

عنوان مقاله :

شبیه سازی رفتار مشترکین در مصارف آب با استفاده از مدل عامل بنیان

*علی عسگر سبحانی، ارشد مدیریت اجرایی

چکیده

کاربرد مدل‌های عامل بنیان در شبیه سازی رفتار ذینفعان یک روش نسبتاً جدید برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده‌ای است که شامل عوامل خودمختاری هستند که با یکدیگر در تعامل اند. پیشرفت‌های محاسباتی، کاربرد مدل‌های عامل بنیان را در زمینه‌های مختلف میسر کرده است. این کاربردها در مدل‌سازی رفتار انسان در بازار و چرخه‌های تولید، مدل‌سازی پیچیدگی‌های سیستم‌های منابع و مصارف آب و بسیاری دیگر گسترش یافته‌اند. در این مقاله بر اساس مدل‌سازی عامل بنیان رفتار مشترکین در مصارف غیرمجاز آب مورد تبیین قرار می‌گیرد.

در این مقاله با استفاده از مدل‌های عامل بنیان پیشنهاد شده برای عوامل درگیر در سیستم‌های منابع آبی توسط (Akhbari و Grigg ، 2015) و بکارگیری نرم افزار NetLogo ، رفتار مشترکین شرکت آب و فاضلاب روستایی استان کرمانشاه در مصارف آب شبیه سازی گردید .

جامعه آماری شامل مشترکین آبفار روستایی استان کرمانشاه به تعداد حدود ۱۲۹۰۰۰ مشترک و در بازه زمانی سال ۱۳۹۴ می‌باشد .

نتایج حاصله نشان داد مدل عامل بنیان میتواند در جهت شبیه سازی رفتار مشترکین مورد اعتماد قرار گیرد ، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد رفتار مشترکین حوزه روستایی در زمینه مصارف غیر مجاز تابع عوامل محیطی و متعارف حوزه منابع آب از جمله درآمد خانوار، آب بهاء مصرفی ، فناوری تجهیزات خانگی و فرهنگ مصرف و ... می‌باشد.

واژه های کلیدی: مدل عامل بنیان، منابع آب، مشترکین، شبیه سازی رفتار ، مصرف غیر مجاز آب

۱- مقدمه

مدلسازی عامل بنیان رویکردی نسبتاً جدید برای مدلسازی سامانه هایی است که از عوامل مستقل ولی در تعامل با هم تشکیل شده اند. مدلسازی عامل بنیان یک پارادایم نسبتاً جدید است و از زمان پیدایش پایگاههای داده، یکی از مهمترین پیشرفت ها در مدلسازی محسوب میشود. علوم مهندسی و علوم مدیریت بصورت مشترک برای توصیف، درک و مدیریت پدیده ها به دنبال مدلسازی دنیای واقعی هستند، با این تفاوت که علوم مهندسی پدیده های دنیای طبیعی و علوم مدیریت سامانه های انسانی را مدلسازی مینمایند (Axtell & Epstein، ۱۹۹۶)

از آنجا که دانش مدلسازی در زمینه ی پدیده های طبیعی و قوانین مرتبط با آن بسیار پیشرفت کرده است، مدل های تقریبی زیادی برای اینگونه پدیده ها ساخته شده و اثربخشی این مدلها با توجه به پیشرفت های مستمر در علوم مهندسی و فیزیک مشهود و قابل اثبات است. اما دنیای واقعی انسانی به دلیل پیچیدگیهای رفتاری انسان کمتر به شکل مدل ارائه شده است و همین امر موجب پیچیدگی و عدم قطعیت هرچه بیشتر مسائل انسانی میشود. برای تصمیم گیری در خصوص اینگونه مسائل باید فاکتورهای نظیر عوامل کلیدی، قوانین رفتاری عوامل، نحوه ی تعامل عوامل با یکدیگر و با محیط و از این دست مسائل در نظر گرفته شوند (Bonabeau ، 2002)

استفاده از مدلسازی عامل بنیان در حوزه مسائل محیط زیست از جمله رفتارهای انسان در ارتباط با عوامل طبیعی از کارکردهای جدید عامل بنیان میباشد. ما در دنیای زندگی میکنیم که به شکل فزایندهای در حال پیچیده تر شدن است. سیستمهایی که نیاز به تحلیل و مدلسازی آنها داریم از لحاظ همبستگی های چندگانه همواره پیچیده تر میشوند. ابزارهای سنتی مدلسازی دیگر مانند گذشته قابل کاربرد نیستند. برخی از سیستمها همیشه آنقدر پیچیده بوده اند که قادر به مدلسازی آنها نبوده ایم از جمله رفتارهای انسان ها در قبال عوامل محیطی.

