

بهره‌گیری از ابزار مدل‌سازی عامل‌بنیان برای تسهیل مشارکت‌های اجتماعی در فرایند تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری در بخش آب

سارا لطفی*

sara.lotfi@outlook.com

*دانش‌آموخته دکتری رشته مهندسی منابع آب از دانشگاه تهران،

عضو پژوهشکده سیاست‌گذاری علم، فناوری و صنعت دانشگاه صنعتی شریف،

و کارشناس معاونت آب و آبفای وزارت نیرو

چکیده

در حال حاضر نیاز به بهبود حکمرانی آب در کشور بیش از پیش احساس می‌شود و چنان‌که در برنامه وزیر محترم نیرو نیز به آن اشاره شده است، بهبود حکمرانی آب، مشارکت همه ذینفعان در فرایند حکمرانی و مدیریت و هماهنگی متقابل بین سرمایه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را می‌طلبد. اما باید در نظر داشت که مشارکت عمومی لزوماً به معنای ایجاد ضمانت اجرایی برای تصمیمات اتخاذ شده نمی‌باشد. زیرا کارایی مشارکت، به کیفیت ارتباطات بین کاربران و تصمیم‌گیران و توانایی آن‌ها برای تعامل و تبادل اطلاعات و دانش و مهارت‌ها و روش‌های مورد استفاده برای هدایت آن‌ها در مسیر مورد نظر بستگی دارد. بر این اساس، در این متن سیاستی، رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان به عنوان یکی از ابزارهای ارتقای کیفیت مشارکت ذی‌مدخلان در فرایند مدیریت و سیاست‌گذاری سیستم‌های منابع آب معرفی و مزایا، قابلیت‌ها و کاربردهای این رویکرد مدل‌سازی برای تسهیل فرایند مشارکت ذی‌مدخلان بحث و در نهایت جمع‌بندی و پیشنهادات برای استفاده از این رویکرد، ارائه شده است.

کلید واژه‌ها: رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان، درگیرسازی کاربران، مشارکت، یادگیری، سیاست‌گذاری، پایداری

بسته موضوعی مرتبط: مدیریت یکپارچه و جامع‌نگر

۱- مقدمه

وضعیت منابع آب در حال حاضر و تجارب سال‌های گذشته در زمینه مدیریت منابع آب در کشور نشان می‌دهند که مسئله مدیریت و پایدارسازی منابع آب، مسئله پیچیده‌ای است که نمی‌توان تنها از بعد فنی و اجرایی به آن نگاه کرد. کما این که در برنامه پیشنهادی وزیر محترم نیرو نیز اشاره شده است، یکی از محورهای موفقیت در مدیریت منابع آب و انرژی و گذر از شرایط فعلی به سمت پایداری، بازنگری انتقادی در سیاست‌های گذشته است.

با مرور کلی رویکردهای مدیریت منابع آب در کشور می‌توان دریافت که غالباً به لزوم درگیرسازی ذی‌مدخلان و اهمیت مشارکت اجتماعی در بحث مدیریت سیستم‌های منابع آب بهای لازم داده نشده است. این موضوع در بستر پیچیده سیستم‌های منابع آب منجر به نخست، عدم اجرایی شدن سیاست‌ها به دلیل در نظر نگرفتن بازیگران سیستم به عنوان اهرم‌های اصلی اجرای سیاست‌ها؛ و دوم، عدم درگیرسازی بازیگران در فرایند تصمیم‌گیری و شکاف بین سیاست‌گذاران و کاربران به عنوان بازیگران اصلی سیستم و در نتیجه اتخاذ سیاست‌های ناکارآمد و غیر منطقی؛ و سوم، پیچیدن یک نسخه واحد برای بسیاری از مسائل و مناطق مطالعاتی؛ شده است. حال آن که هر مسئله و منطقه مطالعاتی، ویژگی‌های اجتماعی و اکولوژیکی منحصر به فرد خود را دارد.

