

Technical Note

Supermodel as a Proposed Necessity for Integrative Casual Chain Models in Water Resources

A. Holisaz^{1*}, S. Safikhany² and B. MalekHosseini³

Abstract

Nowadays, models as the most important analytical tools, have severely entangled water resources management in rigid structures so that it is hard to consider a water resources problem not using models. This study aimed to use qualitative content analysis method in order to determine the scientific study approach in water resources modeling and investigate the master foresight of each model. Content analysis of published papers in journal of Iran- Water Resources Research from 2005 to 2017 demonstrated that surface water modeling was more concentrated on model assessment for allocation, management and planning, while in groundwater studies, the challenge was on achieving an optimal model for more exploitation of resources. Investigating modeling objectives showed a discordance in selecting the optimal model that could be due to the nature of the model and the phenomenon under examination. Hence, providing a supermodel is proposed for integration and progression of the outputs of water resources models. The necessities of the supermodel included (a) integrated view to water resources models, (b) complicated nature and climatic status of Iran, (c) pluralistic origins and usages, and (d) institutional complication and multiplicity. The proposed model tried to change the course from “estimate to allocate” to “aim to estimate” in water resources research.

Keywords: Modeling, Water Resources, Content Analysis, Journal of Iran-Water Resources Research, Supermodel.

Received: April 22, 2017

Accepted: October 27, 2017

یادداشت فنی

ضرورت ابرمدل منابع آب و یکپارچه سازی زنجیره‌ی خروجی مدل‌ها

ارشک حلی‌ساز^{۱*}، ساجده صفی‌خوانی^۲ و بتول ملک‌حسینی^۳

چکیده

امروزه، مدل‌ها به‌عنوان مهم‌ترین ابزارهای تحلیلی، مدیریت منابع آب را شدیداً درگیر ساختارهایی غیرمنعطف کرده‌اند؛ به‌گونه‌ای که دشوار است به یک مشکل مربوط به مدیریت منابع آبی فکر کرد که در حل آن یک مدل درگیر نباشد. این نوشتار تلاش دارد با بهره‌گیری از روش تحلیل محتوای کیفی، ضمن تعیین روند تحقیقات علمی در مدل‌سازی منابع آب، نگاه حاکم بر مدل‌های مختلف را بررسی کند. تحلیل محتوای مقالات انتشار یافته در مجله‌ی تحقیقات منابع آب از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵ نشان داد که در مدل‌سازی منابع آب سطحی بر ارزیابی مدل تمرکز بیشتری است، درحالی که در آب‌های زیرزمینی دغدغه‌ی دستیابی به مدلی بهینه برای بهره‌برداری بیشتر، حاکم است. بررسی اهداف مدل‌سازی نشان‌دهنده‌ی عدم اجماع در انتخاب مدلی بهینه است که می‌توان آن را به‌دلیل ماهیت مدل و پدیده‌ی مورد بررسی دانست. بنابراین، پیشنهاد می‌شود با ارائه‌ی یک ابر مدل به‌منظور یکپارچه سازی و ایجاد تسلسل در خروجی مدل‌های منابع آب گام نهاد. ضرورت نیل به چنین ابرمدلی (۱) نگاه یکپارچه بر مدل‌های منابع آب (۲) درهم پیچیدگی‌های شرایط اقلیمی و طبیعی کشور و (۳) منشاء و کاربردهای متکثر (۴) درهم پیچیدگی و تکثرهای سازمانی است که تلاش می‌کند جهت حرکت از «تخمین به تخصیص» را به «هدف به تخمین» در منابع آب تغییر دهد.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی، منابع آب، تحلیل محتوا، مجله تحقیقات منابع آب ایران، ابر مدل.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۲/۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۸/۵

1- Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. Email: holisaz@hormozgan.ac.ir

2- Ph.D. Student in Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

*- Corresponding Author

۱- استادیار گروه منابع طبیعی- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان.

۲- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی- دانشگاه هرمزگان.

*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۳۹۷ امکانپذیر است.

۱- مقدمه

هیدرومتئورولوژی تمرکز کرده‌اند، مفاهیم اولیه انجام پژوهش گردآوری شد، سپس با تمرکز بر مفاهیم مورد نیاز برای نیل به اهداف پژوهش و تعریف سه کد برتر (جدول ۲)، کدهای باز متون مورد مطالعه مشخص و با طبقه‌بندی کدهای بازی که ارتباط معناداری با یکدیگر داشتند، کدهای محوری استخراج گردید، در نهایت با تعیین کدهای هسته‌ای و تحلیل آن‌ها نتایج نهایی تحقیق ارائه شد.

