Archive of SID

مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰

ص ۱۵۵-۱۳۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰٤/۲۹
تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۱/۰۵

انتخاب چارچوب تحلیل نظام یکپارچهٔ اجتماعی- اکولوژیک کشاورزان بهره‌بردار از منابع آب زیرزمینی یک آبخوان: کاربست مدل تصمیم‌گیری کوپراس

❖ **زهرا کامیاب؛** دانشجوی دکتری گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکدهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

❖ **امیر علم بیگی*؛** استادیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکدهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

❖ **عبدالمطلب رضایی؛** استادیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکدهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

❖ **سید محمود حسینی؛** استاد گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکدهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

سیاستگذاری‌های حفاظت از منابع طبیعی در رویکرد مدیریت سنتی، بر سازگارسازی نظام اکولوژیک با اهداف افزایش تولید و رشد اقتصادی متمرکز گردیده‌اند که موجب افزایش تخریب منابع طبیعی شده‌اند. بهره‌گیری پایدار از منابع طبیعی، در گرو شناخت وابستگی‌های متقابل و درونی نظام‌های اجتماعی و اکولوژیکی و ظرفیت آن‌ها برای تأمین خدمات مورد نیاز می‌باشد. بنابراین، نیاز به بازاندیشی و تغییر به رویکرد مدیریت سیستمی نظام اجتماعی – اکولوژیک می‌باشد که به نقش ذینفعان مختلف در طرح‌ریزی و اجرای اهداف و برنامه‌های حفاظت منابع طبیعی تأکید می‌کند تا از این طریق علاوه بر حفظ منافع انسانی، زمینهٔ حفاظت پایدار منابع طبیعی نیز فراهم شود. از این رو، این مقاله بر آن است که با اتخاذ رویکرد نظام اجتماعی- اکولوژیک، به بررسی و تحلیل واقع‌بینانه از تعاملات کشاورزان با سیستم منابع مشترک آب زیرزمینی یک آبخوان، بپردازد. قدم اول، انتخاب بهترین چارچوب تحلیل نظام اجتماعی – اکولوژیک (SES) از میان چارچوب‌های متعدد تحلیل SES در مطالعات تجربی مختلف است. بنابراین، هدف این تحقیق انتخاب بهترین چارچوب تحلیل SES به منظور بررسی و تحلیل ابعاد انسانی در سازگاری با سیستم منابع مشترک آب زیرزمینی یک آبخوان بود. جامعهٔ آماری پژوهش، مشتمل بر متخصصان و اعضای هیأت علمی دارای تجربه و تخصص در زمینهٔ نظام‌های اجتماعی – اکولوژیک (SES) بود که به طور هدفمند ۱۱ نفر انتخاب شدند. ابزار پژوهش پرسشنامه‌ای در دو بخش مقایسات زوجی معیارهای تصمیم‌گیری و تعیین اهمیت چارچوب‌های تحلیل SES بر اساس هر یک از معیارهای مورد مطالعه بود. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از تکنیک کوپراس (ارزیابی تناسب جامع گزینه‌ها) استفاده شد. نتایج نشان داد که از میان معیارهای تصمیم‌گیری شامل معیار قابلیت شناسایی عامل ناپایدارکننده سیستم، میزان پیچیدگی مؤلفه‌های نظری، برابری توجه به دو نظام انسان و محیط زیست، توانایی پیش بینی آینده بر مبنای روابط فعلی، قابلیت عملیاتی شدن برای مدیریت منابع مشترک، عینیت‌پذیری در شرایط محلی (قابلیت شبیه سازی) و شناسایی تصمیم‌گیران کلیدی، معیار قابلیت شناسایی عامل ناپایدارکنندهٔ سیستم با وزن نسبی ۰/۲۱۷ دارای ارجحیت بیشتری از سایر معیارهای مورد مطالعه است. به علاوه، چارچوب نظام اجتماعی – اکولوژیک استروم (SESF) از نگاه صاحبنظران به عنوان بهترین چارچوب تحلیل ابعاد انسانی در سازگاری با سیستم هیدرولوژیکی یک آبخوان در میان چارچوب‌های موجود است. این چارچوب می‌تواند در جهت شناخت، پیش‌بینی و مدل‌سازی کمّی تعاملات میان فعالیت‌های انسانی با منابع آب‌زیرزمینی و اتخاذ استراتژی‌های مدیریتی کارآمد با هدف پایداری منابع آب زیرزمینی یک آبخوان به‌کار رود.

کلید واژگان: چارچوب‌های تحلیل SES، نظام اجتماعی- اکولوژیک استروم، روش تصمیم‌گیری کوپراس، آبخوان.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۹۸۲۶۳۲۲۳۸۲۹۳+

Email: alambaigi@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

رویکردهای سنتی مدیریت منابع طبیعی موجب افزایش سلطه‌گری انسان بر طبیعت و سازگارسازی سیستم اکولوژیکی با خواسته‌های انسانی گردیده است و که این امر زمینهٔ افزایش تخریب منابع طبیعی، ناپایداری، فقر و ناامنی غذایی را فراهم ساخته است. سیاست‌گذاری‌های انجام شده در زمینهٔ حفاظت منابع طبیعی بر مبنای تفکرات سنتی فایده‌نگر و فن‌گرایانه طرح‌ریزی می‌گردند که در آن، تخریب منابع به عنوان فرآیندی طبیعی تلقی می‌شود و نقش انسان‌ها در شکل‌گیری تغییرات محیط زیستی نادیده انگاشته می‌شود و در این رویکرد، رابطهٔ نظام اجتماعی - اکولوژیک در بلندمدت نادیده گرفته می‌شود، به نحوی که نه تنها اثربخشی مشارکت گروه‌های مختلف انسانی در مقولهٔ حفاظت منابع طبیعی نادیده انگاشته شده، بلکه از رابطهٔ موجود میان معیشت و رفتار حفظ منابع نیز غفلت گردیده است. دستیابی به اهداف حفاظت پایدار منابع طبیعی نیازمند بازاندیشی در این شیوهٔ تفکر و تغییر به رویکرد نظام اجتماعی - اکولوژیک می‌باشد [۹].

به اعتقاد مرکز تاب‌آوری دانشگاه استکهلم[۱] نظام‌های اجتماعی – اکولوژیک، نظام‌های مبتنی بر سازگاری پیچیده‌ای هستند که از نظام اکولوژیک و نهادها اجتماعی گوناگون تشکیل شده‌اند که در شبکه‌هایی با یکدیگر تعامل دارند. رفتارهای فردی افراد به یکدیگر وابسته هستند. افراد با تغییرات در محیط اجتماعی و اکولوژیکی خود سازگار می‌شوند و محیط اجتماعی - اکولوژیک خود را تغییر می‌دهند. در نتیجهٔ این تغییرات یک تعامل با رفتار جدید کل نظام اجتماعی – اکولوژیک در تمام عناصر گوناگون آن پدیدار می‌شود که موجب سازگاری مجدد افراد با یک محیط جدید می‌شود. نظام‌های اجتماعی - اکولوژیک به طور مداوم در حال تغییر هستند و در دستهٔ سیستم‌های پیچیده[۲](CAS) قرار می‌گیرند [۱۰]. این نظام‌ها ویژگی‌های مشترکی مثل تاب‌آوری و پیچیدگی را در خود دارند [۲۵]. با در نظر گرفتن رویکرد نظام اجتماعی-اکولوژیک برای مدیریت منابع طبیعی، می‌توان نمایش واقع‌گرایانه‌تری از ساختار اجتماعی و اکولوژیک نسبت به رویکردهای مدیریت سنتی منابع طبیعی ارائه داد. ناهمگنی کنشگران، تعاملات بین کنشگران و شبکه‌های اجتماعی ساختار اجتماعی را نشان داد. تغییرپذیری، عدم قطعیت، و شکاف اطلاعاتی[۳] را در هنگام تصمیم‌گیری و اتخاذ استراتژی‌های مدیریتی برای منابع طبیعی مورد توجه قرار داد. به طوری که کاربران منابع، مدیران، و سیاست‌گذاران باید با وجود عدم قطعیت تصمیم‌گیری کنند و استراتژی‌هایی را برای مقابله با عدم قطعیت‌های اکولوژیکی و اجتماعی غیرقابل تقلیل توسعه دهند [۲۷].

این مسأله در مورد منابع آب زیرزمینی یک آبخوان و بهره‌برداران آن نیز صدق می‌کند. کشاورزان از منابع مشترک آب زیرزمینی برداشت می‌کنند و ضمن تأثیر بر منابع و دیگر کشاورزان، متقابلاً از آن‌ها تأثیر می‌پذیرند. حجم باقیمانده از منابع آب بر تصمیمات آتی آن‌ها اثر گذاشته [۱۹] و در نهایت بر پایداری سیستم، تأثیرات مثبت و منفی خواهد گذاشت [۱۱]. به همین دلیل، بررسی سیستم منابع آب‌زیرزمینی یک آبخوان از منظر اجتماعی – اکولوژیک که در آن هم کشاورزان، منافع آنان، رویکردهای و تعاملات آن‌ها با یکدیگر به دلیل نقش تعیین کنندهٔ آنان در بهره‌برداری و پایداری منابع آب زیرزمینی، و هم سیستم هیدرولوژیکی منابع آب زیرزمینی آبخوان در نظر گرفته می‌شود، ضرورت دارد. دسته‌ای از مطالعات انجام شده در زمینهٔ مدیریت منابع آب زیرزمینی تنها به شرایط هیدروژئولوژیکی توجه کرده‌اند که به ترکیب مدل‌های شبیه‌سازی آب زیرزمینی (مدل‌های هیدرولیکی و مدل‌های ارزیابی سیاست) و روش‌های بهینه‌سازی (الگوریتم‌های مختلف بهینه‌سازی و توابع هدف مربوط به مسأله) پرداخته‌اند. دستهٔ دیگر از

[۱] Stockholm Resilience Center, Stockholm University
[۲] Complex Adaptive Systems
[۳] information gaps

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعات به بررسی نگرش و رفتار پیچیدهٔ کشاورزان در زمینهٔ حفاظت از منابع آب در بخش کشاورزی به عنوان بزرگترین بخش مصرف کنندهٔ آب با هدف تغییر رفتار آنان پرداخته‌اند؛ زیرا کشاورزان با تصمیمات خود نقش تعیین کننده‌ای در اجرایی شدن سیاست‌های اتخاذ شده از سوی تصمیم‌گیران دارند [۱۳، ۲۴]. هیچ یک از این دو گروه مطالعات ذکر شده به تعامل میان نظام‌های انسانی و هیدرولوژیکی نپرداخته‌اند. از این رو، این مقاله بر آن است که با اتخاذ رویکرد نظام اجتماعی- اکولوژیک در بررسی و تحلیل واقع‌بینانه سیستم منابع مشترک آب زیرزمینی کشاورزان یک آبخوان، این شکاف دانشی را پر کند. در این راستا، قدم اول جهت درک چگونگی تعاملات، بازخوردها و پیوستگی‌های میان عوامل انسانی با سیستم هیدرولوژیکی یک آبخوان، انتخاب یک چارچوب تحلیل مناسب جهت تعیین نظام های اصلی، زیرنظام ها، مؤلفه‌های هر یک، چگونگی ارتباط آن‌ها با یکدیگر و در نهایت تأثیرگذاری آن ها بر پایداری منابع آب زیرزمینی آبخوان است. تعیین و انتخاب یک چارچوب مناسب ضمن ارائهٔ نمایش ساده و قابل درک از روابط پیچیده میان دو نظام انسانی و هیدروژیکی، می‌تواند مبنا و پایه‌ای برای تعریف حلقه‌های علّت – معلولی روابط میان زیرنظام‌ها و تبیین روابط ریاضی جهت کمّی‌سازی مؤلفه‌ها و در نتیجه نقطهٔ آغازینی برای مدلسازی کمّی تأثیر عوامل انسانی بر سیستم منابع مشترک آب‌زیرزمینی یک آبخوان باشد.