۲- ایده کلی

در حال حاضر نیاز به بهبود حکمرانی آب در کشور بیش از پیش احساس می‌شود و چنان که در برنامه وزیر محترم نیرو نیز به آن اشاره شده است، بهبود حکمرانی آب، مشارکت همه ذینفعان در فرایند حکمرانی و مدیریت و هماهنگی متقابل بین سرمایه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را می‌طلبد. زیرا با افزایش مشارکت ذی‌مدخلان در فرایندهای تصمیم‌گیری و تعامل نزدیک با نیروهای سیاسی و اجتماعی است که می‌توان از عواملی که سبب انحراف در تصمیم‌های کارشناسی می‌شوند کاست. مبرهن است که مشارکت ذی‌مدخلان و درگیرسازی آن‌ها در فرایند تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری، زمینه اتخاذ تصمیمات واقعی‌تر و منطقی‌تر را فراهم می‌آورد اما با وجود اهمیت مشارکت بازیگران سیستم در فرایند تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری و لزوم درگیرسازی ذی‌مدخلان در این فرایند، باید در نظر داشت که مشارکت عمومی لزوماً به معنای ایجاد ضمانت اجرایی برای تصمیمات اتخاذ شده نمی‌باشد. زیرا کارایی مشارکت، به کیفیت ارتباطات بین کاربران و تصمیم‌گیران و توانایی آن‌ها برای تعامل و تبادل اطلاعات و دانش و مهارت‌ها و روش‌های مورد استفاده برای هدایت آن‌ها در مسیر مورد نظر بستگی دارد. از جمله ابزارهای قابل استفاده برای ارتقای کیفیت مشارکت ذی‌مدخلان، استفاده از رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان (Agent-Based Modeling: ABM) است. این رویکرد مدل‌سازی با قابلیت در نظر گرفتن دو بعد اجتماعی (بازیگران سیستم) و

سیستم اکولوژیکی (بخش فیزیکی سیستم منابع آب: به طور کلی، منابع آب سطحی و زیرزمینی و اکوسیستم وابسته) ابزاری مناسب برای این منظور است. در ادامه ضمن معرفی مزایا و قابلیت‌های این رویکرد مدل‌سازی برای تسهیل فرایند مشارکت ذی‌مدخلان، به کارگیری این رویکرد برای تسهیل فرایند مشارکت بحث و در نهایت جمع‌بندی و پیشنهادات ارائه می‌گردد.

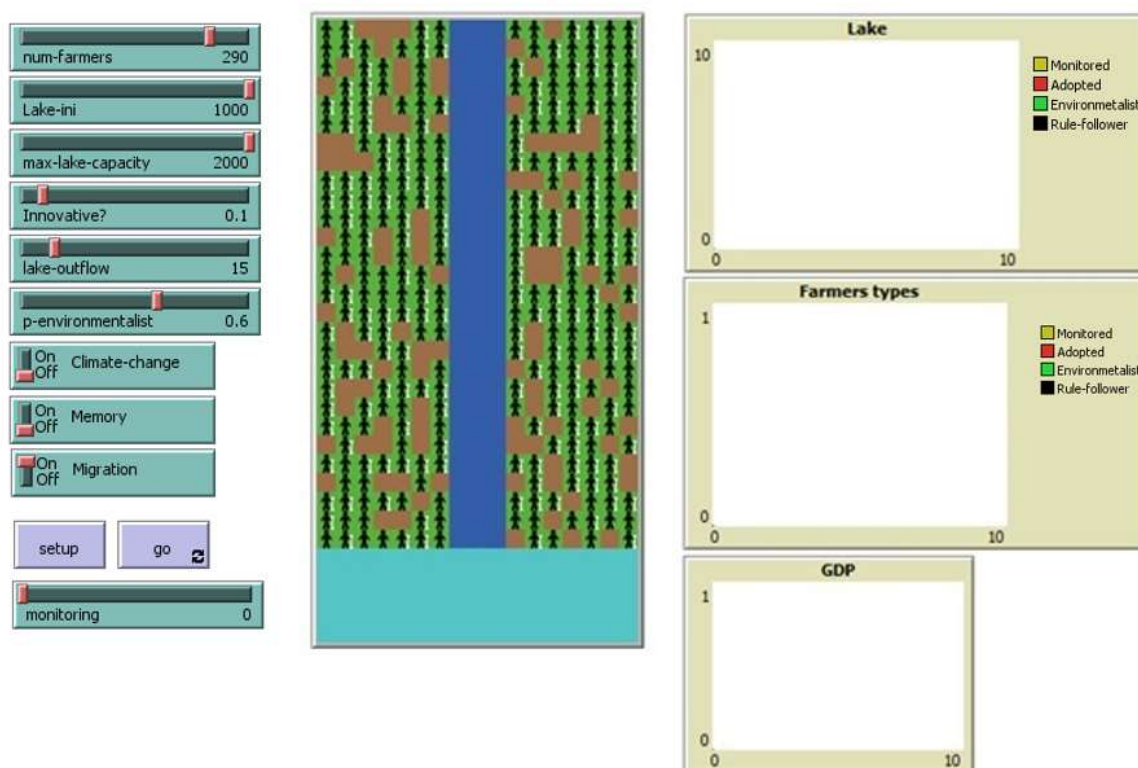
۳- مزایای استفاده از رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان

رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان، ابزاری مناسب برای مدل‌سازی سیستم‌ها و پدیده‌های پیچیده است که در آن رفتار مردم یا نهادها حائز اهمیت می‌باشد. در این رویکرد مدل‌سازی، بازیگران (عامل‌ها) و رفتارهای آن‌ها در ارتباط با خود و محیط اطرافشان مدل‌سازی می‌شود و می‌توان با استفاده از آن، تاثیر رفتار بازیگران مختلف سیستم و تعامل متقابل آن‌ها با محیط اطرافشان را بر رفتار کلی سیستم سنجید.

ویژگی‌های بالقوه رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان برای تسهیل فرایند مشارکت و ارتقای کیفیت آن، موجب شده است که در سال‌های اخیر در بحث مدیریت منابع آب بسیار مورد توجه قرار بگیرد. این رویکرد این امکان را فراهم می‌سازد که بتوان با زبان بصری و با بهره‌گیری از قابلیت‌های یک مدل عامل‌بنیان سیستم را به خوبی و به همراه هم (کاربران و سیاست‌گذاران) شناخت و در وهله بعدی تاثیر سیاست‌های مختلف را بر سیستم سنجید. این که هر تغییر در سیستم چه تاثیری در محیط اطراف (شامل منابع آب و محیط زیست) و اجتماع دارد و مردم چگونه تحت تاثیر سیاست‌های مختلف قرار گرفته و می‌توانند بر آن تاثیر بگذارند. این که چه سیاست‌های دیگری در سیستم قابل اتخاذ است و تاثیر آن‌ها بر سیستم اجتماعی-اکولوژیکی چه خواهد بود همگی از امکاناتی است که این رویکرد مدل‌سازی فراهم می‌آورد.

برای مثال، در زمینه استفاده از این رویکرد مدل‌سازی در بحث مدیریت منابع آب، دسته‌های مختلف کشاورزان از نظر میزان منابع در دسترس و رویکرد تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیران در وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو و همچنین سازمان حفاظت محیط زیست همگی از *عامل‌های مختلف* در مدل و منابع آب سطحی و زیرزمینی، شامل منابع آب جاری در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی و حتی اکوسیستم وابسته به منابع آب مانند پوشش گیاهی و حیات جانوری محیط اطراف عامل‌ها هستند که به صورت یک سویه یا دوسویه با عامل‌ها در ارتباط هستند. عامل‌ها در مدل، تحت قوانین تعریف شده با یکدیگر تعامل پیدا می‌کنند و با تصمیمات خود بر محیط اطراف خود اثر گذاشته و متقابلاً تحت تاثیر محیط اطراف خود تصمیم‌گیری می‌کنند.

