تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال چهاردهم، شماره ۵، زمستان ۱۳۹۷
Volume 14, No. 5, Winter 2019 (IR-WRR)
۳۵۱-۳۵۹

یادداشت فنی

علم جدید هیدرولوژی اجتماعی: در جستجوی درک مفهوم هم‌تکاملی انسان و آب

شیوا قلی‌زاده سرابی[۱]، بیژن قهرمان[۲*] و مجتبی شفیعی[۳]

چکیده

امروزه برهمکنش‌هایی میان جوامع بشری و چرخه‌ی هیدرولوژی در حال رخ دادن می‌باشد که در گذشته هرگز مشاهده نشده است. بازخوردها و برهمکنش‌های میان سیستم‌های انسانی و هیدرولوژیکی نشان می‌دهد فعالیت‌های انسانی منجر به ایجاد پیوستگی قوی میان بشر و سیستم‌های هیدرولوژیک شده و اثرات مثبت و منفی توسعه‌ی سیستم‌های اجتماعی از طریق تصمیم‌گیری‌های مدیریتی بر سیستم‌های هیدرولوژیکی بازتاب می‌یابند. گرچه پیوند میان فعالیت‌های بشری و آب در "سیستمی از برهمکنش متقابل" سالیان مدیدی است که شناخته شده، تاکنون درک کمّی از بازخوردها، برهمکنش‌های دوسویه و مفهوم هم‌تکاملی در سیستم‌های پیوسته میسر نشده است. این شرایط منجر به پیدایش علم جدید «هیدرولوژی اجتماعی» بـا هـدف درک «پویایی و هم‌تکاملی سیستم‌های پیوسته انسان- آب» گردیده است. هیدرولوژی اجتماعی، مطالعه‌ی سیستم‌های پیوسته‌ی انسان-آب مبتنی‌بر هم‌تکاملی سیستم‌های اجتماعی و هیدرولوژیکی می‌باشد که چگونگی وقوع بازخوردها و برهمکنش‌های متقابل را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. هیدرولوژی اجتماعی مرزهای علم هیدرولوژی را به‌سمت پذیرش انسان به‌عنوان جزیی یکپارچه با چرخه‌ی هیدرولوژی سوق داده و پیشرفت جدیدی در هیدرولوژی است که نیاز به بازاندیشی در خصوص این دانش را ایجاد می‌نماید. در این مقاله تاریخچه‌ی پیدایش، مفاهیم، ویژگی‌ها، حوزه‌ی کاربرد و اهداف هیدرولوژی اجتماعی معرفی شده و با مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب مقایسه شده است.

کلمات کلیدی: هیدرولوژی اجتماعی، پویایی، هم‌تکاملی، سیستم پیوسته انسان- آب.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۱۲/۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۳/۴

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

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- استادیار، پژوهشگر و معاون پژوهشی، گروه هیدروانفورماتیک، مرکز پژوهشی آب و محیط زیست شرق (EWERI).

*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

Technical Note

New Science of Socio-hydrology: In Search of Understanding Co-Evolution of Human and Water

Sh. Gholizadeh-Sarabi [1], B. Ghahraman [2] and M. Shafiei[3]*

Abstract

Nowadays, such interactions between human and hydrologic cycle are occurring that previously has never been observed. Feedbacks and interactions between human and hydrological systems show that anthropogenic activities have led to a strong coupling between them and both positive and negative impacts of social developments can affect on hydrological system via management decisions. Although the fact that man and water are linked through a “system of mutual interaction” has been recognized for many years, the quantitative understanding of feedbacks, mutual interactions and co-evolution concepts of coupling systems are not fully established yet. These conditions have led to the emergence of the new science of "socio-hydrology" in 2012 with the aim of understanding "the dynamics and co-evolution of coupled human-water systems". Socio-hydrology is the study of coupled human-water systems based on co-evolution of social and hydrological systems, which analyzes how two-way feedbacks and interactions occur in these systems. Socio-hydrology has led the boundaries of hydrology to accept human as an integrated part of the hydrological cycle and represents new advancement in hydrological science, which requires further rethinking. In this Paper, the history of emergence, concepts, characteristics, applications and goals of socio-hydrology was introduced and it was compared to integrated water resource management.

Keywords: Socio-Hydrology, Dynamics, Co-Evolution, Coupled Human-Water Systems.

Received: February 20, 2018
Accepted: May 25, 2018

1- Ph.D., Student, Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2- Professor, Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: bijangh@um.ac.ir

3- Ph.D., Hydroinformatics Department, East Water and Environmental Research Institute (EWERI), Mashhad, Iran.

*- Corresponding Author

۱- مقدمه

در سرتاسر جهان، توسعه‌ی جوامع انسانی و به‌دنبال آن تغییرات کاربری اراضی و اِعمال شیوه‌های مدیریتی گوناگون در استفاده از منابع آبی، تغییرات شدید رژیم هیدرولوژیکی را در طول تاریخ هر منطقه‌ای در پی داشته است. در واقع با افزایش جمعیت جهان از دویست میلیون به هفت میلیارد نفر طی دو هزار سال، دخالت جوامع انسانی به‌جهت رفع نیازمندی‌های آبی چنان در رژیم هیدرولوژیکی شدت یافته که در بسیاری از نقاط دنیا مسیرهای جریان آب بر روی زمین در مقایسه با طبیعت بِکرشان، از سوی بشر دیکته شده است (Postel, 2011). بدین‌ترتیب رژیم هیدرولوژیکی که در گذشته غالباً توسط محرک‌هایی از جمله اقلیم، پوشش گیاهی، وضعیت زمین‌شناسی و توپوگرافی حوضه‌ی آبریز کنترل می‌شد، امروزه به‌طور فزاینده‌ای تحت تأثیر محرک‌های اجتماعی و اقتصادی از جمله رشد جمعیت و توسعه‌ی شهرها، توسعه‌ی کشاورزی فاریاب، صنعتی شدن، تکنولوژی و مهندسی قرار دارد (Carpenter et al., 2011; Vitousek et al., 1997).

