



فصلنامه علمی - پژوهشی سیاست‌گذاری عمومی، دوره ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، صفحات ۲۰۲-۱۸۳

راه‌حل مدل-بنیان برای مدیریت منابع آب و خاک: فرصت‌ها و تهدیدها

ساجده صفی‌خوانی^۱

دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه هرمزگان

ارشک حلی‌ساز

استادیار مهندسی منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان

عبدالرضا بهره‌مند

دانشیار مرتع و آبخیزداری دانشگاه گرگان

مهدی بی‌نیاز

مریی مهندسی منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان

(تاریخ دریافت: ۹۸/۴/۵ - تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۲)

چکیده

با پیشرفت جهان به سمت روند مدل‌محور، مدیریت طبیعت بیش از پیش درگیر ساختارهای الگویی شده‌است و امروزه شناخت محیط‌زیست چنان در قالب مدل‌سازی متجسم می‌شود که مدل ابزار مبنایی این شناخت تلقی می‌شود. لذا این پژوهش با بهره‌گیری از تحلیل محتوا کیفی و تأکید بر مدل‌سازی منابع آب و خاک تلاش دارد که نشان‌دهنده مقبولیت مدل‌ها متناظر است با اندیشه‌ها و سیاست‌های اقتصادی-توسعه‌ای. نتایج تحلیل محتوا بیان‌کننده‌ی تعریف مدل به‌عنوان ابزار منعکس‌کننده عملکرد سیاست‌های محیط‌زیستی مدیران و سیاست‌گذاران است. استخراج چهار رابطه‌ی اساسی بین نگاه سیاستی و چارچوب مدل‌های محیطی نیز حاکی از آن است که مدل قادر به ادامه‌ی شناخت کامل چارچوب معرفتی محیط‌زیست برای تحلیل نیست. درحالی‌که تلاش دارد که روابط بین فرآیند سیاست‌گذاری و فرآیندهای طبیعی را مفهوم‌سازی کند. به شکلی که سیاست‌گذار وظیفه سیاست‌گذاری را به بهترین شیوه انجام دهد و وقتی موازنه نابهینه در اعمال‌های مدیریتی‌اش وجود دارد، راه‌حلی برای بهینه‌شدن آن ارائه دهد.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی، تحلیل محتوا، سیاست‌گذاری، مدیریت محیط‌زیست.

مقدمه

علی‌رغم آن‌که بسیاری از حکومت‌ها بخش قابل توجهی از مخارج عمومی خود را برای پایش، حفاظت و احیای محیط‌زیست هزینه می‌کنند و در طول چهار دهه گذشته به‌وضوح می‌توان نقش پایدار و به‌سرعت گسترش‌یابنده آن‌ها را در مبارزه با تخریب محیط‌زیست مشاهده کرد اما نه تنها جهت روند تخریب محیط‌زیست مثبت است بلکه نتوانسته‌است سرعت فرآیندهای تخریب محیط‌زیست را کاهش دهد (Duit, 2014a). حتی افزایش استفاده‌ی مدیران از دانش فنی، به‌منظور شبیه‌سازی حالات مختلف ارزیابی نتایج تصمیم‌های مدیریتی محیط‌زیست که با خلاصه‌کردن اطلاعات محیط‌زیستی، مشخص کردن شکاف‌های علمی و تلاش برای از بین بردن شکاف‌ها به‌وسیله مدل‌های محیطی همراه بوده، نتوانسته‌است موفقیت چندانی حاصل کند (Duit, 2005) و سرعت فرآیندهای تخریب محیط‌زیست را کاهش دهد (Duit, 2014a) که نتیجتاً باعث مُردد بودن محققان در تعمیم نتایج مدل‌سازی‌های محیطی برای شناسایی و در نظر گرفتن اثرات فرآیندهای تخریب محیط‌زیست در تصمیمات سیاستی می‌شود. در حقیقت، پیچیدگی طبیعت و غیرممکن بودن پیش‌بینی بلندمدت برای سامانه‌های فیزیکی نسبتاً ساده که رفتار آشفته‌ای را نشان می‌دهند این تفکر را در بین محققان ایجاد کرده‌است که بدون مدل‌سازی نمی‌توان جهان را با دقت کامل شناخت (Jørgensen, 2001). با حاکم شدن این تفکر که هیچ بخشی از جهان به آن سادگی نیست که بدون کوچک و محدود کردن آن را درک کرد، مدل، اصلی مرکزی در روش‌های علمی قرار گرفت (سینگ، ۱۳۸۱) و با ظهور کامپیوترها و بروز دو انقلاب شبیه‌سازی عددی و شبیه‌سازی آماری (Singh and Donald, 2006)، جهان به سمت یک روند مدل‌محور پیش رفت (Kuhne, 2005) و امروزه شناخت محیط‌زیست چنان در قالب مدل‌سازی متجسم می‌شود که مدل تبدیل به یگانه ابزار مبنایی این شناخت می‌شود (Wainwright and Mulligan, 2004). با پذیرش نقش ادامه‌دار و حیاتی دولت و گروه‌های مختلف اجتماعی در حل چالش‌های محیط‌زیستی و این‌که فرآیندهای سیاستگذاری و برنامه‌ریزی‌های محیط‌زیستی آن‌ها، بر مبنای شناخت صحیح از فرآیندهای موجود در طبیعت است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۷)، پس دولت و گروه‌های مختلف اجتماعی نیز ملزم به استفاده و بهره‌برداری از نتایج دانش فنی مدل‌های محیطی برای شناخت مسائل و مشکلات محیط‌زیستی هستند. به‌عبارتی سیاستگذاری‌های محیط‌زیستی به‌عنوان یکی از زیرمجموعه‌ها و تکنیک‌های سیاستگذاری عمومی دولت، مستلزم فراهم آوردن امکانات نرم‌افزاری برای مدیریت مسائل و مشکلات حوزه محیط‌زیست است. اما این افزایش استفاده از مدل‌های محیطی و گسترده‌گی روزافزون آن، باعث به‌وجود آمدن فضای نسبتاً دوقطبی در نگاه به مدل و مدل‌سازی در ادبیات