مطالعات محدودی در زمینهٔ تعامل میان نظام‌های انسانی و هیدرولوژیکی انجام شده است که به تحلیل تعاملات و بازخوردها و هم تکاملی نظام پیوستهٔ انسان- آب از نظر تاریخی پرداخته‌اند. به عنوان مثال: [۱]، روند شکل‌گیری و تکامل تعامل انسان و منابع آب در ایران را با بهره‌مندی از نظریه‌های مختلف «شیوهٔ تولید آسیایی»، «نهادهای اجتماعی» و «تغییرات اجتماعی» در یک بستر تاریخی تشریح و تحلیل کردند. نتایج نشان داد که به دلیل گسست شناختی و فرهنگی در طبقات نظام اجتماعی و باقی‌ماندن مکانیزم‌های ناشی از نهادهای سنتی در لایه‌های زیرین نظام اجتماعی به عنوان زیربنای رفتاری آنان، قانون‌گرایی با وجود تأیید در نظام سیاسی و حقوقی، در تعامل انسان و منابع آب نهادینه سازی نشده است و تلاش ها برای نهادینه‌سازی و باز تنظیم مکانیزم‌های تعامل انسان و منابع آب سبب یک بی‌نظمی نظام‌یافته شد. در تحقیقی دیگر [۷] جهت درک روابط پیچیده میان سیستم‌های طبیعی و انسانی و شناخت پویایی هم‌تکاملی انسان و آب، به مطالعهٔ تاریخی حوضهٔ آبریز مشهد از طریق هیدرولوژی اجتماعی[۱] پرداختند. و مدلی ادراکی جهت شناخت سیستم هیدرولوژیکی اجتماعی حوضهٔ مطرح کردند که در آن کمیت و کیفیت منابع آبی و تقاضای آب به عنوان مهم‌ترین نیروهای محرک داخلی و مؤلفه‌های هیدرواقلیمی به عنوان مهم‌ترین نیروی محرک خارجی مؤثر بر هم‌تکاملی سیستم پیوستهٔ انسان - آب عمل می‌کند.

چارچوب های تحلیل نظام اجتماعی – اکولوژیک (SES)، چارچوب‌هایی برای تعیین زبان مشترک، ساختن پژوهش بر روی نظام های اجتماعی – اکولوژیک و ارائهٔ رهنمودهایی برای توسعهٔ پایدارتر ایجاد شده‌اند [۱۹، ۲۰، ۲۱]. چارچوب‌های برجستهٔ متعددی برای تحلیل SES وجود دارند که از جمله می‌توان به چارچوب نیروهای پیش برندهٔ- فشار- حالت- اثر- پاسخ[۲](DPSIR)، چارچوب مدیریت و گذار[۳](MTF)، چارچوب خدمات اکوسیستم[۴](ES)، چارچوب نظام انسانی- محیط زیستی[۵] (HSE)، چارچوب نظام‌های اجتماعی – اکولوژیک استروم[۶]

[۱] Socio-hydrology
[۲] The Driver, Pressure, State, Impact, Response (DPSIR) framework
[۳] The Management and Transition Framework
[۴] The Ecosystem Services (ES) framework
[۵] The Human-Environment System (HES) framework
[۶] The SES framework (SESF)

www.SID.ir

Archive of SID

(SESF)، رویکرد معیشتی پایدار[۱](SLA)، چارچوب مرحلهٔ طبیعی[۲](TNS) و چارچوب آسیب‌پذیری ترنر و همکاران[۳](TVUL) اشاره کرد. همچنین، چارچوب‌های که در تحقیقات مختلف در حوزهٔ مدیریت منابع آب به‌کار گرفته شده‌اند را می‌توان به این موارد اشاره نمود: نظریه تعاملات بسترمند (CTI)[۴]جهت ارزیابی وضعیت حکمرانی آب در رابطه بر فرآیند حفاظت از منابع آب زیرزمینی [۱۴]، چارچوب تحلیل و دگرگونی نهادی (IAD)[۵]جهت بررسی تأثیر بستر نهادی (قوانین رسمی و سیاست‌ها) بر تشدید محرک‌های فعال در زمینهٔ بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی [۶]، چارچوب نظام اجتماعی- اکولوژیک استروم جهت بررسی وضعیت پارامترهای مرتبط با خودسازماندهی [۱۲]، بررسی عوامل مؤثر بر کنش جمعی کشاورزان در برداشت از آب‌های زیرزمینی [۱۷]، تحلیل حکمرانی چندسطحی آب در نیکاراگوئه [۱۶]، چارچوب نیروهای پیش برندهٔ- فشار- حالت - اثر - پاسخ (DPSIR) جهت ارزیابی وضعیت موجود سیستم منابع آب منطقهٔ مورد مطالعه [۱۵]. در ادامه چارچوب‌های تحلیل SES در نظر گرفته شده در این مطالعه به طور مختصر توضیح داده شده است.

چارچوب نظام های انسانی- محیط زیستی (HES)، رویکردی روش‌شناختی برای بهبود درک ساختارها و فرآیندهای نظام انسانی- محیط زیستی است که دستورالعمل‌های مشخص در مورد نحوهٔ انجام تحلیل ارائه می‌کند. در این چارچوب، نظام انسانی بر اساس نظریهٔ تصمیم‌گیری برای تحلیل فعالیت‌های انسانی و فرآیندهای یادگیری، تعاملات و حلقه‌های بازخورد در بین سطوح مختلف سلسله مراتبی نظام اجتماعی در هر دو سطح میکرو (فرد) و ماکرو (جامعه، سیستم حکمرانی) در نظر گرفته می‌شود و پویایی در نظام اجتماعی را به طور صریح از طریق ایجاد تغییرات در سطح آگاهی‌های محیط زیستی در سطوح مختلف سلسله مراتبی نظام اجتماعی در نظر می‌گیرد. نظام محیط زیستی از دیدگاه «انسان محوری» به عنوان ارائه کنندهٔ خدماتی نگریسته می شود که رفاه انسان را افزایش می‌دهد. تعامل و پویایی بین دو نظام انسانی و محیط زیستی را به صورت متقابل ($E \leftrightarrow S$) از طریق بازخوردهای اولیه و ثانویه (کوتاه مدت، بلند مدت) در نظر می‌گیرد [۲۸، ۲۹، ۳۰].

چارچوب نظام اجتماعی – اکولوژیک استروم (SESF): یک چارچوب نظری برای پیشبرد نظریهٔ کنش جمعی و بیشتر به عنوان یک ابزار کلی برای تشخیص پایداری نظام‌های اجتماعی - اکولوژیک در نظر گرفته می‌شود [۲۲]. این چارچوب دارای ساختاری سلسله مراتبی و تو در تو متشکل از چهار زیر سیستم، سیستم منبع[۶](RS)، واحدهای منبع[۷](RU)، سیستم حکمرانی[۸] (GS): کنشگران[۹](A) است که بر تعاملات و نتایج حاصل از آن‌ها در یک زمان و مکان خاص تأثیر می‌گذارد و به طور غیر مستقیم تأثیر می‌پذیرد. همچنین، این چارچوب می‌تواند چگونگی تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری این متغیرها را از ساختارهای اجتماعی – اقتصادی، سیاسی و اکولوژیکی کوچک و حتی بزرگ‌تر که نظام اجتماعی – اکولوژیک مورد نظر در آن قرار دارد، بررسی کند. در این چارچوب، متغیرهای مرتبهٔ دوم تشکیل دهندهٔ هر یک از چهار زیرسیستم مرتبهٔ اول نیز ارائه می‌شود [۱۹، ۲۰].

رویکرد معیشتی پایدار (SLA): این چارچوب بر مبنای پنج دارایی معیشتی (سرمایه‌های طبیعی، فیزیکی،

[۱] The Sustainable Livelihood Approach
[۲] The Natural Step (TNS) framework
[۳] The Turner et al. (2003) Vulnerability framework
[۴] Contextual Interaction Theory
[۵] Institutional Decomposition and Analysis
[۶] Resources System
[۷] Resources Units
[۸] Governance System
[۹] Actors

www.SID.ir

Archive of SID

اجتماعی، انسانی و مالی)، ساختارها (بخش‌های عمومی و خصوصی) و فرآیندهایی (سیاست‌ها، قوانین، فرهنگ و ...) که بر چگونگی ترکیب و استفاده از این دارایی ها و راهبردهای دستیابی به نتایج مطلوب امرار معاش (مانند امنیت، در آمد و رفاه بیشتر) تأثیر می گذارند، محیط آسیب‌پذیر (تغییرات فصلی، شوک‌ها یا تکانه‌ای وارد شده ناگهانی، روندهای بحران‌زا)، راهبردهای معیشتی (ترکیبی از فعالیت‌ها جهت دستیابی معاش) و نتایج معیشتی (موفقیت‌ها و هدف‌های حاصل از راهبردهای امرار معاش از طریق دارایی‌های معیشتی) شکل گرفته است [۳۱].