برای نمایش بهتر رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان، در این قسمت به ارائه یک مثال کاربردی / فرضی که توسط نگارنده برای این منظور توسعه داده شده است، پرداخته می‌شود (شکل ۱). مسئله مورد بررسی در این مثال، حفظ کمیت آب ورودی و در واقع دبی زیست‌محیطی آب ورودی به دریاچه می‌باشد.



شکل ۱- مسئله کاربران در امتداد رودخانه و نیاز زیست‌محیطی دریاچه پایین دست

در میانه شکل ۱، شمای ساده‌ای از یک منطقه مطالعاتی فرضی نشان داده شده است. در امتداد رودخانه کشاورزان قرار دارند که با برداشت از رودخانه کشاورزی می‌کنند. در سمت چپ تصویر، فرضیات و اطلاعات اولیه مسئله نمایش داده شده است و هر یک بسته به نوع آن قابل تغییر است. در سمت راست تصویر، خروجی‌های مدل به صورت نمودار نشان داده شده‌اند.

این مثال، نمونه‌ای از فرضیات در نظر گرفته شده در یک مسئله روتین است. حال اگر، این محدوده یک محدوده واقعی و اطلاعات مورد استفاده اطلاعات واقعی از محدوده مطالعاتی باشد آن‌گاه این قابلیت وجود خواهد داشت که مدل با جزئیات بیشتر و به ازای فرضیات مختلف اجرا و نتایج آن مشاهده شود و حتی در صورت نیاز، فرضیات و سیاست‌هایی نیز به آن اضافه و نتایج حاصل بررسی گردد. حتی قبل از آن، ممکن است با ارائه این مدل به کاربران، کاستی‌های مدل شناسایی شده و در نتیجه میزان یادگیری از سیستم افزایش یابد.

۴- به کارگیری رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان برای تسهیل فرایند مشارکت

همان‌طور که در بخش‌های قبلی به آن اشاره شد، ابزار مدل‌سازی عامل‌بنیان برای تسهیل فرایند مشارکت در سیستم است و می‌توان از آن در مراحل مختلف مشارکت و درگیرسازی ذی‌مدخلان استفاده کرد. مشارکت ذی‌مدخلان (یا به طور کلی کاربران سیستم) در فرایند تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری با اهداف مختلفی قابل انجام است. به طوری که می‌توان سطح تعامل با ذی‌مدخلان را به سه سطح کلی تقسیم کرد. در ابتدایی‌ترین حالت، از مشارکت ذی‌مدخلان برای جمع‌آوری اطلاعات و تدقیق اطلاعات موجود استفاده می‌شود. در مرحله بالاتر، شناخت سیستم و پیچیدگی‌های آن با مشارکت و همراهی ذی‌مدخلان و به صورت دو سویه صورت می‌گیرد و در بالاترین مرحله مدیریت سیستم اجتماعی-اکولوژیکی با همراهی و تعامل دوسویه با ذی‌مدخلان انجام می‌شود. بر همین اساس استفاده از رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان برای تامین اهداف زیر پیشنهاد می‌گردد.

- ۱- مشارکت منفعلانه با هدف آگاهی‌رسانی به ذی‌مدخلان
- ۲- جمع‌آوری و کسب اطلاعات از ذی‌مدخلان
- ۳- پشتیبانی از تصمیمات اتخاذ شده، با ترویج آن‌ها توسط ذی‌مدخلان
- ۴- مشارکت تعاملی که در آن ذی‌مدخلان روش‌های تحلیلی و شناختی و ابزارها و نتایج را به اشتراک می‌گذارند
- ۵- خودسازمان‌دهی که در آن درس‌آموخته‌های حاصل از فرایند مشارکتی توسط ذی‌مدخلان به تصمیمات مبدل

می‌شوند

۵- معرفی کاربردهای رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان برای ارتقای کیفیت مشارکت

رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان ابزاری برای ارتقای کیفیت مشارکت در محدوده مطالعاتی است و کاربرد وسیعی در مسائل مطالعاتی مرتبط با آب و انرژی دارد و از این رو استفاده از این رویکرد در مرحله مطالعه و اجرای طرح‌های مرتبط با بخش آب پیشنهاد می‌گردد.