با توجه به نقش کلیدی جوامع انسانی در سیستم‌های پیوسته‌ی انسان–آب، سؤالات رایجی در ذهن مطرح می‌گردد: در سیستم پیوسته‌ی انسان– آب، تأثیر و نقش هیدرولوژی در تغییرات اجتماعی چیست؟ در مقابل، نقش تغییرات اجتماعی بر پویایی چرخه‌ی هیدرولوژیکی چه می‌باشد؟ آیا پاسخ به این سؤالات بر عهده‌ی هیدرولوژیست‌ها می‌باشد یا دانشمندان علوم اجتماعی؟

مسلماً پیش‌بینی پویایی چرخه‌ی آب در آینده در مقیاس‌های زمانی طولانی، بدون در نظر داشتن "برهمکنش‌ها[۱]" و "بازخوردهای[۲]" میان سیستم‌های انسانی و سیستم‌های هیدرولوژیکی امکان‌پذیر نخواهد بود. اگرچه که پیوند میان فعالیت‌های بشری و آب در "سیستمی از برهمکنش‌های متقابل" سالیان زیادی است که شناخته شده است (Falkenmark, 1977)، اما دانشمندان علوم طبیعی برای مدت مدیدی نقش عوامل انسانی در سیستم‌های طبیعی را نادیده گرفته‌اند. هیدرولوژیست‌ها نیز از این قاعده مستثنی نبوده‌اند؛ چراکه در علم هیدرولوژی سنتی نیز در بررسی پویایی چرخه‌ی آب، فعالیت‌های مدیریتی آبی انسان‌محور به‌عنوان محرکی خارجی بر سیستم درنظر گرفته می‌شوند و نه جزیی از آن؛ و اثرات آنها بر سیستم هیدرولوژیکی نیز مبتنی بر فرض‌های مانایی و برقراری شرایط ماندگار ارزیابی می‌گردد (Peel and Blöschl, 2011).

تحت این شرایط، هیدرولوژی اجتماعی (Socio-hydrology) با هدف درک "پویایی و هم‌تکاملی سیستم‌های پیوسته‌ی انسان و آب[۳]" برای اولین بار توسط Sivapalan et al. (2012) معرفی گردید. در واقع این زمینه از علم، در چارچوب‌های اقتصاد و سیاست شکل گرفته (Lane, 2014) و از تحقق این واقعیت ظهور یافته که امروزه جوامع انسانی مهم‌ترین محرک تغییر چرخه‌های حیاتی از جمله آب، غذا و انرژی به‌شمار می‌آیند (Vitousek et al., 1997; Vorosmarty et al., 2010). این مسأله مرزهای علم هیدرولوژی را به سمت پذیرش انسان به‌عنوان جزیی تفکیک‌ناپذیر و یکپارچه با چرخه‌ی هیدرولوژی سوق داده و پیشرفت جدیدی در مطالعات هیدرولوژیکی را نشان می‌دهد که نیاز به بازاندیشی در خصوص هیدرولوژی سنتی را ایجاد می‌نماید (Blair and Buytaert, 2016).

در این مقاله با هدف معرفی موضوع جدید هیدرولوژی اجتماعی، به بررسی تاریخچه‌ی پیدایش، مفاهیم اولیه، ویژگی‌های منحصر به‌فرد، حوزه‌ی کاربرد و اهداف این علم جدید پرداخته شده است. همچنین با مقایسه‌ی میان هیدرولوژی اجتماعی و مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب، وجوه اشتراک و تفاوت‌های بارز میان این دو موضوع، مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- نگاهی به تاریخچه‌ی هیدرولوژی اجتماعی

هیدرولوژی اجتماعی، در جستجوی درک و شناخت پویایی، هم‌تکاملی[۴] و برهمکنش‌های سیستم‌های پیوسته‌ی انسان– آب است. در این نگرش جدید یکپارچگی جامع جنبه‌های محیطی و اقتصادی– اجتماعیِ هیدرولوژی به‌طور مؤثری در نظر گرفته شده و برهمکنش‌ها، بازخوردها و هم‌تکاملی رفتار جوامع انسانی با سیستم هیدرولوژیکی با تمرکز بر اصول علمی و بنیادین شناسایی و تحلیل می‌شود (Sivapalan et al., 2012).

اهمیت هیدرولوژی اجتماعی بدین‌صورت برجسته گردید که انجمن بین‌المللی علوم هیدرولوژیکی (IAHS)[۵] عنوان "دهه‌ی علمی" (۲۰۲۲ ـ ۲۰۱۳) اخیر را Panta Rhei (هر چیزی که جریان می‌یابد) تعیین نمود. هدف اصلی در این دهه بهبود بخشیدن درک و تفسیر فرایندهای کنترل کننده‌ی چرخه‌ی آب، از طریق تمرکز بر تغییر پویایی آنها در ارتباط با تغییرات سریع سیستم‌های انسانی می‌باشد. این انجمن معتقد است که در حال حاضر مدل‌های هیدرولوژیکی موجود عمدتاً فقط برای حوضه‌های آبریز طبیعی و بکر مناسب هستند و عموماً برهمکنش‌های اجتماعی در مدل‌هایی جداگانه بررسی می‌شوند، بنابراین برهمکنش‌های میان دو حوزه‌ی هیدرولوژی و اجتماعی