مرحلهٔ طبیعی (TNS) چارچوبی برای برنامه‌ریزی به سوی پایداری ارائه می‌دهد. این چارچوب شامل اصول قانونی (نحوهٔ تشکیل سیستم)، اصول پیامد (برای پایداری) و اصول فرآیند (چگونگی رسیدن به نتیجهٔ مطلوب) است [۴]. در این چارچوب، نظام اجتماعی از طریق اصول اجتماعی (قوانین، هنجارها و غیره) در نظر گرفته می‌شود و بر ساختارهای حکمرانی و سیاست تأکید دارد و تعاملات بین سطوح مختلف سلسله مراتبی نظام اجتماعی را با در نظر گرفتن رابطهٔ ماکرو (سیستم حکمرانی در جامعه) ← میکرو (فرد) تصور می‌کند. نظام اکولوژیکی از دیدگاه «طبیعت‌محور»، صرف نظر از سودمندی آن برای انسان‌ها تحلیل می شود. تعامل بین نظام اجتماعی و اکولوژیکی را به صورت چگونگی تأثیر اقدامات انسانی و نیازهای منابع بر نظام اکولوژیکی، در نظر گرفته می‌شود [۳۳].

آ سیب‌پذیری ترنر (TVUL)، چارچوبی برجسته و مشهور بر مبنای جنبه‌های محیط زیستی- انسانی است که با در نظر گرفتن علوم پایداری در سه سطح و مقیاس مکانی، منطقه‌ای و جهانی شکل گرفته است. در مقیاس جهانی و منطقه‌ای، تأثیر انسان به بیش از محدودهٔ مکانی خود، منجر به تغییر و تنوع در شرایط انسانی از طریق تصمیمات سیاسی اقتصادی و نهادی می شود. همچنین، منجر به تغییر و تنوع محیط زیستی از طریق تأثیر بر کیفیت و تغییر در منابع محیط زیستی می‌شود. این تأثیرات زمینهٔ اثرات متقابل مخاطرات را درپی دارد که بر آسیب‌پذیری در مقیاس مکانی تأثیر می‌گذارد و به دنبال آن پاسخ‌هایی دارد. آسیب‌پذیری در مقیاس مکانی، تابع سه عامل مواجهه (تکرار، بزرگی و مدت استمرار)، حساسیت (در بردارندهٔ شرایط انسانی و زیست محیطی) و برگشت‌پذیری (سه جنبهٔ پاسخ: مقابله، پیامدها و تعدیل و سازگاری) است [۳۲].

با توجه به این که چارچوب های تحلیل نظام های اجتماعی – اکولوژیک (SES) از نظر منشأ نظری و میان‌رشته‌ای آن‌ها، هدف آن‌ها و روشی که آن‌ها نظام‌های اجتماعی و اکولوژیک، تعاملات و پویایی آن ها را تصور می‌کنند، به طور قابل توجهی متفاوت هستند و یک هستی‌شناسی و پایگاه داده واحدی برای نظام‌های اجتماعی – اکولوژیک (SES) وجود ندارد، که اجازهٔ جمع‌آوری و به اشتراک گذاری داده‌های مرتبط به نظام‌های اجتماعی و اکولوژیک را بدهد که برای کاربرد در هر چارچوبی قابل استفاده باشند. از این رو پرسش اصلی تحقیق حاضر این است که انتخاب کدام چارچوب تحلیل SES، در زمینهٔ تحلیل ابعاد انسانی در سازگاری با سیستم‌های منابع مشترک آب زیرزمینی یک آبخوان کمک بهتری خواهد کرد. به عبارتی دیگر کدام چارچوب تحلیل SES، نظام اجتماعی و اکولوژیک یک آبخوان و تعاملات و پویایی بین آن‌ها را بهتر به تصویر می‌کشد. کدام چارچوب تحلیل SES می‌تواند نگاه واقع‌بینانه‌تری از بهره‌برداران آب‌زیرزمینی، نهادها و سازمان‌های اجرایی، سیاست‌ها و قوانین مرتبط با مدیریت منابع آب‌زیرزمینی و سیستم هیدرولوژی یک آبخوان به تصویر بکشد؟ استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با توجه به تعدد و تناقض در معیارها می‌تواند پاسخ این پرسش را روشن کند. در این پژوهش، روش تصمیم‌گیری ارزیابی تناسب جامع (کوپراس) برای انتخاب بهترین چارچوب تحلیل SES مورد استفاده قرار گرفت. این روش عملکرد گزینه‌ها را با توجه به معیارهای مختلف و اوزان معیار مربوطه در نظر می‌گیرد و از روش ارزیابی و رتبه‌بندی گام به گام گزینه‌ها بر اساس اهمیت و درجهٔ سودمندی آن‌ها استفاده می‌کند. در این تحقیق، ۵ چارچوب تحلیل نظام‌های اجتماعی اکولوژیکی که بیشترین استناد را در مقالات

www.SID.ir

Archive of SID

داشتند شامل چارچوب نظام انسانی- محیط زیستی (HES)، چارچوب نظام اجتماعی – اکولوژیک استروم (SESF)، رویکرد معیشتی پایدار (SLA)، مرحلهٔ طبیعی (TNS)، آسیب‌پذیری ترنر (TVUL) به عنوان گزینه‌های تصمیم‌گیری تعیین شدند. از آن جا که، یکی از اجزاء اصلی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، تعیین معیارهای کارآمد و مؤثر است، به گونه‌ای که توانایی ارزیابی جنبه‌های مختلف یک تصمیم را داشته باشد. در این پژوهش، با توجه به مرور ادبیات نظری و با اقتباس از معیارهای ارائه شده توسط Binder و همکاران (۲۰۱۳) [۲] و در نظر گرفتن ویژگی‌های اجتماعی و سیستم هیدرولوژیکی یک آبخوان و در نهایت نظر متخصصان منابع آب و محیط زیست کشور، ۷ معیار شامل میزان پیچیدگی مؤلفه‌های نظری، برابری توجه به دو نظام انسان و محیط زیست، توانایی پیش بینی آینده بر مبنای روابط فعلی، قابلیت عملیاتی شدن برای مدیریت منابع مشترک، عینیت‌پذیری در شرایط محلی (قابلیت شبیه‌سازی)، شناسایی تصمیم‌گیران کلیدی، قابلیت شناسایی عامل ناپایدارکنندهٔ سیستم به عنوان معیارهای تصمیم‌گیری انتخاب شدند که تعاریف هر یک در جدول (۱) آورده شده است:

جدول ۱. معیارهای تصمیم‌گیری انتخاب چارچوب تحلیل SES

معیار	منبع	تعریف
میزان پیچیدگی مؤلفه‌های نظری	[۸]	این معیار یک معیار منفی است که اشاره به این دارد که چارچوب مورد مطالعه از نظر فراگیری سطح به‌کارگیری، میزان جهان‌شمول بودن و استناد پذیری، از مقبولیت کمتری در بین محققان، برنامه‌ریزان و سیاستگذاران مدیریت منابع طبیعی برخوردار است.
توانایی پیش‌بینی آینده بر مبنای روابط فعلی بین نظام انسان و محیط زیست	[۲]	این معیار به چگونگی تعاملات بین نظام اجتماعی (S) و نظام اکولوژیکی (E) اشاره دارد. چارچوب مورد مطالعه از کدام یک از سه شکل تعاملات پیروی می‌کند: $E \rightarrow S$: نظام اکولوژیکی بر نظام اجتماعی تأثیر می‌گذارد. $S \rightarrow E$: فعالیت‌های انسانی بر نظام اکولوژیکی یا خدمات اکوسیستمی تأثیر می‌گذارد. $S \leftrightarrow E$: تقابل بین نظام اجتماعی و سیستم اکولوژیکی در نظر گرفته می‌شود.
قابلیت عملیاتی شدن برای مدیریت منابع مشترک	[۲]	این معیار به جهت‌گیری چارچوب‌های مورد مطالعه اشاره دارد که می‌تواند چارچوبی مبتنی بر تحلیل با هدف ارائهٔ یک زبان عمومی باشد یا به عنوان چارچوبی عمل‌گرا با هدف عمل کردن یا مداخله در نظام‌های اجتماعی - اکولوژیک (SES) ایجاد شده باشد.
عینیت‌پذیری در شرایط محلی (قابلیت شبیه‌سازی)	[۲]	چارچوب مورد مطالعه تا چقدر می‌تواند شناخت واقع‌گرایانه‌تری از سطوح سلسله مراتبی نظام اجتماعی، تعاملات بین این سطوح در یک آبخوان را به‌دست می‌دهد. چارچوب مورد مطالعه تا چقدر می‌تواند تأثیر سطوح ماکرو نظام اجتماعی و عوامل بیرون‌زا اکولوژیکی بر سطح محلی را نشان دهد.
شناسایی تصمیم‌گیران کلیدی	[۸]	این معیار به سطوح سلسله مراتبی، چگونگی تعامل و اندازه تعامل بین سطوح سلسله مراتبی نظام اجتماعی اشاره دارد. تحلیل نقش و موقعیت کنشگران و شناسایی کنشگران کلیدی برای محققین، سیاستگذاران و برنامه‌ریزان جهت ظرفیت‌سازی و توانمندسازی بهره‌بردارن منابع آب‌زیرزمینی، مدیریت تعارضات ناشی از محدودیت این منابع، و استقرار نظام مدیریت مشارکتی منابع آب زیرزمینی ضروری است.
برابری توجه به دو نظام انسان و محیط زیست	[۲]	این معیار اشاره به این دارد که چارچوب مورد مطالعه تا چه حد هر دو نظام اجتماعی و اکولوژیکی در عمق یکسان در نظر می‌گیرد.
قابلیت شناسایی عوامل ناپایدارکننده سیستم	[۳]	چارچوب مورد مطالعه تا چقدر می‌تواند شوک‌ها و عوامل استرس‌زای سیاسی- اجتماعی یا محیط زیستی و درجه‌ای که نظام اجتماعی (از نظر بزرگی، تکرار و استمرار عامل استرس‌زا) می‌تواند این عوامل را تجربه کند، را نشان دهد.