علمی شده است. به عنوان مثال Morton (1993) بیان می‌کند بسیاری از مدل‌های مورد استفاده در حوزه مطالعات محیطی دارای نقص هستند، یا به لحاظ نظری نادرستی آن‌ها مشخص است. لذا بهتر است نتایج مدل‌های محیطی مورد پذیرش واقع نشود، چراکه ناهمگنی مقیاس مکانی و زمانی و تغییر گرایش آن‌ها در تقابل با واقعیت‌هایی است که به دنبال آن بوده‌ایم. Dale (2003) هدف اصلی ایجاد و گسترش مدل‌سازی محیطی را کمک به فرآیند تصمیم‌گیری که تحت تأثیر عوامل سیاسی است می‌داند و معتقد است درک نسبتاً آسان بعضی از مدل‌ها آنان را بسیار جذاب و فریبنده کرده است در حالی که این سادگی ممکن است به این معنا باشد که فعل و انفعالات مهم در سامانه به طور کامل مشخص نیستند، لذا با توسعه و پیچیده کردن بیش تر مدل‌ها حس اشتباه اطمینان حاصل می‌شود. Bolker (2007) بیان می‌کند آن چیزی که برای عموم مردم معنی‌دار است، این است که می‌خواهند یاد بگیرند چگونه مدل‌سازی کنند، چراکه شنیده‌اند مدل‌سازی ابزاری قدرتمندی است و فکر می‌کنند مدل‌سازی می‌تواند چیزهایی در مورد یک سیستم به آن‌ها بگوید، در حالی که مطمئن نیستند و واقعاً نمی‌دانند مدل‌سازی چه می‌تواند انجام دهد؟ و کدام نوع از مدل‌ها می‌توانند مفید باشند؟ Morgan و Nearing (2011) مدل را ابزاری علمی جهت افزایش درک چگونگی عملکرد زمین‌سیما^۲ و ارتباط‌دهنده‌ی بین دانش‌ها می‌دانند که به منظور بهبود طراحی سامانه، مدیریت و آماده‌سازی مدیران و برنامه‌ریزان جهت تصمیم‌گیری طراحی می‌شود. Mirchi (2013) بیان می‌کند که مدل، بینشی از جنبه‌های هیدرولوژی، اکولوژی، بیولوژی، محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی را ارائه می‌کند و با تبدیل به عنصری یکپارچه و اساسی برای پروژه‌های مهندسی یا شیوه‌های مدیریتی، برای مدیریت یکپارچه منابع آب و تصمیم‌گیری‌ها ضروری است. Melsen و همکاران (2018) بیان می‌کنند که مدل بدون ارزش^۳ نیست اما نامشخص^۴، ذهنی^۵ و محصولی از جامعه‌ای است که در آن شکل گرفته است. به عبارتی ساده‌تر مدل‌ها ساختارهای فرهنگی، اجتماعی و سیاسی هستند که به لحاظ اجتماعی ساخته شده‌اند. لذا این مدل‌سازی‌ها (به‌ویژه مدل‌های هیدرولوژیکی) به منظور هدایت دستورکار بحث‌های سیاستی است. به عبارتی هر زمان که مدل استفاده می‌شود برای سیاست‌گذاری در مورد برنامه‌ریزی رژیم آب، توزیع آب در آینده، الگوی مدیریت و حکومت منابع آب است و در زمان کاربرد تنوع انسانی، هویت محلی منابع آب، اشکال حکومتی و پیچیدگی سیستم‌های حقوق را نادیده می‌گیرد. حلی‌ساز و همکاران (۱۳۹۷) با تحلیل محتوا مجموعه مقالات انتشار یافته از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵ مجله‌ی تحقیقات منابع آب ایران به این نتیجه دست یافتند که هدف اصلی