به‌خوبی درک نمی شوند. از این‌رو مطالعات هیدرولوژی اجتماعی گامی نو در جهت یکپارچه‌سازی عمیق‌تر این دو موضوع خواهد بود. سلسله مقالاتی که در سال‌های اخیر با زمینه‌ی "مباحثه"[۶] در مجله‌ی "Water Resource Research" انتشار یافته‌اند (Di Baldassarre et al., 2015b; Sivapalan, 2015; Troy et al., 2015b)، تعهد و تلاشی واقعی و مستمر در توسعه‌ی هیدرولوژی اجتماعی به‌عنوان موضوعی مستقل را نشان می‌دهند. نتیجه‌گیری واحد در تمامی مقالات این است که در نظر گرفتن برهمکنش میان جوامع انسانی و آب در توسعه‌ی مدل‌ها ضروری است، گرچه نظرات این نویسندگان در مورد چگونگی در نظر گرفتن برهمکنش‌ها، حوزه‌ی عملکرد هیدرولوژی اجتماعی و ارزش مدل‌های هیدرولوژیکی اجتماعی کاملاً متفاوت است. مقالاتی که تا کنون در سطح بین‌المللی مرتبط با هیدرولوژی اجتماعی انتشار یافته‌اند بسیار قابل توجه است (شکل ۱). این مطالعات تا قبل از سال ۲۰۱۲ با موضوعاتی از جمله مطالعه‌ی سیستم‌های زیست‌محیطی- اجتماعی[۷]، هیدرولوژی زیست‌محیطی[۸]، اقتصادی- آبی[۹] و مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب[۱۰] انجام شده که با هیدرولوژی اجتماعی ویژگی‌های مشترکی نیز دارند.

۳- هیدرولوژی اجتماعی: اهداف و حوزه‌های کاربرد

اهداف اصلی مطالعات هیدرولوژی اجتماعی این‌چنین بیان شده‌اند (Sivapalan et al., 2014):

- تحلیل الگوهای مختلف در مقیاس‌های زمانی و مکانی گوناگون برای درک ویژگی‌های اساسی سیستم‌های انسانی و بیوفیزیکی و برهمکنش‌ها و تعاملات آنها؛
- توضیح و تفسیر واکنش‌های سیستم هیدرولوژیکی اجتماعی، به‌طوری‌که واکنش‌های آینده‌ی آن قابل پیش‌بینی باشد؛ چرا که رویکردهای مدیریتی معمول اغلب به‌دلیل ناتوانی در پیش‌بینی منجر به عملیات مدیریتی ناپایدار می‌شوند؛
- پیشبرد شناخت بیشتر آب از جنبه‌های فرهنگی، اقتصادی و سیاسی همراه با شناخت ویژگی‌های بیوفیزیکی و ضرورت آن برای حیات.

به‌طور کلی مطالعات هیدرولوژی اجتماعی در سه مسیر تاریخی، مقایسه‌ای و فرایندی دنبال می‌شوند. هدف از مطالعات تاریخی یافتن الگوهای تاریخی برای پشتیبانی از تئوری‌ها و مدل‌های سیستم‌های پیوسته‌ی انسان- آب است. این مطالعات همچنین در جستجوی مکان‌هایی با پایگاه داده‌ی مناسب در مقیاس زمانی دهه تا قرن هستند که بتوان از آنها به‌منظور کشف پدیده‌ها و تولید و آزمون فرضیه‌های قابل قبول استفاده کرد (Liu et al., 2015a; Kandasamy et al., 2014). از طرف دیگر، در مطالعات مقایسه‌ای محرک‌های سیستم‌های پیوسته با یکدیگر مورد مقایسه قرار می‌گیرند تا منجر به درکی از تاب‌آوری و پایداری مصرف آب گردند. در این دسته از مطالعات چالش‌هایی در شناسایی داده‌های مؤثر بر محرک‌های هیدرواقلیمی و اقتصادی- اجتماعی به‌چشم می‌خورد (Srinivasan et al., 2012; Scott et al., 2013). سومین مسیر، مطالعات فرایندی است که بر اساس نتایج حاصل از مطالعات تاریخی و مقایسه‌ای به تبیین دامنه‌ای از نظریه‌های میان‌رشته‌ای و طرح‌ریزی مدل‌هایی از بازخوردهای مثبت و منفی میان جوامع انسانی و آب می‌پردازند (Srinivasan, 2015; Chen et al., 2016).

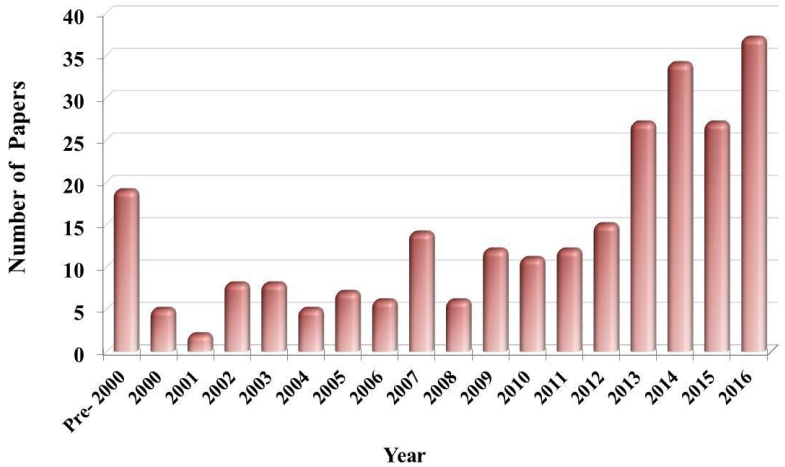

Fig. 1- The number of published papers in the field of Socio-hydrology in different years

شکل ۱- تعداد مقالات انتشار یافته در زمینه‌ی هیدرولوژی اجتماعی در سال‌های مختلف

Kelly et al. (2013) معتقدند که سه حوزه‌ی اصلی کاربرد مطالعات هیدرولوژی اجتماعی شامل ۱) درک سیستم[۱۱]، ۲) پیش‌بینی[۱۲] و ۳) سیاست‌گذاری و تصمیم‌سازی[۱۳] است؛ و هر سه نوع مطالعات هیدرولوژی اجتماعی شامل تاریخی، مقایسه‌ای و فرایندی (Sivapalan et al., 2012) در این سه حوزه قابل استفاده می‌باشند.