۲. روش‌شناسی

پژوهش حاضر با هدف انتخاب بهترین چارچوب تحلیل نظام های اجتماعی – اکولوژیکی (SES) برای بررسی ابعاد انسانی در سازگاری با سیستم منابع مشترک آب‌زیرزمینی یک آبخوان انجام شد. این پژوهش از نظر هدف کاربردی، از نظر ماهیت توصیفی – تحلیلی و از نظر نحوهٔ گردآوری داده‌ها، میدانی است. جامعهٔ آماری پژوهش

www.SID.ir

Archive of SID

متشکل از متخصصان و اعضای هیئت علمی دانشگاه در حوزه‌های منابع آب، محیط زیست و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی بود که تجربهٔ انتشار مقالهٔ علمی و اجرای طرح پژوهشی در زمینهٔ نظام‌های اجتماعی – اکولوژیکی (SES) را داشتند که از آن میان، ۱۱ نفر با استفاده از رویکرد نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. انتخاب افراد پرسش‌شونده در نمونه‌گیری (غیراحتمالی) هدفمند، به صورت عمدی و با توجه به هدف تحقیق و شرایط موجود صورت گرفته است و از انتخاب تصادفی افراد به شدت پرهیز شده است. با توجه به این که جامعه آماری در روش تصمیم‌گیری کوپراس، خبرگان حوزهٔ مورد مطالعه تشکیل می‌دهد و پاسخ افراد نمونهٔ آماری به سوالات مطرح شده در رابطه با معیارها و گزینه‌ها و درجهٔ اهمیت هر یک از آن‌ها می‌باشد، انتخاب با دقت افراد نمونهٔ آماری در فرآیند تصمیم‌گیری با اهمیت می‌باشد و تعداد افراد نمونهٔ آماری در این نوع تحقیقات اهمیت چندانی ندارد. لیست افراد پرسش‌شونده به لحاظ عضویت سازمانی و تخصص علمی در جدول (۲) آورده شده است. ابزار پژوهش پرسشنامه‌ای متشکل از دو بخش بود: بخش اول میزان اهمیت هر یک از معیارهای تصمیم‌گیری با توجه به هدف تحقیق نسبت به یکدیگر سوال شد که نحوهٔ امتیازدهی به معیارها بر اساس مقایسات زوجی و مقیاس ۹ سطحی توماس ال. ساعتی بود. بخش دوم پرسشنامه دیدگاه پاسخگویان در بارهٔ میزان ارزش و اهمیت هر یک از چارچوب های تحلیل SES بر اساس تک تک معیارهای مورد مطالعه سنجیده شد. همچنین، راهنمای پرسشنامه مبتنی بر معرفی پنج چارچوب تحلیل SES مورد مطالعه به صورت جداگانه به همراه پرسشنامهٔ اصلی تحقیق تدوین و در اختیار افراد نمونهٔ آماری قرار گرفت. در نهایت ۱۱ پرسشنامه تکمیل، جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار گرفت. به منظور تعیین وزن معیارها از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده شد. همچنین، رتبه‌بندی و انتخاب بهترین چارچوب تحلیل SES برای مطالعهٔ نظام اجتماعی – اکولوژیک یک آبخوان با کمک مدل تصمیم‌گیری کوپراس و در محیط نرم افزار Excel انجام گرفت. شکل (۱) روند انجام مطالعهٔ حاضر را نمایش می‌دهد.

جدول ۲. لیست متخصصان اجتماعی – اکولوژیکی مورد پرسش

ردیف	درجه علمی	نهاد / سازمان	تخصص
۱	دکتری	دانشگاه تهران	محیط زیست- مدیریت منابع آب
۲	دکتری	دانشگاه تهران	ترویج کشاورزی - منابع آب
۳	دکتری	دانشگاه تربیت مدرس	ترویج کشاورزی- محیط زیست و منابع طبیعی
۴	دکتری	دانشگاه پیام نور	ترویج کشاورزی - مطالعات آب و خشکسالی
۵	دکتری	دانشگاه شیراز	ترویج کشاورزی- مدلسازی رفتار محیط زیست‌گرایانه در حافظت از منابع آب
۶	دکتری	دانشگاه تهران	ترویج کشاورزی- منابع آب
۷	دکتری	آزمایشگاه مدل‌سازی سیستم‌های اجتماعی – اکولوژیک	آبخیزداری
۸	دکتری	آزمایشگاه مدل‌سازی سیستم‌های اجتماعی – اکولوژیک	آبخیزداری
۹	دکتری	آزمایشگاه مدل‌سازی سیستم‌های اجتماعی – اکولوژیک	مرتع - مدلسازی سیستم‌های انسانی- محیطی
۱۰	دانشجوی دکتری	دانشگاه تهران	منابع آب- مدلسازی مشارکتی در سامانه منابع آب
۱۱	دکتری	دانشگاه تربیت مدرس	مرتع – مدلسازی سیستم‌های اجتماعی- اکولوژیکی در حوزه منابع طبیعی

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱. نمودار روند انجام مطالعه

۱،۲. روش ارزیابی تناسب جامع (کوپراس)

روش ارزیابی تناسب جامع (کوپراس)، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) است، توسط Zavadskas and Kaklauskas (۱۹۹۶) برای یافتن راه حلی مناسب برای مسائلی مطرح شد که در آن تصمیم‌گیرنده باید با در نظر گرفتن یک مجموعهٔ معینی از معیارها، از میان گزینه‌ها انتخاب کند [۵]. از مهم‌ترین ویژگی‌های این رویکرد می‌توان به این موارد اشاره کرد: این روش می‌تواند رتبه‌بندی کاملی از گزینه‌ها ارائه دهد و قادر است هم زمان از معیارهای کمی و کیفی برای ارزیابی گزینه‌ها استفاده کند. همچنین، قابلیت محاسبهٔ معیارهای مثبت و معیارهای منفی را به طور جداگانه در فرآیند ارزیابی دارد. ویژگی مهم دیگری که باعث برتری تکنیک کوپراس نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری می‌شود، این است که می‌تواند درجهٔ اهمیت هر گزینه را تخمین بزند و آن را بر اساس درصد نشان دهد که تا چه اندازه یک گزینه بهتر یا بدتر است و از این لحاظ مقایسهٔ کاملی را میان گزینه‌ها انجام دهد به طوری که تطبیق بیشتری با شرایط و واقعیت‌های محلی و تجربی دارد [۱۸]. مراحل انجام روش کوپراس به ترتیب عبارتند از [۲۶]:

گام اول: ایجاد ماتریس تصمیم: نخستین گام در این تکنیک تشکیل ماتریس تصمیم مسأله است.

$$D = [x_{ij}] = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطهٔ (۱)}$$

که در آن، x_{ij} = ارزیابی گزینهٔ iام در رابطه با معیار jام، m = تعداد گزینه‌ها و n = تعداد معیارها هستند.

گام دوم: نرمال سازی ماتریس تصمیم: در تکنیک کوپراس نرمال‌سازی به روش خطی صورت می‌گیرد. در این مرحله به منظور بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم، از رابطهٔ (۲) استفاده می‌شود:

$$R = [r_{ij}]_{m\times n} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}} \quad \text{رابطهٔ (۲)}$$

www.SID.ir

Archive of SID

گام سوم: ایجاد ماتریس تصمیم نرمال موزون: در این مرحله با استفاده از وزن معیارها، ماتریس تصمیم نرمال شده موزون محا سبه می شود. در صورتی که وزن معیارها به صورت $w = \{w_1\ w_2\ \dots\ w_n\}$ باشد، می‌توان ماتریس تصمیم نرمال شدهٔ موزون را به صورت رابطهٔ (۳) محاسبه نمود:

$$D = \left[y_{ij}\right]_{m\times n} = r_{ij} \times w_j \qquad \text{رابطهٔ (۳)}$$
$$\boldsymbol{i = 1.2.\dots.m} \qquad \boldsymbol{j = 1.2.\dots.n}$$

که در آن، r_{ij} = مقدار نرمال شدهٔ گزینهٔ iام در معیار jام و w_{ij} وزن معیار jام می‌باشد. همواره مجموع وزن نرمال شده موزون گزینه‌ها در یک معیار برابر است با وزن آن معیار است ($\sum_{i=1}^{m} y_{ij} = W_j$).

گام چهارم: محا سبهٔ مجموع مقادیر نرمال شده موزون: در این مرحله با استفاد از رابطه‌های (۴) و (۵) مجموع مقادیر نرمال شده موزون برای معیارهای مثبت و معیارهای منفی به صورت جداگانه برای هر گزینه محاسبه می‌شود:

$$S_{+i} = \sum_{j=1}^{n} y_{+ij} \qquad \text{رابطهٔ (۴)}$$

$$S_{-i} = \sum_{j=1}^{n} y_{-ij} \qquad \text{رابطهٔ (۵)}$$

که در آن، y_{+ij} و y_{-ij} به ترتیب مقدار نرمال شدهٔ موزون برای معیارهای مثبت و منفی می‌باشند.

گام پنجم: تعیین اهمیت نسبی[1] گزینه‌ها: در این مرحله اهمیت نسبی هر گزینه با استفاده از رابطهٔ (۶) محاسبه می‌شود:

$$Q_i = S_{+i} + \frac{S_{-min}\times\sum_{i=1}^{m} S_{-i}}{S_{-i}\times\sum_{i=1}^{m}\left(\frac{S_{-min}}{S_{-i}}\right)}. \qquad \text{رابطهٔ (۶)}$$

$$\boldsymbol{i = 1.2.\dots.m}$$

که در آن، S_{-min} = حداقل مقدار S_{-i} است. هر چه مقدار Q_i بیشتر باشد، گزینهٔ مربوط به آن رتبهٔ بهتری خواهد داشت.

گام ششم: محاسبهٔ کمی سودمندی گزینه‌ها: در این مرحله با استفاده از رابطهٔ (۷) میزان سودمندی هر یک از گزینه‌ها محاسبه می‌شود:

$$U_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \times ۱۰۰٪ \qquad \text{رابطهٔ (۷)}$$

که در آن، Q_{max} = بزرگترین مقدار اهمیت نسبی گزینه‌ها و U_i = شاخص سودمندی[2] هر گزینه می‌باشد که همواره مقداری بین ۰ تا ۱۰۰ درصد است. هر چه مقدار سودمندی یک گزینه بی شتر با شد، اولویت بالاتری خواهد داشت.