۳- نتایج

نتایج حاصل از تحلیل محتوا (جدول ۳) نشان می‌دهد که در مدل‌سازی منابع آب سطحی، کاربران همواره با سه هدف ۱. دستیابی به روش‌های مناسب برای حفاظت از منابع آبی ۲. سنجش و ارزیابی مدل و ۳. دستیابی به راهبره‌هایی برای تخصیص و مدیریت منابع آب، مدل‌های مختلفی را انتخاب و استفاده می‌کنند که در بین اهداف بیان شده، سنجش و ارزیابی مدل و استفاده از نتایج آن‌ها برای تخصیص و مدیریت منابع آبی اهمیت بیشتری دارند. در منابع آب زیرزمینی نیز سه هدف ۱. حفاظت از منابع آب و تخمین میزان آلودگی سفره‌های آبی ۲. تخمین میزان آب و نوسانات سطح آب و ۳. بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی از مدل‌های مختلفی دنبال می‌شود و کاربر در هنگام کاربرد مدل برای نیل به اهداف خود، همواره دغدغه‌ی انتخاب مدل مطلوب، تعیین مدل بهینه و ارزیابی نتایج مدل را نیز دارد. در مطالعات هیدرومتئورولوژی با اینکه کاربران دو هدف ۱. شبیه‌سازی فرآیندهای هواشناسی و هیدرولوژی ۲. سنجش و ارزیابی مدل را دارند اما بیشتر بر تعیین کارایی، آزمون مدل‌های مختلف و تعیین عدم قطعیت مدل‌ها تمرکز می‌کنند و با انجام فرآیندهای واسنجی، صحت‌سنجی و آنالیز حساسیت، به دنبال افزایش کارایی مدل‌های انتخابی به منظور افزایش اعتمادپذیری به نتایج آن‌ها هستند.

حاکم شدن این تفکر که بدون مدل‌سازی هرگز نمی‌توان جهان را با دقت کامل شناخت (Jørgensen and Bendoricchio, 2001) استفاده از مدل را به‌عنوان ابزاری جهت درک برخی از رفتارهای سیستم‌های هیدرولوژیکی الزامی کرده است (Chong, 2002)، به‌طوری که امروزه دشوار است به یک مشکل مربوط به مدیریت منابع آبی فکر کرد که در حل آن یک مدل درگیر نباشد (Singh and Donald, 2006). بررسی ادبیات مدل‌سازی فضای نسبتاً دوقطبی را در نگاه به مدل‌سازی نشان می‌دهد، به‌عنوان مثال Singh and Frever (2006) بیان می‌کنند که مدل‌های آبخیزی برای پیشرفت خود در آینده باید صراحتاً روشن کنند که چه می‌توانند و چه نمی‌توانند بکنند. (Beven 2006) نقطه‌ی شروع هر مدل‌سازی را درک ماهیت واکنش‌های حوزه‌ی آبخیز می‌داند و بیان می‌کند که یک مدل باید مبنایی در واقعیت داشته باشد. (Mirchi 2006) بیان می‌کند که رویکرد سیستمی، چارچوبی برای دیدن الگوهای تغییر است، لذا با استفاده از ابزارهای کمی و کیفی می‌توان رفتارهای سیستم را در طول زمان توضیح داد.

۲- روش تحقیق

این پژوهش با بهره‌گیری از روش تحلیل محتوای کیفی با رویکرد استقرایی، تلاش دارد ضمن تعیین روند تحقیقات علمی در مدل‌سازی منابع آب، نگاه حاکم بر مدل‌های مختلف را بررسی کند. در این راستا با بررسی مجموعه مقالات انتشار یافته از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵ در مجله‌ی تحقیقات منابع آب ایران (جدول ۱) و انتخاب مقاله‌هایی که بر کاربرد مدل و مدل‌سازی در منابع آب سطحی و زیرزمینی و مطالعات

Table 1- Classification of articles in Iran-Water Resources Research Journal (2005-2016)

جدول ۱- طبقه‌بندی مقاله‌های مورد بررسی در مجله تحقیقات منابع آب ایران (۱۳۸۴-۱۳۹۵)