هدف اصلی این مقاله، بررسی شبیه سازی رفتار مشترکین در مصارف غیر مجاز با استفاده از مدل عامل بنیان است و در واقع به این پرسش جواب خواهد داد که چگونه مدلسازی عامل بنیان برای حل مسائل کاربردی در حوزه رفتار مشترکین در مدیریت مصرف آب مورد استفاده قرار میگیرد؟ و رفتار و الگوی مصرف مشترکین در مصارف آب با استفاده از عامل بنیان تابع چه عواملی میباشد؟

۲- کاربردهای مدلسازی عامل بنیان در علوم آب و منابع طبیعی

کاربرد مدل‌های عامل بنیان در علوم منابع طبیعی ابتدا درباره مدیریت منابع تجدیدپذیر توسط Bousquet در سال ۱۹۹۳ مورد مطالعه قرار گرفت. در مطالعه مذکور، یک شبیه ساز چند عاملی برای درک بهتر اندرکنش میان بهره برداران و منابع طبیعی ایجاد گردید. همچنین Balmann در سال ۱۹۹۷ این نوع مدل‌ها را در زمینه مدیریت عملیات کشاورزی مورد استفاده قرار داد. تحقیق مذکور بیشتر بر جنبه های اقتصادی کشاورزی تمرکز داشت.

(Becu و همکاران، ۲۰۰۳) در زمینه شبیه سازی عامل بنیان برای مدیریت آب حوضه آبریز در جنوب تایلند مطالعه ای انجام دادند. آنها برای این هدف یک مدل عامل بنیان به نام CATCHSCAPE تهیه کرده، سناریوهای اقتصادی، کاربری اراضی و مدیریت منابع آب را مورد آزمون قرار دادند.

در همین سال (Feuillet و همکاران، ۲۰۰۳) مقاله ای با موضوع حل اختلافات در مدیریت منابع آب زیرزمینی نگاشتند. به گزارش نگارندگان مدل ارائه شده با نام SINUSE قابلیت بالایی در شبیه سازی سیستمهای پیچیده و توزیعی دارد.

نتایج تحقیقات نشان داد با استفاده از مدل‌های عامل بنیان نتایجی میتوان کسب کرد که با استفاده از روشهایی مانند پویایی سیستمها و سایر مدل‌ها به سختی قابل دستیابی میباشد. همچنین در زمینه کیفیت آب در سطح حوضه آبریز تحت تأثیر آلودگی کشاورزی در یک منطقه با استفاده از مدل‌های عامل بنیان مطالعه ای انجام شده است که نتایج آن نشان داد تغییر رفتار کشاورزان بر پیش بینی و تصمیم گیری سایر کشاورزان مؤثر است و نتایج واکنش عوامل بر منابع آب متفاوت است .

۳- عامل چیست؟

هرچند تعاریف گوناگونی برای واژه ی "عامل" ارائه گردیده، اما در همه این تعاریف چند گزینه به صورت مشترک وجود دارد. این گزینه ها شامل خصوصیات، قوانین رفتار، حافظه، منابع در دسترس، اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم گیری و قوانین اصلاح کننده ی رفتار عوامل هستند.

برخی محققان هر نوعی از اجزای مستقل مانند نرم افزار، مدل، افراد و غیره را به عنوان عامل در نظر میگیرند (Bonabeau، ۲۰۰۲). سایر محققین معتقدند که رفتار یک عامل بایستی انطباقی باشد تا بتوان آن را یک عامل در نظر گرفت. در تعریف این گروه از محققین، عنوان عامل برای اجزایی در نظر گرفته میشود که میتوانند از محیط خود یاد بگیرند و رفتار خود را در واکنش به آن تغییر دهند. برخی دانشمندان معتقد هستند که عاملها بایستی هم شامل قوانین رفتاری اساسی باشند هم شامل یک سری قوانین سطح بالاتر باشند که قوانین رفتاری اساسی را تغییر دهند (Casti، ۱۹۹۷).