۳. نتایج

در این بخش نتایج حاصل از بکارگیری روش تصمیم‌گیری کوپراس به تفصیل ارائه می شود. با توجه به اینکه اهمیت معیارها با یکدیگر برابر نیست به هر معیار وزن متفاوتی تخصیص داده می‌شود و سپس رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس گام‌های روش کوپراس انجام می‌شود. در این تحقیق، به منظور تعیین اهمیت معیارها از روش تحلیل سلسله مراتبی بر مبنای مقایسات زوجی ا ستفاده شد و وزن معیارها مطابق جدول (۳) تعیین شد. نتایج ماتریس مقایسات زوجی معیارها نسبت به هدف نشان داد که معیار قابلیت شنا سایی عامل ناپایدارکنندهٔ سیستم با وزن نسبی ۰/۲۱۷ بیشترین اهم یت را در انت خاب چارچوب تحلیل مناسب نظام‌های اجتماعی- اکولوژیک یک آبخوان داشته است. بعد از آن معیار برابری توجه به دو نظام انسان و محیط زیست با وزن نسبی ۰/۲۰۴، شناسایی تصمیم‌گیران کلیدی با وزن نسبی ۰/۱۷۷، قابلیت عملیاتی شدن برای مدیریت منابع مشترک با وزن

[1] Relative Significance
[2] Utility Degree

www.SID.ir

Archive of SID

نسبی ۰/۱۷۱، عینیت‌پذیری در شرایط محلی (قابلیت شبیه‌سازی) با وزن نسبی ۰/۰۹۹، توانایی پیش‌بینی آینده بر مبنای روابط فعلی با وزن نسبی ۰/۰۸۹ و نهایتاً معیار میزان پیچیدگی مؤلفه‌های نظری با وزن نسبی ۰/۰۴۰ قرار دارند. نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی معادل ۰/۰۲ به‌دست آمد که نشان می‌دهد که مقایسات زوجی انجام شده برای وزن‌دهی معیارها به روش تحلیل سلسله مراتبی در سطح قابل قبولی (کمتر از ۰/۱) است. در روش کوپراس معیارهای منفی و معیارهای مثبت مشخص می‌شوند که در این پژوهش معیار میزان پیچیدگی مؤلفه‌های نظری به عنوان معیارهای منفی و سایر معیارها مثبت در نظر گرفته شدند که جهت معیارها در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳. وزن معیارها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی

	معیارها	جهت	اهمیت نسبی (W)
A	میزان پیچیدگی مؤلفه‌های نظری	-	۰/۰۴۰
B	برابری توجه به دو نظام انسان و محیط زیست	+	۰/۲۰۴
C	توانایی پیش‌بینی آینده بر مبنای روابط فعلی	+	۰/۰۸۹
D	قابلیت عملیاتی شدن برای مدیریت منابع مشترک	+	۰/۱۷۱
E	عینیت‌پذیری در شرایط محلی (قابلیت شبیه‌سازی)	+	۰/۰۹۹
F	شناسایی تصمیم‌گیران کلیدی	+	۰/۱۷۷
G	قابلیت شناسایی عامل ناپایدارکنندهٔ سیستم	+	۰/۲۱۷

(منبع: یافته‌های تحقیق)

ماتریس تصمیم مسئله با تجمیع نظرات خبرگان، از داده‌های جمع‌آوری شده از طریق پرسشنامه مطابق با جدول (۴) تشکیل شد. در این ماتریس هر گزینه را بر اساس تعدادی معیار امتیازدهی و ارزیابی شده است. این ماتریس یک ماتریس ۷ × ۵ است که گزینه‌ها نشان دهندهٔ چارچوب‌های تحلیل SES و معیارها نیز شامل معیارهای تصمیم‌گیری از A تا G است.

جدول ۴. ماتریس تصمیم مسئله بر اساس نظر خبرگان

گزینه‌ها / معیارها		میزان پیچیدگی مؤلفه‌های نظری	برابری توجه به دو نظام انسان و محیط زیست	توانایی پیش بینی آینده بر مبنای روابط فعلی	قابلیت عملیاتی شدن برای مدیریت منابع مشترک	عینیت‌پذیری در شرایط محلی (قابلیت شبیه‌سازی)	شناسایی تصمیم‌گیران کلیدی	قابلیت شناسایی عامل ناپایدار کننده سیستم
		A	B	C	D	E	F	G
چارچوب نظام انسانی- محیط زیستی	HSE	۳/۴۹	۴/۲۳	۳/۴۱	۳/۳۹	۳/۱۷	۳/۲۸	۰/۳۹
چارچوب نظام اجتماعی - اکولوژیک استروم	SESF	۳/۴۵	۳/۹۴	۳/۷۷	۳/۴۱	۳/۲۲	۴/۰۰	۴/۰۰
رویکرد معیشتی پایدار	SLA	۳/۰۸	۲/۶۳	۲/۸۸	۳/۳۳	۲/۸۸	۳/۱۴	۳/۱۴
مرحلهٔ طبیعی	TNS	۲/۶۵	۲/۰۳	۲/۷۴	۲/۹۶	۲/۷۴	۲/۵۰	۲/۵۰
آسیب‌پذیری ترنر	TVUL	۳/۰۵	۲/۵۹	۲/۵۴	۳/۱۱	۲/۹۱	۰/۰۳	۳/۰۳

(منبع: یافته‌های تحقیق)

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج نرمال سازی ماتریس تصمیم با استفاده از رابطهٔ (۲) در جدول (۵) نشـــان داده شـــده اســـت. هدف از نرمال‌ســازی بدســت آوردن مقادیر بدون بُعد از معیارهای انتخاب چارچوب تحلیل SES است، به نحوی که تمام این گزینه‌ها را می‌توان با یکدیگر مقایسه کرد.

جدول ۵. ماتریس تصمیم نرمال شده

گزینه‌ها / معیارها		میزان پیچیدگی مؤلفه‌های نظری	برابری توجه به دو نظام انسان و محیط زیست	توانایی پیش بینی آینده بر مبنای روابط فعلی	قابلیت عملیاتی شدن برای مدیریت منابع مشترک	عینیت‌پذیری در شرایط محلی (قابلیت شبیه‌سازی)	شناسایی تصمیم‌گیران کلیدی	قابلیت شناسایی عامل ناپایدار کننده سیستم
		A	B	C	D	E	F	G
چارچوب نظام انسانی- محیط زیستی	HSE	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۲۰
چارچوب نظام اجتماعی - اکولوژیک استروم	SESF	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۲۲
رویکرد معیشتی پایدار	SLA	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۷
مرحلهٔ طبیعی	TNS	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۷
آسیب‌پذیری ترنر	TVUL	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۰

(منبع: یافته‌های تحقیق)

جدول (۶) ماتریس تصـــمیم نرمال موزون را نشـــان می‌دهد. این ماتریس با اســـتفاده از وزن معیارها بدســـت آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP در جدول (۳) و اعمال رابطهٔ (۳) ایجاد شده است.

جدول ۶. ماتریس تصمیم نرمال موزون

گزینه‌ها / معیارها		میزان پیچیدگی مؤلفه‌های نظری	برابری توجه به دو نظام انسان و محیط زیست	توانایی پیش بینی آینده بر مبنای روابط فعلی	قابلیت عملیاتی شدن برای مدیریت منابع مشترک	عینیت‌پذیری در شرایط محلی (قابلیت شبیه‌سازی)	شناسایی تصمیم‌گیران کلیدی	قابلیت شناسایی عامل ناپایدار کننده سیستم
		A	B	C	D	E	F	G
چارچوب نظام انسانی - محیط زیستی	HSE	۰/۰۰۸	۰/۰۵۶	۰/۰۱۹	۰/۰۳۵	۰/۰۲۱	۰/۰۳۶	۰/۰۴۵
چارچوب نظام اجتماعی - اکولوژیک استروم	SESF	۰/۰۰۸	۰/۰۵۲	۰/۰۲۲	۰/۰۳۵	۰/۰۲۱	۰/۰۴۴	۰/۰۴۹
رویکرد معیشتی پایدار	SLA	۰/۰۰۷	۰/۰۳۴	۰/۰۱۶	۰/۰۳۵	۰/۰۱۹	۰/۰۳۴	۰/۰۳۸
مرحلهٔ طبیعی	TNS	۰/۰۰۶	۰/۰۲۶	۰/۰۱۶	۰/۰۳۱	۰/۰۱۸	۰/۰۲۷	۰/۰۳۸
آسیب‌پذیری ترنر	TVUL	۰/۰۰۷	۰/۰۳۴	۰/۰۱۴	۰/۰۳۲	۰/۰۱۹	۰/۰۳۳	۰/۰۴۵

(منبع: یافته‌های تحقیق)

مجموع مقادیر نرمال شـــدهٔ موزون برای معیارهای مثبت (S_{+i}) و مجموع مقادیر نرمال شـــدهٔ موزون برای معیارهای منفی (S_{-i}) برای هر گزینه به صـــورت جداگانه با اســـتفاده از رابطه‌های (۴) و (۵) محاســـبه شـــدند و در

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۷) نشان داده شده است.

جدول ۷. مجموع مقادیر نرمال شدهٔ موزون برای معیارهای مثبت و منفی به صورت جداگانه برای هر گزینه

گزینه‌ها		مجموع مقادیر نرمال شده موزون برای معیارهای مثبت		مجموع مقادیر نرمال شده موزون برای معیارهای منفی	
		S_{+i}	مقدار	S_{-i}	مقدار
چارچوب نظام انسانی- محیط زیستی	HSE	$S_{+۱}$	۰/۲۱۴	S_{-1}	۰/۰۰۸
چارچوب نظام اجتماعی - اکولوژیک استروم	SESF	$S_{+۲}$	۰/۲۲۵	S_{-2}	۰/۰۰۸
رویکرد معیشتی پایدار	SLA	$S_{+۳}$	۰/۱۷۹	S_{-3}	۰/۰۰۷
مرحلهٔ طبیعی	TNS	$S_{+۴}$	۰/۱۵۸	S_{-4}	۰/۰۰۶
آسیب‌پذیری ترنر	TVUL	$S_{+۵}$	۰/۱۸۰	S_{-5}	۰/۰۰۷

(منبع: یافته‌های تحقیق)

مقادیر اولویت یا اهمیت نسبی (Q_i) برای هر چارچوب تحلیل SES با ا ستفاده از رابطهٔ (۶) محا سبه شد و نتایج در جدول (۸) مشاهده می‌شود.

جدول ۸. اهمیت نسبی و شاخص کمی سودمندی و رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها بر اساس روش تصمیم‌گیری کوپراس

گزینه‌ها		اهمیت نسبی (Q_i)	شاخص سودمندی (U_i)	رتبه‌بندی
چارچوب نظام اجتماعی - اکولوژیک استروم	SESF	۰/۲۶۶	۱۰۰	۱
چارچوب نظام انسانی- محیط زیستی	HSE	۰/۲۵۵	۹۵/۹۰	۲
آسیب‌پذیری ترنر	TVUL	۰/۲۲۱	۸۳/۰۴	۳
رویکرد معیشتی پایدار	SLA	۰/۲۱۹	۸۲/۵۶	۴
مرحلهٔ طبیعی	TNS	۰/۱۹۹	۷۴/۷۷	۵

(منبع: یافته‌های تحقیق)

همچنین، جدول (۸) مقدار سودمندی کمی (U_i) برای هر گزینه را نشـــان می‌دهد که بر اســـاس آن رتبه‌بندی کاملی از چارچوب‌های تحلیل SES مورد مطالعه به‌دســت می‌آید. شـاخص کمی سـودمندی هر گزینه با اسـتفاده از رابطهٔ (۷) محاسبه شده است. سپس، چارچوب‌های تحلیل SES با ترتیب نزولی مقادیر شاخص کمی سودمندی (U_i) مرتب شـــدند. بهترین انتخاب چارچوب تحلیل SES برای بررســـی ابعاد انســـانی در ســـیســـتم منابع مشـــترک آب زیرزمینی یـک آبخوان، چـارچوب نظـام اجتمـاعی – اکولوژیک اســـتروم (SESF) با شـاخص سـودمندی ۱۰۰ است و چارچوب نظام‌های انسانی- محیط زیستی (HSE) با شـاخص سـودمندی بیش از ۹۵ درصـد در انتخاب دوم قرار دارد و آخرین انت خاب مربوط به چارچوب مرح لهٔ طبیعی (TNS) با شاخص سودمندی ۷۴/۷۷ است.