2 - Landscape

3 - Value-free

4 - Uncertain

5 - Subjective

توسعه و تغییرات گسترده مدل‌سازی‌های منابع آب، وجود نقص و عدم پاسخ‌گویی مدل‌های قبلی و عدم اجماع در انتخاب مدل بهینه به دلیل ماهیت مدل و پدیده مورد بررسی است. به عبارتی دقیق‌تر خروجی‌های محاسباتی مدل‌های هیدرولوژیکی نتوانسته‌است به‌عنوان ورودی مدل‌های تصمیم‌گیری در حوزه منابع آب استفاده شوند و عموم مدل‌ها و نرم‌افزارها دغدغه‌ی تخمین بهتر و دقیق‌تر منابع آب را داشته‌اند بدون آن‌که این تخمین‌ها در فرآیند سیاستگذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌ها وارد شوند. نتیجتاً با وجود ارتقاء روش‌ها و نتایج محاسباتی در تخمین منابع آب توسط مدل‌های هیدرولوژیک پیچیده‌تر، بازخوردی در شیوه‌ها و اصول سیاستگذاری‌های منابع آب دیده نمی‌شود. بنابراین به یک «ابرمُدل»^۶ مستولی بر مدل‌های هیدرولوژیک نیاز است تا بتوان ابتدا سیاست کلان پاسخ‌گو به نیازهای آبی را تدوین کرد و سپس برای اجرایی کردن و کاربست آن سیاست‌های تدوین‌شده، مدل عملیاتی، انتخاب و اجرا و بهینه شود. ضرورت نیل به چنین ابرمُدل (۱) نگاه یکپارچه بر مدل‌های منابع آب، (۲) درهم پیچیدگی‌های شرایط اقلیمی و طبیعی کشور، (۳) منشاء و کاربردهای متکثر و (۴) درهم پیچیدگی و تکثرهای سازمانی (بین و درون سازمانی)، نهادهای متولی، اجتماعات محلی و سنت‌های دیرینه‌ی آن‌ها در بهره‌برداری از منابع آب است. در میان چنین فضایی، با توسعه روزافزون مدل‌سازی‌ها، مدل به‌عنوان ابزاری در علوم و تحقیقات طبیعی توسعه یافت و یکی از روش‌های مطالعه اکوسامانه‌ها^۷ شد (Jørgensen, 2001). نتیجتاً بیش‌تر کشورها بر مبنای وضعیت طبیعی خود اقدام به مدل‌سازی می‌کنند و موافق استفاده از مدل هستند (Kuhne, 2005). در این بین باید توجه داشت که مدل بر جنبه‌های تمثیلی [ابزارانگاران] جهان تأکید دارد تا جنبه‌های بازنمایی مستقیم [واقع‌گرایانه] و یک مدل‌ساز پیش‌تر و بیش‌تر از هر کسی می‌داند مدلی که ساخته‌است کامل نیست و نقص‌های کم یا زیادی دارد (حلی‌ساز، ۱۳۸۹) اما کم پیش می‌آید مدل‌ساز مجبور شود که اعتراف کند پیش‌بینی‌های‌اش اشتباه است، چراکه با ایجاد نسل‌های جدید از مدل، آن‌ها را اصلاح می‌کند (Beven, 2009). بنابراین جدا از هر نقدی که می‌توان بر مدل‌سازی وارد کرد، این پژوهش با این فرض که مقبولیت مدل‌ها متناظر با اندیشه‌ها و سیاست‌های اقتصادی-توسعه‌ای است، سعی دارد که به این پرسش‌ها پاسخ دهد آیا استفاده از مدل می‌تواند نقش برجسته‌ای در بهبود شناخت منابع آب و خاک داشته‌باشد؟ به عبارتی مدل‌های محیطی توان پاسخ‌گویی و شناخت مناسب به سیاستگذاران و برنامه‌ریزان را دارند؟