۱) درک سیستم: "شاید شناخت و درک روابط میان خودمان با طبیعت، راهی برای شناسایی و رفع مشکلات زیست‌محیطی باشد" (Norgaard, 1995). درک مکانیزم‌هایی که ورای رفتارهای سیستم هستند، منجر به ایجاد تصویری کامل‌تر از چگونگی واکنش‌های آن به تغییرات شده و نیز راهنمای کامل‌تری برای استنتاج بهترین خروجی‌ها به‌شمار می‌آید. بررسی چگونگی تکامل سیستم در طول زمان (Norgaard, 1981)، نحوه‌ی تغییرات مکانی واکنش‌ها به محرک‌ها و نیز بررسی پیوند میان مؤلفه‌های مختلف، همگی در ایجاد درکی کلی از سیستم ارزشمند می‌باشند. در واقع بهبود شناخت سیستم منجر به ارتقاء توانایی تفسیر اثرات درازمدت وقایع رخ داده در آن سیستم خواهد شد (Kandasamy et al., 2014).

۲) پیش‌بینی: پس از درک کامل سیستم، پیش‌بینی آنچه که در آینده رخ خواهد داد با کاربرد مدل‌ها امکان‌پذیر می‌گردد. پیش‌بینی خروجی‌ها در سیستم‌های هیدرولوژیکی اجتماعی بسیار ارزشمند است، چرا که نقشی اساسی در پیش‌بینی اثرات درازمدت تصمیم‌گیری‌های کنونی داشته و چشم‌اندازی از اقدامات مورد نیاز در آینده را به دست خواهد داد. اما تأمین داده‌های کافی یکی از مشکلات قابل توجه در کاربرد مدل‌ها برای پیش‌بینی‌های آینده در مرحله‌ی واسنجی[۱۴] می‌باشد (Kelly et al., 2013). از طرفی هنگامی که از مدل‌ها برای پیش‌بینی استفاده می‌شود، مشکلات عدم قطعیت[۱۵] بسیار پر رنگ خواهد بود و در نتیجه پیش‌بینی‌های آینده همواره با عدم قطعیت توأم می‌باشند. این مشکل به‌ویژه هنگامی که سیستم‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی با یک سیستم فیزیکی تلفیق می‌شوند بسیار پر رنگ‌تر خواهد بود، زیرا تغییرات ارزش‌ها و معیارهای وابسته به جوامع انسانی در سیستم هیدرولوژیکی اجتماعی نه‌تنها به‌شدت غیرمنتظره است، بلکه مقیاس زمانی و رفتار این تغییرات نیز از روند و نظم خاصی پیروی نمی‌کنند.

۳) سیاست‌گذاری و تصمیم‌سازی: از مدل‌ها در سیاست‌گذاری‌ها و همچنین در تعریف استراتژی‌های مدیریتی کارآمد نیز استفاده می‌شود، اما مشکلات موجود در این مسیر قابل توجه است؛ از یک‌سو افق‌های سیاستی در بسیاری از مواقع کوتاه‌مدت است و از سوی دیگر عموماً بین زمان اجرای سیاست‌گذاری‌ها و نتایج آنها تأخیر زمانی وجود دارد. سیاست‌گذاری‌های آبی در گذشته بر اساس بهینه‌سازی صورت می‌گرفت که عموماً برای تصمیم‌سازی‌ها در سیستم‌های پیچیده‌ی انسان- آب کفایت نکرده و مورد انتقاد قرار گرفته است. دلیل عمده این است که عموماً فرآیند بهینه‌سازی و نیز آمار و اطلاعات بی‌عیب و نقص پنداشته شده و فرض می‌شود که مدل‌ها به‌طور کامل تمام حالات/ عواقب آینده را در نظر می‌گیرند (Reed and Kasprzyk, 2009). حال آنکه کاربرد سیاست‌های بهینه لزوماً برای بسیاری از حالت‌های مختلف سیستم در آینده بهینه نبوده و معیار مورد نظر در بهینه‌سازی ممکن است تنها در بخشی از سیستم پیچیده تأثیرگذار باشد و نتواند بر بازخوردهای چندگانه مؤثر واقع گردد. گرچه در روش‌های بهینه‌سازی چندمعیاره/ چندهدفه (Hurford et al., 2014) تلاش می‌شود که این مسأله بهبود یابد، اما هنوز هم در سیستم‌های پیچیده و دارای بازخوردهای چندگانه این کاستی باقی است. در واقع هیدرولوژی اجتماعی به‌دنبال احاطه‌ی کامل بر این بازخوردها و برهمکنش‌های چندگانه در سیستم‌های پیچیده می‌باشد.

در تقسیم‌بندی تخصصی‌تری، دسته‌ای از مطالعات هیدرولوژیکی اجتماعی به مدل‌سازی و دسته‌ای دیگر به تدوین چارچوب‌های مفهومی پرداخته‌اند و در هر دو دسته اهدافی کاربردی‌تر و عملیاتی‌تر از جمله درک فرایندهای رفتاری، تعیین منشأ تاب‌آوری[۱۶]، پیش‌بینی حوزه‌های آسیب‌پذیری[۱۷]، درک پویایی تأمین و تقاضای آب، درک برهمکنش‌های میان فعالیت‌های انسانی و کیفیت منابع آبی، درک برهمکنش‌های انسان ـ سیل و نیز تجزیه و تحلیل رویکردهای سیاستی و پشتیبانی تصمیم وجود دارد (Medellín-Azuara et al., 2012; Fraser et al., 2013; Chang et al., 2014; Fabre et al., 2015).