بر ا ساس معیارهای ت صمیم‌گیری مورد مطالعه در این تحقیق، چارچوب نظام اجتماعی - اکولوژ یک اســـتروم (SESF) یک چارچوب تحلیل‌گرا [۲] با رویکرد تشخیصی ا ست که بر حکمرانی سطح خرد یا محلی تمرکز دارد و با این نگاه است که مجموعه‌ای از قواعد محلی برای موفقیت حکمرانی در رسیدن به اهداف سیاستی مرتبط با پایداری

www.SID.ir

Archive of SID

ضروری است [۱۴]. از نظر سطح به‌کارگیری و میزان جهان‌شمول بودن از مقبولیت زیادی در بین محققان حوزهٔ مدیریت منابع طبیعی برخودار است. از نظر معیار برابری توجه به دو نظام انسان و محیط زیست، هر دو نظام اجتماعی و اکولوژیکی را در عمق یکسان مورد مطالعه قرار می‌دهد و تقابل بین نظام اجتماعی و نظام اکولوژیکی از طریق حلقه های بازخورد و فرآیند های یادگیری در نظام انسانی در پاسخ به تغییرات در سیستم منابع آب زیرزمینی آبخوان را در نظر می‌گیرد، بنابراین، توانایی پیش‌بینی روابط بین نظام اجتماعی و سیستم منابع آب زیرزمینی آبخوان را بر مبنای روابط فعلی دارد. همچنین، قابلیت شناسایی عوامل ناپایدارکنندهٔ سیستم از جمله شوک‌ها و عوامل استرس‌زا بیرون از مرز نظام اجتماعی – اکولوژیک آبخوان (عوامل بیرون‌زا) مانند تغییرات در بارش و عوامل استرس‌زا درون‌زا مانند وضع هنجارها اجتماعی در سطح محلی و یا اجرای سیاست‌ها در سطوح بالا و درجه‌ای که نظام اجتماعی (از نظر بزرگی، تکرار و استمرار عامل استرس‌زا) در مواجه با این عوامل می‌تواند تجربه کند، را دارد. این چارچوب هر دو سطح میکرو (بهره‌برداران منابع آب زیرزمینی) و ماکرو (سیستم حکمرانی)، سطوح سلسله‌مراتبی نظام اجتماعی در نظر می‌گیرد به طوری که ساختارهای اجتماعی و حکمرانی بر نحوهٔ رفتار بهره‌برداران منابع آب زیرزمینی تأثیر گذار هستند و این بهره‌برداران با الگوهای ذهنی و تصمیمات خود در اجرای سیاست‌ها و قوانین وضع شده در سطوح ماکرو بر سیستم حکمرانی تأثیر می‌گذارند. بنابراین می‌تواند در شناسایی تصمیم‌گیران کلیدی در مدیریت منابع مشترک آب زیرزمینی مؤثر باشد.

از سوی دیگر بر اساس طبقه‌بندی چهارگانه Binder و همکاران (۲۰۱۳) [۲]، از بین ۱۰ چارچوب معتبر تحلیل نظام‌های اجتماعی – اکولوژیک، چارچوب نظام اجتماعی-اکولوژیک استروم در دسته‌ی چارچوب‌های یکپارچه کننده (تلفیقی) قرار دارد که تعامل بین نظام‌های اجتماعی و اکولوژیکی را به صورت متقابل (S ↔ E) در نظر می‌گیرد و انواع مختلفی از بازخوردها را در درون نظام اجتماعی و بین نظام‌های اجتماعی و اکولوژیکی در زمان‌ها و مقیاس‌های مختلف مورد توجه قرار می‌دهد. این چارچوب، دوگانگی بین ساختار اجتماعی و سازمان دولتی را در داخل نظام اجتماعی در نظر می‌گیرند. نظام اکولوژیکی را از دیدگاه انسان‌محوری می‌بینند، بدین معنا که به نظام اکولوژیکی از نقطه نظر مطلوبیت آن برای انسان‌ها نگاه می‌کنند. پویایی درون نظام اکولوژیکی را به طور صریح در نظر نمی‌گیرند، هر چند که نظام اجتماعی تغییرات در نظام اکولوژیکی را در طول زمان درک می‌کند. در نهایت، این چارچوب زمانی به‌کار گرفته می‌شوند که یک مسئلهٔ پیچیدهٔ اجتماعی - اکولوژیک مورد مطالعه قرار گیرد که شامل یک دیدگاه پویا در زمینهٔ اجتماعی و نیز تعاملات آن با نظام اکولوژیک است.

مطابق با نظرات [۲]، علی‌رغم نبود یک چارچوب جهان شمول، بهترین گزینهٔ مناسب به عنوان گام اول در مسیر ایجاد یک هستی شناسی و پایگاه داده برای SES، چارچوب نظام‌های اجتماعی – اکولوژیک استروم (SESF) می‌باشد. زیرا این چارچوب (۱) تنها چارچوبی است که به ابعاد نظام های اجتماعی و اکولوژیک تقریباً به شکل یکسان پرداخته است؛ و (۲) چارچوبی را برای توسعهٔ در جاتی مختلف از تعیین‌کنندگی در سطوح مختلف متمایز کننده، به‌دست می‌دهد. این موضوع با رتبه‌بندی چارچوب‌های تحلیل SES و کسب بالاترین شاخص سودمندی توسط نظام اجتماعی – اکولوژیک استروم هم‌خوانی دارد که نشان می‌دهد روش کوپراس می‌تواند با موفقیت برای انتخاب چارچوب تحلیل نظام اجتماعی – اکولوژیک آبخوان به‌کار برود.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این تحقیق، انتخاب بهترین چارچوب تحلیل SES برای تحلیل ابعاد انسانی در سیستم منابع آب زیرزمینی یک آبخوان با استفاده از روش تصمیم‌گیری

www.SID.ir

Archive of SID

چند معیاره‌ی کوپراس است. بدین منظور ابتدا با استفاده از مرور ادبیات تحقیق و ویژگی‌های اجتماعی و سیستم هیدرولوژیکی یک آبخوان و نظر متخصصان منابع آب و محیط زیست، ۷ معیار به عنوان معیارهای تصمیم‌گیری انتخاب و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن‌دهی شدند. سپس با استفاده از روش تصمیم‌گیری کوپراس، انتخاب بهترین چارچوب تحلیل SES انجام شد. در راستای پاسخ به سوال اصلی پژوهش، نتایج نشان داد که چارچوب نظام اجتماعی – اکولوژیک استروم (SESF)، بهترین انتخاب برای بررسی و تحلیل ابعاد انسانی در سیستم منابع مشترک آب زیرزمینی یک آبخوان است. به عبارتی دیگر، چارچوب نظام اجتماعی – اکولوژیک استروم (SESF)، نظام اجتماعی و اکولوژیک یک آبخوان و تعاملات و پویایی بین آن‌ها را بهتر به تصویر می‌کشد و نگاه واقع‌بینانه‌تری از بهره‌برداران آب‌زیرزمینی، نهادها و سازمان‌های اجرایی، سیاست‌ها و قوانین مرتبط با مدیریت منابع آب‌زیرزمینی و سیستم هیدرولوژی یک آبخوان ارائه می‌دهد. بر اساس چارچوب نظام اجتماعی- اکولوژیک استروم (SESF)، یک آبخوان از چهار زیر سیستم منبع (RS)، واحدهای منبع (RU)، کاربران (U)، سیستم حکمرانی (GS) تشکیل شده است که در ادامه هر یک از آن‌ها در بخش بهره‌برداری از منابع آب کشاورزی توضیح داده می‌شود:

زیرسیستم منبع (RS)، منابع آب زیرزمینی هستند که توسط کشاورزان (با استفاده از چاه‌های مجاز و غیر مجاز) مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. منابع آب زیرزمینی معمولاً از نظر مکانی وسعت زیادی دارند که موجب می‌شود نتوان به راحتی مورد پایش قرار داد و حریم کمی و مکانی مشخصی را برای برداشت از آن تعیین کرد. کشاورزان برای تأمین معیشت و آبکشاورزی به مقدار زیادی به منابع آب زیرزمینی آبخوان وابسته هستند که این امر می‌تواند منجر به برداشت بیش از حد از منابع مشترک آب زیرزمینی شود، آن را از مسیر پایداری خارج کند و در مقابل سیاست‌گذاری صحیح و کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی، می‌تواند آن را به سمت پایداری هدایت کند. عمق آب زیرزمینی (از جمله سطح ایستایی آب)، کیفیت آب زیرزمینی (از جمله هدایت الکترونیکی)، تعداد چاه‌های بهره‌برداری، میزان تخلیهٔ سالانه و میزان بارش به عنوان یک متغیر برون‌زا خارج مرز اجتماعی-اکولوژیک آبخوان از پارامترهای مهم و تأثیرگذار در زیر سیستم منبع هستند. همچنین، میزان پیش‌بینی‌پذیری منابع آب زیرزمینی آبخوان به نحوی که کشاورز بتواند میزان آبدهی چاه آب کشاورزی خود در آینده پیش‌بینی کند، در تمایل کشاورزان برای اقدام جمعی در استفاده از منابع آب‌زیرزمینی آبخوان تأثیرگذار است.