برخی از اهداف توسعه مدل‌های عامل‌بنیان در سطح بین‌المللی عبارت هستند از:

سیاست‌گذاری در بحث مناقشات آبی در یک دشت و حوضه آبریز در آمریکا (Kock, 2008; Kock, 2012)؛ تغییر در کاربری اراضی، از جهت اثرات تغییرات سیاست‌گذاری کشاورزی بر تصمیمات کشاورزان در خصوص تغییر کاربری اراضی در سوئد (Brady et al., 2012)؛ سیاست‌گذاری در بحث تغییر در کاربری اراضی، برای نشان دادن اثرات متقابل خدمات اکوسیستم در مغولستان (Miyasaka et al., 2017)؛ سیاست‌گذاری برای مدیریت حوضه رودخانه و برداشت‌ها از منابع آب سطحی توسط بخش کشاورزی در تایلند (Becu et al., 2003)؛ نمایش پیچیدگی‌های سیستم‌های منابع آب در شیلی (Berger et al., 2007)؛ بررسی میزان مصرف با وضعیت دسترسی به آب در حوضه رودخانه در برزیل (van Oel et al., 2012)؛ تاثیر انتقال اطلاعات بین کاربران در حوضه یک رودخانه در آفریقا (Giuliani and Castelletti, 2013)؛ توسعه چارچوبی برای مدل‌سازی اثرات متقابل بین هیدرولوژی، اقلیم و تصمیمات در یک حوضه رودخانه در آمریکا (Tsfatsion et al., 2017)؛ سیاست‌گذاری برای مدیریت و پایدار سازی منابع آب زیرزمینی و کشاورزی مانند بررسی اثرات سیاست‌های دریافت مالیات و سهمیه‌بندی آب بر پایداری منابع آب زیرزمینی در آمریکا (Mulligan et al., 2014)؛ توسعه مدل عامل‌بنیان برای مدل‌سازی رفتار کشاورزان و تاثیر سیاست‌گذاری‌های مختلف بر آن‌ها در تونس (Feuillette et al., 2003)؛ سیاست‌گذاری تقویت ظرفیت خودسازمان‌دهی در سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی منابع آب در ایران (لطفی، ۱۳۹۶)؛ سیاست‌گذاری برای مدیریت آب شهری در شهر بیجینگ چین (Chu et al., 2009)؛ و سیاست‌گذاری و بررسی تاثیر سیاست‌های مختلف بر کیفیت منابع آب سطحی در حوضه یک رودخانه در آمریکا (Ng et al., 2011) اشاره کرد.

برای توضیح بیشتر تر و شفاف‌سازی بیشتر، برخی کاربردهای این رویکرد برای ارتقای کیفیت فرایند درگیرسازی

کاربران، از دید راهبردی عبارت است از:

- در یک دشت با هدف پایدارسازی منابع آب زیرزمینی
- در یک حوضه آبریز با هدف تخصیص مناسب منابع آب به کاربران و حفظ اکوسیستم وابسته به منابع آب حوضه
- در یک حوضه آبریز برای مدیریت تلفیقی منابع آب سطحی و زیرزمینی

