیابی می‌کند (Chaffin et al., 2014).

۵- مراجع

- Anderson EP, Jackson S, Tharme RE, Douglas M, Flotemersch JE, Zwarteveen M, Lokgariwar C, Montoya M, Wali A, Tipa GT, Jardine TD, Olden JD, Cheng L, Conallin J, Cosens B, Dickens C, Garrick D, Groenfeldt D, Kabogo J, Roux DJ, Ruhi A, and Arthington AH (2019) Understanding rivers and their social relations: A critical step to advance environmental water management. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water e1381 6(6):1-21
- Bakarji J, O'Malley D, and Vesselinov VV (2017) Agent-based socio-hydrological hybrid modeling for water resource management. Water Resources Management 31(12):3881-3898
- Baker TJ, Cullen B, Debevec L, and Abebe Y (2015) A socio-hydrological approach for incorporating gender into biophysical models and implications for water resources research. Applied Geography 62:325-338
- Barendrecht M, Viglione A, Kreibich H, Vorogushyn S, Merz B, and Bloeschl G (2018) A socio-hydrological model for the Elbe. In: EGU General Assembly Conference Abstracts, 8–13 April, Vienna, Austria
- Blair P, Buytaert W (2015) Modelling socio-hydrological systems: A review of concepts, approaches and applications. Hydrology and Earth System Sciences Discussions 12:8761–8851

انسان و اکوسیستم‌های طبیعی به نقطه انفجاری در دهه‌های آتی در بسیاری از نقاط جهان تبدیل گردد که در این صورت ضروری است برای حل تعارضات و یافتن استراتژی‌های میان‌روتر که رقابت بین انسان و اکوسیستم‌های طبیعی را به درستی مدل‌سازی نمایند، هیدرولوژی اجتماعی بخش مهمی از مدل‌سازی‌های پیشرو را تشکیل دهد.

پی‌نوشت‌ها

- 1- Socio-Hydrology
- 2- Integrated Water Resources Managment
- 3- Muddy Waters
- 4- Harvard Water Program
- 5- Narrative Review
- ۶- مفهوم آنتروپوسن برای شرح دوره جدید زمین‌شناسی که ما در آن وجود داریم و انسان‌ها یک فشار جهانی زمین‌شناسی محسوب می‌شوند، در محافل علمی مورد بررسی قرار می‌گیرد (Blair and Buytaert, 2015; (Crutzen, 2002; Savenije et al., 2014
- 7- Palaeohydrological
- 8- Hydrology for Environment, Life and Policy
- 9- International Year of Global Understanding
- 10- Local actions: Global effects
- 11- Historical Socio-Hydrology
- 12- Comparative Socio-Hydrology
- 13- Process Socio-Hydrology
- ۱۴- منطقه‌ای در شمالی‌ترین نقطه هند و نیز شمالی‌ترین قسمت ایالت جامو و کشمیر در جمهوری هند است. این منطقه میان محدوده کوهستانی کونلون در شمال و رشته‌کوه‌های بزرگ هیمالیا در جنوب محصور شده و نژاد مردم آن ترکیبی از آریایی هندی و تبتی است.
- 15- Traditional Hydrology
- 16- Jamuna
- 17- Levee Effect
- 18- Brisbane
- 19- Elbe
- 20- Dresden
- 21- Calgary
- 22- Alberta
- 23- Hoengseong
- 24- Kissimmee
- 25- transdisciplinary
- 26- agent-Based
- 27- Coupled Human–Natural Systems
- 28- Interdisciplinary
- 29- Hydrologic Representative Units
- 30- Hydrologic-Economic Representative
- 31- Colorado
- 32- Saskatchewan
- 33- Social Water Cycle:
- جریان چرخه آب اجتماعی مقداری آبی است که از چرخه طبیعی آب وارد سیستم اجتماعی شده و به نیازهای اکولوژیکی و اجتماعی پاسخ می‌دهد.
- 34- Chennai