Year	All Published Articles	Articles Reviewed					No. of Articles Reviewed	
		Surface Water	Groundwater	Conjunctive water Resources	Management and Planning	Model Evaluation		Hydrometeorology
2005	29	7	-	1	4	6	1	19
2006	26	6	3	-	2	4	1	16
2007	26	5	1	1	3	3	2	15
2008	23	3	-	1	4	2	2	12
2009	34	5	3	-	2	5	-	15
2010	28	3	1	2	3	4	1	14
2011	26	8	3	2	2	3	-	18
2012	28	2	3	1	3	4	-	13
2013	29	2	3	-	2	5	2	14
2014	29	3	1	2	4	3	2	15
2015	36	4	5	1	2	6	1	19
2016	56	7	4	3	6	8	5	33

Table 2- Codes and subcodes identification for published articles in Iran-Water Resources Research Journal

جدول ۲- کد و زیرکدهای تعریف شده برای مقاله‌های منتشر شده در مجله تحقیقات منابع آب ایران

Superior code	Subcode	Subject	Superior code	Subcode	Subject	Superior code	Subcode	Subject
A	A ₁	Water resources protection	B	B ₁	Water resources protection	C	C ₁	Simulation of processes
	A ₂	Water amount estimation		B ₂	Water amount estimation		C ₂	Model evaluation
	A ₃	Allocation and management of water resources		B ₃	Exploitation of water resources		-	-
	A ₃	Model evaluation		B ₄	Model evaluation		-	-

فرآیندمحور، توزیعی، نیمه‌توزیعی، تجمیعی و غیره] طبقه‌بندی کنند. بررسی این طبقه‌بندی‌ها نشان می‌دهد تمایز صریح و دقیقی بین انواع مدل‌ها وجود ندارد، به عبارتی تمایز بین مدل‌های مختلف زیاد حد نیست و تا حدودی ذهنی است و بسیاری از انواع مدل‌ها صرفاً بازی با لغت‌های مختلف‌اند.

عدم اجماع در معنا و مفهوم مدل باعث می‌شود با به‌وجود آمدن اختلاف نظر، انواعی از طبقه‌بندی‌های مختلف ایجاد شود، در حالی که ساختار مدل مشابه یا حتی ممکن است یکسان باشد. به‌عنوان مثال در طبقه‌بندی که Mulligan and Wainwright (2004) ارائه کردند مدل‌های مکانیستی^۱ و فیزیک‌مینا^۲ را کاملاً متفاوت معرفی می‌کنند، درحالی‌که (Devi et al. 2015) مدل‌های فیزیک‌مینا را همان مدل‌های مکانیستی و جعبه‌سفید^۳ می‌دانند و مدل‌های مفهومی^۴ و پارامتری^۵ را یکسان تلقی می‌کنند. ممکن است این تغییر در طبقه‌بندی‌ها را مبنی بر عمیق‌تر شدن دانسته‌های مدل‌سازان دانست که با افزایش درک‌شان طبقه‌بندی جامع‌تری را ارائه کرده‌اند؛ اما باید توجه داشت که ارائه‌ی طبقه‌بندی جدید در صورتی مثبت است که تغییر نظرات همگرا باشد تا بتوان تحلیل‌های دقیق‌تری را ارائه کرد؛ اما بسیار پیش می‌آید که گستردگی طبقه‌بندی‌ها باعث می‌شود که کاربران بیشتر دغدغه‌ی انتخاب مدل را داشته باشند و با ارزیابی مدل‌های مختلف به‌دنبال انتخاب مدل کارآتر باشند. چنانچه تحلیل محتوای مقاله‌های منتشر شده در مجله‌ی تحقیقات منابع آب ایران نیز گواه این موضوع است و نتایج نشان داد که کاربران با انتخاب مدل‌هایی که کارایی آن‌ها قبلاً تعیین شده‌است به مقایسه‌ی نتایج حاصل از مدل‌های مختلف به‌منظور انتخاب مدلی بهینه می‌پردازند و در بسیاری از موارد با اضافه کردن پارامترهای جدید، تغییر داده‌های ورودی، مدل انتخاب‌شده را برای منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی خود تعدیل می‌کنند یا با انجام فرآیندهای واسنجی و صحت‌سنجی، قابلیت شیبه‌سازی

