تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال چهاردهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷
Volume 14, No. 2, Summer 2018 (IR-WRR)
۱۳۱-۱۴۹

شبیه‌سازی رفتار عامل‌های مؤثر در مدیریت منابع آب جهت ارزیابی تعاملات آنها تحت چارچوب مدل‌سازی عامل‌بنیان در محدوده لنجانات حوضه زاینده‌رود

سید علی اوهب یزدی[۱] و آزاده احمدی[۲*]

چکیده

هدف اصلی این تحقیق، شناسایی و ارزیابی پارامترهای مؤثر بر رفتار عامل‌ها (ذیمدخلان و ذینفعان) در مدیریت منابع آب و شبیه‌سازی عکس‌العمل آنها تحت قوانین و سیاست‌های مختلف آبی می‌باشد. جهت دنبال کردن این هدف، ابتدا چارچوب قواعد رفتاری عاملها در محدوده لنجانات تشکیل و سپس با مدل عامل‌بنیان، رفتارها شبیه‌سازی شد. مدل‌های عامل‌بنیان ابزاری هستند که در مدل‌سازی گروه‌های مختلف، تعریف ویژگی‌های رفتاری آنها و نمایش ارتباط‌ها و اثرات تعامل با دیگر گروه‌ها، استفاده می‌شوند. در این مطالعه از نرم‌افزار AnyLogic استفاده شد. جهت ارزیابی اثر پارامترهایی مثل "تشکیل جلسات با دیگر ارگان‌ها توسط شرکت آب منطقه‌ای" در کنترل تخلفات در حفر چاه غیر مجاز و بهره برداری غیر مجاز، دو سناریوی کارآمد و ناکارآمد تعریف گردید. نتایج نشان داد که تغییر رفتار و نحوه تعامل شرکت آب منطقه‌ای با دیگر ارگان‌ها تأثیر زیادی بر کنترل تخلفات دارد. به عنوان مثال اضافه کردن پارامتر "تشکیل جلسات با دادستان و دیگر ارگان‌ها" در سناریو اول (سیستم ناکارآمد)، کنترل تخلفها را تا ۳۶ ٪ افزایش می‌دهد. همچنین، حذف آن پارامتر از سناریو دوم (سیستم کارآمد)، کنترل تخلفات را ۷۲ ٪ کاهش می‌دهد. علاوه بر آن، نتایج سناریوها نشان داد که تعامل مناسب توسط شرکت آب منطقه‌ای، کنترل برداشت‌های غیر مجاز را در یک دوره پنج ساله می‌تواند از ۱۲/۸ به ۷۰/۳ میلیون متر مکعب، تغییر دهد.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی عامل‌بنیان، AnyLogic، تعامل، قواعد رفتاری، شبیه‌سازی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۳/۱۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۹/۱

۱- دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
۲- دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پائیز ۱۳۹۷ امکانپذیر است

Simulation of the Effective Agents's Behavior on Water Resources Management for Evaluation of Their Ineractions under Agent-Based Model Framework in Lenjanat Sub-Basin of Zayandehrood River Basin

*S.A. Ohab-Yazdi [1] and A. Ahmadi[2]**

Abstract

The main goal of this paper is to explor of the effective parameters on behavior of the water supervision agents (decision makers and farmers) and to simulate them under rules and policies of water. To follow this goal, the framework of agents' behavioral rules on Lenjanat sub-basin was formed and then the behaviors were addressed with simulation using agent-based model. Agent-based model can be used for modeling of different agents, defining behavioral characteristics, showing links and interactions between agents. In this research the AnyLogic software has been applied. For evaluating the effects of parameters such as "Meeting with other organisations by regional water company" two scenarios (efficient and inefficient) were developed. The results showed that changing the behavior and the interaction of regional water company with other organisations are extremely effective. For example, having "Meeting with other organisations by regional water company" increases violation control by 36% in the first scenario (inefficient) while the absence of this parameter decreases violation control by 72% in the second scenario (efficient). Also, the results of scenarios showed that linking and suitable interaction by the regional water company can change the control of illegal withdrawals from 12.8 to 70.3 million cubic meters in 5 years.

Keywords: Agent-Based Model, Anylogic, Interaction, Rule Behavior, Simulation.

Received: June 3, 2017
Accepted: November 22, 2017

1- Ph.D. Candidate, Department of Civil Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2- Associate Professor, Department of Civil Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Email: aahmadi@cc.iut.ac.ir
*- Corresponding Author

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

تغییر شرایط شامل افزایش جمعیت، افزایش نیازها، کاهش منابع آبی و تغییر شرایط اقلیمی، مدیریت منابع آب را در یک سیستم به طور قابل توجهی پیچیده می‌کند. شناسایی این تغییرات و همچنین بررسی اثر آنها از جمله وظایف جوامع بشری می‌باشد که با تخمین آنها می‌بایست راهکارهایی جهت کنترل برخی از آنها و یا ایجاد سازگاری با این شرایط ارائه گردد. هدف اصلی در مدیریت منابع آب ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا و سازگاری با شرایط موجود در راستای پایداری منابع آب و سیستم تحت تأثیر است.

در مدیریت منابع آب مسأله مهمی که وجود دارد استفاده از منابع آبی برای اهداف مختلف می‌باشد. وجود اهداف مختلف در بهره‌برداری از منابع آب، وجود مسائل سیاسی، اجتماعی، اکولوژیکی و اقتصادی مرتبط با مصرف آب، باعث پیچیده شدن مدیریت این منابع شده و اختلاف‌ها را در استفاده از آنها افزایش می‌دهد. در شرایطی که بیش از یک نفر (یک گروه یا یک ارگان) حضور داشته باشند، به علت وجود اهداف، دیدگاه‌ها و اولویت‌های متفاوت، رسیدن به مطلوبیتی که همه تصمیم‌گیرندگان علی‌رغم اختلاف نظرات و تواناییهایشان راضی باشد، بسیار دشوار است (Nandalal and Simonovic, 2003). در ایران علاوه بر مسأله چند هدفه بودن استفاده از آب، مشکل دیگر این است که در برخی موارد در سطح کلان تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌ها هم راستا با مسائل مرتبط با مدیریت منابع آب نیستند. در سطوح مختلف، تصمیم‌گیریها به صورت مستقل و بدون توجه به منابع یا سایر عوامل دیگر گرفته می‌شود. در مدیریت منابع آب در کشور تأثیرگذارترین عامل (سطح سوم)، یعنی تصمیم‌گیرندگان و تدوین‌گران برنامه و سیاست‌های توسعه در سطح ملی قرار گرفته است که ترسیم افق توسعه در سطح ملی و منطقه‌ای را عهده‌دار می‌باشند. در برنامه ششم توسعه اگرچه اجرای بسیاری از مفاد آن وابسته به منابع آبی است اما فقط در برخی از مفاد آن به اهمیت مدیریت آن توجه شده است (Farzaneh et al., 2016). به دلیل عدم هماهنگی لازم بین تصمیم‌گیرندگان در بخش‌های مختلف (به عنوان مثال وزارت نیرو و جهاد کشاورزی) و سطوح مختلف تصمیم‌گیری (سطوح دوم؛ نهادهای اجرائی؛ و اول؛ ذینفعان)، اجرای قوانین و سیاستها به درستی امکان‌پذیر نمی‌باشد. افزایش تعداد ذینفعان و مصرف‌کنندگان به شکل قابل‌توجه و بدون برنامه‌ریزی باعث شده که ساختار مدیریت فعلی منابع آب تطابق کافی با آن تعداد بهره‌بردار را نداشته باشد و افزایش رقابت در مصرف و اختلاف‌ها تشدید گردد (Madani, 2014). تغییر برخی از ساختارها مثل تغییر مرزهای حوضه‌ای به مرزهای سیاسی و استانی، رقابت در مصرف آب بین استان‌های با منابع مشترک را تشدید کرده (Zarezadeh et al., 2013) و باعث ایجاد تنش‌های شدید شده است. تمایل به توسعه اقتصادی در زمان کوتاه با هدف جلب رضایت ذینفعان، تصمیم‌گیریهای بدون کارشناسی و سلیقه‌ای (بدون توجه به نهادها و ارگان‌های مرتبط)، و وجود اهداف متقابل و متناقض از سوی تصمیم‌گیرندگان در سطوح مختلف، ناهماهنگی در بخش‌های مختلف سیستم مدیریت را بوجود آورده است (Madani, 2014).

وجود چنین ساختار مدیریتی و اقدامات انجام گرفته مثل فراهم کردن آب مازاد بر پتانسیل (توسعه کشاورزی بدون توجه و اهمیت دادن به کمبود و بحران آب جهت ایجاد رضایت‌مندی در ذینفعان) در یک منطقه، به تدریج منجر به توسعه بیش از توان آن منطقه گردیده و این باعث شده تا تفکر امکان توسعه مداوم در منطقه بر ذینفعان غالب گردد و استفاده از استراتژی مدیریت تقاضا موجب بروز تعارضات متعدد از سوی ذینفعان گردد (Hatami Yazd et al., 2017). مجموع این دیدگاه‌ها و تفکرهای ایجاد شده و همچنین رفتار تصمیم‌گیرندگان و ارگان‌های اجرایی باعث شده که علی‌رغم وجود قوانین و سیاست‌های کنترل کننده، آنها کارایی لازم را جهت مدیریت منابع آب نداشته باشد و در مواردی حتی قوانین جدیدی (آئین نامه‌هایی مثل "آئین‌نامه اجرایی تعیین تکلیف چاه‌های آب فاقد پروانه بهره‌برداری") تصویب شود که برداشت‌های غیر مجاز را به مجاز تبدیل کند. اگر از منظر دیگر به مشکلات مدیریتی منابع آب نگاه شود، این نکته قابل برداشت است که پیوندهای مشارکت و اعتماد بین ذینفعان ضعیف است. این ناشی از ضعیف بودن سرمایه‌های اجتماعی است. در حقیقت عدم اتحاد و یکپارچگی و عدم یگانگی در میان افراد، حکمرانی آب را با مشکل مواجه کرده است (Salari et al., 2015).

بنابراین لازم است در کنار مدل‌های شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوضه، به شبیه‌سازی رفتاری عامل‌های مختلف (تصمیم‌گیرندگان، ذینفعان و ...) نیز پرداخته شود و نحوه تأثیر و عملکرد عامل‌های مؤثر و متأثر نیز شبیه‌سازی و ارزیابی گردد. مدل‌های عامل‌بنیان[۲] یک رویکرد جوان است که جدیداً به طور گسترده جهت شبیه‌سازی و ارزیابی سیستم‌های پیچیده از جمله منابع آب، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Bandini et al., 2009). این مدل‌ها به عنوان یک پایه جهت شبیه‌سازی زندگی اجتماعی و تعامل‌های بین عامل‌های مختلف بر اساس تأثیری که از یکدیگر می‌گیرند، استفاده می‌شوند (Macy and Willer, 2002).

مدل‌های عامل‌بنیان به عنوان ابزاری هستند که فرآیند تصمیم‌گیری گروه‌های مختلف را شبیه‌سازی می‌کند (Soman et al., 2011). در

Archive of SID
www.SID.ir

مدل‌های عامل‌بنیان، بازیکنان به عنوان نهادهای مستقل و واحد توصیف می‌شوند و با یکدیگر و در یک محیط[3] مشترک تعامل می‌کنند (Railsback, 2013). در این مدل‌ها هر بازیکن به عنوان یک عامل[4] شناخته شده و یک جز از کل بوده و توانایی ایجاد ارتباط با عامل‌های دیگر و همچنین با محیط اطراف را دارد. مدل‌های عامل‌بنیان بر اساس تأثیری که گروه‌های مختلف در تعامل‌ها بر یکدیگر می‌گذارند و یا از هم دریافت می‌کنند، شبیه‌سازی را انجام داده و فرآیند تصمیم‌گیری بشر را نمایش می‌دهند (Akhbari and Grigg, 2013).

روش‌های دیگری نظیر تئوری بازیها وجود دارد که به عنوان ابزاری مؤثر می‌تواند ویژگی‌ها و چارچوب کلی رقابت‌ها را مورد بررسی قرار دهد. در تئوری بازی‌ها پیامدهای حاصل در واقع همان سود، هزینه و یا رفاه می‌باشد. نظریه بازی‌ها تلاش می‌کند تا رفتار ریاضی حاکم بر یک موقعیت استراتژیک را مدل‌سازی کند (Madani, 2010). به طور کلی بازی‌ها بر اساس ویژگی‌هایی که دارند، می‌توانند دسته‌بندی‌های متفاوتی داشته باشند اما دو شاخه اصلی در تئوری بازی‌ها، بازی‌های در جدول ۱ به برخی از مطالعات مربوط به مدل‌های عامل‌بنیان و تئوری بازیها اشاره شده است. تقریبا در تمام مطالعات مربوط به روش تئوری بازی‌ها، دیدگاه بهینه‌سازی غالب است و رسیدن به وضعیت تعادل در بین وضعیتهای موجود، از اهداف اصلی تحقیقات است. در روش‌های همکارانه با فرض انجام همکاری معمولاً ائتلاف کل انتخاب می‌گردد. تخصیص‌ها با در نظر گرفتن عدالت، توزیع و در ادامه پایداری آن بررسی می‌شود. همچنین در روش‌های غیر همکارانه با در نظر گرفتن گزینه‌هایی امکان بررسی نقطه تعادل به طرق مختلف فراهم می‌شود. در مطالعات مرتبط با مدل‌های عامل‌بنیان هدف شبیه‌سازی شرایط واقعی بر اساس تعریف قوانین است. در این روش به طور معمول با بررسی شرایط، وضعیت موجود و جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، قوانین رفتاری تعریف می‌گردد و در ادامه به شبیه‌سازی عامل‌ها پرداخته می‌شود. یکی از اساسی‌ترین فرضیاتی که باید در این روش در نظر گرفته شود وجود استقلال است.