- J, Wei Y, Yu DJ, Srinivasan V, and Blöschl G (2019) Sociohydrology: Scientific challenges in addressing the sustainable development goals. *Water Resources Research* 55(8):6327-6355
- Di Baldassarre G, Viglione A, Carr G, Kuil L, Salinas J, and Blöschl G (2013 b) Socio-hydrology: Conceptualising human-flood interactions. *Hydrology and Earth System Sciences* 17(8):3295-3303
- Elshafei Y, Sivapalan M, Tonts M, and Hipsey M (2014) A prototype framework for models of socio-hydrology: Identification of key feedback loops and parameterisation approach. *Hydrology and Earth System Sciences* 18(6):2141-2166
- Essenfelder AH, Pérez-Blanco CD, and Mayer AS (2018) Rationalizing systems analysis for the evaluation of adaptation strategies in complex human-water systems. *Earth's Future* 6(9):1181-1206
- Falkenmark M (1977) Water and mankind A complex system of mutual interaction. *Ambio* 6(1):3-9
- Falkenmark M (1979) Main problems of water use and transfer of technology. *GeoJournal* 3(5):435-443
- Ferdous MR, Wesselink A, Brandimarte L, Slager K, Zwartveen M, and Di Baldassarre G (2018) Socio-hydrological spaces in the Jamuna River floodplain in Bangladesh. *Hydrology and Earth System Sciences* 22(10):5159-5173
- Fuchs S, Karagiorgos K, Kitikidou K, Maris F, Paparrizos S, and Thaler T (2017) Flood risk perception and adaptation capacity: A contribution to the socio-hydrology debate. *Hydrology and Earth System Sciences* 21(6):3183-3198
- Fuller BR (1981) *Critical path*. USA: St. Martin's Press, 510p
- Gamage IU, Jayasena HAH (2018) Socio-hydrological implications of water management in the dry zone of Sri Lanka. *Proc. IAHS* 95:1-5
- Garcia ME, Portney K, and Islam S (2016) A question driven socio-hydrological modeling process. *Hydrology and Earth System Sciences* 20(1):73-92
- Garcia ME (2017) *Infrastructure, hydrology, and policy: Socio-hydrological modeling of urban water consumption dynamics*. Ph.D. Thesis, Civil and Environmental Engineering, Tufts University
- Gholizadeh-Sarabi SH, Davary K, Ghahraman B, and Shafiei M (2019) Historical study of coupled human-water system from socio-hydrological perspective, Case study: Mashhad basin. *Iran-Water Resources Research* 15(4):148-170 (In Persian)
- Blair P, Buytaert W (2016) Socio-hydrological modelling: a review asking "why, what and how?". *Hydrology and Earth System Sciences* 20(1):443-478
- Boelens R (2014) Cultural politics and the hydrosocial cycle: Water, power and identity in the Andean highlands. *Geoforum* 57:234-247
- Bohensky EL, Leitch AM (2014) Framing the flood: A media analysis of themes of resilience in the 2011 Brisbane flood. *Regional Environmental Change* 14(2):475-488
- Bouziotas, D, Ertsen M (2017) Socio-hydrology from the bottom up: A template for agent-based modeling in irrigation systems. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 2017-107:1-27
- Chaffin BC, Cosnell H, and Cosens BA (2014) A decade of adaptive governance scholarship: Synthesis and future directions. *Ecology and Society* 19(3):56
- Chen X, Wang D, Tian F, and Sivapalan M (2016) From channelization to restoration: Sociohydrologic modeling with changing community preferences in the Kissimmee River Basin, Florida. *Water Resources Research* 52(2):1227-1244
- Crăciunescu V, Flueraru C, and Stăncălie G (2010) The usage of the historical cartographic datasets and the remote sensing data for the better understanding and mapping of the 2006 Danube floods in Romania. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica* 45(1):112-119
- Crutzen PJ (2002) Geology of mankind. *Nature* 415(6867):23
- Dame J, Schmidt S, Baghel R, Kraus B, and Nüsser M (2018) Socio-hydrology of artificial glaciers in Ladakh, India: assessing adaptive strategies for water conservation in the Trans-Himalayan region. In: *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 8–13 April, Vienna, Austria
- Delli Priscoli J (1980) Water and people. *Water International* 5(4):28-32
- Di Baldassarre G, Kooy M, Kemerink J, and Brandimarte L (2013 a) Towards understanding the dynamic behaviour of floodplains as human-water systems. *Hydrology & Earth System Sciences Discussions* 10:3869-3895
- Di Baldassarre G, Martinez F, Kalantari Z, and Viglione A (2017) Drought and flood in the Anthropocene: feedback mechanisms in reservoir operation. *Earth System Dynamics* 8:225-233
- Di Baldassarre G, Sivapalan M, Rusca M, Cudennec C, Garcia M, Kreibich H, Konar M, Mondino E, Mård J, Pande S, Sanderson MR, Tian F, Viglione A, Wei