۴- نتیجه‌گیری و بحث

۴-۱- روند مدل‌سازی منابع آب

بررسی پژوهش‌های منتشر شده، نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که هدف اصلی توسعه و تغییرات گسترده‌ی مدل‌سازی منابع آبی، وجود نقص و عدم پاسخ‌گویی مدل‌های قبلی و عدم اجماع در انتخاب مدلی بهینه است، این عدم اجماع در انتخاب مدلی بهینه را می‌توان به دو دلیل دانست. الف) ماهیت مدل: از آنجایی که مدل منعکس‌کننده‌ی درک مدل‌ساز از سیستم و فاکتورهایی که برای تأثیر دینامیک آن درک شده‌اند، است (Dale, 2003) نمی‌تواند اطلاعاتی بیشتر از اطلاعات موجود در داده‌هایی که برای ساخت آن به کار رفته است را داشته باشد (Sing, 2002). صحت پیش‌بینی‌های آن نیز به این موضوع وابسته است که ساختمان مدل تا چه اندازه خوب تعریف شده است و پارامترهای آن تا چه میزان به واقعیت نزدیک‌تر باشند (Liu et al. 2005)؛ اما کم پیش می‌آید یک مدل‌ساز مجبور شود که اعتراف کند پیش‌بینی‌های‌اش اشتباه است، چرا که آن‌ها همیشه با ایجاد نسل‌های جدیدی از مدل‌ها، پیش‌بینی‌های‌شان را اصلاح می‌کنند (Beven, 2009). باید در نظر داشت که توسعه بیش از حد مدل‌ها، خطر داشتن درجه‌ی بالایی از عدم قطعیت را به دنبال دارد (Merrit et al. 2003) و با پیچیده‌کردن بیشتر مدل‌ها تنها حس اشتباه اطمینان حاصل می‌شود (Dale, 2003)؛ چرا که متغیرهای ورودی و پارامترهای مدل از منابع ذاتی عدم قطعیت هستند و عدم قطعیت مزیت داشتن نمایش واقعی‌تر فرآیندها را نفی می‌کند (Merrit et al. 2003). با این حال با توسعه‌ی روزافزون مدل‌سازی‌ها، حجم زیادی از انواع مدل‌های مختلف تولید و فضای مدل‌سازی به سمتی حرکت کرده که انواعی از تعاریف و دسته‌بندی‌ها برای مدل‌ها ایجاد گردد، لیکن بسیاری از مؤسسات مانند: دفتر احیای ایالات متحده و محققانی مانند: Beven, Jayawardena, Van Beek, Chong، تلاش کردند آن‌ها را در دسته‌هایی متفاوتی [فیزیک‌مینا، تجربی،

Table 3- Axial and base codes in water resources studies (surface water, groundwater and hydrometeorology)

جدول ۳- کدهای محوری و هسته‌ای در مطالعات منابع آب (آب سطحی، آب زیرزمینی و هیدرومتئورولوژی)