۴- شباهت‌های میان هیدرولوژی اجتماعی و سایر موضوعات وابسته و ویژگی‌های منحصر به‌فرد آن

تاکنون رابطه‌ی میان سیستم‌های انسانی و طبیعی، خصوصاً با آب، تحت موضوعات مختلفی از جمله Hydro-social (Swyngedouw, 2009)، Hydrosociology (Falkenmark, 1979; Sivakumar, 2012)، Hydro-economic (Harou et al., 2009)، Socio-ecological systems (Crépin, 2007) و Ecohydrology (Rodriguez-Iturbe, 2000)، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. Socio-hydrology نیز علاوه بر جنبه‌های منحصر به‌فرد، ویژگی‌های مشابه‌ی بسیاری با این موضوعات دارد. این سؤال مطرح

است که چه ویژگی‌هایی از هیدرولوژی اجتماعی نسبت به سایر موضوعات مطرح شده در گذشته متفاوت بوده و چه جنبه‌هایی از علوم گذشته در هیدرولوژی اجتماعی قابل کاربرد هستند؟ مطالعه‌ی سیستم‌های زیست‌محیطی- اجتماعی (SES)[۷] و سیستم‌های پیوسته‌ی انسان- طبیعت (CHANS)[۱۸] از جنبه‌های بسیاری از جمله بازخوردها، پویایی غیرخطی، هم‌تکاملی، تاب‌آوری، آسیب‌پذیری، پیچیدگی، حکمرانی، سیاست و مدل‌سازی، مشابه با هیدرولوژی اجتماعی هستند. برخی دیگر از شباهت‌های هیدرولوژی اجتماعی با سایر موضوعات به‌شرح زیر می‌باشد (Blair and Buytaert, 2016):

ـ سیستم‌های پیچیده[۱۹] و هم‌تکاملی: گرچه مفهوم پیچیدگی و هم‌تکاملی یکی از شباهت‌های مطالعات هیدرولوژی اجتماعی با مطالعات هیدرولوژی زیست‌محیطی و زیست‌محیطی- اجتماعی می‌باشد، همین مفهوم است که هیدرولوژی اجتماعی را از مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب، متمایز می‌سازد. دو مفهوم پویایی غیرخطی (تغییر رژیم، نقاط بحرانی و تأخیرات زمانی) و بازخوردهای دوطرفه (برهمکنش میان انسان و آب) مهم‌ترین جنبه‌های یک سیستم پیچیده و هم‌تکاملی می‌باشند.

ـ تجزیه و تحلیل میان‌مقیاسی[۲۰]: با توجه به اینکه فرایندهای یک سیستم پیچیده در مقیاس‌های زمانی مختلف رخ می‌دهند و از طرفی بر یکدیگر نیز تاثیرگذار هستند، برای تحلیل یکپارچه‌ی آنها نیز باید از روش‌های متفاوتی استفاده شود.

ـ تلفیق فرایندهای بین/ فراموضوعی: در گذشته نیز در مطالعات مختلفی از جمله هیدرولوژی زیست‌محیطی، زیست‌محیطی- اجتماعی و غیره، موضوعات متفاوت با هم تلفیق شده است. در هیدرولوژی اجتماعی نیز به تلفیق فرایندهای اجتماعی و هیدرولوژیکی پرداخته شده است که در عین حال یکی از جنبه‌های متفاوت مطالعات هیدرولوژی اجتماعی نیز می‌باشد.

ـ تمایل موضوعی: با توجه به اینکه هیدرولوژی اجتماعی تلفیقی از دو نوع مطالعه‌ی متفاوت می‌باشد، گاهی ممکن است مطالعات به‌سمت یکی از این دو موضوع تمایل بیشتری پیدا کند، از این‌رو حفظ این تعادل بر حسب شرایط سیستم‌های مختلف متفاوت خواهد بود.

در کنار وجوه مشترک هیدرولوژی اجتماعی با سایر موضوعات گذشته، جنبه‌های منحصر به‌فرد آن‌را می‌توان این چنین طبقه‌بندی نمود:

ـ ماهیت منحصر به‌فرد آب همراه با ماهیت سیستم اجتماعی: مدل‌سازی جریان آب موضوعی منحصر به‌فرد است، چراکه آب علاوه بر اینکه از قوانین فیزیکی پیروی می‌کند، دارای اهمیت فرهنگی و مذهبی نیز است. آب جریان می‌یابد، در چرخه‌ی هیدرولوژی بازچرخانی شده و در بسیاری از کارکردهای طبیعی و بشری مورد نیاز است. از طرفی در بسیاری از جنبه‌های اجتماعی از جمله تصمیم‌سازی و ساختارهای سازمانی، به مدل‌هایی نیاز است تا بتوان فرایندهای بیوفیزیکی را بهتر درک کرد. همچنین برهمکنش‌های میان جوامع انسانی و آب که گاهی کاملاً اجتماعی و گاهی تماماً هیدرولوژیکی است به توجه خاصی در فرایند مدل‌سازی نیاز دارد.

ـ نقش تغییر هنجارها: یکی از نقاط تمرکز هیدرولوژی اجتماعی، اثرات تغییر ارزش‌های اجتماعی بر کل سیستم می‌باشد. تغییر هنجارهای اجتماعی در مقیاس‌های زمانی طولانی و نیز غیرقابل پیش‌بینی بودنشان، از مهم‌ترین مسائل مورد توجه در مدل‌سازی هیدرولوژیکی اجتماعی است.

ـ مقیاس: علاوه بر این‌که در انواع سیستم‌های تلفیقی با سیستم اجتماعی بـه تجزیه و تحلیل میان‌مقیاسی نیاز است، بـاید تـوجـه داشت کـه فـرایندهای هیدرولوژیکی در مقیاس‌های زمـانـی بسیار مختلف و بـا سرعت‌هـای متفاوتی بـه‌وقـوع می‌پیوندند (Blöschl and Sivapalan, 1995). در سیستم‌های هیدرولوژیکی اجتماعی، تغییرات آن دسته از معیارهایی که به سیستم اجتماعی وابسته‌اند به‌شدت غیرمنتظره بوده و مقیاس زمانی و رفتار این تغییرات نیز از روند و نظم خاصی پیروی نمی‌کنند.