- resource systems: New techniques for relating economic objectives, engineering analysis, and governmental planning. Harvard Univ. Press, Cambridge, 620P
- Matalas N, Landwehr J, and Wolman M (1982) Prediction in water management, scientific basis of water management. National Academy Press, Washington DC, 141p
- McMillan H, Montanari A, Cudennec C, Savenije H, Kreibich H, Krueger T, . . . and Xia J (2016) Panta Rhei 2013–2015: Global perspectives on hydrology, society and change. *Hydrological Sciences Journal* 61(7):1174-1191
- Melsen LA, Vos J, and Boelens R (2018) What is the role of the model in socio-hydrology? Discussion of “Prediction in a socio-hydrological world”. *Hydrological Sciences Journal* 63(9):1435-1443
- Milly PC, Betancourt J, Falkenmark M, Hirsch RM, Kundzewicz ZW, Lettenmaier DP, and Stouffer RJ (2008) Stationarity is dead: Whither water management? *Science* 319:573-574
- Nüsser M, Schmidt S, and Dame J (2012) Irrigation and development in the upper Indus Basin: Characteristics and recent changes of a socio-hydrological system in central Ladakh, India. *Mountain Research and Development* 32(1):51-61
- Ogilvie A, Riaux J, Massuel S, Mulligan M, Belaud G, Le Goulven P, and Calvez R (2019) Socio-hydrological drivers of agricultural water use in small reservoirs. *Agricultural Water Management* 218:17-29
- Ponnambalam K, Mousavi SJ (2020) CHNS modeling for study and management of human–Water interactions at multiple scales. *Water* 12(6):1-21
- Pouladi P, Afshar A, Molajou A, and Afshar MH (2020) Socio-hydrological framework for investigating farmers’ activities affecting the shrinkage of Urmia Lake; hybrid data mining and agent-based modelling. *Hydrological Sciences Journal* 65(8):1249-1261
- Pouladi P, Afshar A, Afshar MH, Molajou A, and Farahmand H (2019) Agent-based socio-hydrological modeling for restoration of Urmia Lake: Application of theory of planned behavior. *Journal of hydrology* 567: 748-736
- Roobavannan M, Kandasamy J, Pande S, Vigneswaran S, and Sivapalan M (2018) Sustainability of river basin development under uncertain future climate and economic conditions. In: EGU General Assembly Conference Abstracts, 8–13 April, Vienna, Austria
- Global Water Partnership (2000) *Integrated Water Resources Management*, Stockholm, 71P
- Gober P, Wheater HS (2014) Socio-hydrology and the science-policy interface: A case study of the Saskatchewan River basin. *Hydrology and Earth System Sciences* 18(4):1413-1422
- Gober P, White DD, Quay R, Sampson DA, and Kirkwood CW (2017) Socio-hydrology modelling for an uncertain future, with examples from the USA and Canada. Geological Society, London, Special Publications 408(1):183-199
- Grigg NS (2016) *Integrated water resources management: An interdisciplinary approach*. Palgrave Macmillan UK, 497P
- Hou B, Yang R, Zhou Y, Xiao W, Wang J, Zhao Y, and Zhan X (2019) Evolution mechanisms and fundamental equations of social water cycle fluxes. *Hydrology Research* 50(5):1344-1358
- Kandasamy J, Sountharajah D, Sivabalan P, Chanan A, Vigneswaran S, and Sivapalan M (2014) Socio-hydrologic drivers of the pendulum swing between agricultural development and environmental health: A case study from Murrumbidgee River basin, Australia. *Hydrology and Earth System Sciences* 18(3):1027-1041
- Koutsoyiannis D (2014) Reconciling hydrology with engineering. *Hydrology research* 45(1):2-22
- Kuil L, Carr G, Viglione A, Prskawetz A, and Blöschl G (2016) Conceptualizing socio-hydrological drought processes: The case of the Maya collapse. *Water Resources Research* 52(8):6222-6242
- Lee S, Kang D (2020) Analyzing the effectiveness of a multi-purpose dam using a system dynamics model. *Water* 12(4):1-23
- 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* 18(4):1289-1303
- Lund JR (2015) Integrating social and physical sciences in water management. *Water Resources Research* 51(8):5905-5918
- Madani K, Shafiee Jood M (2020) Socio-hydrology: A new understanding to unite or a new science to divide? *Water* 12(7):1-26
- Maass A (1951) *Muddy waters: The army engineers and the nation’s rivers*. Harvard Univ. Press. Cambridge, 306P
- Maass A, Hufschmidt MA, Dorfman R, Thomas Jr HA, Marglin SA, and Fair GM (1962) *Design of water-*