Surface water resources Studies		Groundwater Resources Studies		Hydrometeorology	
Axial code	Base code	Axial code	Base code	Axial code	Base code
Water quality issues, Prediction, Forecasting, Planning. Sediment load forecasting, Optimal model. Pollution distribution function. Water quality, Salinity assessment. Lake elevation, Planning. Water and soil protection, Erosion and sediment estimation.	Water Resources Protection	Favorite models, Effective withdrawal. Groundwater budget. Withdrawal management, Planning, Aquifer management, Optimal model introduction. Model optimization, Determining the optimum pumping rate. New algorithm for decision making, Management and withdrawal planning. Water transfer, Determine optimal model. Increasing of withdrawal, Potential withdrawal, Uneven water distribution. Exploitation model for water resources. Exploitation, Economic impacts, Decreasing in withdrawal costs. Water table forecasting, Model evaluation. Water table calculation, Groundwater exploitation.	Exploitation of Water Resources	Storm simulation, Peak discharge of flood. Storm days' estimation. Precipitation estimation. Evaporation estimation, Determination of water budget. Spatio-temporal considerations in estimation of precipitation.	Simulation of Processes
Optimal model selection, River discharge. Model optimization, Model calibration. Model validation, Sensitivity analysis. Model introduction for groundwater withdrawal. Model uncertainty, Model uncertainty plus calibration. Develop and introduce a suitable algorithm. Assessment of accuracy, Model performance, Model optimization. Model uncertainty analysis, Optimal range of parameters. Confidence level of the model results. Successful application of model, Increase in model performance and efficiency. Comparison of model applicability, Optimal model selection.	Model Evaluation	Calculation of hydrological parameters in aquifers, Determination of model efficiency Artificial charge, Model performance evaluation, Optimal model selection. Estimation of changes in groundwater level. Model introduction, Estimation of water level fluctuations, Planning. Saltwater intrusion control, Model performance. Pollution of aquifers, Determining of optimal model. Evaluation of groundwater vulnerability. Simulation of saltwater intrusion and pollution transfer. Determination of aquifer pollution, Model evaluation. Groundwater reclamation, Water treatment solution.	Water Amount Estimation	Simulation of meteorological variables, Water resources risk management Model calibration and verification, Model performance. Precipitation forecasting, Drought evaluation, Evaluation of model precision and accuracy. Quantification of model reliability, Hydrological processes and prediction of their interactions. Model introduction, Exploitation precipitation, Planning. Sound prediction of precipitation, Advancement in understanding of primary conditions, Advancement in model configuration. Model efficiency, Economic value forecasting, Reliability of model predictions. Model performance, Estimation of long-term evaporation. Model validation, Sensitivity analysis, Hydrologic elements. Model uncertainty analysis, Economic uncertainty, Hydraulic uncertainty. Modeling, Model verification, Test of models. Advances in precipitation forecasting. Model uncertainty, Estimation of precipitation and temperature. Model uncertainty evaluation, Optimal model selection, Climate change. Estimation of precipitation and runoff.	Model Evaluation
Best management solution through modeling, Economic analysis of options. Planning for optimal distribution, Water supply management. Water demand estimation, Economic parameters. Long-term planning, Optimization of exploitation. Management actions, Decision support system, Assessment of regulations. Water pricing, Promotion policies, Profit maximization. Social and economic comparison, Economic evaluation of projects. Optimization of water allocation, Maximization of incomes.	Allocation and Management of		Water Resources Protection		

مد نظر قرار داده و به ارائه‌ی الگوریتم‌های جدید می‌پردازند اما همواره باید در نظر داشت که عدم وجود توافق در خصوص بعضی از اصطلاحات و طبقه‌بندی‌های مختلف باعث می‌شود که بسیاری از کاربران تنها دغدغه‌ی تعدیل و تغییر مدل یا ارائه‌ی مدل آماری جدیدتری را داشته باشند و فراموش می‌شود که مدل‌ها واقعیت نیستند. (ب) پدیده‌ی مورد بررسی: محیط‌زیست یک مجموعه‌ی پیچیده از تعاملات فیزیکی، شیمیایی و فرآیندهای بیولوژیکی است که بسیاری از

فرآیندهای مختلف را در منطقه‌ی مورد بررسی به کمک آن مدل ایجاد می‌کنند. در بعضی از موارد مبتنی بر شيوه‌های آماری مانند رگرسیون، اقدام به مدل‌سازی کرده و به دنبال ارائه‌ی الگوریتمی جدید و منطقه‌ای هستند. اعتقاد آن‌ها بر این است که پیچیدگی پدیده‌ی مورد بررسی، ساختار و ویژگی‌های فیزیوگرافی منطقه‌ی مورد مطالعه، اجازه‌ی نیل به اهداف خاص آن‌ها را نمی‌دهد؛ لذا با اتخاذ سیاست‌های تدوینی و رویکردهای جدیدتری برای مدل‌سازی، متغیرهای مستقل دیگری را

اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی نیز در مدل‌سازی‌ها اولویت داشته باشند، در این صورت است که مشخص می‌شود کدام مدل با قابلیت‌هایی که دارد برای مدیریت منابع آب کارآتر است. ضرورت نخست در نیل به مختصات این چارچوب کلان «یکپارچه‌سازی» «تسلسل» و قرارگیری هر کدام از مدل‌ها درون یک زنجیره‌ی کاملاً مفهومی از خود مدل‌ها است، به عبارت دیگر لازم است که علاوه بر نگاه یکپارچه به «منابع آب» (۱) نخست نگاه یکپارچه بر «مدل‌های منابع آب» در نظر گرفته شود. علل بعدی درون چنین ساختار زنجیره‌واری از مدل‌ها، امکان توجه به (۲) درهم پیچیدگی‌های شرایط اقلیمی و طبیعی متکثر کشور و (۳) منشاء و کاربردهای متکثر اما مرتبط و در نهایت (۴) درهم پیچیدگی و تکثرهای سازمانی (بین و درون سازمانی) نهادهای متولی و بهره‌بردار از «منابع آب» وجود خواهد داشت. همان‌طور که تلاش شد با بررسی وجوه کارکردی و کارایی مدل‌ها نشان داده شود، روش‌شناسی این چارچوب کلان و نیل به ضرورت پیش‌گفته لازم است در سطحی بالاتر از ساختار سنتی مدل‌ها در منابع آب صورت گیرد. این سطح بالاتر (ابرمدل) می‌تواند در تحقیقات بعدی نقد و تبیین شود اما می‌توان در گام نخست شکل ۱ را به عنوان پیشنهاد اولیه مورد بررسی قرار داد. کارکرد این ابرمدل مرتبط ساختن تمامی خروجی‌های مدل‌های سنتی منابع آب با عنایت به ساختارهای ویژه‌ی سیاسی، اقتصادی، اکولوژیکی و در نهایت هیدرولوژیکی در ایران است. روند این ابرمدل تلاش می‌کنند جهت حرکت از «تخمین به تخصیص» را به «هدف به تخمین» در منابع آب تغییر دهد.

فرآیندهای موجود در آن ذاتاً غیرخطی هستند (Wainwright and Mulligan, 2004). پیش‌بینی‌های بلندمدت برای سیستم‌هایی که رفتارهای آشفته‌ای را نشان می‌دهند نیز غیرممکن است (Jørgensen and Bendoricchio, 2001)، بنابراین وجود پیچیدگی بیش‌از حد سیستم‌های هیدرولوژیکی و غیرممکن بودن درک تمام جزئیات آن‌ها (Chong, 2002) به همراه عدم قطعیت ذاتی که در این سیستم‌ها وجود دارد (Berkes et al. 2003)، شناخت یا کنترل برخی از جوانب رفتار آن‌ها را سخت می‌کند (Sing, 2002)، با این حال با گستردگی مدل‌سازی‌ها، اغلب فراموش می‌شود که سیستمی را که ماهیت پیچیده‌ای دارد را نمی‌توان با ابزاری که ذات آن دارای محدودیت است به‌طور کامل مورد بررسی قرار داد.

۴-۲- ضرورت ابرمدل

در مدل‌سازی منابع آب لازم است در ابتدا به چارچوب روش‌شناختی مدل‌هایی که قرار است استفاده شوند، توجه کرد، چرا که عدم وجود چارچوبی جامع به‌منظور ارزیابی تطابق‌پذیری این چارچوب مفهومی برای انتخاب مدل که بتوان بر اساس آن دست به انتخاب مدل زد، باعث می‌شود موفقیت‌چندانی در کاربرد نتایج مدل‌ها برای مدیریت منابع آب ایجاد نشود، بنابراین پیشنهاد می‌شود با ارائه‌ی مبنایی برای انتخاب مدل، بتوان یک نظم منطقی در جهت شناخت شرایط انتخاب و کاربرد مدل‌ها ایجاد و در راستای مدیریت بهتر منابع آب گام نهاد، اما باید در نظر داشت که نیل به این چارچوب مفهومی در صورتی در بلندمدت موفق است که علاوه بر رویکردهای فنی، مسائل سیاسی،