Table 1- Some of researches about Game theory and agnet-based models

جدول ۱- برخی از مطالعات مرتبط با تئوری بازی‌ها و مدل‌های عامل‌بنیان

Game theory		Agent-based model	
Author	Object	Author	Object
Madani (2010)	Investigation of non-cooperative methods and their application in water resources in static and dynamic conditions	Holtz and Pahl-Wostl (2011)	Farmers' behaviors regarding the changing crop patterns
Abed-Elmdoust and Kerachian (2012)	Developing a cooperative model with the aim of optimizing and defining profit as a fuzzy function for water transfer	Akhbari and Grigg (2013)	Introduction of the framework agent-based model for water resources management
Sechi and Zucca (2015)	Allocation of water resources in Italy by the bankruptcy method	Akhbari and Grigg (2015)	Evaluation on balance point for reducing agricultural consumptions to improve water quality
Manshadi et al. (2015)	Designing an economic function with a virtual water approach and assigning with the game theory method	Berglund (2015)	Simulating a society or community of consumers by agent-based model
Mehrparvar et al., (2015)	The optimal water allocation among stakeholders with a cooperative approach	Farhadi et al., (2016)	Using the multi-objective optimization model for finding pareto points and using the agent-based model for deciding on pareto points
Avarideh et al., (2017)	Using the legal and technical approachs for water allocation to river boundaries	Darbandsari et al., (2017)	Investigating the effect of water pricing, information and advertising on residential water consumptions

Archive of SID
www.SID.ir

در واقع در مدل‌های عامل‌بنیان بر اساس هدفی که دنبال می‌گردد، ویژگی‌های متعدد دیگری نیز می‌تواند به عامل‌ها نسبت داده و بر اساس آن شبیه‌سازی انجام شود. بررسی‌های صورت گرفته بر روی تئوری بازی‌ها و مقایسه آن با مدل‌های عامل‌بنیان نشان می‌دهد که روش تئوری بازیها دارای رویکرد بهینه سازی است و بر روی نقاط تعادل متمرکز بوده و فرآیندهای اجتماعی را در مجموع و به طور کلی نگاه می‌کنند. در این روش‌ها مسأله به صورتی حل می‌شود که عامل به شکل کلی و با منطق متوسط در نظر گرفته شده و تصمیمات به شکل بهینه باشند. اما مدل‌های عامل‌بنیان سعی می‌کنند سیستم را آنگونه که هست شبیه‌سازی کنند و به دنبال یافتن نقطه تعادل و یا بهینه نیستند. در واقع این مدل‌ها سعی می‌کنند پدیده‌های غیر منتظره را شبیه‌سازی کنند و این هدف تنها با شناختن ویژگی عامل‌ها امکان پذیر خواهد بود. جهت روشن شدن موضوع به توصیف چند تحقیق پرداخته می‌شود. Akhbari and Grigg (2015) به مدل‌سازی حوضه ساکرامنتو–سانخواکین پرداختند. در این مطالعه عامل‌ها و ویژگی‌های آنها برای حوضه تعیین شد. مدل‌سازی متشکل از سه جز مدل شبیه‌سازی حوضه، مدل بهینه‌سازی و مدل شبیه‌سازی رفتاری بود. مدل شبیه‌ساز–بهینه‌ساز، جهت تعامل‌های بین توابع هدف تدوین شده‌اند و مدل شبیه‌سازی رفتاری جهت مدل‌سازی تعامل عامل‌ها و عکس‌العملهای آنها نسبت به تصمیم‌گیری‌های تخصیص آب، استفاده گردید. در این مطالعه از پرسشنامه‌هایی جهت جمع‌آوری برخی اطلاعات از عامل‌ها، استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که جبران ٪۲۱ از هزینه‌های تحمیل شده به عامل‌های کشاورزی به دلیل همکاری، کاهش ٪۳۰ در مصرف آب، افزایش ٪۲۲ در جریان رودخانه و کاهش ٪۱۲/۵ شوری را خواهد داشت. همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد فشارهای اجتماعی بدون جبران انگیزشی می‌تواند ٪۴/۵ مصرف آب و ٪۴ شوری آب را کاهش دهد. Farhadi et al. (2016) در مطالعه‌ای در فارس به بررسی کاهش نیاز کشاورزان مختلف پرداختند. در این مطالعه ترکیبی از مدل‌های شبیه‌سازی حوضه، بهینه‌سازی و عامل‌بنیان استفاده شده است. هدف از این تحقیق بررسی تغییر نیاز کشاورزان و رفتارشان در مقدار نیاز منابع آب می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد تعامل با کشاورزان و تعریف جریمه‌ها باعث کاهش میزان نیاز و بهبود وضعیت آبخوانها می‌شود. در جدیدترین تحقیق Darbandsari et al. (2017) در مطالعه‌ای در بخش غربی تهران به بررسی اثر قیمت‌گذاری آب، اطلاع‌رسانی و تبلیغات، نرخ درآمد و همچنین شرایط هیدرولوژیکی بر تغییر رفتار مصرف‌کنندگان خانگی پرداختند. نتایج نشان می‌دهند هنگامیکه سطح اطلاع‌رسانی سراسری در سطح بالایی باشند و نرخ درآمد در سطح نرمالی قرار بگیرد، با افزایش قیمت آب به میزان ٪۳۰ در هر سال، بهترین سناریو برای مدیریت مصرف در تمام شرایط آب و هوایی رخ می‌دهد.

در مطالعات بررسی شده با موضوع عامل‌بنیان اهداف مختلفی مثل شبیه‌سازی گروه‌های مرتبط با سیستم منابع، ارتباط دادن مسائل هیدرولوژیکی و مسائل اجتماعی، بررسی تصمیمات کشاورزان در انتخاب نوع الگوی کشت، ارتباط دادن ظرفیت‌های نهادی و اختلافات منابع آب، بررسی تأثیر پرداخت هزینه‌های جبرانی در مصرف آب و کیفیت آب و بررسی سناریوهای قیمت‌گذاری، اطلاع‌رسانی و تبلیغات در تغییر رفتار مصرف‌کنندگان، دنبال شده‌اند.

در مطالعات پیشین اگرچه با توجه به اهدافشان به اجزا مختلفی از مدل‌سازی عامل‌بنیان پرداخته‌اند و ویژگیهای این مدل به کار برده شده اما شکافهایی نیز وجود دارد. در مطالعات قبلی قوانین و سیاست‌هایی که استفاده شده‌اند، اغلب با دید از بالا به پایین بوده و بازخورد پایین به بالا در آنها وجود ندارد. این بدین مفهوم است که قوانین برای سطوح پایین (کشاورزان) لازم الاجرا بوده و انعطاف پذیر نیستند و معمولاً کشاورزان به عنوان مجریان قوانین و سیاست‌ها فرض می‌شوند که در واقعیت اینگونه نیست و امکان تخطی از آنها برای کشاورزان وجود دارد.

یکی از شکافهای دیگری که دیده می‌شود، اکتفا کردن به اطلاعات استخراج شده از پرسشنامه‌ها می‌باشد. اگرچه در تحقیقات علمی بهره‌گیری از پرسشنامه قابل کاربرد است اما ممکن است بعضا اطلاعات استخراج شده از پرسشنامه‌ها به دلیل شرایط مختلف زمانی و مکانی آن، ارزیابی غیر واقعی از عامل‌ها را نتیجه دهد و نتایج شبیه‌سازی و واقعیت از هم فاصله داشته باشند. بنابراین جهت کم کردن فاصله نتایج شبیه‌سازی با واقعیت استفاده از داده‌های مشاهداتی بسیار اهمیت دارد.

همچنین، در برخی مطالعات قبلی دینامیک بودن مسائل در نظر گرفته نشده است. اگرچه این مطالعات بسیاری از قواعد مربوط به مدل‌سازی عامل‌بنیان را پوشش می‌دهد؛ اما آنها به صورت استاتیک و در یک گام انجام شده‌اند و اثرات آن در طول یک دوره شبیه‌سازی مورد بررسی قرار نگرفته است.

در تحقیق حاضر هدف، پوشش دادن تمام موارد ذکر شده به صورت همزمان است. در این مطالعه به مدل‌سازی ارتباطها و تعامل بین عاملهای مختلف با استفاده از داده‌های واقعی (بررسی پرونده‌های منابع

Archive of SID

www.SID.ir

آب و قضایی موجود)، پرداخته می‌شود. در واقع فرآیند شکل گرفته در پرونده‌ها، رفتار واقعی عامل‌های مختلف را نشان می‌دهد. در این تحقیق با مطالعه و بررسی ویژگی‌های کشاورزان در منطقه لنجانات و اعضای شرکت آب منطقه‌ای، به شناسایی رفتار عامل‌ها پرداخته می‌شود و در ادامه بر اساس قوانین و سیاست‌های غالب بر منطقه، تعامل‌ها و اندرکنش‌ها شبیه‌سازی و نتیجه این تعامل‌ها با تدوین دو سناریو مشخص می‌گردد. این مطالعه در نظر دارد علاوه بر پر کردن شکاف‌های قبل، اجرای قوانین و سیاست‌ها را مورد ارزیابی قرار دهد. همچنین در این مطالعه با بررسی یک منطقه خاص، اثر تغییر رفتار شرکت آب منطقه‌ای و تعامل آنها در اجرای قوانین و نظارت بر برداشت از منابع آب نشان داده می‌شود. در پایان با شناسایی پارامترهای اثر گذار بر تعامل و نظارت بر برداشت از منابع آب، اثرات آنها بررسی و امکانسنجی انجام یکی از دستورالعمل‌های طرح احیاء و تعادل‌بخشی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بنابراین در پایان این تحقیق به سوالات زیر پاسخ داده خواهد شد:

۱- بر اساس یکی از دستورالعمل‌های طرح احیاء و تعادل‌بخشی آیا امکان کنترل برداشت از منابع غیر مجاز در یک دوره پنج ساله وجود دارد؟

۲- تخمین مدل شبیه‌سازی در رابطه با زمان مورد نیاز جهت اجرای دستورالعمل چقدر است؟

۳- چه پارامترهایی بر کنترل تخلفات اثر داشته و به چه میزان در بهبود کنترل و نظارت بر منابع اثرگذار است؟

۴- حساسیت کنترل و نظارت بر منابع، نسبت به پارامترها به چه میزان است؟

۵- آیا تعاملها باعث بهبود وضعیت کنترل و نظارت بر منابع شده‌اند؟

۶- میزان اثرگذاری تغییر رفتار و تعامل‌ها بر منابع آب چقدر است؟

۲- روش انجام مطالعه

اهداف اصلی در این تحقیق شامل بررسی پارامترهای مؤثر بر مدیریت منابع آب و کنترل تخلفات و امکان‌سنجی اجرای اهداف کوتاه مدت طرح احیاء و تعادل‌بخشی جهت رسیدن به تعادل آبخوان می‌باشد. این تحقیق شامل سه گام اصلی است (شکل ۱). گام اول پایگاه اطلاعات است که داده‌های مورد نیاز استخراج می‌شوند. داده‌های مورد نیاز در این مطالعه شامل شناسایی منابع زیرزمینی، میزان برداشت‌ها، تعداد چاههای مجاز و تعداد تقریبی چاه‌های غیر مجاز، عامل‌ها و ویژگی‌های آنها و برخی از اطلاعات پرونده‌ای منابع زیرزمینی محدوده مورد مطالعه می‌باشد. در این مرحله نیاز است آنالیزهایی بر روی داده‌های موجود انجام گرفته و اطلاعات مورد نیاز جهت استفاده در مراحل بعدی استخراج شوند. منظور از آنالیز، تفکیک و تخمین مقادیر برداشت مجاز و غیر مجاز از منابع زیرزمینی در منطقه، شناسایی فرآیند رسیدگی یک تخلف با بررسی پرونده‌ها، زمان‌های صرف شده برای بررسی پرونده‌های دارای تخلف در مراحل مختلف و شناسایی عامل‌های اثر گذار می‌باشد. اطلاعات مورد نیاز از جنس هیدرولوژیکی از گزارش‌های موجود در شرکت آب منطقه‌ای و اطلاعات مربوط تخلفهای کشاورزان و فرآیند رسیدگی به آن، از پرونده‌های منابع آب و قضایی موجود در این شرکت و همچنین مصاحبه با افراد خبره استخراج گردیده است.

در گام دوم مراحل ساخت یک مدل عامل‌بنیان در قالب مدل مفهومی ارائه گردیده است. مراحل ساخت مدل به چهار بخش ۱- شناسایی چالش اصلی، عامل‌ها، رفتارها، قوانین و سیاست‌ها، ۲- توسعه عامل‌ها و تشکیل وضعیت‌های آنها، ۳- شبیه‌سازی با استفاده از نـــرم‌افزار و ۴- تدوین دو سناریوی کارآمد و ناکارآمد می‌باشد. بعد از شناخت چالش اصلی منطقه در مدیریت منابع آب، به شناسایی عامل‌های تأثیرگذار بر مسأله، نوع رفتار آنها و بررسی مشکلات اصلی قوانین و سیاست در بخش اول پرداخته شده است. در این بخش هدف شناسایی عامل‌های تأثیرگذار بر عدم امکان کنترل برداشت از منابع غیر مجاز می‌باشد. عاملهای تأثیر گذار شامل برخی قوانین مثل "آئین‌نامه اجرایی تعیین تکلیف چاه‌های آب فاقد پروانه بهره‌برداری"، سازمان‌های با تأثیر مستقیم در مدیریت منابع آب و نوع رفتار آنها می‌باشد. عامل‌های سازمانی که در اجرای قانون مؤثر هستند شامل شرکت آب منطقه‌ای، دادسرا و نیروی انتظامی می‌باشد.