- the Anthropocene. *Hydrology and Earth System Sciences* 17(12):5013-5039
- Van Emmerik THM, Li Z, Sivapalan M, Pande S, Kandasamy J, Savenije HHG, 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* 18(10):4239-4259
- Viglione A, Di Baldassarre G, Brandimarte L, Kuil L, Carr G, Salinas JL, 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* 518:71-82
- Vogel RM, Lall U, Cai X, Rajagopalan B, Weiskel PK, Hooper RP, and Matalas NC (2015) Hydrology: The interdisciplinary science of water. *Water Resources Research* 51(6):4409-4430
- Wescoat Jr JL, Siddiqi A, and Muhammad A (2018) Socio-hydrology of channel flows in complex river basins: Rivers, canals, and distributaries in Punjab, Pakistan. *Water Resources Research* 54(1):464-479
- Wesselink A, Kooy M, and Warner J (2017) Socio-hydrology and hydrosocial analysis: Toward dialogues across disciplines. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* e1196 4(2):1-14
- White GF (1945) Human adjustment to floods: Department of geography research paper No. 29. Chicago, Ph.D. Thesis, IL: University of Chicago
- Widlok T, Aufgebauer A, Bradtmöller M, Dikau R, Hoffmann T, Kretschmer I, Panagiotopoulos K, Pastoors A, Peters R, Schäbitz F, Schlummer M, Solich M, Wagner B, Weniger GC, and Zimmermann A (2012) Towards a theoretical framework for analyzing integrated socio-environmental systems. *Quaternary International* 274:259-272
- Widstrand C (1978) Social and economic aspects of water exploitation, in *Water and Society: Conflicts in Development*, Part 1. Pergamon press, Oxford
- Wittfogel KA (1957) *Oriental despotism; A comparative study of total power*. Random House, N. Y. 556P
- Zhou T, Haddeland I, Nijssen B, and Lettenmaier DP (2016) Human induced changes in the global water cycle. The book chapter: *Terrestrial Water Cycle and Climate Change: Natural and Human-Induced Impacts*. Geophysical Monograph Series, 31P
- Rosenberg M (2017) The coming knowledge tsunami retrieved from <https://learningsolutionsmag.com/articles/2468/marc-my-words-the-coming-knowledge-tsunami>
- Savenije HH, Hoekstra AY, and van der Zaag P (2014) Evolving water science in the Anthropocene. *Hydrology and Earth System Sciences* 18(1):319-332
- Schlueter M, Mcallister RR, Arlinghaus R, Bunnefeld N, Eisenack K, Hoelker F, Milner-Gulland EJ, Müller B, Nicholson E, and Quaas M (2012) New horizons for managing the environment: A review of coupled social-ecological systems modeling. *Natural Resource Modeling* 25(1):219-272
- Siddiqi A, Wescoat Jr JL, and Muhammad A (2018) Socio-hydrological assessment of water security in canal irrigation systems: A conjoint quantitative analysis of equity and reliability. *Water Security* 4:44-55
- Singh V (2018) Local action, global impact: From domination to partnership by design. *Interdisciplinary Journal of Partnership Studies* 5(3):1-28
- Sivakumar B (2012) Socio-hydrology: Not a new science, but a recycled and re-worded Hydrosociology. *Hydrological Processes* 26(24):3788-3790
- Sivapalan M, Konar M, Srinivasan V, Chhatre A, Wutich A, Scott C, Wescoat JL, and Rodríguez-Iturbe I (2014) Socio-hydrology: Use-inspired water sustainability science for the Anthropocene. *Earth's Future* 2(4):225-230
- Sivapalan M, Savenije HH, and Blöschl G (2012) Socio-hydrology: A new science of people and water. *Hydrological Processes* 26(8):1270-1276
- Sohrabi MR (2013) Principles of writing a review article. *Pajoohandeh Journal* 18(2):52-56 (In Persian)
- Srinivasan V (2015) Reimagining the past—use of counterfactual trajectories in socio-hydrological modelling: The case of Chennai, India. *Hydrology and Earth System Sciences* 19(2):785-801
- Swyngedouw E (2009) The political economy and political ecology of the hydro-social cycle. *Journal of Contemporary Water Research and Education* 142(1):56-60
- Thompson SE, Sivapalan M, Harman CJ, Srinivasan V, Hipsey MR, Reed P, Montanari A, and Blöschl G (2013) Developing predictive insight into changing water systems: use-inspired hydrologic science for