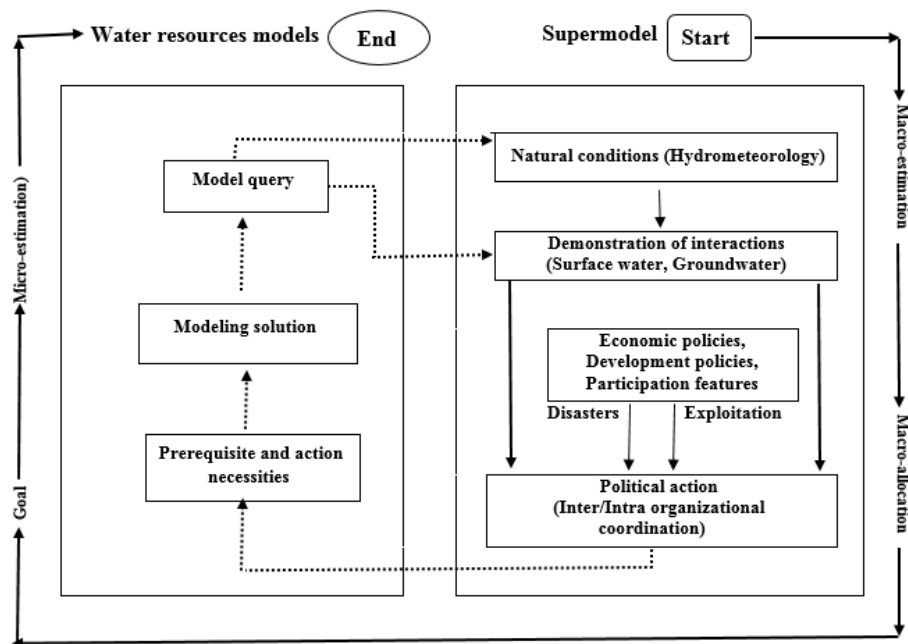


Fig. 1- Proposed water resources supermodel in terms of integrating model outcomes

شکل ۱- ابرمدل پیشنهادی منابع آب به‌منظور یکپارچه‌سازی خروجی مدل‌ها

تحقیقات منابع آب ایران، سال چهاردهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷

Volume 14, No. 1, Spring 2018 (IR-WRR)

Iran-Water Resources Research Journal (2011) volume 7:1 & 7:2 & 7:3 & 7:4 (In Persian)

Iran-Water Resources Research Journal (2012) volume 8:1 & 8:2 & 8:3 (In Persian)

Iran-Water Resources Research Journal (2013) volume 9:1 & 9:2 & 9:3 (In Persian)

Iran-Water Resources Research Journal (2014) volume 10:1 & 10:2 & 10:3 (In Persian)

Iran-Water Resources Research Journal (2015) volume 11:1 & 11:2 & 11:3 (In Persian)

Iran-Water Resources Research Journal (2016) volume 12:1 & 12:2 & 12:3 & 12:4 (In Persian)

Jayawardena A W (2010) Environmental and hydrological systems modeling. Taylor & Francis Group

Jørgensen S E, Bendricchio G (2001) Fundamentals of ecological modeling. Elsevier science

Liu Y B, Batelaan O, De Smedt F, Poórová J, Velcická L (2005) Automated calibration applied to a GIS based flood simulation model using PEST. Taylor-Francis Group, 317-326

Mirchi A (2013) System dynamics modeling as a quantitative qualitative frame work for sustainable water resources management: insights for water quality policy in the great lakes region. Dissertation, Michigan Technological University

Singh V p, Frevert D K (2006) Watershed models. Taylor & Francis Group

Singh V p (2002) Hydrologic systems, translated by Mohammadreza Najafi. University of Tehran Press (In Persian)

Wainwright J, Mulligan M (2004) Environment modeling: finding simplicity in complexity. John wily & Sons

- 1- Mechanistic Models
- 2- Physically Based Models
- 3- White Box Models
- 4- Conceptual Methods
- 5- Parametric Models

۵- مراجع

Berkes F, Colding J, Folke C (2003) Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change. Cambridge University Press

Beven K (2009) Environmental modeling: An uncertain future? An introduction to techniques for uncertainty estimation in environmental. Taylor & Francise Group

Chong Y X (2002) Text book of hydrologic models. Uppsala University

Dale V H (2003) Ecological modeling for resource management. Springer- Verlag New York

Devi G K, Ganasri B P, Dwarakish G S (2015) A review on hydrological models. International conference on water resources, coastal and ocean engineering (ICWRCOE), aquatic procedia 4:1001-1007

Iran-Water Resources Research Journal (2005) volume 1:1 & 1:2 & 1:3 (In Persian)

Iran-Water Resources Research Journal (2006) volume 2:1 & 2:2 & 2:3 (In Persian)

Iran-Water Resources Research Journal (2007) volume 3:1 & 3:2 & 3:3 (In Persian)

Iran-Water Resources Research Journal (2008) volume 4:1 & 4:2 & 4:3 (In Persian)

Iran-Water Resources Research Journal (2009) volume 5:1 & 5:2 & 5:3 (In Persian)

Iran-Water Resources Research Journal (2010) volume 6:1 & 6:2 & 6:3 (In Persian)