ـ عدم قطعیت: سطح ناشناخته‌ها و بازخوردهای غیرمنتظره در سیستم‌های هیدرولوژیکی اجتماعی نسبت به سایر سیستم‌ها بسیار قابل توجه است. از طرف دیگر مشکل عدم قطعیت در خود مدل‌های هیدرولوژیکی به‌تنهایی موضوعی قابل بحث بوده که در تلفیق با سیستم اجتماعی چالش‌های متفاوتی را پدید خواهد آورد. البته برخی از جنبه‌های دیگر عدم قطعیت که مرتبط با بازخوردها و برهمکنش‌های سیستم انسان- آب می‌باشد در انواع مختلف سیستم‌های اجتماعی دیگر نیز ایجاد می‌شود.

۵- هیدرولوژی اجتماعی و مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب

در گذشته مطالعه‌ی چرخه‌ی هیدرولوژی در راستای اهداف سیاسی خاصی صورت می‌گرفت (Linton and Budds, 2013) و نسبتاً جدا از

برهمکنش‌های انسانی درنظر گرفته می‌شد. پس از گذشت چندین دهه، در دهه‌ی ۱۹۷۰، تمرکز بر توسعه‌ی منابع آب و رویکردی به‌وضوح مصرفی در این زمینه به چشم می‌خورد. اما در سال ۱۹۸۰، بـا تمرکز بر مدیریت منابع آب (WRM)[۲۱]، در معانی و مفاهیم تغییراتی عمیق پدید آمد و موضوعاتی از قبیل مدیریت یکپارچه‌ی منـابع آب (IWRM) و مدیریت تطبیـقی آب (AWM)[۲۲] (Savenije et al., 2014) دنبال شد. بدین‌ترتیب تغییر جهت از "توسعه" به "مدیریت" موجب ایجاد تغییراتی قابل توجه در چارچوب‌بندی مسائل آبی گردید، به‌طوری‌که دو مفهوم تحلیل یکپارچه و انطباق‌پذیری نشان می‌دهند که ذهنیتی جامع‌تر در حال شکل‌گیری است. در این میان، مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب به‌عنوان راهکاری جامع مورد توجه بسیاری قرار گرفت. کمیته‌ی بین‌المللی مشارکت جهانی آب (GWP)[۲۳] IWRM را چنین تعریف کرده است: "فرایندی که بدون به مخاطره انداختن پایداری اکوسیستم‌های حیاتی، توسعه‌ی هماهنگ و مدیریت آب، زمین و منابع وابسته را با هدف حداکثر کردن برآیند اقتصادی و رفاه اجتماعی و با شیوه‌ای منصفانه ترویج و ارتقا می‌دهد" (GWP, 2000).

مشابه با هیدرولوژی اجتماعی، IWRM نیز برای سالیان مدیدی است که به‌گونه‌ای توانمند به بررسی ارتباط میان مردم و آب پرداخته است. اما سؤالی که مطرح می‌گردد این است که IWRM از چه جنبه‌هایی متفاوت از هیدرولوژی اجتماعی می‌باشد؟ در مقایسه‌ی هیدرولوژی اجتماعی با IWRM، هیدرولوژی اجتماعی به شیوه‌ای کارآمد یکپارچگی جامعی از جنبه‌های محیطی و اقتصادی- اجتماعیِ هیدرولوژی را با زاویه‌ای متفاوت از IWRM درنظر می‌گیرد، حال آنکه IWRM بر سیاست‌محور بودن راهکارهای مدیریتی آب که بر چرخه‌ی هیدرولوژی تحمیل شده‌اند تمرکز داشته و اغلب با استفاده از رویکردهای "سناریو محور" در جستجوی برهمکنش‌های میان مردم و آب می‌باشد. به بیان دیگر، نقطه‌ی جدایی هیدرولوژی اجتماعی از IWRM، مطالعه و کمّی‌سازی مفهوم هم‌تکاملی میان بشر و سیستم‌های هیدرولوژیکی می‌باشد (Sivapalan et al., 2012).

در واقع گرچه IWRM به‌لحاظ تاریخی چارچوبی است که در آن برهمکنش‌های میان توسعه‌ی انسانی و منابع آب مورد جستجو قرار می‌گیرد، از این نقطه‌ی ضعف مستثنی نمی‌بـاشـد کـه تـوانـایی آن بـرای درک و دریـافت معنادار هم‌تکاملی و بـرهمکنش‌هـای سیستم پیوسته در درازمدت ناکافی است (Liu et al., 2008; Sivapalan et al., 2012)، چراکه پویایی برهمکنش‌های میان مردم و آب را مد نظر قرار نمی‌دهد. در مقابل، تمرکز مطالعات هیدرولوژی اجتماعی بر مشاهدات، درک سیستم و پیش‌بینی مسیرهای آینده‌ی هم‌تکاملی سیستم‌های انسان- آب است. در واقع می‌توان گفت که هیدرولوژی اجتماعی علم بنیادین و زیربنای عملیاتی شدن IWRM می‌باشد (Sivapalan et al., 2012).

نحوه‌ی ارتباط و برهمکنش سیستم‌های انسانی و طبیعی از دو دیدگاه مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب و هیدرولوژی اجتماعی در شکل ۲ نشان داده شده است (Elshafei, 2016).

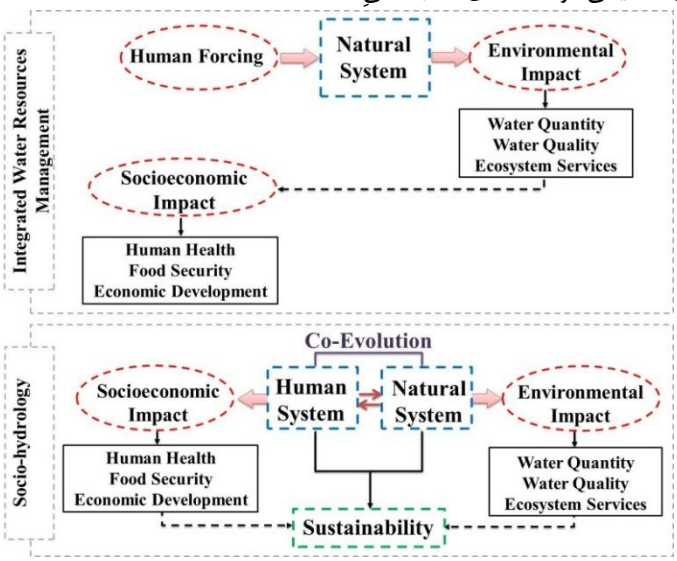

Fig. 2- The human-hydrology system interaction under Integrated Water Resources Management and Socio-hydrology (Elshafei, 2016)