در بخش دوم به توسعه مدل عامل‌بنیان بر اساس عامل‌های تعریف شده، وظایف و جایگاه آنها پرداخته شده و تعامل‌ها بر اساس نیاز و شرایط واقعی تعریف می‌گردد. در این بخش طرحی اولیه از مدل، ساخته شده و فرآیند طی شده توسط عامل‌ها، ارتباط بین آنها و تعاملها مشخص می‌گردد. در بخش سوم به شبیه‌سازی مدل طراحی شده در نرم‌افزار پرداخته می‌شود. در این قسمت مطابق شرایط موجود و رفتارهایی که در گذشته وجود داشته، مدل به شبیه‌سازی کنترل تخلفها می‌پردازد. جهت بررسی عوامل تأثیرگذار در کنترل تخلفها و مدیریت منابع آب در بخش چهارم سناریوهایی تدوین می‌گردد و مدل مجدداً اجرا می‌شود و اثرات آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. گام سوم، مرحله آنالیز است که در آن با شناسایی پارامترها، میزان اثر آنها بر بهبود کنترل تخلفات و نظارت بر منابع آب ارزیابی و همچنین نتایج دو سناریو با وضعیت فعلی مقایسه می‌شود. در پایان نیز امکان رسیدن به هدف کوتاه مدت یکی از دستورالعمل‌ها در افق زمانی تعریف شده بررسی خواهد شد.

Archive of SID
www.SID.ir

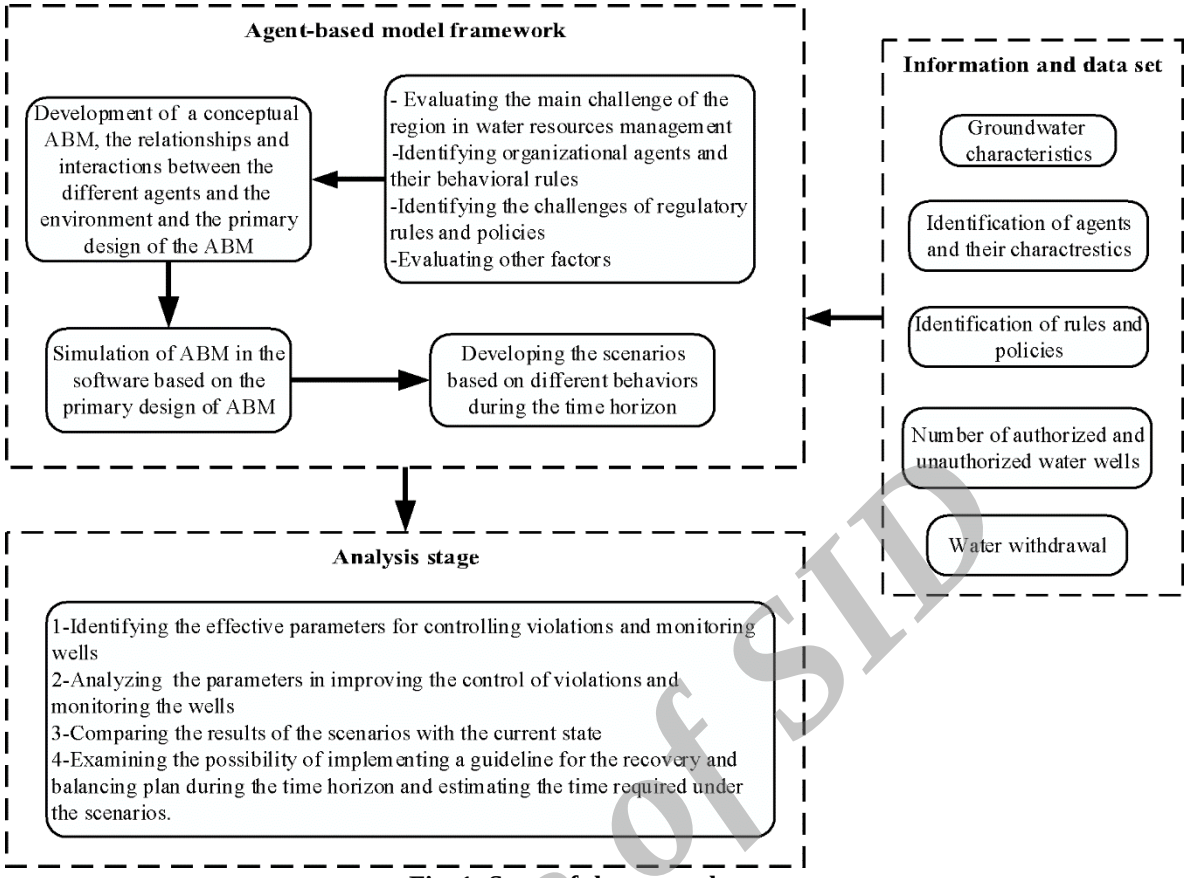

Fig. 1- Steps of the research

شکل ۱- گام‌های تحقیق

۲-۱- معرفی مدل‌های عامل‌بنیان

هر عامل در مدل‌های عامل‌بنیان، فرد، گروه، ذینفع، نهاد و یا سازمان‌هایی که قدرت تصمیم‌گیری دارند، هستند. در واقع یک عامل بازیکنی است که دارای ویژگی‌های منحصر به فردی بوده و با استفاده از آنها تصمیماتی می‌گیرد. ویژگی‌های عامل‌ها، شامل داشتن استقلال، حافظه، تجربه، سطح اطلاعات، قابلیت به روز شدن و توانایی تعامل هستند که بنا به ضرورت این ویژگی‌ها مدل می‌شوند. برخی از محققین هر جزء یک سیستم را به عنوان عامل تعریف می‌کنند در صورتی که برخی دیگر معتقدند عامل باید قابلیت به روز شدن و تغییرپذیری داشته باشد (Macal and North, 2005). تعامل[۵] هنگام برقراری ارتباط دو عامل با هم ایجاد می‌شود و در اثر این ارتباطها ممکن است پیام‌هایی رد و بدل شود که در رفتار عامل‌ها تغییر ایجاد کند. تعامل از ارتباط بین عامل‌ها ایجاد شده و موفقیت و تأثیرپذیری در این ارتباطها به ویژگی‌های هر عامل بستگی دارد. اگر در یک سیستم، تعاملی بین عامل‌ها ایجاد نشود و ارتباطی وجود نداشته باشد، از یکدیگر تأثیر نمی‌پذیرند (Berglund, 2015). به طور کلی درک عامل‌ها از محیط ناشی از بازخورد از محیط و اجزا وابسته به آن است. جهت تدوین مدل‌های عامل‌بنیان، شناسایی عامل‌ها، تعیین رفتارهای آنها، تعریف محیطی که عامل‌ها با هم در تعامل هستند، تعریف قوانین جهت شبیه‌سازی اندرکنش عامل‌ها با یکدیگر و با محیط، ارائه این تعامل‌ها و همچنین اعتبارسنجی مدل لازم است (Berglund, 2015). اثر ارتباط‌ها بر یک عامل توسط قوانینی که می‌تواند رفتار جدید یک عامل را بعد از ارتباط برقرار کردن با دیگر عامل‌ها شبیه‌سازی کند، ارائه می‌شود. شرایط محیطی و ارتباط‌های بین عامل‌ها بر تعامل بین عامل‌ها بسیار مؤثر است (Berglund, 2015).

۲-۲- ساختار پیشنهادی مدل عامل‌بنیان و معرفی اجزاء سیستم

در یک سیستم منابع آبی، منابع آب و مصرف‌کنندگان اجزا جدایی ناپذیر سیستم هستند. جهت حفاظت از منابع آب و بهره‌برداری صحیح و همچنین کنترل منابع و مصارف آب، یک ارگان نظارتی به نام شرکت آب منطقه‌ای نیز وجود دارد. همچنین برای کنترل تخلف‌ها لازم است

Archive of SID
www.SID.ir

دادسراها نیز نقش آفرینی کنند. بنابراین اجزا اصلی سیستم مورد نظر در این مطالعه، منابع آب، گروه ذینفع، گروه حفاظت از منابع آب و دادسرا در نظر گرفته شده است (اگرچه عامل‌ها و اجزا دیگری نیز وجود دارند). با توجه به سیستمی که تعریف شده است، بین عامل‌ها (گروه ذینفع، شرکت آب منطقه‌ای و دادسرا) و محیط، ارتباطی به صورت دائمی وجود دارد. مصرف‌کنندگان به طور مداوم در حال برداشت از منابع هستند و شرکت آب منطقه‌ای میزان مصارف و موجودی منابع را بررسی می‌کند. بنابراین هر دو عامل به طور پیوسته با محیط در تماس هستند. علاوه بر ارتباطی که بین عامل‌ها با محیط ایجاد می‌شود، عامل‌ها با یکدیگر نیز ارتباط دارند. به طور معمول زمانیکه منابع آبی و یا تأسیسات گروه ذینفع دچار مشکل می‌شود و یا تخلفی از سوی آنها صورت می‌گیرد، این ارتباطها پررنگ‌تر شده و دادسرا نیز به این مجموعه اضافه می‌گردد. حفر و بهره‌برداری غیر مجاز یکی از تخلفاتی است که به طور گسترده در سراسر کشور وجود داشته و دارد. این مسأله از جمله عواملی است که منابع زیرزمینی را به شدت تحت تأثیر قرار داده است و مدیریت منابع آب کشور به طور مداوم بخشی از انرژی خود را جهت کنترل آنها با استفاده از سیاست‌ها و قوانین خود صرف می‌کند. بنابراین در این تحقیق به شبیه‌سازی این بخش، پرداخته می‌شود. در ادامه قوانین مورد استفاده، فرضیات در نظر گرفته شده و اجزاء مختلف جهت ساخت مدل شبیه‌سازی رفتاری معرفی می‌شوند.

۲-۲-۱- قوانین و سیاست‌ها (حفر و بهره برداری از منابع آبی بدون اجازه از وزارت نیرو)

یکی از مسائلی که در بسیاری از نقاط مختلف کشور با آن روبرو هستیم، حفر چاه و بهره‌برداری از منابع زیرزمینی بدون اجازه وزارت نیرو می‌باشد. در محدوده‌های مختلف ایران چاههای زیادی وجود دارند که به صورت غیرمجاز در حال بهره‌برداری می‌باشند. قابل ذکر است که در ماده سه قانون توزیع عادلانه آب بیان شده که استفاده از منابع آبهای زیرزمینی از طریق حفر چاه باید با اجازه وزارت نیرو انجام شود و همچنین ماده ۴۵ این قانون نیز تخلف و نوع جرایم را بیان کرده است (IP, 1982). لازم به ذکر است که یکی از مفاد آیین‌نامه اجرایی فصل دوم قانون توزیع عادلانه (ماده ۲۴) مربوط به اقداماتی است که مأمورین شرکت‌ها و سازمان‌های آب منطقه‌ای در هنگام تخلفات اشخاص باید انجام دهند. بند دوم ماده ۲۴ این آیین‌نامه اشاره می‌کند در مواردی که چاهی بدون مجوز قانونی حفر و دارای منصوبات بهره‌برداری باشد، باید ابتدا منصوبات چاه پلمپ شود و اخطار کتبی به صاحب چاه داده شود تا ظرف مدت ۲۰ روز نسبت به برداشتن منصوبات و پر و مسلوب‌المنفعه نمودن چاه اقدام نماید. در ادامه اگر این اقدام توسط مالک صورت نگیرد، مأمورین شرکت‌ها و سازمان‌های آب منطقه‌ای می‌توانند راسا وارد عمل شوند. جهت اقدام مأمورین شرکت‌های آب منطقه‌ای نیاز است که صورت جلسه تخلف اشخاص از قانون توزیع عادلانه آب و گزارش کارکنان دارای ابلاغ ماده ۳۰ تهیه و برای تعقیب متخلفین به دادسرای مربوطه ارسال و مراحل نهایی توسط کارشناسان حقوقی شرکت انجام پذیرد (ACM, 1984; ACM, 2011). لازم به توضیح است یکی از اهداف دستورالعمل‌های طرح احیاء و تعادل‌بخشی، رسیدن به تعادل در آبخوان‌ها در طی پنج سال می‌باشد که بر اساس آن باید تمام چاه‌های غیر مجاز پر و مسلوب‌المنفعه گردد و با اصلاح پروانه‌ها و نصب کنتورها بیلان از مقدار منفی به صفر برسد. در مطالعه حاضر فقط یکی از اهداف جزئی طرح که پر و مسلوب‌المنفعه نمودن تمام منابع است در نظر گرفته شده و امکان انجام آن مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۲-۲- عامل‌ها

با توجه به مطالعات و بررسی‌های انجام گرفته در محدوده مورد مطالعه سه عاملی که می‌توانند در این فرآیند مدل‌سازی تأثیر مستقیم داشته باشند، عامل کشاورزان، عامل شرکت آب منطقه‌ای و دادسرا می‌باشد که در ادامه به معرفی این دو مدل می‌پردازیم.