- شناسایی راهکارهای کاهش تقاضا در یک حوضه آبریز با منابع آب سطحی یا زیرزمینی یا هر دو
- استفاده در یک حوضه آبریز با منابع آب سطحی و زیرزمینی برای شناسایی ایجاد معیشت جایگزین برای مصرف‌کنندگان آب
- شناسایی عوامل تاثیر گذار بر تقاضای مصرف آب از منابع آب سطحی و زیرزمینی
- سیاست‌گذاری صحیح برای اتخاذ و اجرای برنامه‌های توسعه‌ای در رابطه با آب

و از دید اجرایی عبارت هستند از:

- استفاده در پروژه‌های مشارکتی توسط سمن‌ها
- توسعه برای استفاده در نهادهای محلی مانند تعاونی‌های آب‌بران با هدف افزایش دانش کاربران از سیستم
- استفاده توسط شوراهای روستاها یا بخشدارهای آنها برای ترویج سیاست‌ها، اتخاذ تصمیمات و اجرای آنها
- استفاده در جلسات، برای مستندسازی تاثیر متقابل سیاست‌گذاری‌های نهادها و سازمان‌ها (مانند وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی و سازمان حفاظت محیط زیست) بر وضعیت آبی سیستم اجتماعی-اکولوژیکی
- استفاده در شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور برای مطالعه الگوی مصرف کاربران و سیاست‌گذاری برای تامین نیاز آب شرب و بهبود الگوی مصرف کاربران
- استفاده در جلسات تخصیص منابع آب در وزارت نیرو برای افزایش دانش کاربران از سیستم، شفاف‌سازی تصمیمات، افزایش شناخت دوجانبه از سیستم، سیاست‌گذاری صحیح برای تخصیص منابع آب و اتخاذ تصمیمات و سیاست‌گذاری صحیح
- استفاده برای تسهیل واگذاری مدیریت سیستم‌های منابع آب سطحی و زیرزمینی به کاربران محلی

۶- پیشنهادات و جمع‌بندی

آنچه اهمیت دارد این است که در فرایند مدل‌سازی مشارکتی، «فرایند» از «نتیجه» حاصل از توسعه مدل اهمیت بیشتری دارد چراکه هدف از مدل‌سازی مشارکتی با استفاده از رویکرد عامل‌بنیان نه پیش‌بینی و پیش‌گویی پارامترها و وضعیت سیستم بلکه شناخت سیستم و یادگیری در خصوص دینامیک‌های اجتماعی و اکولوژیکی آن است. بر این اساس، افزایش دانش و درک مشترک از سیستم و دینامیک‌های آن، از طریق یادگیری تعاملی؛ و شناسایی و شفاف‌سازی اثرات راه‌حل‌های مختلف بر مسئله

مورد نظر به ویژه در رابطه با تصمیمات، سیاست‌گذاری‌ها، تنظیم‌گری‌ها یا رویکردهای مدیریتی دو هدف اصلی برای استفاده از رویکرد مدل‌سازی مشارکتی هستند.

نمونه‌های متنوع کاربرد رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان در بحث منابع آب و محیط زیست در سطح بین‌المللی نشان از اقبال جهانی به این رویکرد مدل‌سازی دارد. در کنار کاربردهای متنوع این رویکرد مدل‌سازی که در بالا به آن اشاره شد، در حال حاضر با توجه به افت مستمر سطح آب زیرزمینی و اهمیت پایدارسازی آن، استفاده از این رویکرد، به طور خاص، در طرح احیا و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی کشور برای تسهیل و تسریع اجرای سیاست‌ها و افزایش سطح مشارکت آن‌ها، آگاهی‌رسانی به مصرف‌کنندگان منابع آب زیرزمینی در خصوص محدودیت منابع آب زیرزمینی و افزایش یادگیری اجتماعی در سطح کلان و خرد پیشنهاد می‌گردد.