شکل ۲- برهمکنش سیستم انسانی- هیدرولوژیکی از دیدگاه مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب و هیدرولوژی اجتماعی (Elshafei, 2016)

۶- جمع‌بندی

علم هیدرولوژی طی قرن گذشته به‌طور کامل دگرگون شده و از ماهیت تجربی و ابزارگونه‌اش در اوایل قرن بیستم تا مؤلفه‌ای کلیدی در علوم زمین در اوایل قرن بیست و یکم تغییر کرده است. درک هیدرولوژیکی در گذشته، حاصل تکرار ناخوشایند چرخه‌های آزمون و خطا و تجربه است، امـا امروزه بـا تغییر نوع نیازهای اجتماعی و دست‌یافت‌های تکنولوژیکی، پیشرفت‌هایی متمایـز در درک هیدرولوژیکی نسبت به گذشته حاصل شده است. در حال حاضر، منابع آب شیرین و مدیریت مؤثر آنها کانون اصلی توسعه‌ی پایدار و رفاه جوامع بشری است و در واقع رفاه، موفقیت و کارآمدی جوامع انسانی در گروی پایداری بلندمدت اکوسیستم‌های پیچیده‌ی وابسته به آب و عملکرد کامل آنها می‌باشد. با توجه به فشارها و تهدیدهای فزاینده‌ی ناشی از توسعه‌ی جوامع انسانی بر کمیت و کیفیت منابع آب شیرین در تمام نقاط جهان، به‌شدت ضروری است که پژوهش‌های پیش‌رِو بر درک چگونگی ارتباط و پیوستگی میان جوامع انسانی با سیستم هیدرولوژیکی متمرکز شوند. به‌طور یقین در چنین شرایطی پیش‌بینی واکنش‌های حوضه‌های آبریز، تنها با تکیه بر هیدرولوژی سنتی ممکن نخواهد بود. این شرایط منجر به تحولی در علم هیدرولوژی گردید و موضوع جدید «هیدرولوژی اجتماعی» در سال ۲۰۱۲ برای اولین بار مطرح شد.

هیدرولوژی اجتماعی در جستجوی شناسایی راهی است که در آن سیستم پیوسته‌ی انسان- آب تکامل می‌یابد و آنچه که هیدرولوژی اجتماعی را از مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب متمایز می‌سازد نیز، مطالعه‌ی صریح مفهوم هم‌تکاملی انسان و آب و پویایی آن در مقیاس‌های زمانی بسیار طولانی و کمّی‌سازی برهمکنش‌ها و بازخوردهای میان این دو است. در واقع تمرکز مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب بر سیاست‌محور بودن راهکارهای مدیریتی آب است که بر چرخه‌ی هیدرولوژی تحمیل شده‌اند و اغلب با استفاده از رویکرد "سناریومحور" در جستجوی شناخت برهمکنش‌های میان مردم و آب می‌باشد. اما در هیدرولوژی اجتماعی، فرض اصلی بر این است که بازخوردهای میان سیستم‌های هیدرولوژیکی و انسانی در طول زمان تغییر می‌کنند و نقش کلیدی بازخوردهای ناشی از "توسعه‌ی جمعیتی- اقتصادی"، "حساسیت اجتماعی" و "واکنش رفتاری" جوامع به‌عنوان بازخوردهای سیستم انسانی بر سیستم هیدرولوژیکی در پویایی سیستم پیوسته مد نظر قرار می‌گیرد.

بدین‌ترتیب با پیدایش هیدرولوژی اجتماعی مسیری که در گذشته در علم هیدرولوژی پیموده شده تغییر بسیاری خواهد کرد و با ایجاد درکی بنیادین از شرایط درهم پیچیده‌ی سیستم‌های انسانی- آبی نقشی اساسی را در اتخاذ تصمیمات مدیریتی آبی با هدف حفظ پایداری سیستم‌های آبی ایفا خواهد نمود.

پی‌نوشت‌ها

1. Interactions
2. Feedbacks
3. Dynamics and Coevolution of Coupled Human-Water Systems
4. Co-Evolutionary
5. International Association of Hydrological Sciences
6. Debates
7. Socio-Ecological Systems
8. Ecohydrology
9. Hydro-Economics
10. Integrated Water Resource Management
11. System Understanding
12. Forecasting and Prediction
13. Policy and Decision-Making
14. Calibration
15. Uncertainty
16. Resilience
17. Vulnerability
18. Coupled Human and Natural Systems
19. Complex Systems
20. Inter-Scale
21. Water Resource Management
22. Adaptive Water Management
23. Global Water Partnership

۷- مراجع

Blair P, Buytaert W (2016) Socio-hydrological modelling: a review asking "why, what and how?". Hydrology and Earth System Sciences 20:443-478

Blöschl G, Sivapalan M (1995) Scale issues in hydrological modelling: a review. Hydrology and Earth System Sciences 9:251-290

Carpenter SR, Stanley EH, Vander Zanden MJ (2011) State of the world's freshwater ecosystems: Physical, chemical, and biological changes. Annual Review of Environment and Resources 36:75-99

Chang H, Thiers P, Netusil NR, Yeakley JA, RollwagenBollens G, Bollens SM, Singh S (2014) Relationships between environmental governance and water quality in a growing metropolitan area of the Pacific Northwest, USA. Hydrology and Earth System Sciences 18:1383-1395

Chen X, Wang D, Tian F, Sivapalan M (2016) From channelization to restoration: Socio-hydrologic modeling with changing community preferences in