- **عامل کشاورزان**

گروهی که در این دسته قرار می‌گیرند، عامل‌هایی هستند که از آب استفاده می‌کنند و می‌توانند بهره اقتصادی ببرند. کشاورزان از جمله این عامل‌ها هستند که جهت بهره‌وری و تولید محصولات نیاز به آب دارند. عامل ذینفع با توجه به شرایط حاکم و خصوصیاتی که دارند، به دنبال بهره‌وری هرچه بیشتر از منابع آب می‌باشند. این گروه از عامل‌ها همواره نگران عدم تأمین کامل نیاز آبی هستند و از هر روشی جهت تأمین نیازها استفاده می‌کنند. عامل‌ها معمولاً نگرانی خسارات وارده به منابع آبی و زیست محیطی را ندارند. در زمان‌هایی که یک محیط با کاهش منابع آب مواجه می‌شود احتمال تخلف به دلیل فشارها و تنش‌هایی‌که بر کشاورزان وارد می‌شود زیاد خواهد شد. در این مطالعه گروهی از کشاورزان که اقدام به حفر و بهره‌برداری از چاه غیر مجاز کرده‌اند، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

- **عامل شرکت آب منطقه‌ای**

این گروه از عامل‌ها علاوه بر اینکه وظیفه تأمین آب گروه ذینفع را دارند، باید همواره بر گروه کشاورزان نظارت انجام دهند که تخلفی

Archive of SID
www.SID.ir

صورت نگیرد و بر اساس سیاست‌ها و قوانین موجود عمل کنند. در واقع این گروه علاوه بر تأمین آب کشاورزان، وظیفه حفاظت از منابع آب و ایجاد تعادل بین منابع و مصارف را دارند. در مواقعی که تخلفی توسط گروه ذینفع انجام می‌گیرد، این گروه وظیفه دارد با رعایت مقررات و در طی یک فرآیند از انجام تخلف جلوگیری کند.

- **عامل دادسرا**

این عامل هنگامی فعال می‌گردد که تخلفی صورت پذیرد و گزارش تخلف از سوی شرکت آب منطقه‌ای تهیه و به این عامل ارسال گردد. اجرای تصمیمات عامل دادسرا برای شرکت آب منطقه‌ای و ذینفع الزامی است. البته ممکن است در مواردی به دلایل مختلف تصمیمات این عامل نیز اجرا نگردد و یا بنا به شرایط خاص تصمیم‌گیری به تعویق بیفتد.

۲-۲-۳- عملکرد عامل‌ها و ارتباط بین آنها

با توجه به سه عامل تعریف شده در بخش قبل، در این بخش به توصیف ارتباط‌های موجود در بین عاملها پرداخته می‌شود. نظر به اینکه هدف شبیه‌سازی، کنترل تخلف کشاورزان توسط شرکت آب منطقه‌ای است، بنابراین در ادامه ارتباطها و تعاملها بر اساس این هدف دنبال می‌شود.

در مدل طراحی شده در این تحقیق هنگامیکه تخلفی توسط ذینفع (شکل ۲- عامل ذینفع) صورت می‌پذیرد (کنش ذینفع)، عامل شرکت آب منطقه‌ای (شکل ۲- شرکت آب منطقه‌ای) با شناسایی آن، اخطاری به صورت پیام به ذینفع ارسال می‌کند (واکنش شرکت آب منطقه‌ای) تا در طول یک مدت زمان قانونی، تخلف را به طور کامل متوقف کند. ذینفع با توجه به شرایط موجود تصمیم‌گیری می‌کند (واکنش گروه ذینفع). بر اساس پرونده‌های بررسی شده در منطقه مورد مطالعه (از بین حدود ۳۰۰ پرونده) و مصاحبه انجام شده با افراد خبره هیچ‌گاه بدون تشکیل پرونده در دادسرا (به صورت اختیاری)، کشاورزان اقدام به توقف برداشت و پر و مسلوب‌المنفعه نمودن چاه ننموده اند. بنابراین ذینفع در مدل طراحی شده به کنش شرکت آب منطقه‌ای (ارسال پیام اخطار) واکنش تصمیم‌گیری به ادامه تخلف را می‌دهد و یک پیام از ذینفع با محتوای "ادامه تخلف" به شرکت آب منطقه‌ای ارسال می‌گردد (شکل ۲- ذینفع). با توجه به فرآیند تعریف شده در شکل ۲ شرکت آب منطقه‌ای گزارش تخلف را جهت گرفتن دستور به اداره مرکزی ارسال کرده و بعد از طی فرآیند درون سازمانی پرونده تشکیل شده، جهت بررسی به دادسرا ارسال می‌گردد (واکنش شرکت آب منطقه‌ای). در دادسرا بر اساس نظر قاضی چندین جلسه تشکیل می‌گردد تا رای نهایی صادر شود (شکل ۲- دادسرا). بعد از صدور رای، نتیجه به شرکت آب منطقه‌ای ارسال می‌گردد تا شرایط را برای اجرای حکم (درصورت مثبت بودن رأی) یا تهیه مستندات جدید (درصورت منفی بودن رأی) فراهم کند (دو واکنشی که توسط شرکت آب منطقه‌ای بر اساس رأی صادره ممکن است رخ بدهد). در مرحله بعد شرکت آب منطقه‌ای جهت اجرای حکم و پر و مسلوب‌المنفعه نمودن منبع آبی اقدام می‌کند. اگرچه هدف شرکت آب منطقه‌ای اجرای حکم می‌باشد اما در مواردی به دلیل تنش زیاد از سوی کشاورزان منبع آبی، عدم هماهنگی بین شرکت آب منطقه‌ای و نیروی انتظامی و همچنین بی تجربگی شرکت آب منطقه‌ای اجرای حکم ممکن نمی‌شود.

در این مدل‌سازی یک نوع عامل از شرکت آب منطقه‌ای و یک نوع عامل از دادسرا تعریف شده که تعداد هر کدام نیز یک می‌باشد و به طور کاملاً مستقل فرآیند آنها طی شده (شکل ۲) و تغییر وضعیت می‌دهند. عامل ذینفع نیز یک نوع (از نوع متخلف) تعریف شده اما تعداد آنها ۱۴۰۵ مورد است (هر منبع آبی غیر مجاز در منطقه یک مورد). در واقع هر کدام از عامل‌های شرکت آب منطقه‌ای و دادسرا با ۱۴۰۵ ذینفع ارتباط دارند. اگرچه فرآیند بررسی تخلف برای هر یک از کشاورزان بر اساس شکل ۲ به صورت سری از عامل آب منطقه‌ای شروع و به ذینفع ختم می‌شود اما امکان بررسی همین فرآیند برای بقیه کشاورزان به صورت همزمان و یا غیر همزمان وجود دارد. در واقع شکل ۲ نمونه‌ای از این فرآیند را نشان می‌دهد و در مدل‌سازی ۱۴۰۵ فرآیند شبیه به شکل ۲ وجود دارد که به شکل موازی و به صورت کاملاً مستقل بررسی تخلفات را دنبال می‌کنند. استقلال در مدل عامل‌بنیان برای عامل‌ها یکی از اساسی‌ترین مزیتهایی است که در این تحقیق از آن استفاده می‌گردد. همچنین بررسی اثر ارتباطها و تعامل عامل‌ها بر یکدیگر و بر محیط نیز از جمله مزیتهایی است که با استفاده از مدلهای عامل‌بنیان نسبت به مدل‌های دیگر بسیار ساده‌تر است.

پارامترهای تعریف شده در شکل ۲ نتیجه تعامل‌ها و ارتباط بین عامل‌های مختلف بوده و در سناریوها استفاده می‌شود. در بخش نتایج در ارتباط با سناریوها توضیحات کاملی داده خواهد شد.

۲-۲-۴- قواعد شبیه‌سازی رفتار عامل‌ها

جهت شبیه‌سازی رفتار عامل‌ها روشهای مختلفی وجود دارد. استفاده از قوانین اگر- آنگاه، در نظر گرفتن نقطه‌های آستانه (حداکثرها و حداقل‌ها)، استفاده از توابع و غیره از جمله این روش‌ها هستند.

Archive of SID
www.SID.ir

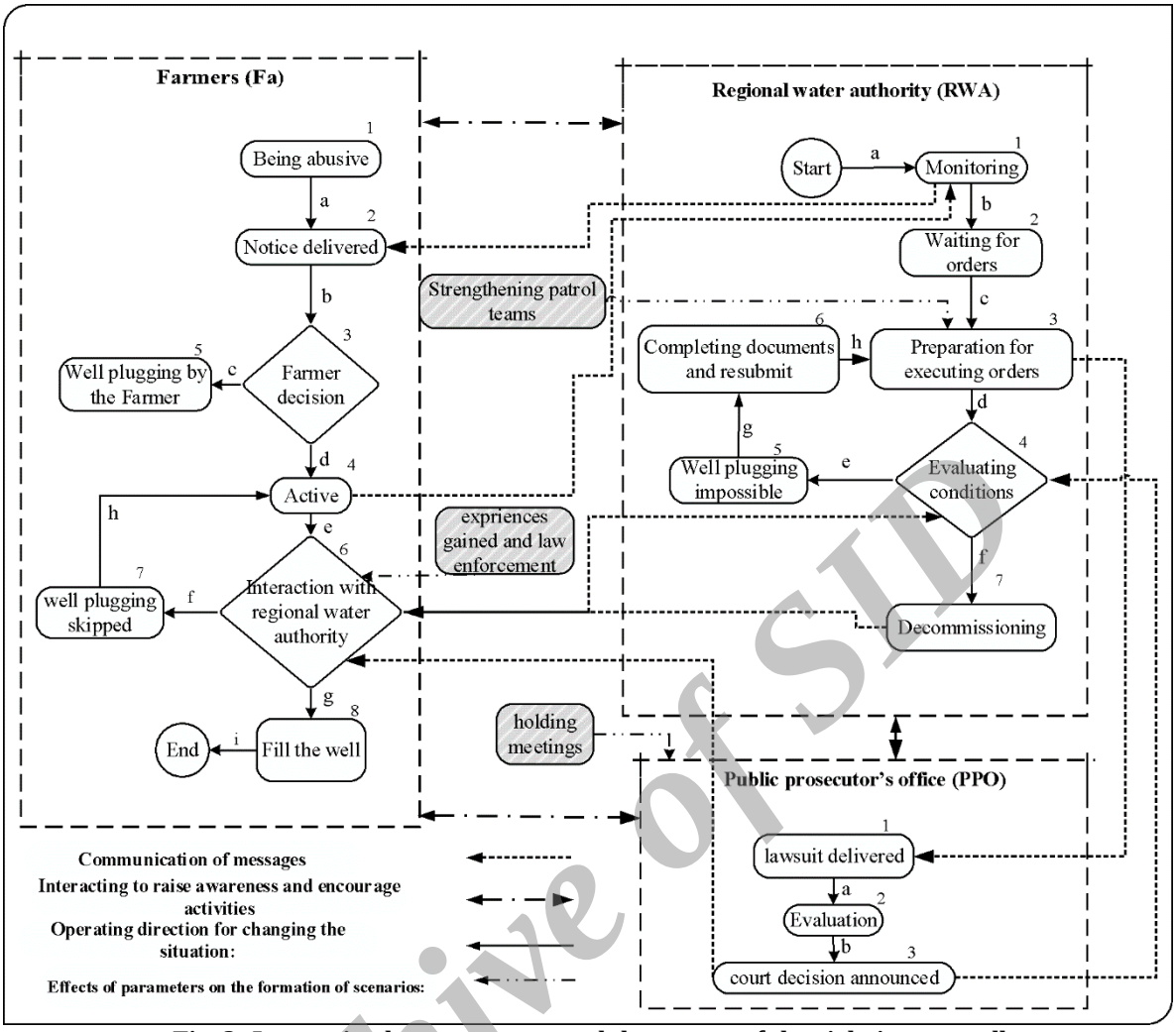

Fig. 2- Interaction between agents and the process of the violation controll

شکل ۲- ارتباط بین عاملها و فرآیند کنترل تخلف

البته با توجه به هدفی که در هر تحقیق دنبال می‌شود، مدلهایی مثل اقتصاد خرد، روانشناسی، ادراکی، مدل‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر تجربه، مدل‌های آماری، ایجاد قوانین با استفاده از داده‌های تجربی، برنامه نویسی تکاملی و غیره نیز استفاده می‌گردد (An, 2012). همچنین از داده‌های تجربی که نمایانگر رفتار واقعی هستند نیز استفاده می‌شود (Janssen and Ostrom, 2006). در مطالعه حاضر با توجه به اینکه جهت شبیه‌سازی، داده‌های واقعی وجود داشتند (مطالعه پرونده‌ها) و هر پرونده در واقع نمایانگر نوع رفتارهای عامل‌های مختلف بود، بنابراین روش انتخابی ایجاد قوانین با استفاده از داده‌های تجربی می‌باشد. در این روش با استفاده از داده‌های مشاهداتی و تجربی، قواعد رفتاری حاکم شناسایی و در ادامه به تعریف و تشکیل آنها جهت شبیه‌سازی پرداخته می‌شود. با مطالعه پرونده‌ها و مصاحبه‌های انجام شده قواعد رفتاری غالب در منطقه در ادامه ارائه شده است. با توجه به اینکه به طور مستقیم سه عامل کشاورزان، شرکت آب منطقه‌ای و دادسرا در ارتباط با مدیریت منابع آب مؤثر هستند، این عامل‌ها مدل‌سازی می‌گردند.

- **قواعد رفتاری عامل کشاورز**

۱- تنها با ارسال پیام اخطار، تخلف خود رو متوقف نمی‌کنند و به برداشت آب ادامه می‌دهند.

۲- در مقابل اجرای حکم مقاومت نشان داده و در مواردی موفق می‌شوند.

۳- در برخی موارد با توصیف شرایط و وضعیت و یا استفاده از افراد با نفوذ اجرای حکم را به تعویق می‌اندازند.

۴- مستقیماً تحت تأثیر قوانین و رفتار شرکت آب منطقه‌ای و دادسرا می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

۵- در شبیه‌سازی فرآیند، زمان واقعی جهت انجام تبدیل وضعیت عامل (مثل دریافت اخطار و مهلت مورد نیاز جهت انجام آن) در مدل‌سازی در نظر گرفته می‌شود.