در کل، عوامل دارای خصوصیات زیر هستند:

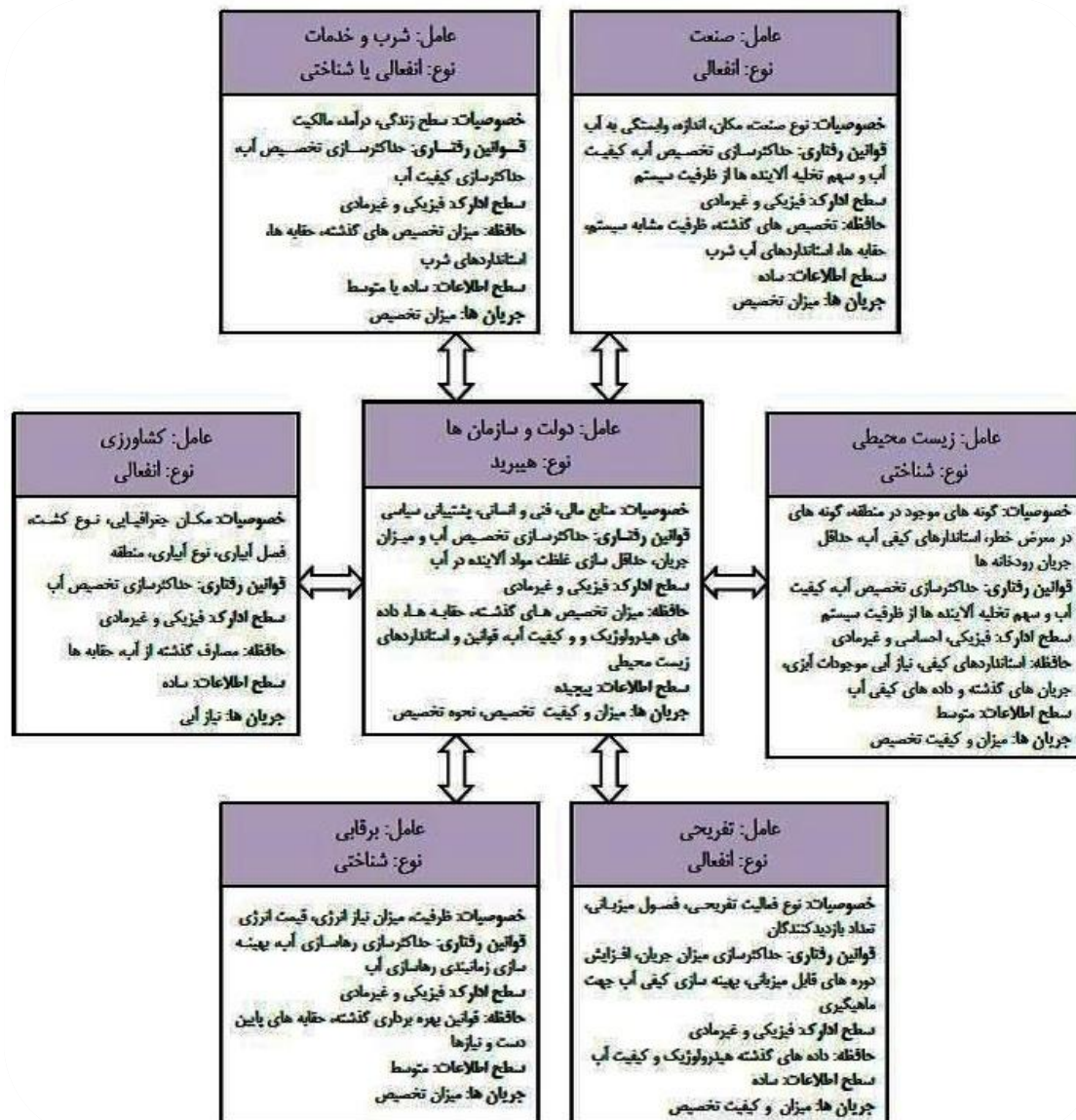
- یک عامل قابل تشخیص میباشد. یک عامل به صورت جداگانه دارای یک سری از خصوصیات و قوانین رفتاری است و شامل قابلیتهای تصمیم گیری است. عوامل بر خود متکی هستند. یک عامل دارای مرز است و میتواند به سادگی تشخیص داد که آیا یک جزء، بخشی از یک عامل هست یا خیر، یا حتی یک خصوصیت مشترک است یا خیر.

- یک عامل دارای بعد مکان است، در یک محیط زندگی میکند که با دیگر عوامل در تعامل است عوامل برای اندرکنش با دیگران دارای پروتکل آداب و رسوم هستند.

۴- خصوصیات پیشنهاد شده برای عوامل درگیر در مدیریت منابع آب

خصوصیات پیشنهادی برای عوامل درگیر در منابع آب توسط (Grigg & Akhbari، ۲۰۱۵) در شکل شماره (۱) ارائه میگردد. از جمله عوامل درگیر در سیستمهای مدیریت منابع آب میتوان به عامل صنعت، عامل شرب و خدمات، عامل زیست محیطی، عامل دولت و سازمانها، عامل کشاورزی و عامل تفریحی اشاره نمود. از میان این عوامل، عامل شرب و خدمات را میتوان از جمله عاملهای مرتبط با مصارف آب توسط مشترک تلقی

نمود. در این عامل، شبکه آبرسانی مورد استفاده توسط مشترکین به عنوان محیط مورد مطالعه در نظر گرفته میشود. شبکه آبرسانی بطور معمول به عنوان یک زیرمدل برای مدل کلی عامل بنیان در نظر گرفته میشود و به عبارت دیگر مدلی که محیط و فرایندهای آن را شبیه سازی میکند، میتواند به شکل جداگانه تهیه شده و به مدل شبیه سازی رفتاری که حاصل تبیین رفتار و اندرکنشهای عوامل است لینک میشود. لینک این دو مدل باید به صورت رفت و برگشتی باشد. بدین ترتیب که بازخوردهای حاصل از مدل شبیه سازی محیط (شامل وضعیت کمی و کیفی منابع آب) بر نوع تصمیم گیری عوامل شبیه سازی شده در مدل رفتاری تأثیر گذاشته و از طرفی، نتایج حاصل از مدل رفتاری بر ورودی مدل شبیه سازی محیط در دور بعدی محاسبات تأثیرگذار خواهند بود.



شکل شماره ۱- خصوصیات پیشنهادی برای عوامل درگیر در منابع آب توسط (Grigg & Akhbari, ۲۰۱۵)

۵- شناسایی فاکتورهای موثر در مسئله

عوامل اقتصادی مانند قیمت تمام شده آب و درآمد خانوارها (سطح زندگی) در اکثر مطالعات، به عنوان پارامترهای موثر لحاظ شده اند در این تحقیق فاکتورهای تاثیرگذار در مسئله به چهار دسته فرهنگی-اجتماعی، اقتصادی، فناوری تجهیزات خانگی و زیست محیطی فرض شده است. بر این مبنا، پارامترهای مهم شناسایی شده در مدل عبارتند از: درآمد خانوار، آب بهاء مصرفی، فناوری تجهیزات خانگی و فرهنگ مصرف

۶- شبیه سازی در نرم افزار

مدل پیشنهادی در نرم افزار شبیه ساز Netlogo پیاده سازی شده و در پیاده سازی سعی گردید پارامترهای تاثیرگذار و نیز پارامترهایی که دارای اطلاعات قابل استناد می باشند، به کار گرفته شود. در مدل پیشنهادی، پارامترهای درآمد متوسط خانوار، نسبت هزینه آب مصرفی به کل هزینه های خانوار و فناوری تجهیزات خانگی در هر سال، به عنوان عوامل موثر فرض شده اند و سعی شد میزان استعداد مشترکین جهت کاهش مصرف آب در هر سال با استفاده از پارامترهای شناسایی شده و تحلیل نمودار علی و معلولی سیستم سنجیده شود.

۷- تحلیل آماری نتایج مدلسازی

جهت تحلیل حساسیت پارامترهای به کار گرفته شده در مدل و تاثیر آنها در خروجی مسئله و بر اساس داده های حاصل از مدلسازی، از نرم افزار Netlogo استفاده شده است. برای این منظور از طراحی آزمایش ها با تعیین چهار فاکتور کلیدی تمایل مشترکین جهت مصرف صحیح، متوسط درآمد خانوار و فناوری تجهیزات خانگی در سه سطح پائین، متوسط و بالا و فاکتور متوسط نسبت هزینه آب مصرفی به کل هزینه های خانوار در دو سطح پائین و متوسط، به عنوان پارامترهای ورودی، ۱۸ آزمایش طراحی گردید و با استفاده از رگرسیون چندگانه به روش حداقل مربعات معمولی و در دو مرحله، میزان متوسط مصرف آب برای هر آزمایش، تعیین شد. مقادیر برآوردی متوسط مصرف آب و آزمایش ها در جدول شماره (۱) نشان داده شده است.

برای تعیین متوسط مصرف آب در هر آزمایش، ابتدا با رگرسیون پارامترهای فناوری تجهیزات و تمایل مشترکین جهت مصرف صحیح روی پارامتر متوسط مصرف آب، با توجه به محدوده های موجود در هر آزمایش و مقادیر برآوردی توسط نرم افزار، مقادیر پارامترهای فناوری تجهیزات و تمایل مشترکین جهت مصرف صحیح و نیز متوسط مصرف برآورد شده و در مرحله بعد، با رگرسیون چندگانه پارامترهای هزینه آب

به کل هزینه های خانوار و درآمد خانوار روی پارامتر تمایل مشترکین جهت کاهش مصرف و انتخاب این پارامتر به عنوان هدف و با توجه به مقدار آن در مرحله قبل، مقادیر پارامترهای هزینه آب به کل هزینه های خانوار و درآمد خانوار، برآورد می شود. نتایج حاصل از طراحی آزمایش در جدول شماره (۱) آورده شده است .

جدول شماره (۱) - مقادیر برآوردی متوسط مصرف آب و آزمایش ها

آزمایش	نسبت هزینه های آب مصرفی به مصرف کل هزینه ها	در آمد خانوار	تمایل به مصرف صحیح	فناوری تجهیزات مصرفی آب	متوسط مصرف آب (مترمکعب)
۱	1	1	۱	۱	۵۶,۳
۲	1	2	۲	۱	۵۴,۶
۳	1	3	۳	۱	۴۷,۶
۴	1	1	۱	۲	۸۶,۵
۵	2	2	۳	۲	۴۷,۳
۶	1	3	۲	۲	۶۵,۶
۷	1	1	۱	۳	۴۷,۶
۸	2	2	۳	۳	۳۵,۴
۹	1	3	۲	۳	۶۴,۵
۱۰	2	1	۱	۱	۳۴,۲
۱۱	1	2	۲	۱	۴۳,۱
۱۲	1	3	۱	۱	۳۶,۹
۱۳	1	1	۲	۲	۴۸,۳
۱۴	2	2	۳	۲	۶۵,۲
۱۵	1	3	۱	۲	۳۸,۴
۱۶	1	1	۲	۳	۷۴,۶
۱۷	1	2	۳	۳	۳۴,۸
۱۸	2	3	۲	۳	۲۸,۳

۸- نتیجه گیری

- بر اساس نتایج مدل‌سازی و طراحی آزمایش‌ها، پارامترهای تمایل مشترکین جهت مصرف صحیح، تکنولوژی تجهیزات خانگی، درآمد خانوار و نسبت هزینه آب مصرفی به کل هزینه های خانوار، به ترتیب دارای بیشترین تاثیر در مصارف آب در دوره مورد مطالعه بوده اند.
- در خصوص پارامتر تمایل مشترکین جهت کاهش مصرف، از آنجا که اختلاف قابل توجهی بین مقادیر پارامتر خروجی مدل (متوسط مصرف آب) در پائین ترین سطح و سطوح دیگر این پارامتر وجود دارد، پارامتر فوق موثرترین پارامتر برآورد شده است. محدوده بهینه این پارامتر در بالاترین سطح آن، یعنی زمانی که مشترکین بیشترین تمایل را جهت مصرف صحیح دارند، واقع شده است.
- دومین پارامتر از لحاظ تاثیرگذاری، پارامتر فناوری تجهیزات خانگی بوده است. بر خلاف انتظار، در بالاترین سطح این پارامتر، شاهد بالاترین سطح مصرف هستیم و افزایش سطح فناوری تجهیزات، لزوماً موجب کاهش مصرف مشترکین نگردیده و محدوده بهینه مصرف در سطح متوسط این پارامتر رخ داده است.
- سومین پارامتر از لحاظ تاثیر گذاری، پارامتر متوسط درآمد خانوارها برآورد شده است. مطابق نتایج، حداکثر مصرف مشترکین در سطح درآمدی متوسط خانوارها قرار داشته و محدوده بهینه این پارامتر در پائین ترین سطح این پارامتر رخ داده است.
- با توجه به نرخ آب مصرفی در دوره مورد مطالعه، پارامتر نسبت هزینه آب مصرفی به کل هزینه خانوار، دارای کمترین تاثیر در مصارف آب و با تاثیر معکوس بوده است. به طوری که با افزایش قیمت، مصارف آب نیز افزایش یافته است.