6 - Supermodel

7 - Ecosystem

مواد و روش‌ها

نقش مهم آب در اقتصاد جهانی (Environmental Protection Agency Office of Water,) (2014) و تلقی آن به‌عنوان موتور محرک امنیت غذایی (Shannon and etal, 2008) و همچنین نقش اساسی خاک در حفظ تنوع زیستی، حفظ و پیشرفت زندگی انسانی و تحقق امنیت غذایی و مشکلات و هزینه‌های ناشی از فرسایش خاک (FAO, 2018) باعث شد که برای پیدا کردن ارتباط بین ساختار و اهداف مدل‌سازی، بیش‌ترین تأکید این پژوهش بر مدل‌سازی منابع آب و خاک باشد. از آن‌جا که این پژوهش به دنبال تولید داده و تحلیل آماری نیست و نیل به پاسخ پرسش مطرح‌شده مستلزم آگاهی و تسلط بر متون و تحقیقات مرتبط با مدل‌سازی منابع آب و خاک و تفسیر محتوای موجود در آن‌هاست، لذا تحلیل محتوا کیفی به‌عنوان روش‌شناسی انجام این پژوهش انتخاب شد. چراکه تحلیل محتوا روشی است که بر تفسیر محتوای پنهان متن و داده‌ها تمرکز می‌کند و با کشف معانی بنیادین در پیام سروکار دارد (تبریزی، ۱۳۹۳). در راستای نیل به حصول نتایج پس از انتخاب و مطالعه کتاب‌ها، مقاله‌ها، پایان‌نامه‌ها و گزارش‌های منتشرشده از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۵ که بر کاربرد مدل و مدل‌سازی در حوزه منابع آب و خاک تمرکز کرده‌اند مفاهیم اولیه انجام پژوهش گردآوری شد. سپس با تمرکز بر مفاهیم مورد نیاز برای پاسخ به پرسش مطرح‌شده، نگاه و اعتقادات مختلف که بر هدف نهایی کاربرد مدل در حوزه منابع آب و خاک وجود دارد، سه کد تعریف گردید (جدول ۱) و کدهای اولیه متون مورد مطالعه مشخص شدند. در گام بعدی با طبقه‌بندی کدهای اولیه‌ای که ارتباط معنادار و نزدیک به هم داشتند، مفاهیم و مقوله‌های اصلی استخراج شدند و در نهایت با بررسی و تحلیل آن‌ها نتایج نهایی تحقیق ارائه شد (جدول ۲). بررسی وضعیت منابع آب و خاک و روند تغییرات آن در طول چند دهه گذشته، با وجود توسعه روزافزون مدل‌سازی‌ها و تولید حجم زیادی از انواع مدل‌های مختلف، باعث شد که نگارندگان در تعریف کد، از اهداف علمی و تخصصی مدل برای بهبود وضعیت منابع آب و خاک صرف‌نظر کنند. به‌عبارتی اهمیت بی‌سابقه زوال منابع طبیعی در مقیاس‌های جهانی، ملی و محلی، رشد فزاینده تخریب محیط‌زیست و نگرانی‌های ناشی از آن، باوجود صرف انرژی و تلاشی که متخصصین برای به‌روزرسانی مدل‌ها می‌کنند، نوعی ابهام را در هدف نهایی مدل‌سازی‌های محیط‌زیستی ایجاد می‌کند، لذا در این پژوهش کدهای تعیین‌شده و جوهی از کاربرد مدل‌ها را در نظر گرفتند که مرتبط با فرآیند سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری بوده است.

جدول ۱ - کد و زیرکدهای تعریف شده برای انجام پژوهش

ردیف	کد	عنوان	زیرکد	عنوان
۱	A	نگاه به مدل سازی	A1	ابزار سیاستگذاری
			A2	ابزار اقتصادی
۲	B	انواع مدل های محیطی	-	مفهوم سازی پارامترها

نتایج

بررسی کدهای اولیه حاصل از تحلیل محتوا از جمله «برنامه ریزی»، «تصمیم گیری»، «سیاست»، «سیاستگذاری»، «مدیریت»، «برنامه ریزان»، «سازمان» و بسیاری موارد قابل ذکر دیگر نشان می دهد که فنون مدل سازی و پیش بینی های حاصل از آن عموماً برای برنامه ریزی، تصمیم گیری و مدیریت منابع آب و خاک است. به عبارتی نتایج حاصل از مدل و فن های جدید مدل سازی برای تفحص و تفسیر برنامه ها، تصمیم گیری ها یا فرآیند سیاستگذاری استفاده می شود و به این ابزارها برای پیش بینی اثرات اقتصادی، اجتماعی و محیطی سیاست های مدیریتی منابع آب و خاک و شبیه سازی تأثیرات آنها تکیه می شود (جدول ۲).

جدول ۲ - نتایج حاصل از تحلیل محتوا منابع داده ای

کد	کدهای اولیه	مفاهیم
A ₁	ایجاد اطلاعات، مدیران، تصمیم گیرندگان و ذی نفعان	مدل ابزاری برای سیاستگذاری است
	گردآوری اطلاعات، مدل، فعالیت های مدیران	
	قدرت نفوذ، تصمیم گیری، برنامه ریزی، تسلط	
	جعبه ابزار، سیاستگذاران، سیاست های مدیریتی آینده	
	برنامه های سیاستی، مدیریت یکپارچه، ترویج ابزار	
	برنامه ریزی، توسعه، طراحی، بهره برداری و مدیریت	
	شبیه سازی موضوعات و اندازه گیری های سیاسی	
	تصمیم گیری، مدیریت، حفاظت منابع	
	غرنال کردن سیاست ها، قدرت نفوذ، تصمیم گیری	
	مدیریت، آماده سازی مدیران و برنامه ریزان، تصمیم گیری	
	نتایج مدل، دولت، سازمان، سیاستگذاری	
	سناریوهای مدیریتی، افزایش درک، افزایش امکان مداخله	
مدل های محیطی، مفهوم سیاست، مشاوران سیاسی		
A ₂	پیش بینی های اقتصادی، پیامدهای اقتصادی، شهرسازی توسعه ای مدل سازی	مدل ابزاری اقتصادی است.
	بهبود منابع طبیعی، ذخیره پول، منابع آب، بهره وری	