دو **زیرسیستم کنشگران** (A)، و **سیستم حکمرانی** (GS) و تعاملات بین آن‌ها، تشکیل دهندهٔ بخش اجتماعی آبخوان هستند. منظور از **کنشگران** (A)، کشاورزان مالک چاه کشاورزی هستند که میزان وابستگی معاش آنان به منابع آب زیرزمینی، اهمیت منبع را مشخص می‌کند. دانش و نگرش محیط زیستی کشاورزان در شناخت مناسب و درک کافی آنان از سیستم منابع آب زیرزمینی خود تأثیرگذار است که می‌تواند به خود سازماندهی و حفاظت از این منابع توسط کشاورزان کمک کند. الگوی تصمیم‌گیری کشاورزان در خصوص سطح زیر کشت و انتخاب نوع کشت (انتخاب رویهٔ قدیمی و سنتی یا محصولات کم‌آب‌بر) بر میزان برداشت آنان از منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار است، ضمن این که تحت تأثیر قوانین و سیاست‌های اتخاذ شده سطوح بالاتر در سیستم حکمرانی قرار می‌گیرد. میزان اعتماد و مشارکت، انسجام و سرمایه اجتماعی بین کشاورزان در مدیریت پایدار از منابع مشترک آب زیرزمینی آبخوان دارای اهمیت است. وجود رهبران اجتماعی می‌تواند کاربران را به سمت برداشت کمتر از منابع آب زیرزمینی و عدم پیروی از تعارضات اخلاقی (حفر چاه‌های غیر مجاز و اضافه برداشت از چاه‌های مجاز) هدایت کند. تعداد کشاوران مالک چاه کشاورزی در سطح آبخوان در رسیدن به توافق و اجماع نظر در انجام اقدامات جمعی جهت

www.SID.ir

Archive of SID

حفاظت از سیستم منابع مشترک آب زیرزمینی می‌تواند اثرات مثبت و منفی داشته باشد. همچنین باید این نکته را در نظر داشت که کشاورزان بهره‌بردار از منابع آب زیرزمینی یک آبخوان ناهمگن هستند و بر اساس ویژگی های اجتماعی و اقتصادی می‌توان آنان را در دسته‌ها و گروه‌های مختلف قرار دارد که تأثیر و اجرای سیاست‌های سطوح کلان حکمرانی بر هر یک از گروه‌های کشاورزان متفاوت است. **سیستم حکمرانی** (GS) در سطح کلان آن تصمیم‌گیرندگان ساختار مدیریت منابع آب (وزارت نیرو) قرار دارند که وظیفه تدوین قوانین و سیاست‌ها را با توجه به شرایط و نیازها دارند. و در سطح بعدی عوامل اجرایی ساختار مدیریت منابع آب (از جمله شرکت آب منطقه‌ای، سازمان جهاد کشاورزی، قوه‌قضایی، استانداری و دیگر سازمان‌ها)، وجود دارند که وظیفه اجرایی کردن قوانین را به عهده دارند. این سطح از سطوح سلسله مراتب بخش اجتماعی آبخوان مهم‌ترین وظیفه را برای انتقال مقررات به سازمان ها و نهادهای دیگر و کشاورزان و ایجاد تعامل میان آنان برای اجرایی شدن این قوانین و سیاست‌ها را دارد. شناسایی و تحلیل شبکهٔ تبادل اطلاعات و همکاری در بین سازمان‌های اجرایی مرتبط با مدیریت منابع آب در یک آبخوان جهت استقرار مدیریت یکپارچه و مشارکتی منابع آب ضرورت دارد. به صورت کلی، سازمان‌ها و نهادهای دولتی در ساختار مدیریت منابع آب با سیاست‌گذاری و وضع قوانین در خصوص بهره‌برداری کشاورزان از منابع آب زیرزمینی (از جمله: قوانین اساسی (قانون توزیع عادلانه منابع آب)، قوانین بهره‌برداری (نصب کنترل هوشمند، تعیین حجم آب قابل برداشت سالیانه)، قوانین نظارتی و مجازات (انسداد چاه‌های غیرمجاز، کنترل حجمی استحصال چاه‌های مجاز)، ارائه سیاست‌های تشویقی کشاورزان برای کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی (استفاده از سیستم آبیاری تحت فشار، تغییر الگوی کشت به محصولات کم‌آب‌بر)) به صورت غیر مستقیم بر میزان و الگوی بهره‌برداری آنان از منابع اثر می‌گذارند. کشاورزان نیز با برداشت از منابع آب زیرزمینی مطابق با الگوی تصمیم‌گیری خود، ضمن این که تحت تأثیر سیاست‌ها و تصمیمات نهادهای بالاتر قرار می‌گیرند، بر تصمیمات و سیاست‌گذاری‌های آن‌ها تأثیر می‌گذارند.

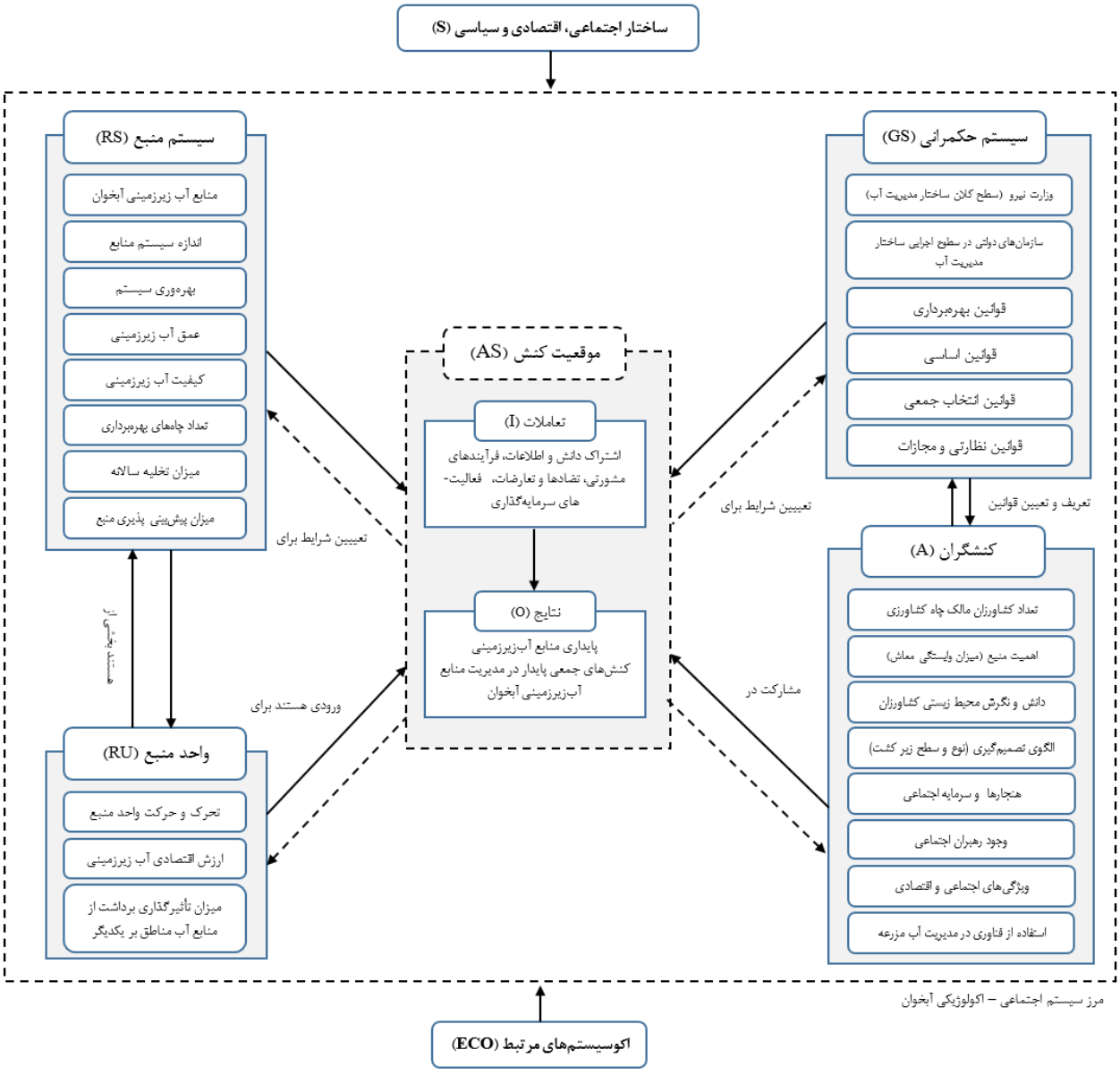
زیر سیستم واحد منبع (RU)، این زیر سیستم به جریان آب به عنوان واحد منبع آب زیرزمینی اشاره دارد. سیستم‌های منابع آب زیرزمینی به دلیل گستردگی آبخوان و جریان آب زیرزمینی ثابت نیستند و دارای تحرک و حرکت هستند که این امر از نظر استروم احتمال اقدام و کنش جمعی و خودسازماندهی در میان بهره‌برداران آن را کم می‌کند. همچین، برداشت آب از قسمت‌های مختلف آبخوان (بالادستی) ممکن است بر برداشت آب بر سایر مناطق تأثیر بگذارد. این تعاملات بین واحدهای منابع ممکن در صورت ارتباط دو آبخوان با یکدیگر نیز وجود داشته باشد. حجم آب آبخوان به عنوان متغیر مرتبه دومی که استروم در زیر سیستم واحد منبع با عنوان تعداد واحد بیان کرده است با توجه به تغذیهٔ مصنوعی آبخوان، میزان بارش و حجم برداشت‌ها نیز محاسبه می‌شود. قیمت‌گذاری و ارزش اقتصادی آب به عنوان یکی از متغیرهای این زیرسیستم، بسته به هدف آن از جمله نجات آبخوان، تغییر کفیت آب، تسهیم بهتر آب بین سه بخش کشاورزی، شرب و صنعت، یا ایجاد بازار آب متفاوت است. در نهایت تعاملات بین این چهار زیرسیستم در یک موقعیت کنش به نتایج پایداری یا عدم پایداری منابع آب زیرزمینی یک آبخوان منجر می‌گردد. شکل (۲) تحلیل نظام اجتماعی – اکولوژیک پیشنهادی یک آبخوان با استفاده از چارچوب SESF را نشان می‌دهد.

چارچوب نظام اجتماعی- اکولوژیک استروم (SESF) با ارائه‌ی نمایشی ساده و قابل درک از زیرسیستم‌های حکمرانی و کنشگران در بخش اجتماعی و زیرسیستم‌های منبع و واحد منبع در بخش اکولوژیک یک آبخوان و تعیین مؤلفه‌های مربوط به هر زیرسیستم و چگونگی ارتباط آنان با یکدیگر، به شناخت و درک چگونگی

www.SID.ir

Archive of SID

تعاملات و برهمکنش‌های میان فعالیت‌های انسانی و منابع آب‌زیرزمینی یک آبخوان، کمک می‌کند. که این امر زمینهٔ مناسبی برای تعریف حلقه‌های علّت – معلولی روابط میان زیرسیستم‌ها، مدلسازی کمّی جهت پیش‌بینی اثرات درازمدت تصمیم‌گیری‌های کنونی در آینده و در نهایت تعریف استراتژی‌های مدیریتی کارآمد برای مقابله با عدم قطعیت‌های اکولوژیکی و اجتماعی غیرقابل تقلیل و اتخاذ تصمیمات مدیریتی با هدف حفظ و پایداری منابع آب زیرزمینی یک آبخوان است. بنابراین، این چارچوب می‌تواند به عنوان یک ضرورت در مطالعات اجتماعی طرح های مدیریت منابع آب زیرزمینی یک محدودهٔ مطالعاتی به‌کار گرفته شود.