- **قواعد رفتاری شرکت آب منطقه‌ای**

۱- با دیدن تخلف اخطار ارسال می‌گردد و تا زمان اتمام مهلت قانونی اقدامی انجام نمی‌دهد.
۲- در صورت عدم انجام اقدام لازم، پرونده تشکیل و جهت کنترل تخلف به دادسرا ارسال می‌گردد.
۳- در صورت عدم صدور حکم توسط دادسرا، مجدداً مستندات لازم ارائه می‌گردد.
۴- در صورت صدور حکم اقدام به پر و مسلوب‌المنفعه نمودن منبع می‌کند.
۵- درصورت عدم امکان اجرای حکم، مجدداً اقدام می‌شود.
۶- جهت بهبود روند کنترل تخلفها و سرعت بخشیدن به آن با ارگانهای مختلف تعامل شده و ارتباط برقرار می‌گردد که در مدل مورد نظر به صورت پارامتر وارد می‌شود.
۷- مستقیما تحت تأثیر عامل دادسرا هستند و به طور غیر مستقیم از کشاورزان تأثیر می‌پذیرند.
۸ - زمانهای مورد نیاز برای انجام فرآیند بر اساس زمان‌های واقعی در نظر گرفته شده است.

- **قواعد رفتاری دادسرا**

۱- زمانی که گزارش تخلف از شرکت آب منطقه‌ای ارسال گردد، این عامل فعال می‌شود.
۲- جلسات متعدد جهت صدور حکم با دو عامل دیگر تشکیل می‌دهند.
۳- به طور مستقیم بر عملکرد دو عامل دیگر اثر گذارند.
۴- به طور غیر مستقیم از دو عامل دیگر تأثیر می‌پذیرند.
جهت کمی کردن برخی از رفتارهای عامل‌های مذکور بر اساس پرونده‌های مطالعه شده و سوابق، توابع تعریف و استفاده گردیده است.

اولین تابع، تابع تولید تعداد گزارشهای تخلف است که توسط شرکت آب منطقه‌ای به دادسرا جهت صدور حکم ارسال می‌گردد. تعداد گزارش‌های ارسالی به پارامترهای مختلفی مثل توان گروه گشت، زمان ارسال گزارش و نوع تعامل شرکت آب منطقه‌ای با دادسرا بستگی دارد که به شکل زیر است:

$$F_1=[\alpha\lambda(aT)+c] \qquad (۱)$$

که در رابطه فوق F_1 تعداد گزارش تخلف را نشان می‌دهد، α ضریب تعامل با دادسرا و ارگان‌های دیگر است که با توجه به مشاهدات انجام شده در منطقه، این ضریب از سال ۱۳۹۴ در محدوده مورد مطالعه تأثیرگذار شده است. λ ضریب تقویت گروه گشت است که با توجه به طرح احیاء و تعادل‌بخشی که از سال ۱۳۹۵ در سراسر کشور گروههای گشت جهت پر و مسلوب‌المنفعه نمودن منابع تقویت شدند. a ضریب توان محدود نشده گروه گشت و نظارت بر منابع آب را نشان می‌دهد. منظور از توان محدود نشده، پتانسیل گروه گشت و نظارت در پر و مسلوب‌المنفعه نمودن منابع غیر مجاز (قبل از تقویت شدن) می‌باشد که به دلیل اینکه در شش ماهه اول سال، محصولات نیاز شدیدی به آب دارند، گروه گشت و نظارت شرکت آب منطقه‌ای از حداکثر توان جهت ارسال گزارش تخلف به دادسرا استفاده نمی‌کند اما در شش ماهه دوم از توان حداکثری بهره می‌برند. بنابراین ضریب a از رابطه (۲) تخمین زده می‌شود:

$$a=\frac{b}{d} \qquad (۲)$$

که در رابطه فوق b ضریب محدود شده توان گروه گشت و نظارت و d ضریب حساسیت زمانی است. همچنین c یک ضریب ثابت در معادله است.

رابطه (۳) تعداد احکام صادر شده از دادسرا را تعیین می‌کند که تعداد آن به گزارشهای ارسال شده از گروه گشت و نظارت و همچنین تجربه آنها در تهیه مستندات و اعتماد متقابل بین دادسرا و شرکت آب منطقه‌ای بستگی دارد.

$$F_2=\beta F_1<=F_1 \qquad (۳)$$

که در رابطه فوق β ضریب تجربه گروه گشت و نظارت در تهیه مستندات و اعتماد متقابل بین دادسرا و شرکت آب منطقه‌ای است.

$$F_3=\gamma F_2<=F_2 \qquad (۴)$$

رابطه (۴) تعداد منابع پر و مسلوب‌المنفعه شده را تخمین می‌زند که این تابع به تعداد احکام صادر شده و تجربه گروه گشت و نظارت در اجرای احکام و نحوه تعامل و برخورد آنها با کشاورزان می‌باشد.

با توجه به شرایط مدل‌سازی در مواردی مثل تصمیم‌گیریهای منطقی نیاز است از قوانین اگر- آنگاه نیز در مدل استفاده گردد:

```
If (conditon:true)
{...}
Else                    (۵)
{...}
End
```


Archive of SID
www.SID.ir

بر اساس داده‌های مشاهداتی موجود و همچنین قضاوت مهندسی و نظرات افراد خبره مقادیر ضرائب موجود در معادلات مذکور با کالیبراسیون مدل تعیین شده که در بخش نتایج ارائه گردیده است.

جهت شبیه‌سازی مدل‌های عامل‌بنیان از نرم‌افزارهایی مثل REPAST، SWARM، MASON، Netlogo، AnyLogic و غیره استفاده می‌شود. هرکدام از آنها مزایا و معایبی دارند و بنا به اهدافی که کاربران دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. Netlogo از جمله نرم‌افزارهایی است که توسط Wilensky نوشته شد و توسعه آن به طور مداوم ادامه داشته است. نرم‌افزار MASON در مدل‌سازی مسائل فیزیکی و اجتماعی قابلیت دارد و زبان پایه برنامه‌نویسی این نرم‌افزار نیز جاوا می‌باشد (Bandini et al., 2009). از جمله نرم‌افزارهای دیگر جهت مدل کردن عامل‌ها، AnyLogic می‌باشد. این نرم‌افزار هم در مدل‌های عامل‌بنیان و هم در سیستم دینامیک توانایی دارد. به دلیل استفاده زیاد کاربران از این نرم‌افزار، گسترش زیادی پیدا کرده و دارای محیط گرافیکی مناسب می‌باشد. همچنین گرفتن خروجی از این نرم‌افزار به راحتی امکان‌پذیر است (Grigoryev, 2015). مراحل مدل‌سازی این نرم‌افزار شامل، تعریف محیط شبیه‌سازی، ایجاد جمعیت یا گروه عامل‌ها، تعریف نمودار وضعیت عامل‌ها جهت تعیین حالت‌های مختلف عامل‌ها، تعریف قوانین و توابع رفتاری عامل‌ها و راه‌اندازی مدل می‌باشد.

۳- محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز گاوخونی دارای وسعت ۴۱۵۵۲/۳ کیلومترمربع می‌باشد. حدود جغرافیایی آن از شمال به حوضه دریاچه نمک، از غرب به حوضه آبریز کارون بزرگ، از شرق به زیر حوضه کویر سیاه کوه و از جنوب به زیر حوضه کویر سیرجان و مهار لو محدود می‌گردد. محدوده انتخابی این تحقیق لنجانات (کد ۴۲۰۹) است و در مختصات جغرافیایی ۲′ ۵۱° تا ۵۲′ ۵۱° طول خاوری و ۴۵′ ۳۱° تا ۳۱′ ۳۲° عرض شمالی واقع شده و دارای وسعت ۳۳۶۵ کیلومتر مربع بوده و از این مقدار حدود ۱۶۱۹ کیلومتر مربع آنرا دشت تشکیل می‌دهد. از جمله شهرستان‌های این محدوده مبارکه، لنجان، زاینده‌رود، باغ بهادران و طالخونچه است. جریان سطحی ورودی به این محدوده تنها شامل جریان سطحی خروجی از ایستگاه بن- سامان به میزان ۱۳۵۹/۲ میلیون متر مکعب که بخشی از این آب صرف مصارف کشاورزی و صنعت می‌گردد و مقدار جریان خروجی از این محدوده که وارد محدوده نجف آباد می‌شود، برابر با ۵۳۵/۵ میلیون مترمکعب می‌باشد (ZCE, 2011).

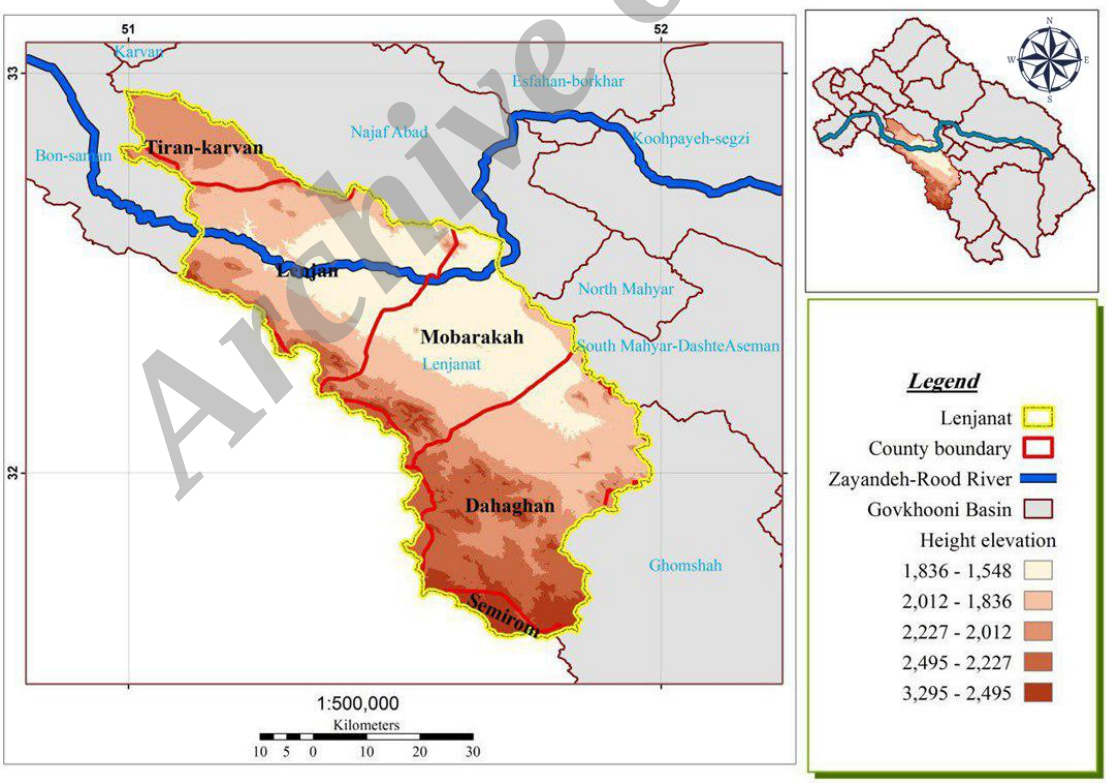

Fig. 3- The Lenjanat sub-basin location in Gavkhooni Basin

شکل ۳- محدوده لنجانات واقع در حوضه آبریز گاوخونی

Archive of SID
www.SID.ir

منابع زیرزمینی لنجانات شامل مجموع تقریبی ۳۷۶۰ چاه مجاز و غیر مجاز و ۵۴۳ قنات است که از این تعداد چاه ۲۳۵۵ حلقه چاه مجاز و بقیه غیر مجاز می‌باشد. همچنین از مجموع کل چاه‌ها ۹۳۵ حلقه غیر فعال و بقیه فعال هستند. در مجموع ۲۴۴/۱ میلیون متر مکعب آب از این منابع تخلیه می‌کنند و از این مقدار ۱۷۲/۳ میلیون متر مکعب آن مربوط به چاه‌ها می‌باشد. مصرف آب در محدوده لنجانات در بخش کشاورزی حدود ۳۸۷/۲ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد که از این میزان ۱۹۷ میلیون متر مکعب توسط منابع زیرزمینی و بقیه توسط جریان‌های سطحی تأمین می‌گردد. بررسی آمار نشان می‌دهد که هیدروگراف آبخوان لنجانات در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۵ به طور متوسط سالانه ۰/۲۵ متر و در مجموع حدود ۴/۵ متر افت داشته است (ZCE, 2011).

قابل ذکر است که از بین چاههای موجود در محدوده حدود ۳۸٪ آنها غیر مجاز است که بخش قابل‌توجهی از آنها با تلاش امور آب شهرستان مبارکه پر و مسلوب‌المنفعه گردیده است. کنترل و نظارت بر منابع زیرزمینی بویژه موارد غیر مجاز آن بخش اعظمی از نیروی مدیریت منابع آب این محدوده را گرفته است که در مدل‌سازی رفتاری بیشتر به تفصیل بیان خواهد شد.

۴- نتایج و بحث

با توجه به شکل ۲، عامل‌های ذینفع، شرکت آب منطقه‌ای و دادسرا در طول زمان از حالتی به حالت دیگر تغییر وضعیت می‌دهند و رفتار آنها شکل می‌گیرد. این تغییر حالت‌ها می‌تواند زمان‌بر باشد که نتیجه ارتباط‌ها و تعامل بین گروه عامل‌ها است. جهت به‌دست آوردن مقدار زمان لازم بین حالتهای مختلف و یا امکان تغییر وضعیت از یک حالت به حالت دیگر مصاحبه‌هایی انجام شد و اطلاعات موجود از پرونده‌ها استخراج و ارزیابی گردید. بر اساس اطلاعات و سوابق موجود در اداره منابع آب محدوده مورد مطالعه فرآیندها تشکیل شد و مدت زمان بین حالت‌های مختلف محاسبه شد. در ادامه به فرضیات در نظر گرفته شده اشاره شده است:

- تغییر حالت از یک وضعیت به وضعیت دیگر بر اساس زمان تخمینی از سوابق موجود و همچنین نظرات افراد خبره در منطقه در نظر گرفته شده است.
- تصمیم‌گیریها در نمودار وضعیت عامل‌ها بر اساس ویژگی‌های شرکت آب منطقه‌ای، کشاورزان و دادسرا انجام شده است و نحوه تصمیم‌گیری و مدت زمان آن در طول دوره شبیه‌سازی بدون در نظر گرفتن سناریوها تغییر نمی‌کند.
- زمان در نظر گرفته شده برای تغییر حالت‌ها بر مبنای متوسط زمان آن تغییر وضعیت است.
- جهت ایجاد ارتباط و تعامل بین عامل‌ها از ارسال پیام در مدل‌سازی استفاده گردیده است.
- تعداد عامل شرکت آب منطقه‌ای و دادسرا هر کدام یک و تعداد عامل ذینفع ۱۴۰۵ در نظر گرفته شده و تعداد آنها در طول زمان ثابت است.
- در این مطالعه دو سناریو در نظر گرفته شده است. جهت تعریف دو سناریو سه پارامتر "تشکیل جلسه با ارگان‌ها"، "افزایش تجربه و برخورد قاطعانه" و "تقویت گروه گشت" تعریف شد. در سناریوی اول (ناکارآمد) هیچ کدام فعال نیستند و در سناریوی دوم (کارآمد) پارامترها فعال هستند. اثر پارامترها نتیجه تعامل شرکت آب منطقه‌ای با دیگر ارگانها و تشکیل جلسات متوالی بعد از تصویب طرح احیاء و تعادل‌بخشی در سال ۱۳۹۴، افزایش تجربه و برخورد قاطعانه و همچنین تقویت گروه گشت از سال ۱۳۹۵ می‌باشد.
- با توجه به اینکه فرآیند نمایش داده شده در شکل (۲) به صورت سری است و ترتیب در سیستم اهمیت دارد (ابتدا شرکت آب منطقه‌ای گزارش می‌دهد، بعد ذینفع واکنش می‌دهد، سپس دادسرا و مجدداً شرکت آب منطقه‌ای)، جهت تحلیل پارامترها در دو سناریو، سه پارامتر در سناریوی اول به صورت مجزا اضافه و از سناریوی دوم حذف می‌گردد. با این روش تأثیر وجود و یا عدم وجود پارامترها به صورت مجزا مشخص می‌شود.
- چارچوب تعیین شده و فرآیند آن در شکل (۲) با بررسی چند صد پرونده متفاوت در امور منابع آب محدوده مورد مطالعه مشخص شبیه‌سازی شکل گرفته است.
- نظر به اینکه هدف کوتاه مدت طرح احیاء و تعادل‌بخشی، رسیدن از بیلان منفی به صفر در دوره ۵ ساله است، طول دوره مدل‌سازی ۵ سال (۶۰ ماه) و از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ می‌باشد.
- با توجه به اطلاعات مشاهده شده مشخص گردید که هر منبع آبی غیر مجاز به طور متوسط ۷۲۰۰۰ متر مکعب در سال آب از آبخوان خارج می‌کند.
- جهت امکان‌سنجی مدت زمان اجرای بخش پر و مسلوب‌المنفعه نمودن چاههای غیر مجاز در طرح احیاء و تعادل‌بخشی، سناریوها تا پر و مسلوب‌المنفعه شدن تمام منابع غیر مجاز اجرا می‌شوند و زمان مورد نیاز، پیش‌بینی شده و با زمان در نظر گرفته شده در این طرح که ۵ سال است، مقایسه می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

۴-۱- کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل

به دلیل پیچیدگی‌های موجود در مدل‌های عامل‌بنیان، کالیبراسیون و صحت‌سنجی آن‌ها با چالش‌هایی روبروست (Lotfi and Araghinejad, 2017). این چالش ناشی از فرآیندهای پیچیده رفتار انسانی و عدم داده و اطلاعات مرتبط با مسائل اجتماعی است.

در این تحقیق فرآیندهای به کار گرفته در مدل توسعه داده شده، بر اساس مطالعه اطلاعات موجود در پرونده‌های منابع آب و قضایی و همچنین مصاحبه‌های صورت گرفته می‌باشد. با مطالعه پرونده‌ها، اطلاعات مستمر از سال ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ (۳۶ ماه) استخراج و جهت کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل مورد نظر استفاده شده است. مدت زمان کالیبراسیون ۲۸ ماه و صحت‌سنجی ۸ ماه است.

در شکل ۴ نتایج حاصل از کالیبراسیون مدل برای دوره ۲۸ ماهه و صحت‌سنجی برای ۸ ماه نمایش داده شده است. در ادامه در جدول ۲ نتایج حاصل از خطای کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل آورده شده است.

مقدار ضرایب تعریف شده در روابط (۱) تا (۴) با توجه به کالیبراسیون انجام گرفته، در جدول ۳ مشاهده می‌شود. با توجه به سناریوهای تعریف شده و شرایط حاکم ضرائب در مدل فعال می‌شوند. به عنوان مثال هنگامی که سناریوی اول شش ماهه اول در حال اجرا باشد، مقادیر α، λ و d برابر یک است (غیرفعال هستند) و مقدار b برابر ۲ و مقادیر β و λ در ابتدای بازه و برابر با ۰/۷۵ می‌باشد.

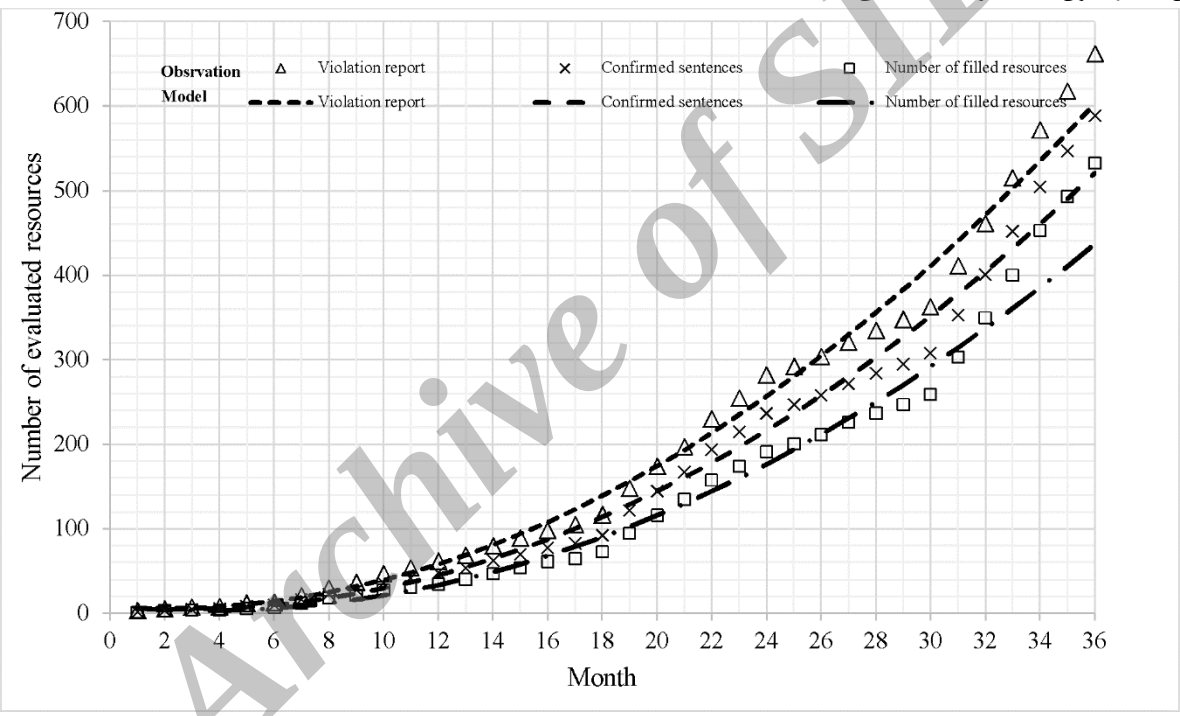

Fig. 4- Results of model calibration (28 months) and validation (8 months)
شکل ۴- نتایج کالیبراسیون (۲۸ ماه) و صحت‌سنجی (۸ ماه) مدل

Table 2- Results of model calibration (28 months) and validation (8 months)
جدول ۲- نتایج حاصل از کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل

	Number of filled wells	Number of issued sentences	Number of violation reports
Error		R^2	
Calibration (28 month)	0.99	0.98	0.99
Validation (8 month)	0.71	0.84	0.88

Archive of SID
www.SID.ir

Table 3- Values of functions' coefficients

جدول ۳- مقدار ضرایب توابع

Coefficients	γ	β	d	b	λ	α
Value	[0.75-0.95]	[0.75-0.9]	0.22	2	1.65	3.85

همچنین هرگاه سناریوی دوم در شش ماهه دوم در حال اجرا باشد، آنگاه مقادیر ضرایب α، λ، d و b به ترتیب برابر ۳/۸۵، ۱/۶۵، ۲ و ۰/۲۲ و مقادیر β و λ برابر ۰/۹ و ۰/۹۵ می‌باشد.

۴-۲- نتایج سناریوها

سناریوی اول (سناریوی ناکارآمد): در این سناریو فرض شده است که تعامل شرکت آب منطقه‌ای با دادسرا و ارگان‌های دیگر همان روند قبل از تصویب طرح احیا و تعادل‌بخشی را دارد و نظارت و کنترل تخلفات به طور جدی دنبال نمی‌شود. در واقع در این سناریو فرض گردیده که رضایت کشاورزان برای تصمیم‌گیرندگان و ارگان‌های مختلف اهمیت دارد که انتشار این تفکر به مرور زمان باعث تضعیف نفوذ و قدرت شرکت آب منطقه‌ای در حفظ منابع گردیده است. این نوع تفکر باعث کم توجهی به منابع آب و فراموشی قوانین و سیاست‌ها و عدم توجه مصرف‌کنندگان و کشاورزان به اخطارهایی که در مورد بحرانی بودن وضعیت منابع آب داده می‌شود، شده و در نتیجه منجر شده مصرف‌کنندگان در مقابل سیاست‌ها و قوانین از خود مقاومت نشان دهند. بنابراین در این سناریو پارامترهای مذکور در روند شبیه‌سازی فعال نیستند.

اجرای سناریو برای ۶۰ ماه (۱۳۹۵-۱۳۹۰) در شکل ۵ نمایش داده شده است. با توجه به اینکه روند رسیدگی به تخفات از تشکیل پرونده تا گرفتن دستور از اداره مرکزی و ارسال پرونده به دادسرا می‌باشد، در شکل زیر تعداد گزارش تخلف، احکام صادرشده از دادسرا و منابع پر و مسلوب‌المنفعه شده از مدل شبیه‌سازی استخراج شده است. در این سناریو در طول دوره شبیه‌سازی، ۳۷۵ گزارش تخلف تایید شده است که از تعداد مذکور ۲۰۰ پرونده توسط دادسرا احکامش صادر، ۱۷۸ منبع توسط شرکت آب منطقه‌ای پر و مسلوب‌المنفعه شده و ۲۲ منبع پر نگردیده است. عدم تجربه کافی و برخورد قاطع ارگان نظارت، طولانی بودن زمان بررسی پرونده در دادسرا، اهمیت رضایت کشاورزان و همچنین عدم آگاهی کافی ارگان‌های مرتبط از قوانین آب و وضعیت منابع و مهمتر از همه کم اهمیت دانستن تخلفات مرتبط با منابع آب در بین ارگان‌های دیگر، از جمله عواملی هستند که در طولانی شدن و کند بودن این فرآیند مؤثر می‌باشد. این عوامل باعث شده که فرآیند کنترل تخلف در سال‌های گذشته دشوار باشد و کشاورزان از هر شیوه‌ای جهت حفظ منابع آبی خود استفاده نمایند. در این سناریو اگرچه گزارش‌های تخلف تایید شده ۳۷۵ مورد است اما فقط ۱۷۸ مورد آن (۴۷٪) به طور کامل مورد بررسی قرار گرفته‌اند و ۲۲ مورد (۶٪ کل گزارشات) بنا به دلایلی مثل کم تجربگی عوامل شرکت آب منطقه‌ای، مقاومت زیاد کشاورزان و همچنین عدم امکان توجیه دادستان توسط شرکت آب منطقه‌ای به نتیجه نرسیده‌اند.

سناریوی دوم (سناریوی کارآمد): این سناریو بر این فرض استوار است که روند کنترل تخلفات با همان سرعت فزاینده که از سال ۱۳۹۴ برای وضعیت فعلی محدوده پیش آمده از ابتدا حاکم باشد. دلیل افزایش سرعت کنترل تخلفات با بررسی‌های صورت گرفته شامل تصویب طرح احیاء و تعادل‌بخشی و جدیت وزارت نیرو در اجرای آن، استفاده از تجربیات گذشته و تشکیل جلسات با ارگان‌های مختلف (استانداری، فرمانداری، جهاد کشاورزی، دادسرا و نیروی انتظامی) و تقویت گروه گشت می‌باشد. بنابراین در این سناریو پارامترها فعال هستند. این سناریو نیز مانند سناریوی اول برای ۶۰ ماه اجرا شده که نتایج در شکل ۶ نمایش داده شده است. در این سناریو در طول ۶۰ ماه ۱۲۵۳ گزارش تخلف توسط شرکت آب منطقه‌ای تأیید شده و از این تعداد ۱۰۲۸ مورد حکم توسط دادسرا صادر شده است. شرکت آب منطقه‌ای در طول دوره موفق شده ۹۷۷ (۷۸٪ کل) منبع را پر و مسلوب‌المنفعه کند و ۵۱ (۴٪ کل گزارشات) منبع فعال باقی مانده‌اند.

لازم به توضیح است که جلسات تشکیل شده توسط شرکت آب منطقه‌ای محدوده با دیگر ارگان‌ها، علاوه بر آگاه ساختن آنها از بحرانی بودن وضعیت منابع آب باعث شده که ارگان‌های دیگر نیز جدیت بحران آب را بپذیرند و حداکثر همکاری را انجام دهند. یکی از تأثیرات مثبتی که جلسات هماهنگی داشته افزایش سرعت در صدور احکام از طرف دادسرا می‌باشد. با توجه به اینکه تعداد زیادی از منابع غیر مجاز در محدوده مورد مطالعه در بستر رودخانه حفر شده‌اند، عامل‌های شرکت آب منطقه‌ای با توضیح و تفسیر ماده دو قانون توزیع عادلانه آب و تبصره‌های آن که محرز بودن تخلف را نشان می‌دهد، به مرور زمان موفق به متقاعد کردن دادسرا جهت صدور یک حکم واحد برای این دسته منابع شدند که این یکی از عوامل مؤثر در افزایش سرعت کنترل تخلفات است.

Archive of SID
www.SID.ir

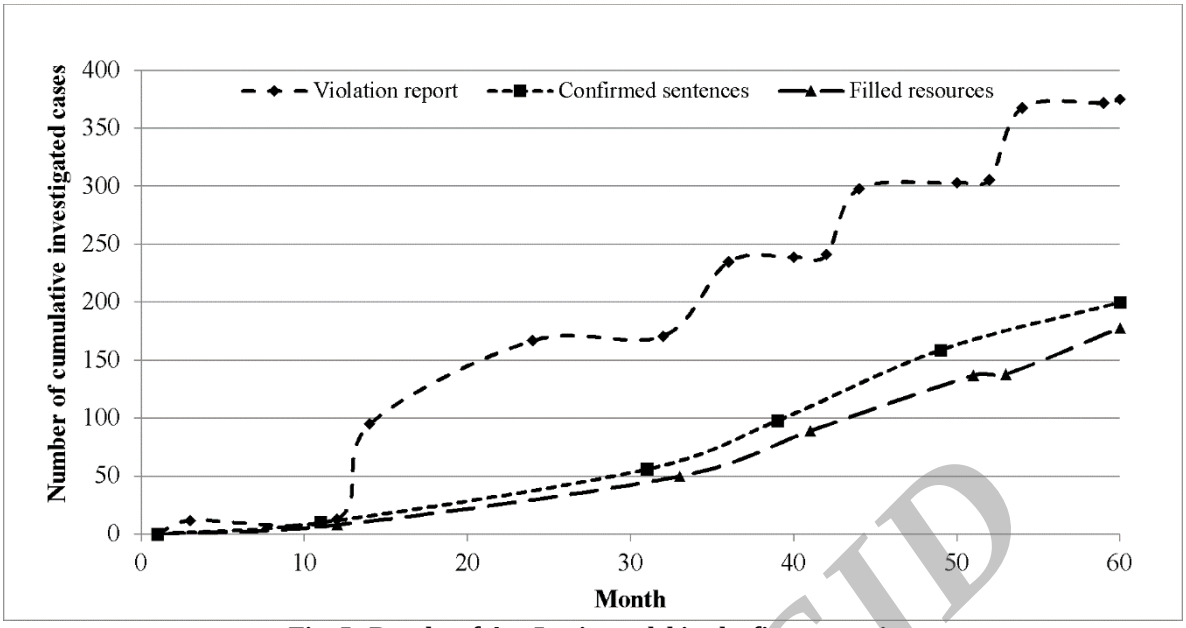

Fig. 5- Results of AnyLogic model in the first scenario

شکل ۵- نتایج مدل AnyLogic در سناریوی اول

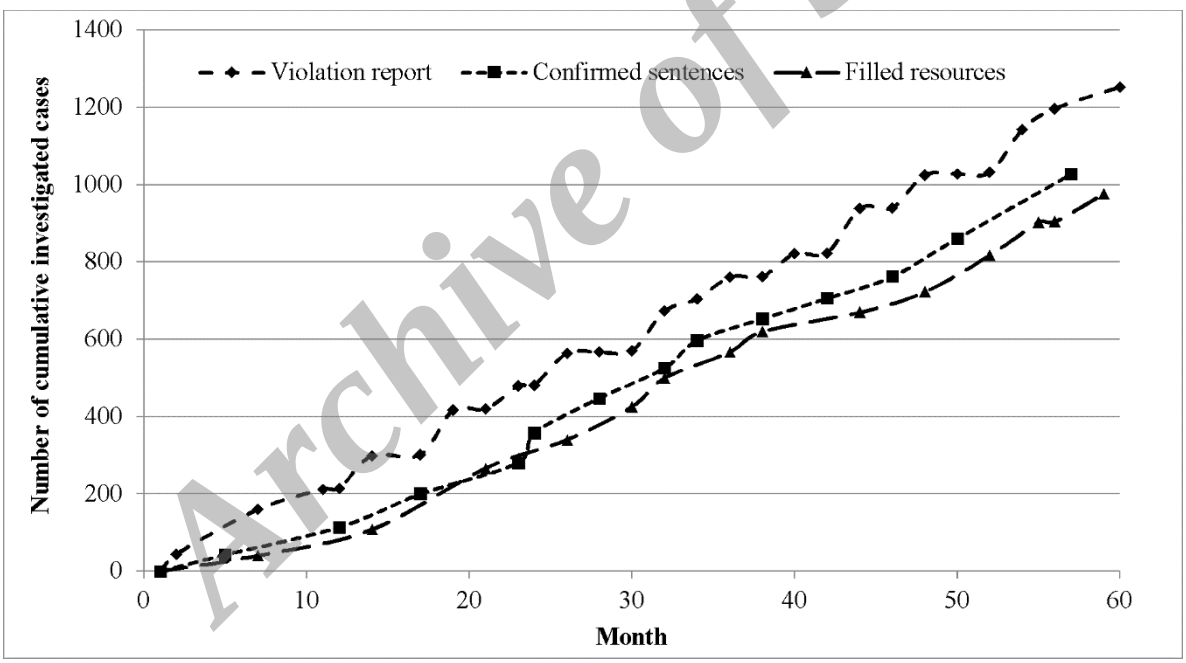

Fig. 6- Results of AnyLogic model in the second scenario

شکل ۶- نتایج مدل AnyLogic در سناریوی دوم

تعامل شرکت آب منطقه‌ای با دادسرا، باعث تقویت این پارامتر مؤثر شده و تعداد احکام صادر شده را در دوره ۶۰ ماه به طور قابل‌توجه افزایش داده است به طوریکه تعداد احکام صادره نسبت به سناریوی اول حدود ۵ برابر افزایش یافته و فاصله بین گزارشات تخلف و احکام صادر شده از دادسرا (مراجعه به شکل ۶) کاهش یابد. همچنین با تأمین نیروی جدید جهت اجرای احکام، قدرت اجرایی شرکت آب منطقه‌ای افزایش یافته است و فاصله احکام صادر شده از دادسرا و منابع پر و مسلوب‌المنفعه شده نسبت به سناریوی دوم کمتر گردیده است. در بخش بعدی به مقایسه دقیق‌تر دو سناریو و وضعیت فعلی پرداخته می‌شود و پارامترهای مؤثر مورد آنالیز و ارزیابی قرار می‌گیرند.

Archive of SID
www.SID.ir

۴-۳- مقایسه سناریوها با وضعیت فعلی و آنالیز پارامترهای مؤثر

با توجه به شکل ۷ مشخص است که روند فعلی کنترل تخلف در محدوده مورد مطالعه تا پایان سال ۱۳۹۳ بسیار کند بوده، به طوریکه در پایان این سال تنها ۳۴ منبع آب پر و مسلوب‌المنفعه گردیده اما در شروع سال ۱۳۹۴ روند کنترل منابع غیر مجاز سرعت قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده و در پایان سال ۱۳۹۵ تعداد منابع پر و مسلوب‌المنفعه شده به ۵۳۴ حلقه رسیده است. روند کنترل تخلف در سناریوی اول تا سال ۱۳۹۳ نزدیک به حالت فعلی بوده است اما در ادامه به دلیل فعال شدن پارامترها (که شامل تشکیل جلسات با دیگر ارگان‌ها، تقویت گروه گشت، و افزایش تجربه می‌باشد) عملکرد کنترل تخلف در وضعیت فعلی از سناریوی اول پیشی گرفته است. با توجه به اینکه در سناریوی دوم فرض شده که از ابتدای دوره پارامترها فعال باشند، بنابراین در این سناریو سرعت کنترل تخلف از ابتدا زیاد است که در مقایسه با سناریوی اول و حالت فعلی کنترل تخلف در انتهای دوره به طور قابل‌توجهی بیشتر است.

با توجه به آمار و اطلاعات مربوط به منابع غیر مجاز و بررسی میزان دبی متوسط و ساعت کارکرد، هر منبع غیر مجاز به طور متوسط ۷۲۰۰۰ متر مکعب در سال از آبخوان تخلیه را می‌کند که اگر مقدار متوسط تخلیه هر منبع در تعداد تقریبی منابع غیر مجاز کنترل شده ضرب گردد، مقدار صرفه جویی منابع آب زیرزمینی (کاهش کمبودها) را در سال به‌دست می‌دهد.

نتایج برای وضعیت فعلی و سناریوی اول و دوم در جدول ۴ نمایش داده شده است. در این مطالعه با توجه به بررسی پرونده‌ها و اطلاعات مربوطه و همچنین مصاحبه با اعضا شرکت آب منطقه‌ای محدوده (اداره منابع آب مبارکه) پارامترهای اصلی اثر گذار بر کنترل تخلف شامل "تشکیل جلسات با دیگر ارگان‌ها"، "افزایش تجربه و برخورد قاطع" و "تقویت گروه گشت در اجرای احکام" می‌باشد. جهت بررسی اثرگذاری هر یک از این پارامترها، برای سناریوی اول پارامترها به صورت مجزا به مدل اضافه گردید و شبیه‌سازی جهت تعیین میزان اثر مثبت آنها انجام شد. همچنین برای سناریوی دوم با حذف مجزای هر کدام از پارامترها از مدل شبیه‌سازی، میزان اثرات منفی حذف پارامتر مشخص گردید.

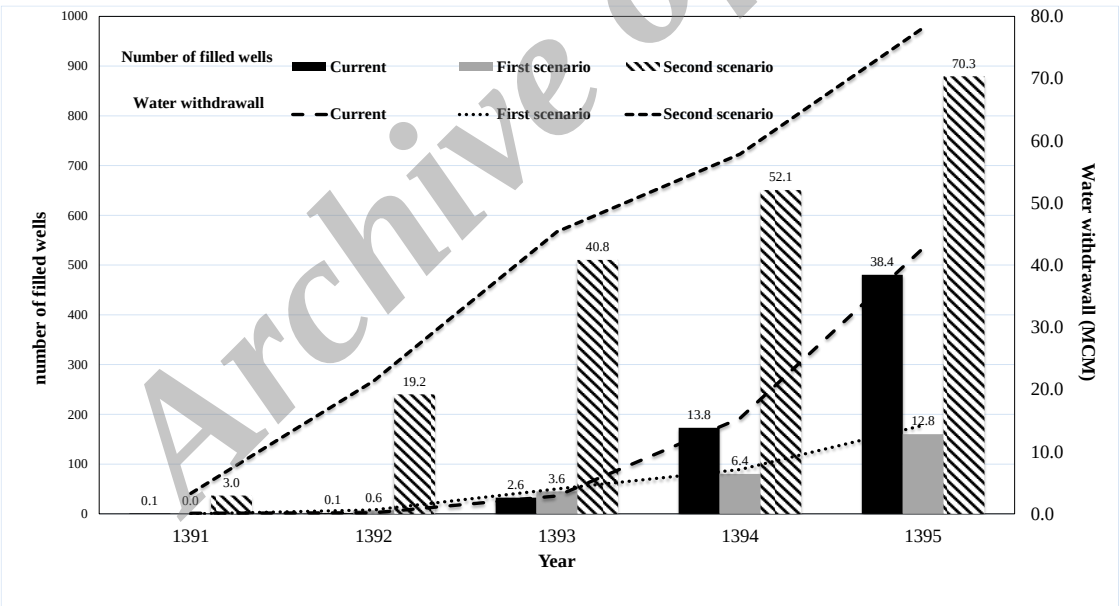

Fig. 7- Comparing the scenarios in controlling the violation and water withdrawall

شکل ۷- مقایسه سناریوها در کنترل تخلفات و کاهش برداشت

Table 4- Comparison of the number of filled wells and water withdrawals

جدول ۴- مقایسه تعداد منابع پر و مسلوب‌المنفعه شده و برداشت آب

State	Current	First scenario	Second scenario
filled wells	535	178	977
water withdrawal (MCM/Year)	38.5	12.8	70.3

Archive of SID
www.SID.ir

Table 5- The effects of different parameters on the water withdrawals and filled wells
جدول ۵- بررسی اثرات پارامترهای مختلف بر روی تعداد منابع پر و مسلوب‌المنفعه شده

Scenario	Current conditions	Adding each parameter to the first scenario / Removing each parameter from the second scenario		
		Supervision group strengthening	Increasing experiences	Meeting with other organizations
First	178	193	224	**242**
Second	977	308	810	**271**

در جدول ۵ اثرات اضافه کردن پارامترهای مؤثر به سناریوی اول و همچنین حذف پارامترها از سناریوی دوم مشاهده می‌شود. در هر دو سناریو تأثیرگذارترین پارامتر "تشکیل جلسه با ارگان‌ها" است. همچنین پارامتر "تقویت گروه گشت" برای سناریوی اول و "افزایش تجربه و برخورد قاطعانه" برای سناریوی دوم اثر کمتری را نسبت به بقیه پارامترها دارد. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه مهم‌ترین مرحله در کنترل تخلف صدور حکم و هماهنگی لازم با دادسرا می‌باشد، بنابراین اعضاء امور آب محدوده با تشکیل جلسات پی در پی و هماهنگی با این ارگان موفق شده‌اند سرعت کنترل تخلفات را به طور قابل‌توجهی افزایش دهند. در شکل ۸ نیز درصد تأثیر پارامترها در کنترل تخلف‌ها نمایش داده شده است.

جهت امکان‌سنجی اجرای طرح احیاء و تعادل‌بخشی در این تحقیق، سناریوی اول و دوم به صورت مجزا اجرا گردید. هدف از این اجرا تعیین زمان مورد نیاز برای پر و مسلوب‌المنفعه نمودن تمام منابع غیر مجاز تحت دو سناریو است. مدل مورد نظر تحت شرایط سناریوی اول و دوم به ترتیب زمانی معادل ۴۲۶ و ۱۰۱ ماه را پیش‌بینی می‌کند. تحلیل سناریوها نشان می‌دهد حتی در بهترین شرایط حدود ۱۰۱ ماه نیاز است که بخشی از هدف کوتاه مدت طرح احیاء و تعادل‌بخشی اجرا گردد.

۵- جمع‌بندی و پیشنهادات

در مطالعه حاضر هدف، شبیه‌سازی فرآیند کنترل و نظارت بر تخلف‌ها در محدوده لنجانات و ارزیابی پارامترهای مؤثر در این فرآیند قرار گرفت. پارامترهای تعریف شده نتیجه تعامل شرکت آب منطقه‌ای با دیگر ارگان‌ها، تنظیم مصوباتی جهت سرعت بخشیدن بر روند بررسی پرونده‌ها، آگاه‌سازی از وضعیت بحرانی منابع آب و همچنین تغییر رفتار شرکت آب منطقه‌ای و دیگر ارگانها بود. در این مطالعه جهت مدل‌سازی رفتار عامل‌های مختلف، از نرم‌افزار AnyLogic استفاده گردید. برای شبیه‌سازی فرآیند مورد نظر دو سناریو تدوین و اثر پارامترها بررسی شد. نتایج نشان داد با قوانین و سیاست‌های موجود در صورتی‌که شرکت آب منطقه‌ای به نحو مناسبی با عامل‌های دیگر تعامل داشته باشند، می‌تواند در مدیریت منابع آب به‌ویژه کنترل تخلفات بسیار موفق باشد.

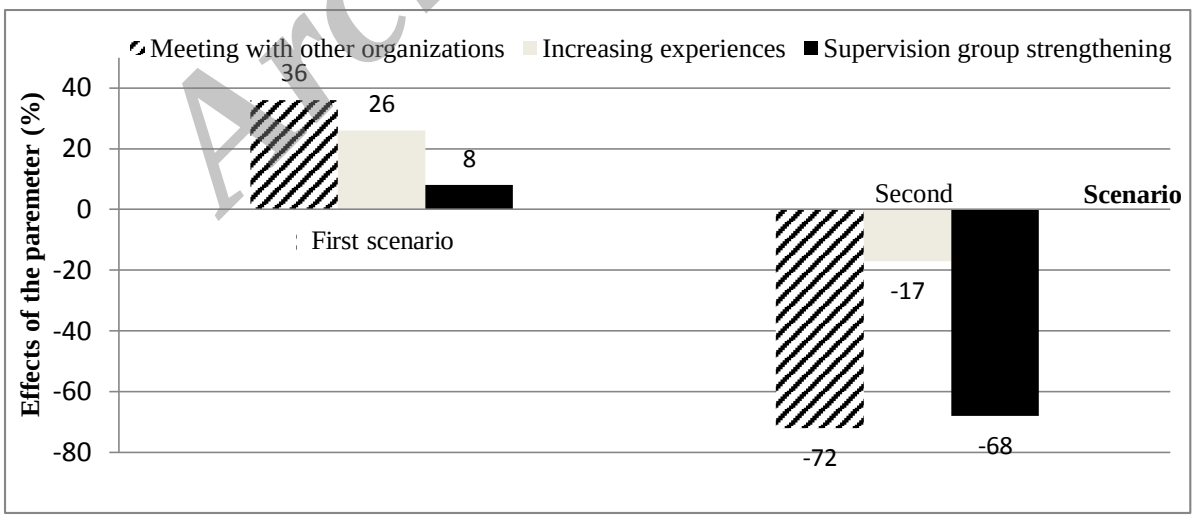

Fig. 8- Determining the contribution of added and removed parameters on filled wells
شکل ۸- تعیین سهم اضافه و حذف کردن اثر پارامترها بر روی تعداد چاه‌های پر شده

Archive of SID
www.SID.ir

بررسی‌ها نشان می‌دهد تغییر رفتار و نحوه تعامل شرکت آب منطقه‌ای (سناریوی دوم) با قوانین و سیاست‌های موجود در طی ۵ سال ۷۰/۳ میلیون مترمکعب از کمبودها را جبران می‌کند که در مقایسه با سناریوی اول حدود ۵/۵ برابر است. در این مطالعه همچنین پارامترهای اثرگذار بر کنترل تخلف تحلیل شدند. نتایج نشان دادند که پارامتر "تشکیل جلسات با دادستان و دیگر ارگان‌ها" می‌تواند از ٪۷۲ کاهش تا ٪۳۶ افزایش بر تعداد چاههای پرشده تأثیر داشته باشد. همچنین "تجربه و برخورد قاطع" و "تقویت گروه گشت در اجرای احکام" به ترتیب ٪۱۷ کاهش تا ٪۲۶ افزایش و ٪۶۸ کاهش تا ٪۸ افزایش بر تعداد چاه‌های پرشده تأثیر خواهد داشت. با توجه به هدف کوتاه مدت طرح احیاء و تعادل‌بخشی، مدل مورد نظر تحت دو سناریوی تعریف شده اجرا و زمان مورد نیاز جهت رسیدن به این هدف پیش‌بینی گردید. نتایج نشان می‌دهد در بهترین شرایط (سناریوی دوم) حدود ۱۰۱ ماه زمان نیاز است تا یکی از اهداف طرح محقق شود. دلیل آن عدم شرایط لازم جهت اجرای طرح و عدم همکاری کشاورزان می‌باشد. وابسته بودن اشتغال و معیشت کشاورزان به منابع آب باعث شده که در برخورد با متخلفین در سال‌های اخیر با ملایمت رفتار شود.

با توجه به اینکه در این مطالعه تنها به شبیه‌سازی رفتار عامل‌ها پرداخته شده است، نیاز است در کنار آن شبیه‌سازی فیزیکی حوضه نیز صورت پذیرد که نتایج این رفتارها بر منابع به طور دقیق‌تری مشخص گردد و دوره زمان اجرا طولانی‌تر گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد که پارامترهای تأثیرگذار بر رفتار کشاورزان و دیگر عامل‌ها شناسایی شوند و از آنها در پیش‌بینی رفتار کشاورزان استفاده شود. به عنوان مثال یکی از مواردی که می‌تواند مورد ارزیابی قرار بگیرد، رفتار کشاورزان آب بعد از پر و مسلوب‌المنفعه شدن آن می‌باشد. با توجه به شرایط، آنها ممکن است عکس‌العمل‌هایی مثل کوچ کردن از منطقه و رفتن به مکان دیگر، به کارگیری روش‌های غیر مجاز دیگر جهت حفظ تولیدات خود و غیره انجام دهند و بر اساس اهداف مختلفی که دارند واکنش‌های متفاوتی بدهند. با توجه به اینکه با پر و مسلوب‌المنفعه نمودن چاههای غیر مجاز، اشتغال و درآمد کشاورزان زیادی تحت تأثیر قرار می‌گیرد، لازم است در جهت تکمیل طرح احیاء و تعادل‌بخشی، دستورالعمل‌هایی جهت تشکیل بازار آب، امکان خرید آب توسط کشاورزان و ایجاد اشتغال‌های جدید ایجاد صنایع کم آبخواه و همچنین صنایعی که قابلیت استفاده از پساب را دارند، تدوین گردد.

۶- تشکر

این مطالعه با حمایت مالی شرکت آب منطقه‌ای اصفهان تحت قرارداد با عنوان "تدوین چارچوب مدل عامل‌بنیان جهت بررسی و شناسایی نقش و رفتار ذینفعان و ارگانها در مدیریت منابع آب" و شماره قرارداد ۹۶/۱۴۴ انجام گرفته است.

پی‌نوشت‌ها

1. Human Systems
2. Agent–Based Modeling
3. Environment
4. Agent
5. Interaction
6. Multi-Agent Simulation
7. Multi-Agent for Environmental Norms Impact Assessment
8. Upper Guadiana
9. Sacramento-San Joaquin

۷- مراجع

Abed-Elmdoust, A Kerachian R (2012) Water resources allocation using a cooperative game with fuzzy payoffs and fuzzy coalitions. Water Resources Management 26 (13):3961-3976

ACM (Approved by Council of Ministers) (1984) Implementing regulations chapter II-The rule of water equitable distribution. (In Persian)

ACM (Approved by Council of Ministers) (2011) Implementing regulations of rules for determining the wells without operation license (In Persian)

Akhbari M, Grigg NS (2013) A framework for an agent-based model to manage water resources conflictsc. Water Resources Management 27(11):4039-4052

Akhbari M, Grigg NS (2015) Managing water resources conflicts: modelling behavior in a decision tool. Water Resources Management 29(14):5201-5216

An L (2012) Modeling human decisions in coupled human and natural systems: Review of agent-based models. Ecological Modelling 229:25-36

Avarideh F, Attari J, Moridi A (2017) Modelling equitable and reasonable water sharing in transboundary rivers: the case of Sirwan-Diyala River. Water Resources Management 31:1191-1207

Bandini S, Manzoni S, Vizzari G (2009) Agent based modeling and simulation: an informatics perspective. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 12(4), http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/4/4.html

Archive of SID
www.SID.ir

Macy MW, Willer R (2002) From factors to actors: Computational sociology and agent-based modeling. Annual review of sociology 143-166

Madani K (2010) Game theory and water resources. Journal of Hydrology 381(3):225-238

Madani K (2014) Water management in Iran: What is causing the looming crisis?. J Environ Stud Sci 4:315-328

Manshadi H, Niksokhan M, Ardestani M (2015) A quantity-quality model for inter-basin water transfer system using game theoretic and virtual water approaches. Water Resources Management 29(13):4573-4588

Mehrparvar M, Ahmadi A, Safavi H R (2015) Social resolution of conflicts over water resources allocation in a river basin using cooperative game theory approaches: a case study. Int. J. River basin Manag 14(1):1-13

Nandalal K, Simonovic S (2003) Resolving conflicts in water sharing: a systemic approach. Water Resources Research 39(12):1-12

Railsback SF, Grimm V (2013) Agent-based and individual-based modeling: a practical introduction. Princeton University Press

Salari F, Ghorbani M, Malekian A (2015) Social monitoring in local stakeholders network to water resources local governance (case study: Razin watershed, Kermanshah city). Iran-Watershed Management Science and Engineering 68(2):287-305

Saqalli M, Thiroit S, Amblard F (2010) Investigating social conflicts linked to water resources through agent-based modelling. Complex Societal Dynamics 75:142-157

Sechi G, Zucca R (2015) Water resource allocation in critical scarcity conditions: A bankruptcy game approach. Water Resources Management 29(2):541-555

Soman S, Misgna G, Kraft S, Lant C, Beaulieu J (2011) An agent-based model of multifunctional agricultural landscape using genetic algorithms. American Agricultural Economics Association Annual Meeting Orlando, FL

Zarezadeh M, Madani K, Morid S (2013) Resolving conflicts over transboundary rivers using bankruptcy methods. Hydrol Earth Syst Sci Discuss 10:13855–13887. doi:10.5194/hessd-10-13855

ZCE (Zayandab Consulting Engineers) (2011) Updating of water resources balance in Gov-Khooni basin. Ministry of Energy, Tehran, Iran (In Persian)

Berglund EZ (2015) Using agent-based modeling for water resources planning and management. Journal of Water Resources Planning and Management 141(11), 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000544, 04015025

Castilla-Rho JC, Mariethoz G, Rojas R, Andersen MS, Kelly BFJ (2015) An agent-based platform for simulating complex human–aquifer interactions in managed groundwater systems. Environmental Modelling & Software 73:305-323

Darbandsari P, Kerachian R, Malakpour-Estalaki S (2017) An agent-based behavioral simulation model for residential water demand management: The case-study of Tehran, Iran. Simulation Modelling Practice and Theory 78:51-72

Farhadi S, Nikoo MR, Rakhshandehroo GR, Akhbari M, Alizadeh MR (2015) An agent-based-nash modeling

framework for sustainable groundwater management:a case study. Agric Water Manag 177:348–58

Grigoryev I (2015) AnyLogic 7 in three days: A quick course in simulation modeling. 2nd edition

Farzaneh M, Bagheri A, 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 Persian)

Hatami Yazd A, Davari K, Yousofi A, Ghahraman B (2017) Identifying managerial conflicts among the actors of water resources through analyzing their cognitive maps (Case study: stakeholders of Mashhad plain). Iran-Water Resources Research 13(2):1-17 (In Persian)

Holtz G, Pahl-Wostl C (2012) An agent-based model of groundwater over-exploitation in the Upper Guadiana, Spain. Regional Environmental Change 12(1):95-121

IP (Islamic Parliament) (1982) The rule of water equitable distribution. (In Persian)

Janssen M, Ostrom E (2006) Empirically based, agent-based models. Ecology and Society 11(2)

Lotfi S, Araghinejad S (2017) A review on challenges in application of agent-based models in water resources systems. Iran-Water Resources reserch 13(2):115-126

Macal C M, North M J (2005) Tutorial on agent-based modeling and simulation. Paper presented at the Winter Simulation Conference, Orlando, FL. Retrieved 26 August, 2006, from http://www.informs-sim.org/wsc05papers/002.pdf

Archive of SID
www.SID.ir