مالکان و مدیران منابع، نتایج مدل، بهره‌برداری، ایجاد تغییر در منابع طبیعی
سرمایه‌گذاری، پول، سامانه‌های محیطی، ساختار اقتصادسنجی
سازمان‌های مدیریتی، اعتبارات مالی، حمایت و به‌روزرسانی
توسعه‌ی مدل‌سازی، ایجاد ارتباط، پارامترهای اقتصادی، تخصیص منابع
ملاحظات فنی، اقتصادی، سیاسی، سرمایه‌گذاری، سیستم‌های محیطی
تمرکز ملاحظیات اقتصادی، حامی تصمیم‌گیری، دخالت اقتصادی
پیشرفت‌های تجاری، محدودیت‌های اقتصادی، مداخلات دولت
مدل‌سازی‌های محیطی، کمک‌های مالی، تغییر محیط‌زیست
توسعه مدل‌سازی برای مدیران و مالکان زمین، تأمین منافع سیاستگذاران

بررسی و مفهوم‌سازی متغیرهای ورودی مدل‌های مختلف (جدول ۳) نشان می‌دهند که تمایز صریح و دقیقی بین ورودی‌های مدل‌های مختلف وجود ندارد. به عبارتی تفاوت بین پارامترهای ورودی مدل‌های مختلف زیاد حاد نیست و عموماً از مجموعه متغیرهای نسبتاً یکسان برای پیش‌بینی استفاده می‌کنند و کمتر مدل محیطی را می‌توان یافت که پارامترهای ورودی آن ذیل یکی از پنج شاخه «پوشش، اقلیم، خاک، توپوگرافی و عوامل انسانی» نگنجد. به‌عنوان مثال متغیر انرژی جنبشی باران و حداکثر شدت آن در ۳۰ دقیقه در مدل USLE، انرژی جنبشی باران، شدت و میزان بارندگی در مدل MMF، عمق بارش، زمان بارش و نوع بارش در مدل RPG و ارتفاع متوسط بارندگی سالانه در مدل EPM، همه به‌نوعی به متغیر بارش اشاره دارند و تنها نمود متغیر هواشناختی است که در این چهار مدل متفاوت است. بررسی محدوده مکانی اجرایی مدل نیز نشان می‌دهد با این‌که کشور دارای درهم پیچیدگی‌های شرایط اقلیمی و طبیعی متنوعی است اما کاربران در هم‌همی این محدوده‌ها با شرایط اقلیمی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و طبیعی بسیار متفاوت، از یک نوع مدل هم استفاده کرده‌اند. به‌عنوان مثال EPM مدلی است که در استان‌هایی مثل مازندران، فارس، تهران، کرمانشاه، اردبیل و هرمزگان که شرایط اقلیمی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و طبیعی بسیار متفاوتی دارند، به‌کار رفته‌است که بیان‌کننده این موضوع است که تمرکز اصلی کاربران نه بر شناخت بلکه بر تطابق خروجی‌های مدل با پیش‌انگاره‌های مدیریتی است، چراکه تصمیمات متخذه پیش از آن‌که حاصل درک ساختار مدل و خروجی آن باشند، حاصل پیش‌انگاره‌های ذهنی سیاستگذار و تصمیم‌گیر است. لذا کاربران در درجه نخست با انتخاب مدلی که دسترسی به متغیرهای ورودی آن آسان است، به‌دنبال کاربرد مدلی هستند که توجیه فنی تصمیم‌ها و رویه‌های سیاستی پیشنهادی آن‌ها را سبب شود.

جدول ۳- مفهوم‌سازی متغیرهای ورودی مدل‌های مختلف مرتبط با تخمین فرسایش آبی (آب و خاک)

کد	مدل	نوع مدل			متغیرهای کلی	محدوده مکانی اجرایی مدل
		Morgan and Nearing	Beven	Merritt and et.al		
B	RUSLE	تجربی	-	تجربی	اقلیم، پوشش، خاک، توپوگرافی، عوامل انسانی.	حوزه آبخیز سد ایلام، حوزه آبخیز پگاه سرخ کتوند (خوزستان)، زیرحوزه امامه و ماملو (تهران)، آذربایجان شرقی، حوزه آبخیز جاجرود (تهران)، حوزه آبخیز گابریک (هرمزگان)، حوزه آبخیز سیوند (فارس)، حوزه آبخیز زیارت و قره‌سو (گرگان).
	USLE	جعبه خاکستری، تجمیعی	-	تجربی	پوشش، اقلیم، خاک، عوامل انسانی، توپوگرافی.	خسبیجان (اراک)، سفید دشت (سمنان)، حوزه آبخیز سد قشلاق (کردستان)، حوزه آبخیز پل الماسی (اردبیل)، حوزه آبخیز میناب (هرمزگان)، خراسان رضوی، آذربایجان شرقی، حوزه آبخیز سراسکندر چای (دامنه شرقی سهند).
	EUROSEM	فیزیکی، توزیعی، فرآیند محور، واقعه محور	-	تجربی	اقلیم، خاک، پوشش، توپوگرافی، عوامل انسانی.	زیرحوزه‌های سولیبجان، ونک و طبرک حوزه آبخیز کارون شمالی (چهارمحال و بختیاری)، حوزه آبخیز بازفت (چهارمحال و بختیاری)، زیرحوزه تنگ رواق حوزه آبخیز کارون جنوبی، زیرحوزه تنگ (کهگیلویه و بویراحمد).