شکل ۲. تحلیل نظام اجتماعی – اکولوژیک پیشنهادی یک آبخوان با استفاده از چارچوب SESF

www.SID.ir

Archive of SID

چارچوب نظام اجتماعی- اکولوژیک استروم (SESF)، به عنوان نتیجهٔ این مطالعه در بهکارگیری روش تصمیم‌گیری کوپراس برای انتخاب بهترین چارچوب SES در تحلیل تعاملات و برهکنش‌های فعالیت‌های کشاورزان با منابع آب‌زیرزمینی یک آبخوان از دیدگاه خبرگان این حوزه، با نتایج مطالعات [۷] در تدوین مدل ادارکی هیدرولوژیی اجتماعی حوضهٔ آبریز مشهد، [۲۳] در تدوین چارچوب هیدرولوژی اجتماعی برای بررسی فعالیت‌های کشاورزان تأثیرگذار بر کوچک شدن دریاچهٔ ارومیه از طریق ترکیب داده‌کاوی و مدل‌سازی عامل بنیان، [۳۴] در تلفیق پویایی رفتار انسان در ارزیابی ریسک خشکسالی با رویکرد هیدرولوژی اجتماعی و عامل بنیان همخوانی و شباهت زیادی دارد. نتایج مطالعهٔ [۷] نشان داد که مدل ادراکی هیدرولوژی اجتماعی در حوضهٔ آبریز مشهد از دو سیستم اصلی طبیعی و انسانی تشکیل شده است که به چهار زیرسیستم هیدرولوژیکی، محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی قابل تفکیک است. مؤلفه‌های هر زیرسیستم با مرور مطالعات هیدرولوژی اجتماعی و بر مبنای میزان اهمیت و تأثیرگذاری‌شان بر موجودیت آب (آب قابل دسترس در حوضه) انتخاب شدند که وجود داده‌های بلند مدت کلیدی‌ترین معیار و عامل محدود کننده در انتخاب مؤلفه‌های مؤثر بر موجودیت آب بود.

از محدودیت‌های تحقیق می‌توان به عدم امکان دسترسی به خبرگان حوزهٔ مورد مطالعه در قالب روش گروه کانونی[۱] اشاره نمود که جهت رفع این محدودیت ضمن تکمیل پرسشنامه‌ها به صورت حضوری توسط پژوهشگر، راهنمای پرسشنامه جامعی مشتمل بر توضیحات چارچوب‌های تحلیل SES (همرا با رسم شکل متغیرها و روابط بین آن‌ها) تدوین شد و به صورت جداگانه همراه پرسشنامه در اختیار پرسش‌شوندگان قرار گرفت. همچنین در این تحقیق از روش تصمیم‌گیری در فضای قطعی استفاده شد، در حالی که بیان دقیق قضاوت توسط خبرگان حوزهٔ مورد مطالعه در دنیای واقعی دارای عدم قطعیت است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده از کوپراس فازی و خاکستری با در نظر گرفتن عدم قطعیت استفاده شود. به منظور کشف قواعد و استراتژی‌های نمونه‌های موفق سیستم‌های منابع مشترک در زمینهٔ کنش جمعی و خودسازماندهی در مدیریت منابع آب زیرزمینی یا تحلیل سیستم‌های منابع مشترک شکست خورده در زمینهٔ مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی، پیشنهاد می‌شود مقیاسی جهت عملیاتی کردن چارچوب نظام اجتماعی- اکولوژیک استروم (SESF) طراحی شود و با تلفیق روش‌های مصاحبه نیمه ساختاریافته عمیق در سطح یک آبخوان مشخص به‌کارگرفته شود. استفاده از روش ارزیابی تناسب جامع (COPRAS) در تلفیق با سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب چارچوب تحلیل SES مناسب برای نظام اجتماعی – اکولوژیک یک آبخوان، می‌تواند مفید باشد. همچنین، پیشنهاد می‌شود وزن‌دهی معیارها با روش آنتروپی شانون نیز انجام شود و نتایج آن با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد مقایسه قرار گیرد.

References

[1] Alambaigi, A. and Akbari, M. R. (2019). Human-water resources interface in agriculture sector of Iran: A historical theoretical understanding, Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research. 51(2), 361-376. (In Persian)

[2] Binder, C. R., Hinkel, J., Bots, P. W. and Pahl-Wostl, C. (2013). Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems. Ecology and Society, 18(4).

[۱] Focus group

www.SID.ir

Archive of SID

[3] Brondizio, E. S., Vogt, N. D., Mansur, A. V., Anthony, E. J., Costa, S. and Hetrick, S. (2016). A conceptual framework for analyzing deltas as coupled social–ecological systems: an example from the Amazon River Delta. Sustainability Science, 11(4), 591-609.

[4] Burns, S. J. (1999). The natural step: a compass for environmental management systems. Corporate Environmental Strategy, 6(4), 329-342.

[5] Das, M. C., Sarkar, B. and Ray, S. (2012). A framework to measure relative performance of Indian technical institutions using integrated fuzzy AHP and COPRAS methodology. Socio-Economic Planning Sciences, 46(3), 230-241.

[6] Farzaneh, M., Bagheri, A. and Momeni, F. (2016). A system dynamics insight to institutional context analysis of groundwater resources in Rafsanjan Plain. Iran-Water Resources Research, 12(2), 67-82. (In Farsi)

[7] Gholizadeh-Sarabi, Sh., Davary, K., Ghahraman, B. and Shafiei, M. (2020). Historical Study of Coupled Human-Water System from Socio-Hydrological Perspective, Case Study: Mashhad Basin. Iran-Water Resources Research, 15(4), 148-170.

[8] Ghorbani, M. (2016). The action plan of social-policy networks monitoring and assessment in local communities empowerment and integrated landscape management, Tehran University, local communities empowerment and natural resource participatory management research institute press, PP. 1-84. (In Farsi)

[9] Karami, E. and Keshavarz, M. (2016). Natural resources conservation: the human dimensions. Iranian Agricultural Extension and Education Journal, 11(2), 101-120.

[10] Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., ... and Ostrom, E. (2007). Complexity of coupled human and natural systems. Science, 317(5844), 1513-1516.

[11] Lotfi, S. and Araghinejad, S. (2017). A Review on Challenges in Application of Agent-based Models in Water Resources Systems. Iran-Water Resources Research, 13(2), 115-126. (In Farsi)

[12] Lotfi, s. (2017). Socio-ecological analysis of the capacity of self-organization to stabilize the aquifer with the modeling approach of agent-based. Ph.D. dissertation in Water Resources Engineering, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran. (In Farsi)

[13] Masoomi, E., Ahmadi, H. and Rezaei-Moghaddam, K. (2017). Analysis of the attitude of farmers in Kavar city towards Water conservation: Application of Maslow's theory of needs. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research. 49 (2), 135-150. (In Farsi)

[14] Mirnezami, S. J. and Bagheri, A. (2017). Assessing the Water Governance System for Groundwater Conservation in Iran, Iran-Water Resources Research, 13(2), 32-55. (In Farsi)

[15] Moghimi Benhangi, S. (2017). Assessment of water institution in national and local scales regarding the framework of social learning Case Studies: Tashk-Bakhtegan basin and Rafsanjan Plain. M.Sc. Dissertation in Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University (TMU). (In Farsi)

[16] Montenegro, L. and Hack, J. (2020). A Socio-Ecological System Analysis of Multilevel Water Governance in Nicaragua. Water, 12(6), 1676.

[17] Mousavi, S. M. J. (2017). Factors Affecting Collective Action of Farmers in Groundwater Pumping Control in Case of Shahreza County. M.Sc. Dissertation in Rural Development, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. (In Farsi)

[18] Mulliner, E., Smallbone, K. and Maliene, V. (2013). An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method. Omega, 41(2), 270-279.

[19] Ostrom, E. (2007). A diagnostic approach for going beyond panaceas. Proceedings of the national Academy of sciences, 104(39), 15181-15187.

[20] Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. Science, 325(5939), 419-422.

[21] Pahl-Wostl, C. (2009). A conceptual framework for analyzing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. Global environmental change, 19(3), 354-365.

[22] Partelow, S. (2018). A review of the social-ecological systems framework. Ecology and Society, 23(4).

www.SID.ir

Archive of SID

[23] Pouladi, P., Afshar, A., Molajou, A., & Afshar, M. H. (2020). Socio-hydrological framework for investigating farmers' activities affecting the shrinkage of Urmia Lake; hybrid data mining and agent-based modelling. Hydrological Sciences Journal, 1-13. (Accepted Manuscript)

[24] Rahimi fayzabad, F., Yazdanpanah, M., forouzani, M. and Zadeh, S. (2016). Determining the factors affecting farmers' water conservation behavior in Selsele Township: Application of the Norm Activation Model. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research.47 (2), 379-390. (In Farsi)

[25] Redman, C. L., Grove, J. M. and Kuby, L. H. (2004). Integrating social science into the long-term ecological research (LTER) network: social dimensions of ecological change and ecological dimensions of social change. Ecosystems, 7(2), 161-171.

[26] Sałabun, W., Wątróbski, J., and Shekhovtsov, A. (2020). Are MCDA Methods Benchmarkable? A Comparative Study of TOPSIS, VIKOR, COPRAS, and PROMETHEE II Methods. Symmetry, 12 (9), 1549.

[27] Schlueter, M., McAllister, R. R. J., Arlinghaus, R., Bunnefeld, N., Eisenack, K., Hoelker, F., ... and Stöven, M. (2012). New horizons for managing the environment: A review of coupled social-ecological systems modeling. Natural Resource Modeling, 25(1), 219-272.

[28] Scholz, R. W. and Binder, C. R. (2004). Principles of human-environment systems (HES) research. in Pahl, C.; Schmidt, S.; & Jakeman, T. editors. iEMSs 2004 International Congress: Complexity and Integrated Resources Management. International Environmental Modelling and Software Society, Osnabrueck, Germany, 791-796.

[29] Scholz, R. W. and Binder, C. R. (2003). The paradigm of human-environment systems. Working Paper 37. Natural and Social Science Interface. Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Switzerland.

[30] Scholz, R. W., Binder, C. R. and Lang, D. J. (2011). The HES Framework. In *Environmental literacy in science and society: from knowledge to decisions* (pp. 453-462). Cambridge University Press, Cambridge, UK.

[31] Serrat, O. (2017). The sustainable livelihoods approach. In *Knowledge solutions: Tools, methods, and approaches to drive organizational performance* (pp. 21-26). Asian development bank, phillipines.

[32] Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., ... and Polsky, C. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. Proceedings of the national academy of sciences, 100(14), 8074-8079.

[33] Upham, P. (2000). An assessment of The Natural Step theory of sustainability. Journal of Cleaner Production, 8(6), 445-454.

[34] Wens, M., Johnson, J. M., Zagaria, C., and Veldkamp, T. I. (2019). Integrating human behavior dynamics into drought risk assessment—A sociohydrologic, agent-based approach. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 6(4), e1345.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir