



مدل‌های عامل بنیان^۱ راهکاری برای مدیریت منابع آب با دیدگاه توسعه پایدار

عباس افشار^۲، محمد رضا جلالی^۳، سید محمد قریشی^{۴*}، بهداد ساعد^۵، پیام امین پور محمدآبادی^۶،

مشخصات نویسنده اول

۱- استاد، گروه عمران، عمران-آب، دانشگاه علم و صنعت ایران

مشخصات نویسنده دوم

۲- استادیار، گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفرش

مشخصات نویسنده سوم

۳ و ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی آب، مهندسی عمران-آب، گروه عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران،

m_ghoreishi@civileng.iust.ac.ir

مشخصات نویسنده چهارم

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی آب، مهندسی عمران-آب، گروه عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

مشخصات نویسنده پنجم

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی آب، مهندسی عمران-آب، گروه عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

با توجه به افزایش برداشت‌های آبی از منابع محدود، نیاز آبی آیندگان و اهمیت مسئله توسعه پایدار به طور قابل توجهی رو به افزایش می‌باشد. علاوه بر این، رقابت‌های رو به رشد بر سر این منابع محدود مناقشات قابل توجهی را بوجود آورده است. در این مقاله مدل‌های عامل بنیان به عنوان راهکاری کارآمد و ابزاری مکمل در کنار دیگر دیدگاه‌ها نظیر مسائل اقتصادی در حل این بحران‌ها در مدیریت منابع آب با دیدگاه توسعه پایدار ارائه شده است. سپس در ادامه به بیان ساختار کلی این مدل‌ها، اهمیت آنها در مدیریت منابع آب، کاربردها، محدودیت‌ها و مزیت‌ها اشاره شده است.

واژگان کلیدی: مدل‌های عامل بنیان، مناقشه، توسعه پایدار، مدیریت منابع آب.

۱ Agent-based modeling



۱- مقدمه

پراکندگی نامنظم آب به لحظ زمانی و مکانی میان انسان ها و فعالیت های نادرست آنها در استفاده از آن، مشکلات متفاوتی را در زمینه مدیریت این منبع ارزشمند بوجود آورده است. استفاده از آب به عنوان تامین یک هدف خاص نبوده است بلکه اهدافی نظیر: تولید برق، تفریح، حفاظت محیط زیست و ... را در پی دارد. در حقیقت این چند هدف بودن آن موجب بوجود آمدن اختلافاتی میان این کاربران مبنی بر استفاده های مختلف آن می شود. بر این اساس برای مدیریت این مناقشات لازم است تجزیه و تحلیل های تخصصی و اجتماعی-سیستمی انجام گیرد. مدل های عامل بنیان می توانند به طور موثر با شبیه سازی جنبه های مختلف بازیگران در راستای حل این مناقشات عمل کنند [۱]. اگرچه این مدل ها نسبتا جدید می باشند ولی در طی سال های اخیر به ابزاری کارآمد برای تحیل، مدل سازی و شبیه سازی سیستم های پیچیده تبدیل شده اند [۱]. این مدل ها پایه ای برای مدل کردن تعاملات اجتماعی میان کاربرانی هستند که بر رو هم تاثیر می گذارند [۲]. یک مدل عامل بنیان ابزاری را جهت بیان فرایند های تصمیم گیری اجتماعی [۳] و شبیه سازی رفتار واقعی کاربران با مشخص کردن ارتباط بین آنها فراهم می کند. در مدل های متداول مدیریت منابع آب برای مقابله با مشکلات تخصیص منابع آب، کل حوضه به صورت یک سیستم مدل می شود و مقدار آب تخصیص یافته به عنوان یک متغیر تصمیم در یک مدل ریاضی بهینه ساز که به صورت بهینه ساز حضور دارند. اما در جهان واقعی هر کاربر می تواند تصمیمی بگیرد که تنها منافع شخصی خود را در آن ببیند (نه الزاما سود کل سیستم). حال اگر تعداد متغیرهای تصمیم زیاد شود مسئله پیچیدگی خاصی پیدا می کند به خصوص که اگر تابع هدف ما غیر خطی باشد. از این رو به منظور کاهش سختی محاسبات با در نظر گرفتن بازتابی صحیح از جهان پیرامون به سراغ مدل های چند عامل^۱ می رویم.

تئوری مدل های عامل بنیان ابتدا از علم کامپیوتر که مرتبط با هوش مصنوعی می باشد ظاهر شد [۴]. یک عامل^۲ به عنوان یک واحد مستقل در یک سیستم مشخص می شود که می تواند با دیگران تحت مجموعه ای از رفتارها رابطه داشته باشد. عاملان در این مدل میتوانند طوری تعیین شوند که تنها به هدف منافع خودشان آب را مصرف کنند [۵]. تصمیمات مصرف کنندگان می تواند تحت اثر تصمیم همسایگان قرار گیرد که بوسیله محدودیت های فیزیکی و قوانین مدیریتی محدود می شوند.

۲- مروری بر ادبیات

اولین شبیه سازی مدل های عامل بنیان بوسیله توماس اسکلینگ در سال ۱۹۷۸ برای الگوی جدایی مسکن گسترش یافت. عامل ها در این شبیه سازی می توانند به صورت مردم می شوند و تعامل بین عامل ها به صورت فرایند اجتماعی مرتبط می باشند.

ایزکوردو و همکاران یک مدل عامل بنیان به نام FEARLUS-W برای راه های اولویت ذینفان گسترش داد [۶]. این مدل گسترش یافته مدل FEARLUS ساخته پلهیل و همکارانش بود [۷]. ادواردز و همکاران ارتباطات یک مدل مصرف آب به هم پیوسته را در مقابل یک مدل عامل بنیان بر طبق اطلاعات موجود منابع ارزیابی کردند [۸].

گالان و همکاران یک مدل عامل بنیان را برای مدیریت آب های داخلی در اسپانیا گسترش دادند [۹]. زکمن یک مدل چند عامل که ترکیب شده ای از روش های عامل بنیان، مکانیکی و دینامیکی بود برای شبیه سازی رخداد های آلودگی مطرح کرد [۱۰]. کوک از یک مدل عامل بنیان در یک سیستم اجتماعی-هیدرولوژیکی استفاده کرد [۱۱]. او دو مدل عامل بنیان اجتماعی و هیدرولوژی در اسپانیا و آمریکا به منظور بررسی اثرات اجتماعی شامل کردن یک سازمان اضافه به سازمان های مدیریت آبی موجود گسترش داد. سومان و همکاران یک مدل چند عامل برای شناسایی رفتار کشاورزان در انتخاب محصول گسترش دادند [۳]. کندی و همکاران یک مدل عامل بنیان را برای شبیه سازی مناقشه بین گله داران در آفریقای شمالی گسترش دادند [۱۲].

چو و همکاران مدل مصرف آب مسکونی را به عنوان ابزار مدیریت آب شهری جهت ارزیابی سیاست های مصرف آب به منظور گسترش زیربنای آینده گسترش دادند [۱۳]. بتل و همکاران از مفهوم مدل عامل بنیان برای گسترش یک مدل چند کاره^۳ که پروسه های تصمیم گیری عرضه آب را شبیه سازی می کند استفاده کردند. آنها از این مدل برای مشخص کردن مناطق بحرانی جهت بررسی نیاز عرضه آب با توجه به تاثیرات آب و هوایی استفاده کردند. نیکولیک و همکاران شبیه سازی سیستم دینامیک و مدل عامل بنیان را به منظور مدیریت یکپارچه منابع آب از طریق

۱ Multi-Agent

۲ Agent

۳ Multiactor-based



تجزیه و تحلیل زمانی و مکانی یکپارچه کردند [۱۴]. مثال های دیگر برای کاربرد مدل های عامل بنیان در منابع آب شامل مطالعات هیر برای کنترل آلودگی آب کشاورزی [۱۵]، برگر برای مدیریت استفاده زمین کشاورزی و منابع آب [۱۶]، تیلمن برای گسترش سیستم عرضه آب [۱۷] و بارس برای اختصاص منابع آب و مدیریت حوضه [۱۸] می باشد.

۳- توسعه پایدار و پویایی سیستم در بخش مدیریت منابع آب

مفهوم پایداری برای اولین بار توسط توماس روبرت مالتوس در سال ۱۷۹۸ مطرح شد. برداشت ناعادلانه منابع طبیعی میان دو نسل (کنونی و آینده) رسیدن به یک جامعه ایده ال را در آینده دشوار می سازد [۱۹]. کمیسیون جهانی محیط زیست و پایداری در سال ۱۹۸۷ بیان کرد: در یک دیدگاه وسیع، استراتژی توسعه پایدار قصد دارد تا در تلاشی یک سازگاری بین بشر و طبیعت انجام دهد. بر اساس کمیسیون جهانی محیط زیست و پایداری، بشر توانایی مدیریت توسعه پایدار را به دلیل تامین نیاز های حال حاضر و بدون چشم پوشی به نیاز های نسل آینده را دارا می باشد. بنا بر این توسعه پایدار نیاز دارد به [۲۰]:

- یک سیستم سیاسی که از امنیت تصمیم گیری شهروندان را به صورت موثر پشتیبانی می کند.
- یک سیستم اقتصادی که توانایی برآورد مازاد منابع را در یک بستر با نگرش پایدار سازی دارد.
- یک سیستم اجتماعی که فراهم کننده تنش های برخاسته از توسعه های ناهماهنگ است.
- یک سیستم مصرفی که با توجه به قوانینی به حفاظت از بستر اکولوژیک می پردازد.
- یک سیستم قابل انطاف مدیریتی که توانایی تصحیح خودکار را داشته باشد.

مفهوم توسعه پایدار و کاربرد آن در مدیریت منابع آب، از مباحثی است که در سال های اخیر روی آن تاکید فراوان شده است. از این منظر نیاز به بهبود بازخوردهای مرتبط با منابع آب که توسط توسعه شاخص ها و معیارها پایه ریزی شده اند، ضروری به نظر می رسد. توسعه پایدار مفهومی است که وضعیت پویایی سیستم های پیچیده، به ویژه ذخیره گاه زیست کره زمین و اجتماعی و اقتصادی بشر و سیستم درون آن را توصیف می کند. به بیان دیگر توسعه پایدار برنامه ای از اقدامات، مجموعه ای از اصول و راه های تفکری مربوط به الگوهای فعالیت بشری است که با استفاده از نظریات مختلف و دانش ما به چگونگی ساز و کار جهانی می پردازد. در توسعه پایدار در عین حال که هر کدام از المان های پویا یا یکدیگر در تقابل هستند به یکدیگر به گونه ای اجازه تطبیق می دهند که پایداری سیستم نیز حفظ شود. بر اساس نظریه های ارائه شده، توسعه پایدار به توسعه ای اطلاق می شود که با آنکه نیازهای نسل حال را برآورده می کند، تداخلی در برآوردن نیازهای نسل آتی ندارد. این نظریه تاکید فراوانی دارد بر عواقب اجتماعی و زیست محیطی غیرقابل پیش بینی و نامطلوبی که روی توسعه اقتصادی تاثیر می گذارد.

تلاش و اقدامات فراوانی در جهت هماهنگی اصول توسعه پایدار در بخش های مختلف از جمله مدیریت منابع آب صورت گرفته است. اگر چه نیاز به چنین تلاش هایی غیرقابل انکار است، برای دستیابی به توسعه پایدار، شرایط به دست آمده از طریق فرآیندهای در حال اجرای کنونی، نیاز به تطبیق و تکامل دارد. بنابراین برای رسیدن به توسعه پایدار، در طول یک زمان طولانی، بهبود مستمر فعالیت های بشری و هماهنگ کردن آنها مطابق با تغییرات محیط زیست و قوی تر کردن ظرفیت ها ضروری است. از این نظر برای رسیدن به یک توسعه پایدار، استفاده از سعی و خطا برای رسیدن به موفقیت لازم خواهد بود. آنچه در پایداری فعالیت های بشر با دیگر المان های موثر در توسعه پایدار نقش اساسی ایفا می کند، بازخوردهای موثر و ظرفیت پاسخ به تغییرات مناسب در فعالیت های اقتصادی و جوامع بشری است که می توان از آن به عنوان کلید حل مسئله یاد کرد. بازخوردها به طور مشخص المان های مهمی در پایداری محیط زیست هستند. دسترسی پایدار به منابع آبی سالم، یک مبنای اولیه برای پایداری رفاه بشر در نسل های آتی محسوب می شود. چرخه آب جهان و فاکتورهایی که روی جریان آب روی زمین و پوسته آن اثر می گذارند، ظرفیت طبیعی را برای ذخیره آب ایجاد می کنند.

دسترسی آب در طول زمان و مکان تغییر می کند. در بسیاری از مکان ها، جمعیت بشر به اندازه ای است که پاسخگوی نیاز آبی آنها نیست و همین منجر به عملکرد پایین تر اکوسیستم های آبی و خاکی می شود. همچنین مواقعی اتفاق می افتد که آب فراوانی در برخی از مکان ها وجود دارد و تامین نیاز بشر از یک سو و استفاده از آب در جهت اهداف صنعتی از سوی دیگر، چالشی را فرا روی مدیران آب قرار می دهد. قرن ها است که مدیریت منابع آب در پی استفاده از منابع آبی برای سودرسانی بیشتر به بشر است. بشر زیرساخت هایی را برای ذخیره آب، تضمین دسترسی پایدار به آب آشامیدنی، کنترل جریان رودخانه ها برای مهار سیل و ناوبری و نیز برای تولد برق آبی استفاده می کند. همچنین بشر به منظور دسترسی بیشتر به منابع آبی برای استفاده های خود، سرمایه های طبیعی را با سرمایه های ساخته شده توسط خود گره زده است. متأسفانه بسیاری از تغییرات گسترده در راستای مهار آب، عواقب بلندمدت غیرقابل پیش بینی و نامطلوبی را همراه داشته اند [۲۱].

۴- ساختار مدل های عامل بنیان

در این مدل ها هر کدام از عامل ها به صورت مستقل هستند و یک سری دانش و اطلاعات خاص دارند. آنها می توانند با عاملان دیگر و محیط مشترکشان تعامل کنند. عامل ها هدف گرا هستند به صورتی که می توانند در محیط زیست عمل کنند و به سیاست ها و وضعیت بازار اقتصادی پیرامون واکنش نشان دهند [۲۲]. آنها بوسیله ویژگی هایشان، قوانین رفتاری، تجربیات و منابع مشخص شده اند. یک عامل می تواند هر جز



مستقل مانند یک گروه، یک سازمان و ... باشد [۲۳]. در کاربردهای مدل‌های عامل بنیان برای پروسه‌های اجتماعی، مردم یا گروه‌های مردمی به عنوان عاملان در نظر گرفته می‌شوند و روابط آنها پروسه‌های تعاملات اجتماعی در نظر گرفته می‌شود [۲۴].

محیطی که با عاملان تعامل می‌کند شامل المان‌های شبیه سازی شده‌ای می‌باشد که در گروه عاملان قرار نمی‌گیرند به و باعث تعیین پویایی کلی سیستم و تاثیرات وارده بر عاملان می‌شوند. به طور کلی محیط، فراهم کننده زمینه ای برای احساسات عاملان است که متناسب با ساختار موجود سیستم می‌باشد [۱].

گام های کلیدی برای ساخت یک مدل عامل بنیان به صورت زیر می‌باشد [۲۶،۲۵]:

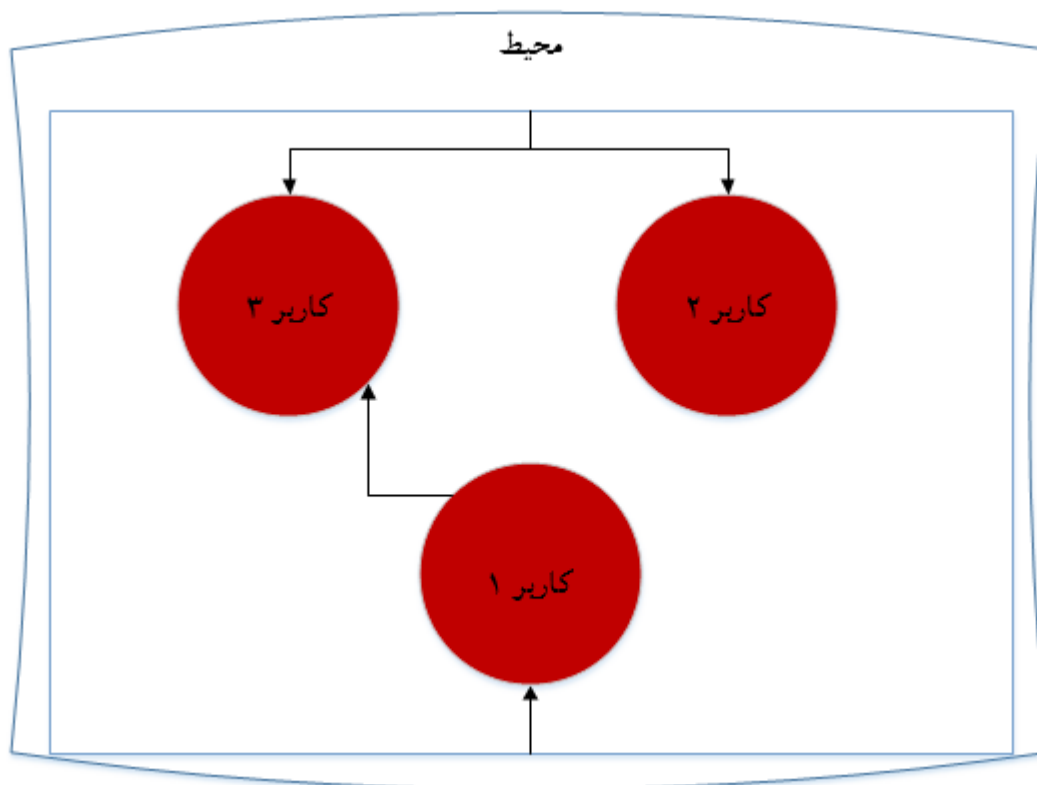
- ۱- تشخیص عامل‌ها
- ۲- مشخص کردن رفتارهای مجزایشان
- ۳- مشخص کردن محیطی که عامل در آن زندگی می‌کند و با آن تعامل دارد.
- ۴- مشخص کردن روابط عاملان و گسترش یک تئوری در رابطه با تعاملات آنها با یکدیگر و محیطشان.
- ۵- گسترش اطلاعات ضروری مربوط به کاربران.
- ۶- به درستی بیان کردن تعامل عامل با عامل و عامل با محیط.
- ۷- اعتبار بخشیدن به مدل رفتاری عامل.

۴-۱- طبقه بندی رفتار عاملان و تعاملاتشان با یکدیگر

باندینی رفتار عاملان را به دو دسته واکنشی^۱ و مشورتی^۲ تقسیم می‌کند [۲۷]. رفتار های واکنشی آن دسته از رفتار هستند که در پاسخ کارهای محیط با عاملان می‌باشد. رفتارهای مشورتی که از دسته قبل به مراتب پیچیده تر می‌باشد بر پایه دانش هر عامل از محیط و تجربیات گذشته است. علاوه بر دو دسته قبل یک دسته دیگری از رفتار ها به نام رفتار پیوندی^۳ وجود دارد که ترکیب دو رفتار قبلی می‌باشد. رفتار عاملان را می‌توان به دودسته مستقیم و غیر مستقیم هم تقسیم کرد به صورتی که برخلاف رفتار مستقیم در رفتار غیر مستقیم نهادی واسطه موجب بروز رفتارها می‌شود.

شکل ۱ بیانگر شماتیک کلی از یک مدل عامل بنیان می‌باشد به صورتی که روابط بین اجزا با خطوط طوری به هم متصل شده اند که هر فلاش نشانگر تاثیر وارد شده به آن عامل می‌باشد. با توجه به شکل بین کاربر ۱ و ۳ یک رابط مستقیم و روابط بین کاربران ۱ و ۲ یک رابط غیر مستقیم حاصل از محیط می‌باشد.

۱ Reactive
۲ Deliberative
۳ Hybrid



شکل ۱- روابط بین عاملان

۵- اهمیت مدل‌های عامل بنیان در مدیریت منابع آب

با توجه به محدودیت‌های موجود بر سر منابع آب، برای مدیریت بهتر منابع آب بایستی علاوه بر ارزش‌های اقتصادی، مسائل اجتماعی و روابط بین کاربران دیده شود. اهمیت این مسئله تا حدی است که گاهی نتایج به طرز قابل توجهی تحت تاثیر این روابط قرار می‌گیرد و نهایتاً مسئولان قادر به مدیریت درست منطقه نمی‌باشند.

در حقیقت این مدل‌ها ابزاری را ایجاد می‌کنند تا اهداف نظریه تفکر سیستمی^۱ دنبال شوند. در این نظریه نگاه سیستم از یک نگاه همبستگی بین عاملان فاصله گرفته و به سمت نگاهی مبتنی بر علت و معلول می‌رود. مدل‌های عامل بنیان با بدست آوردن الگوی رفتاری تحت روابط علت و معلولی بینش دقیقی را برای مدیریت منابع آب فراهم می‌سازد. از این رو می‌توان با این نگاه جدید به حل موضوعات به طور جدی‌تری پرداخت. علاوه بر این مشکلات عدم وجود مقدار آب مناسب، مناقشه‌های بسیاری را بین بخش‌های موجود در حوضه‌های مختلف ایجاد نموده است. این مدل‌ها با بکارگیری دیدگاه‌های روانشناسی و اجتماعی در مسیری حرکت می‌کنند تا باعث ایجاد انگیزه در تمامی عاملان برای همکاری در مدیریت آب موجود شوند. این ویژگی‌های رفتاری که نقش مهمی را در این مدل‌ها بازی می‌کنند می‌توانند با ترکیب شدن با دیدگاه اقتصادی راهی را بوجود آورند که مدیریت هرچه بهتر حوضه‌های آبی را فراهم سازند.

۶- کاربردهایی در مدیریت منابع آب

اگرچه این مدل‌ها قدمت زیادی در مدیریت منابع آب ندارند، در سال‌های اخیر پژوهش‌هایی بر روی آن انجام شده است. یکی از کاربردهای این مدل‌ها ایجاد یک مدل سازی از فرایند عکس‌العمل یک کاربر به مقدار آب دریافتی می‌باشد. به این ترتیب این ابزار می‌تواند با پیش بینی از رفتار احتمالی یک عامل در محیط به طوری به تامین آب به عاملان بپردازد تا همه آنها را راضی نگه دارد. این رفتارهای اجتماعی طوری به صورت معادلات ریاضی در آمده اند که در هر مرحله سعی به نزدیک شدن به مقدار احتمالی آب مورد رضایت کاربر میل کند. از این کاربرد مسیح اخباری و همکارش یک ساختار عامل بنیان ارائه داده است [۲۸]. در این پژوهش ساختاری ارائه شده است تا طبق روابط اجتماعی با یک تخصیص دوباره به

^۱ System Thinking



کاربرانی که کمتر از مقداری که راضیشان می‌کنند، مقدار آبی دوباره اختصاص داده شود. نهایتاً این مدل سعی به حل کردن مناقشات بین کاربران مختلف دارد.

از کاربرد های دیگر آن می‌توان به مدل کردن رفتاری که عاملان طی یک دوره از کاربران دیگر آموزش می‌بینند اشاره نمود که مدل RL نام دارد [۲۹]. در حقیقت این ابزار تغییرات احتمالی تصمیم‌گیری یک عامل را نسبت به کاری که قبلاً انجام داده است برآورد می‌کند. تغییر نوع کشت توسط هر کشاورز با توجه به منافع‌های اقتصادی آن که از کشاورزان دیگر از دوره‌های پیشین تجربه می‌کند، یکی از مثال‌های خوب برای این کاربرد می‌باشد. از کاربرد مدل RL افتخار و همکاران مدلی برای بازخورد آب از سایت‌های کشاورزی تشکیل داده‌اند [۳۰]. در این پژوهش با تشکیل یک بازار آب سعی بر بررسی رقابت بین کاربران بر روی قیمت‌های پیشنهادی بازخورد آب دارد. نحوه بررسی رفتار کاربران در پیشنهاد قیمت در هر گام زمانی بر اساس مدل RL می‌باشد. بر این اساس باتشکیل یک مدل عامل بنیان اثرات این رقابت بر روی نیاز آب محیط زیستی دیده می‌شود.

۷- محدودیت‌ها

علی‌رغم کارایی در مدیریت منابع آب، این مدل‌ها با محدودیهایی روبرو می‌باشند. یکی از این محدودیت‌ها طبیعت آنها است. یک مدل برای رسیدن به هدف اصلی خود باید در سطح درستی از جزئیات در مورد هر یک از پدیده‌های مربوط به هدف ساخته شود که با توجه به دشواری‌های رفتارهای اجتماعی پیچیده می‌باشد. برای مثال یک سیستم که بر پایه انسان‌ها می‌باشد شامل عاملانی دارای رفتارهای منطقی، اهداف‌های فردی و روانشناسی پیچیده می‌باشد. اندازه‌گیری و واسنجی این ویژگی‌ها و حتی تفسیر خروجی‌های بدست آمده گاهی به شدت سخت می‌باشند [۳۱]. بر طبق تعریف، مدل‌های عامل بنیان کل سیستم را به صورت یک سطح تجمعی نمی‌بینند. این جزئیات شامل تعریف ویژگی‌ها، رفتارهای پتانسیل و ارتباط آنها با محیط و سایر عامل‌ها می‌باشد. تنها راه حل این گونه مسائل برای بدست آوردن جواب‌های قابل قبول از طریق اجرا چند مرحله ای آنها می‌باشد [۳۲]. بنابراین این حجم از پارامترها که برای درستی باید چک شوند، می‌توانند خیلی وقت گیر و دارای محاسبات سنگین باشند.

یکی دیگر از انتقادات وارده بر این مدل‌ها رفتارهای تعجب آور است که با توجه به معادلات ریاضی بدست می‌آیند، در حالی که در جهان حقیقی به ندرت دیده می‌شوند. در حقیقت این مدل‌ها بسیار حساس نسبت به شرایط اولیه و تغییرات هر چند کوچک در ارتباطات می‌باشند [۳۳].

۸- مزیت‌ها

در میان مزیت‌هایی که برای این مدل‌ها اشاره می‌شود، می‌توان به سه مورد اصلی اشاره نمود:

- ۱- کنترل پدیده‌های کمتر شناخته شده
 - ۲- فراهم کردن محیطی برای مطالعه سیستم‌ها
 - ۳- انعطاف پذیری آنها به خصوص به دلیل پیشرفت مدل‌های مکانی.
- پدیده‌های کمتر شناخته شده نظیر سازگاری و هرج و مرج، رفتارهایی غیر منتظره می‌باشند که با سیستم‌های کلاسیک نا آشنا هستند [۳۳]. این پدیده‌ها با توجه به معادله سازی رفتارهای اجتماعی دید واضح تری از تاثیر این پدیده‌ها را در مدل فراهم می‌کنند. از طرف دیگر با شبیه سازی از طریق این مدل‌ها می‌توان پیش بینی از رفتارهای عاملان را بدست آورد به طوری که نهایتاً به یک الگوی رفتاری خواهیم رسید و بر اساس این الگو می‌توان مدیریتی بهتر بر پایه ای از استدلال‌ها انجام داد. علاوه بر این‌ها با توجه به دستاوردهای اخیر در مدل‌های مکانی با بکارگیری از آنها می‌توان انعطاف پذیری بیشتری را در این مدل‌ها ایجاد نمود.

در نهایت با بکارگیری این مدل‌ها می‌توان با توجه به مسائل تئوری بازی‌ها همه بازیگران را به یک همکاری چنان تشویق نمود که در انتها علاوه بر راضی کردن آنها در راستای مسائل توسعه پایدار قدم برداشت. این مسائل به صورتی بیان می‌شود که با تخصیص مجدد آب در چندین مرحله به طور مناسبی به راضی کردن تمایلات هر عامل نزدیک می‌شویم.

۹- نتیجه‌گیری

بسیاری از مشکلات اخیر مدیریت منابع آبی ریشه در کمبود آب دارد که در این میان نداشتن دیدگاه شفاف از محیط باعث مشکلات افزایش‌دهنده‌ای در مسئله توسعه پایدار شده است. به طور معمول برای مدل کردن سیستم‌های آبی و مدیریت آنها روابط بین بخش‌ها به دقت این مدل‌ها در نظر گرفته نمی‌شود و از واکنش‌های اجتماعی نسبت به تصمیم‌گیری‌ها صرف‌نظر می‌شود. بنابراین برای مدیریت هر چه بهتر یک حوضه باید به سمت یک مدیریت یکپارچه و با در نظر گرفتن همه ابعاد حرکت کنیم. اگر چه این مدل‌ها سابقه‌ای نسبتاً طولانی در علم کامپیوتر دارند اما استفاده اخیر آنها در مسائل مدیریت منابع آبی می‌تواند پیشرفت‌های قابل توجهی در این عرصه را فراهم کند. این مدل‌ها با فراهم نمودن دیدگاهی واضح‌تر از عاملان و پیش بینی رفتار آنها از طریق الگوهای رفتاری با توجه به نظریه تفکر سیستمی می‌توانند راهکارهای مناسب تری در اختیار تصمیم‌گیران در مسائل آب قرار دهند.



نهایتاً این مدل‌ها با فراهم نمودن ابزار مناسب، روشی کارآمد را در راستای پشتیبانی از مذاکرات بین تمام بخش‌ها ایجاد می‌نمایند که می‌توانند کمکی قابل توجه به مناقشات موجود در حوضه انجام دهند.

منابع و مراجع

- [۱] Bandini S, Manzoni S, Vizzari G (۲۰۰۹) Agent-based modeling and simulation: an informatics perspective. *J Artif Soc Social Simul* ۱۲(۴):۴, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/۱۲/۴/۴.html>
- [۲] Macy MW, Willer R (۲۰۰۲) From factors to actors: computational sociology and agent-based modeling. *Annu Rev Sociol* ۲۸:۱۴۳-۱۶۶
- [۳] Soman S, Misgna G, Kraft S, Lant C, Beaulieu J (۲۰۰۸) An agent-based model of multifunctional agricultural landscape using genetic algorithms. ۲۰۰۸ Annual Meeting, July ۲۷-۲۹, ۲۰۰۸, Orlando, Florida ۶۱۴۲, American Agricultural Economics Association (New Name ۲۰۰۸: Agricultural and Applied Economics Association)
- [۴] Sycara, K. ۱۹۹۸. "Multi-Agent Systems." *AI Magazine* ۱۹ (۲): ۷۹-۹۲.
- [۵] Yang, Y. C. E., X. Cai, and D. M. Stipanović. ۲۰۰۹. A Decentralized Optimization Algorithm for Multi-Agent System-Based Watershed Management. *Water Resources Research* ۴۵, W۰۸۴۳۰, DOI: ۱۰.۱۰۲۹/۲۰۰۸WR۰۰۷۶۳۴.
- [۶] Izquierdo LR, Gotts NM, Polhill JG (۲۰۰۳) FEARLUS - W: an agent-based model of river basin land use and water management. In: Dijst M, Schot P, de Jong K (eds) *Framing land use dynamics. Reviewed abstracts International Conference, Faculty of Geographical Sciences, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands, ۱۶-۱۸ April ۲۰۰۳. pp ۱۶۳-۱۶۵*
- [۷] Polhill JG, Gotts NM, Law ANR (۲۰۰۱) Imitative versus non-imitative strategies in a land use simulation. *Cybernet Syst* ۳۲:۲۸۵-۳۰۷
- [۸] Edwards M, Ferrand N, Goreaud F, Huet S (۲۰۰۵) The relevance of aggregating a water consumption model cannot be disconnected from the choice of information available on the resource. *Simul Model Pract Theory* ۱۳(۴):۲۸۷-۳۰۷, Available at: ۱۰.۱۰۱۶/j.simpat.۲۰۰۴.۱۱.۰۰۸ [Accessed April ۲۸, ۲۰۱۱]
- [۹] Galán JM, López-Paredes A, del Olmo R (۲۰۰۹) An agent-based model for domestic water management in Valladolid metropolitan area. *Water Resour Res* ۴۵, W۰۵۴۰۱. doi:۱۰.۱۰۲۹/۲۰۰۷WR۰۰۶۵۳۶
- [۱۰] Zechman E (۲۰۰۷) Agent-based modeling to simulate contamination events and to analyze threat management strategies in water distribution systems. In: *Proceeding of the world environmental and water resources congress, Tampa, FL, May ۲۰۰۷*
- [۱۱] Kock BE (۲۰۰۸) Agent-based models of socio-hydrological systems for exploring the institutional dynamics of water resources conflict. MS Thesis, Massachusetts Institute of Technology
- [۱۲] Kennedy WG, Hailegiorgis AB, Rouleau M, Bassett JK, Coletti M, Balan GC, Gulden T (۲۰۱۰) An agent-based model of conflict in East Africa and the effect of watering holes, *Proceedings of the ۱۹th Conference on Behavior Representation in Modeling and Simulation, Charleston, SC, ۲۱-۲۴ March ۲۰۱۰*
- [۱۳] Chu J, Wang C, Chen J, Wang H (۲۰۰۹) Agent-based residential water use behavior simulation and policy implications: a case-study in Beijing City. *Water Resour Manag* ۲۳:۳۲۶۷-۳۲۹۵. doi:۱۰.۱۰۰۷/s۱۱۲۶۹-۰۰۹-۹۴۳۳-۲
- [۱۴] Nikolic VV, Simonovic SP, Milicevic DB (۲۰۱۳) Analytical support for integrated water resources management:



a new method for addressing spatial and temporal variability. *Water Resour Manag* ۲۷:۴۰۱-۴۱۷.

doi:۱۰.۱۰۰۷/s۱۱۲۶۹-۰۱۲-۰۱۹۳-z

[۱۵] Hare MP (۲۰۰۰) Agent-base integrated assessment of policies for reducing groundwater pollution by nitrates

from agricultural fertilizer, part I: pilot study model description and initial results. Working Report, Swiss Federal Institute of Environmental Science and Technology

[۱۶] Berger T (۲۰۰۱) Agent-based spatial models applied to agriculture: a simulation tool for technology diffusion, resource

use changes and policy analysis. *Agric Econ* ۲۵(۲-۳):۲۴۵-۲۶۰. doi:۱۰.۱۱۱۱/j.۱۵۷۴-۰۸۶۲.۲۰۰۱.tb۰۰۲۰۵.x

[۱۷] Tillman D, Larsen TA, Pahl WC, GujerW(۲۰۰۱) Interaction analysis of stakeholders in water supply systems.

Water Sci Technol ۴۳(۵):۳۱۹-۳۲۶

[۱۸] Bars ML, Attonaty JM, Pinson S (۲۰۰۲) An agent-based simulation for water sharing between different users. In: International proceedings of the first international joint conference on autonomous agents and multi agent systems, Bologna, Italy

[۱۹] Malthus, T. R. (۲۰۱۳). An essay on the principle of population (Vol. ۱). Cosimo, Inc..

[۲۰] Darnault, C. J. (۲۰۰۸). Sustainable Development and Integrated Management of Water Resources.

In *Overexploitation and Contamination of Shared Groundwater Resources* (pp. ۳۰۹-۳۲۴). Springer Netherlands.

[۲۱] Heintz, H. T., "Applying the Concept of Sustainability to Water Resources Management," Universities Council on Water Resource, Issue ۱۲۷, ۲۰۰۴.

[۲۲] Wooldridge MJ, Jennings NR (۱۹۹۵) Intelligent agents: theory and practice. *Knowl Eng Rev* ۱۰(۲):۱۱۵-۱۵۲

[۲۳] Bonabeau E (۲۰۰۲) Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. *Proc Natl*

Acad Sci ۹۹(suppl ۳):۷۲۸۰-۷۲۸۷

[۲۴] Gilbert N, Troitzsch KG (۱۹۹۹) Simulation for the social scientist. Open University Press, Buckingham

[۲۵] Macal CM, North MJ (۲۰۰۶) Tutorial on agent-based modeling and simulation part ۲: how to model with agents. *Proc. of ۲۰۰۶ Winter Simulation Conference*, pp.۷۳-۸۳

[۲۶] Macal CM, North MJ (۲۰۰۶) Introduction to modeling and simulation (۳۷ presentation slides). MCS LANS

Informal Seminar, Argonne National Library, Available at: www.cas.anl.gov, Accessed March ۲۹ ۲۰۱۰.

[۲۷] Cai, X., Yang, Y. C. E., Zhao, J., & Ringler, C. (۲۰۱۱). Can Water Allocation in the Yellow River Basin Be Improved?.

[۲۸] Akhbari, M., & Grigg, N. S. (۲۰۱۳). A framework for an agent-based model to manage water resources conflicts. *Water resources management*, ۲۷(۱۱), ۴۰۳۹-۴۰۵۲.

[۲۹] Erev, I., & Roth, A. E. (۱۹۹۸). Predicting how people play games: Reinforcement learning in experimental games with unique, mixed strategy equilibria. *American economic review*, ۸۴۸-۸۸۱.

[۳۰] Iftekhar, M. S., Tisdell, J. G., & Connor, J. D. (۲۰۱۳). Effects of competition on environmental water buyback auctions. *Agricultural Water Management*, ۱۲۷, ۵۹-۷۳.

[۳۱] Castle, Christian JE, and Andrew T. Crooks. "Principles and concepts of agent-based modelling for developing geospatial simulations." (۲۰۰۶).

[۳۲] Axtell, R.L. (۲۰۰۰), Why Agents? On the Varied Motivations for Agent Computing in the Social Sciences, Center on Social and Economic Dynamics (The Brookings Institute): Working Paper ۱۷, Washington, D.C.



کنفرانس بین‌المللی ۲۵ و ۲۶ خرداد ۱۳۹۴ ملی
دستاوردهای نوین در
عمران، معماری، محیط‌زیست
International Conference **ومديريت شهري**
on modern achievements in
Civil Engineering, Architecture, Environment
and Urban Management



[۳۳] Couclelis, H. (۲۰۰۲), 'Modelling Frameworks, Paradigms, and Approaches', in Clarke, K.C., Parks, B.E. and Crane, M.P. (eds.), Geographic Information Systems and Environmental Modelling, Prentice Hall, London.