واضح است مشارکت ذی‌مدخلان موجب اتخاذ سیاست‌های منطقی و صحیح و تضمین اجرایی شدن آن‌ها خواهد شد. با این که برای ارتقای کیفیت فرایند مشارکت می‌توان از ابزارهای موجود مانند ابزار مدل‌سازی عامل‌بنیان استفاده کرد؛ اما با وجود جوانب مثبت این رویکرد باید در نظر داشت که این موضوع نیازمند جلب مشارکت دو سویه از سوی کاربران و سیاست‌گذاران می‌باشد. در نهایت در صورت استفاده از ابزار مدل‌سازی عامل‌بنیان، پیش‌بینی می‌گردد، مشارکت ذی‌مدخلان در فرایند تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری، ارتقا یافته و تصمیمات و سیاست‌های منطقی اتخاذ و اجرا شده و ضمناً منجر به یادگیری اجتماعی مشترک سیاست‌گذاران و ذی‌مدخلان در خصوص سیستم مورد مطالعه گردد.

۷- مراجع

- ۱- لطفی، س. (۱۳۹۶). "تحلیل اجتماعی-اکولوژیکی ظرفیت خود سازماندهی برای پایدارسازی آبخوان با رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان (مطالعه موردی: شبکه آبیاری دشت قزوین)". رساله دکتری، دانشگاه تهران.
- 2- Becu, N., P. Perez, A. Walker, O. Barreteau and C. Le Page (2003). "Agent based simulation of a small catchment water management in northern Thailand Description of the CATCHSCAPE model." *Ecological Modelling* 170(2-3): 319-331.
- 3- Berger, T., R. Birner, N. McCarthy, J. Díaz and H. Wittmer (2007). "Capturing the complexity of water uses and water users within a multi - Agent framework." *Water Resources Management* 21(1): 129-148.
- 4- Brady, M., C. Sahrbacher, K. Kellermann and K. Happe (2012). "An agent-based approach to modeling impacts of agricultural policy on land use, biodiversity and ecosystem services." *Landscape Ecology* 27(9): 1363-1381.
- 5- Chu, J., C. Wang, J. Chen and H. Wang (2009). "Agent-Based Residential Water Use Behavior Simulation and Policy Implications: A Case-Study in Beijing City." *Water Resources Management* 23(15): 3267.
- 6- Feuillette, S., F. Bousquet and P. Le Goulven (2003). "SINUSE: a multi-agent model to negotiate water demand management on a free access water table." *Environmental Modelling & Software* 18(5): 413-427.

- 7- Kock, B. E. (2008). Agent-based models of socio-hydrological systems for exploring the institutional dynamics of water resources conflict, Massachusetts Institute of Technology.
- 8- Kock, B. E. (2010). Addressing agricultural salinity in the American West: harnessing behavioral diversity to institutional design, Massachusetts Institute of Technology.
- 9- Miyasaka, T., Q. B. Le, T. Okuro, X. Zhao and K. Takeuchi (2017). "Agent-based modeling of complex social-ecological feedback loops to assess multi-dimensional trade-offs in dryland ecosystem services." Landscape Ecology **32**(4): 707-727.
- 10- Mulligan, K. B., C. Brown, Y. C. E. Yang and D. P. Ahlfeld (2014). "Assessing groundwater policy with coupled economic-groundwater hydrologic modeling." Water Resources Research **50**(3): 2257-2274.
- 11- Ng, T. L., J. W. Eheart, X. Cai and J. B. Braden (2011). "An agent-based model of farmer decision-making and water quality impacts at the watershed scale under markets for carbon allowances and a second-generation biofuel crop." Water Resources Research **47**(9).
- 12- Tesfatsion, L., C. R. Rehmann, D. S. Cardoso, Y. Jie and W. J. Gutowski (2017). "An agent-based platform for the study of watersheds as coupled natural and human systems." Environmental Modelling & Software **89**(Supplement C): 40-60.
- 13- van Oel, P. R., M. S. Krol and A. Y. Hoekstra (2012). "Application of multi-agent simulation to evaluate the influence of reservoir operation strategies on the distribution of water availability in the semi-arid Jaguaribe basin, Brazil." Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C **47-48**(0): 173-181.