جمع بندی

رقابت بر سر استفاده از آب در حال افزایش است و این مسئله منجر به بروز اختلافات زیادی میان عوامل مختلف با اهداف متفاوت و ناسازگار با یکدیگر میشود. مدل‌های فنی هیدرولوژیکی برای فراهم آوردن اطلاعات از لحاظ فنی و علمی به منظور آشنایی از نحوه رفتار و واکنش سیستم‌های منابع آب مورد نیاز هستند؛ اما مدل‌های شبیه سازی رفتارهای انسانی و اجتماعی نیز به منظور آگاهی از نحوه واکنش عوامل دخیل در یک سیستم نسبت به تصمیم‌های مدیریتی، الزامی به نظر میرسند. در این مقاله استفاده از مدل عامل بنیان در گیر

در منابع آب و کاربرد آنها در مسائل مدیریت منابع آب معرفی شدند. همچنین، نحوه شناسایی خصوصیات رفتاری ذینفعان یک مدل عامل بنیان ارائه شده است. در این مدلها تمام جنبه های موثر در مسائل منابع آب (اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، اکولوژیک، هیدرولوژیک و ...) میتوانند در نظر گرفته شوند. بنابراین میتوان با استفاده از این ابزار، سیستمهای پشتیبانی تصمیم گیری ایجاد کرد تا از این طریق دیدگاه جامع تری نسبت به مسائل منابع آب حاصل شود. در نتیجه کارشناسان، مدیران، تصمیم گیرندگان و سایر عوامل دخیل در سیستمهای منابع آب قادر خواهند بود تا با اطلاع از نتایج واکنشهای خود بهترین رویکردها را برای رسیدن به اهداف خود با در نظر گرفتن جنبه های بیشتری از این مسائل اتخاذ کنند.

منابع وماخذ:

- افشار، عباس؛ محمدرضا جلالی؛ سید محمد قریشی و بهداد ساعد، ۱۳۹۴، مدل های عامل بنیان راهکاری برای مدیریت منابع آب با دیدگاه توسعه پایدار، کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین در مهندسی عمران، معماری، محیط زیست و مدیریت شهری، تهران، موسسه مدیران ایده پرداز پایتخت ویرا،
- امید مهرعلیان، محمد سعدی مسگری، رسول جلالی فر. ۱۳۹۳. مدیریت آب های سطحی در مناطق شهری با استفاده از مدل سازی عامل مینا. مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی ۲. ۴۹-۵۸.
- بهمن لاهورپور، علی ادیسی. ۱۳۹۳. مدل سازی عامل مبنای تخلیه اضطراری ایستگاه مترو و بررسی چگالی مسافران در روند تخلیه. دومین کنگره بین المللی سازه، معماری و توسعه شهری
- عادل آذر، آرش صادقی، ۱۳۸۶، مدل سازی، عامل بنیان، رویکردی نوین در مدل سازی مسائل پیچیده اخلاقی
- علیرضا ارشدی خمسه، پرهام عظیمی، احمد مرتضوی. ۱۳۹۲. طراحی و بهینه سازی زنجیره تامین توسط شبیه سازی عامل بنیان. دانشگاه تربیت معلم - تهران - دانشکده صنایع

-Akhbari M. and Grigg N.S. 2013. A framework for an agent-based model to manage water resources conflicts. *Water resources management*, 27(11): 4039-4052

-Akhbari M. and Grigg N.S. 2015. Managing Water Resources Conflicts: Modelling Behavior in a Decision Tool. *Water Resources Management*, 29(14), 5201-5216.

-Balmann A. 1997. Farm-based modelling of regional structural change: A cellular automata approach. *European review of agricultural economics*, 24(1): 85-108.

-Becu N., Perez P., Walker A., Barreteau O. and Le Page C. 2003. Agent based simulation of a small catchment water management in northern Thailand: description of the CATCHSCAPE model. *Ecological Modelling*, 170 (2): 319-331.

-Bonabeau E. 2002. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(suppl 3): 7280-7287.

-Bousquet F., Cambier C., Mullon C., Morand P., Quensièrè J. and Pavé A. 1993. Simulating the interaction between a society and a renewable resource. *Journal of biological systems*, 1(02): 199-214.

-Casti J. 1997. *Would-be worlds: how simulation is changing the world of science*. Wiley. NewYork. USA

-Feuillette S., Bousquet F. and Le Goulven P. 2003. SINUSE: a multi-agent model to negotiate water demand management on a free access water table. *Environmental Modelling & Software*, 18(5): 413-427