کد	مدل	نوع مدل			متغیرهای ورودی	متغیرهای کلی	محدوده‌ی مکانی اجرایی مدل
		Morgan and Nearing	Beven	Merritt and et.al			
	MMF	جعبه خاکستری، تجمیعی	-	-	انرژی جنبشی بارش، شدت بارندگی، میزان بارندگی، ضریب فرسایش‌پذیری خاک، پوشش گیاهی، توپوگرافی.	اقلیم، خاک، پوشش، توپوگرافی	حوزه آبخیز گراز چای خلخال (اردبیل).
	RPG	-	-	-	عمق بارش، زمان بارش، نوع بارش.	اقلیم	حوزه آبخیز رودخانه سیمره (اراک، بروجرد، دزفول، همدان، کنگاور، کرمانشاه، خرم‌آباد، هولیدان).
	SWAT	توزیعی، فرآیند محور	مفهومی توزیعی	فیزیکی	اقلیم، هیدرولوژی، دما و خصوصیات خاک، رشد گیاهان، مواد غذایی، آفت‌کش‌ها، باکتری‌ها و عوامل بیماری‌زا و مدیریت اراضی.	خاک، اقلیم، پوشش، عوامل انسانی، توپوگرافی.	زیرحوزه امامه (تهران)، حوزه آبخیز میناب (هرمزگان)، خراسان رضوی، چهارمحال و بختیاری، حوزه‌ی آبخیز کسلیان (مازندران)، حوزه آبخیز قره‌سو (کرمانشاه).
	WEPP	شبیه‌ساز پیوسته، فرآیند محور	-	فیزیکی	عوامل توپوگرافی، خصوصیات خاک، عوامل اقلیمی، مدیریت اراضی، آبراه‌های منطقه، اطلاعات مربوط به آب و هوا، یخ‌زدن خاک، تجمع برف و ذوب شدن آن، آبیاری، نفوذ، هیدرولیک جریان سطحی، تراز آبی، رشد گیاه، تجزیه‌ی بقایای گیاهی، عملیات کشت‌وکار، استحکام، فرسایش و رسوب.	پوشش، اقلیم، خاک، عوامل انسانی، توپوگرافی.	حوزه آبخیز میناب (هرمزگان)، حوزه آبخیز باراریه نیشابور (مشهد)، حوزه آبخیز سولاچای (اردبیل)، حوزه آبخیز هلايجان (خوزستان)، حوزه آبخیز امامه (تهران)، صوفی چای مراغه (آذربایجان شرقی).

کد	مدل	نوع مدل			متغیرهای ورودی	متغیرهای کلی	محدوده مکانی اجرایی مدل
		Morgan and Nearing	Beven	Merritt and et.al			
B	MUSLE	جعبه خاکستری، تجمیعی	-	تجربی	رواناب (دبی اوج و حجم سیلاب)، ضریب فرسایش پذیری خاک، طول شیب، درجه شیب، عملیات حفاظت خاک، وضعیت پوشش گیاهی	پوشش، اقلیم، خاک، عوامل انسانی، توپوگرافی	حوزه آبخیز افچه (تهران)، حوزه آبخیز پل الماسی (اردبیل)، زیرحوزه‌های رودخانه دویرج (ایلام)، حوزه آبخیز درکه (تهران)، حوزه آبخیز سدکمال صالح (مرکزی)، آذربایجان شرقی، حوزه آبخیز رودخانه شهرچای (آذربایجان غربی).
	IHACRES	-	پارامتری تجمیعی ^{۱۴۱}	تجربی، مفهومی	بارش، دما	اقلیم	حوزه آبخیز قره‌سو (کرمانشاه)، حوزه آبخیز گرگان‌رود (گلستان)، حوزه آبخیز رودخانه کسلیان (مازندران)، آذربایجان شرقی، حوزه آبخیز هرات- یزد، حوزه آبخیز چهل‌چای (گلستان)، حوزه آبخیز کارون (استان‌های چهارمحال و بختیاری، اصفهان، کهگیلویه و بویراحمد، خوزستان و فارس)، زیرحوزه اندیمشک و اهواز (خوزستان)، زیرحوزه یاسوج (کهگیلویه و بویراحمد).