Kelly (Letcher) RA, Jakeman AJ, Barreteau O, Borsuk ME, ElSawah S, et al. (2013) Selecting among five common modelling approaches for integrated environmental assessment and management. Environmental Modelling and Software 47:159-181

Lane SN (2014) Acting, predicting and intervening in a sociohydrological world. Hydrology and Earth System Sciences 18:927-952

Linton J, Budds J (2013) The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water. Geoforum 57:170-180

Liu D, Tian F, Lin M, Sivapalan M (2015a) A conceptual sociohydrological model of the co-evolution of humans and water: case study of the Tarim River basin, western China. Hydrology and Earth System Sciences 19:1035-1054

Liu Y, Gupta H, Springer E, Wagener T (2008) Linking science with environmental decision making: experiences from an integrated modeling approach to supporting sustainable water resources management. Environmental Modelling and Software 23:846-858

Medellín-Azuara J, Howitt RE, Harou JJ (2012) Predicting farmer responses to water pricing, rationing and subsidies assuming profit maximizing investment in irrigation technology. Agricultural Water Management 108:73-82

Norgaard RB (1981) Sociosystem and ecosystem coevolution in the Amazon. Journal of Environmental Economics and Management 254:238-254

Norgaard RB (1995) Beyond materialism: A coevolutionary reinterpretation of the environmental crisis. Review of Social Economy 53:475-492

Peel MC, Blöschl G (2011) Hydrologic modelling in a changing world. Progress in Physical Geography 35(2):249-261

Postel SL (2011) Foreword–sharing the benefits of water. Hydrology and Earth System Sciences 56:529-530

Reed P, Kasprzyk J (2009) Water resources management: The myth, the wicked, and the future. Journal of Water Resources Planning and Management 135:411-413

Rodriguez-Iturbe I (2000) Ecohydrology: A hydrologic perspective of climate-soil-vegetation dynamics. Water Resources Research 36:3-9

Savenije HHG, Hoekstra AY, van der Zaag P (2014) Evolving water science in the Anthropocene. Hydrology and Earth System Sciences 18:319-332

Scott C, Vicuña S, Blanco-Gutiérrez I, Meza F, VarelaOrtega C (2013) Irrigation efficiency and the Kissimmee River Basin. Water Resources Research 52:1227-1244

Crépin AS (2007) Using fast and slow processes to manage resources with thresholds. Environmental and Resource Economics 36:191-213

Di Baldassarre G, Viglione A, Carr G, Kuil L, Yan K, Brandimarte L, Blöschl G (2015b) Debates-perspectives on socio hydrology: Capturing feedbacks between physical and social processes. Water Resources Research 51:4770-4781

Elshafei Y (2016) The co-evolution of people and water: modelling framework for coupled socio-hydrology systems and insights for water resource management. PhD Thesis, School of Earth and Environment, University of Western Australia

Fabre J, Ruelland D, Dezetter A, Grouillet B (2015) Simulating past changes in the balance between water demand and availability and assessing their main drivers at the river basin scale. Hydrology and Earth System Sciences 19:1263-1285

Falkenmark M (1977) Water and mankind: A complex system of mutual interaction. Ambio 6:3-9

Falkenmark M (1979) Main problems of water use and transfer of technology. GeoJournal 3:435-443

Fraser ED, Simelton E, Termansen M, Gosling SN, South A (2013) Vulnerability hotspots: Integrating socioeconomic and hydrological models to identify where cereal production may decline in the future due to climate change induced drought. Agricultural and Forest Meteorology 170:195-205

Global Water Partnership (2000) Integrated water resources management. TAC Background Papers No 4, pp 22, Stockholm: GWP Secretariat

Harou JJ, Pulido-Velazquez M, Rosenberg DE, MedellínAzuara J, Lund JR, Howitt RE (2009) Hydro-economic models: Concepts, design, applications, and future prospects. Journal of Hydrology 375:627-643

Hurford AP, Huskova I, Harou JJ (2014) Using many-objective trade-off analysis to help dams promote economic development, protect the poor and enhance ecological health. Environmental Science and Policy 38:72-86

Kandasamy J, Sounthararajah D, Sivabalan P, Chanan A, Vigneswaran, S, 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 18:1027-1041

Srinivasan V, Lambin EF, Gorelick SM, Thompson BH, Rozelle S (2012) The nature and causes of the global water crisis: Syndromes from a meta-analysis of coupled human-water studies. Water Resources Research 48:W10516

Swyngedouw E (2009) The political economy and political ecology of the hydro-social cycle. Journal of Contemporary Water Research and Education 142:56-60

Troy TJ, Pavao-Zuckerman M, Evans TP (2015b) Debates perspectives on socio-hydrology: Socio-hydrologic modeling: Tradeoffs, hypothesis testing, and validation. Water Resources Research 51:4806-4814

Vitousek PM, Mooney HA, Lubchenco J, Melillo JM (1997) Human domination of Earth's ecosystems. Science 277(5325):494-499

Vörösmarty CJ, McIntyre PB, Gessner MO, Dudgeon D, et al. (2010) Global threats to human water security and river biodiversity. Nature 467:555-56

water-policy implications for river-basin resilience. Hydrology and Earth System Sciences 18:1339-1348

Sivakumar B (2012) Socio-hydrology: not a new science, but a recycled and re-worded hydrosociology. Hydrological Processes 26:3788-3790

Sivapalan M (2015) Debates-perspectives on socio-hydrology: Changing water systems and the tyranny of small problems- socio- hydrology. Water Resources Research 51:4795-4805

Sivapalan M, Konar M, Srinivasan V (2014) Socio-hydrology: Use-inspired water sustainability science for the Anthropocene Earth's Future. Earth's Future 2:225-230

Sivapalan M, Savenije HH G, Blöschl G (2012) Sociohydrology: A new science of people and water. Hydrology and Earth System Sciences 26:1270-1276

Srinivasan V (2015) Reimagining the past- use of counterfactual trajectories in socio-hydrological modelling: the case of Chennai, India. Hydrology and Earth System Sciences 19:785-801