کد	مدل	نوع مدل			متغیرهای ورودی	متغیرهای کلی	محدوده‌ی مکانی اجرایی مدل
		Morgan and Nearing	Beven	Merritt and et.al			
B	MPSIAC	-	-	-	زمین‌شناسی سطحی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، استفاده از زمین، وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوزه آبخیز و فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب.	اقليم، خاک، عوامل انسانی، توپوگرافی، پوشش.	حوزه آبخیز پگاه سرخ کتوند و بابا احمدی (خوزستان)، حوزه آبخیز گل‌گل (گیلان)، حوزه آبخیز درکه و طالقان (تهران)، حوزه آبخیز زیارت (گلستان)، حوزه آبخیز رودخانه کردشیک و چهل چشمه (فارس)، حوزه آبخیز رودخانه سبزکوه (چهارمحال و بختیاری)، حوزه آبخیز بابلرود (مازندران)، حوزه آبخیز سد دز (خوزستان)، حوزه آبخیز تنگ‌کنشت (کرمانشاه)، حوزه آبخیز گل-آباد (اصفهان)، حوزه آبخیز سد ایلام، حوزه آبخیز کنجانچم (ایلام)، تربت‌حیدریه، حوزه آبخیز حیدری (شهرکرد).
	EPM	-	-	-	ضریب استفاده از زمین، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش، ضریب فرسایش حوزه آبخیز، شیب متوسط حوزه، ارتفاع متوسط بارندگی سالانه حوزه آبخیز، ضریب شدت فرسایش، ضریب درجه حرارت.	خاک، توپوگرافی، اقلیم.	حوزه آبخیز سرخ‌آباد و کسلیان (مازندران)، حوزه آبخیز رودخانه کردشیک و چهل چشمه (فارس)، حوزه آبخیز الموت‌رود (قزوین)، حوزه آبخیز سد لیتان (تهران)، حوزه آبخیز زنجان‌رود (زنجان)، حوزه آبخیز ده‌نمک (سمنان)، حوزه آبخیز طالقان (تهران)، حوزه آبخیز سد دز (خوزستان)، حوزه آبخیز تنگ‌کنشت (کرمانشاه)، حوزه آبخیز سد قشلاق (سندج)، حوزه آبخیز بردکل و سد مهارلو (فارس)، حوزه آبخیز سد سفیدرود (گیلان)، حوزه آبخیز یل‌چشمه و گرمابدشت (گلستان)، حوزه آبخیز سولاچای و مشکین‌چای (اردبیل)، حوزه‌ی آبخیز پگاه سرخ کتوند

محدوده‌ی مکانی اجرای مدل	متغیرهای کلی	متغیرهای ورودی	نوع مدل			مدل	کد
			Morgan and Nearing	Beven	Merritt and et.al		
(خوزستان)، حوزه آبخیز پوراحمدی (هرمزگان)، تربت حیدریه، حوزه آبخیز قره‌آغاچ (فارس)، حوزه آبخیز کهمان و کاکارضا (لرستان)، حوزه آبخیز حیدری (شهرکرد)							
حوزه آبخیز سرخ‌آباد (مازندران)، حوزه آبخیز نوزیان (لرستان)، حوزه آبخیز چهل‌چشمه (فارس)، حوزه آبخیز گوهررود (گیلان)، حوزه آبخیز دهنمک (سمنان)، حوزه سدلتیان و کن (تهران)، حوزه آبخیز چیخواب (ایلام)، حوزه آبخیز دریانچای (آذربایجان شرقی).	پوشش، اقلیم، خاک، عوامل انسانی، توپوگرافی.	زمین‌شناسی سطحی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، استفاده از زمین، وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوزه آبخیز و فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب.	-	-	-	PSIAC	

نتیجه‌گیری

حقیقتی آشکار است که درک تاریخی و آموزشی پژوهش‌گران از طبیعت و پیاده‌سازی این درک به منظور مبنای تصمیم‌گیری‌های کلان توسعه‌ای منتج از کاربرد پیش‌بینی‌های مدل‌های مختلف است و غیرممکن است که یک آبخیزدار برای مدیریت طبیعت تنها به آموزه‌های صرفاً کلاسیک فیزیکی و مکانیکی توجه کند که منتج از کاربرد یک مدل نباشد (حلی‌ساز، ۱۳۸۹)، لذا طبیعت، محیط‌زیست و شناخت آن‌ها در قالب مدل‌سازی به‌عنوان ابزار مبنایی این شناخت، متجسّم می‌شود و کمتر منبعی را می‌توان یافت که در آن از پیش‌بینی‌های مدل به‌عنوان ابزار پایه‌ای در شناخت و مدیریت محیط‌زیست از ابزار دیگری استفاده کند. با نگاهی به فنون به‌کار برده شده در مدل‌سازی و بررسی انواع مدل‌های محیطی می‌توان بیان کرد که مدل‌ها در طی زمان تغییر کرده‌اند و حجم گسترده‌ای از مدل‌های مختلف تولید شده‌است و انواعی از تعاریف، کلیات و دسته‌بندی برای آن‌ها به‌وجود آمده‌است. بررسی این طبقه‌بندی‌ها در جدول ۳ نشان می‌دهد که بسیاری از شاخه‌بندی‌های مدل‌ها، ناهمگون و بعضاً مبهم است. به‌عبارتی ساده‌تر نوعی اغتشاش بر طبقه‌بندی‌ها حاکم است که باعث می‌شود با به‌وجود آمدن اختلاف نظر، انواعی از طبقه‌بندی‌ها ایجاد شود. این درحالی است که ساختار و ورودی‌های مدل، مشابه یا حتی یکسان است. مثلاً Merritt و همکاران (۲۰۰۳) EUROSEM و WEPP را به‌ترتیب جزء مدل‌های تجربی و فیزیکی قرار دادند، درحالی‌که Morgan و Nearing (۲۰۱۱) EUROSEM را جز مدل‌های فیزیکی، توزیعی، فرآیندمحور و واقعه‌محور و WEPP را مدل شبیه‌ساز پیوسته و فرآیندمحور معرفی می‌کنند. در رابطه با همین مثال ذکر شده، پایه‌ی معرفت‌شناسی کاربرد این مدل‌ها از نگاه Merritt و همکاران و Morgan و Nearing را می‌توان مبتنی بر جدول ۲ بیان کرد. آن‌ها مدل را به‌عنوان ابزاری برای بهبود طراحی سامانه‌ها، مدیریت و آماده‌سازی مدیران و برنامه‌ریزان جهت تصمیم‌گیری می‌دانند و اعتقاد دارند که مدیران و تصمیم‌گیرندگان برای مدیریت و سیاست‌گذاری، به اطلاعاتی درخصوص میزان فرسایش خاک و تأثیراتی که بر منابع آب می‌گذارد، نیاز دارند و مدل‌های محیطی برای انجام چنین کاری توسعه داده شده‌اند. حال به‌منظور جمع‌بندی و یک‌کاسه کردن این تفاوت نگاه‌ها و تعیین اثرات نگاه‌های سیاسی و تصمیم‌گیری بر مدل‌های محیطی و براساس تحلیل محتوای به‌دست آمده، چهار رابطه اساسی بین نگاه سیاستی و چارچوب مدل‌های محیطی استخراج که ذیلاً شرح داده شده‌اند.

رابطه اول: رابطه بین پارامترهای ثابت مدل و تغییر هم‌زمان آن‌ها در واقعیت طبیعت

پویایی فرآیندهای موجود در طبیعت و پُررنگ بودن وجه تغییرپذیری آن‌ها در مقیاس مکانی و زمانی متفاوت، توجه جدی را در انتخاب داده‌های ورودی مناسب به‌منظور مدل‌سازی نیاز دارد، چراکه نقش حیاتی تعیین و انتخاب متغیرهای ورودی (نوع و مقیاس آن‌ها)، در درک نگاه معنایی حاکم بر مدل‌سازی، اهداف مدل‌سازی و نتایج حاصل از آن بروز دارد. بررسی و مفهوم-سازی متغیرهای ورودی مدل‌های محیطی در جدول ۳ نشان می‌دهد که همه‌ی مدل‌ها از مجموعه متغیرهای نسبتاً یکسانی استفاده می‌کنند و با پیشرفت علم و افزایش درک مدل‌سازان از فرآیندهای محیطی، تنها نمود متغیرها تغییر کرده‌است. به‌عنوان مثال با این‌که مدل‌های USLE (دهه‌ی ۱۹۶۰)، PSIAC (سال ۱۹۶۸)، WEPP (۱۹۸۵) و EUROSEM (۱۹۹۸) در مقیاس‌های زمانی مختلفی توسعه یافته‌اند اما هرکدام از پارامترهای ورودی آن‌ها، ذیل پنج شاخه است و تفاوت آن‌ها در چگونگی برقراری ارتباط بین متغیرها و کاربرد روابط مختلف است که منتج از تفاوت بودن نگاه مدل‌سازان و درک متفاوت سازنده آن‌ها از فرآیندهای طبیعی و محیط‌زیستی است. نخستین پیش‌فرضی که از مقایسه متغیرهای ورودی و متغیرهای کلی مدل‌های محیطی به‌نظر می‌رسد، تکامل و توسعه‌ی مدل‌ها در چارچوب تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و وابستگی آن به برنامه‌ریزی‌های مدیران و سیاستگذاران است. تأیید این پیش‌فرض نتایج حاصل از تحلیل محتوا است (جدول ۲) که بیان می‌کنند مدل ابزاری برای برنامه‌ریزی و سیاستگذاری است و برنامه‌ریزان و مدیران برای اعمال سناریوهای مدیریتی‌شان از آن‌ها استفاده می‌کنند. لذا پژوهش‌ها، تحقیقات و برنامه‌های توسعه‌ای آن‌ها ابزارهایی را ترویج می‌کنند که نتایج مدل‌ها هم‌راستا با برنامه‌های سیاستی آن‌ها است. در این خصوص Jørgensen (۲۰۰۱) نیز بیان می‌کند توسعه و افزایش استفاده از مدل‌ها به‌معنای پیشرفت نیست و درحال حاضر همان سطح تجربه‌ی مدل‌سازی برای حل همه‌ی مشکلات محیطی حاصل نشده‌است، هم‌چنین Bergstrom (۱۹۹۱) نیز اعتقاد دارد که توسعه‌ی مدل‌ها وضعیتی را ایجاد می‌کند که معمولاً افراد کمتری از اجزای مدل دید کلی دارند و با این‌که عدم موفقیت در مدل‌سازی نسبت به موفقیت شایع‌تر است اما این واقعیت در نتیجه‌گیری مقاله‌های منتشر شده کمتر منعکس می‌شود و در پشت کلماتی مانند «سزاوار مطالعات بیشتر است» یا مشابه آن پنهان می‌شود.

رابطه دوم: رابطه بین پویایی مدل و داده‌ها

یکی از اساسی‌ترین مشکلات مرتبط با محیط‌زیست در ایران، عدم دسترسی به داده‌های معتبر است و مسأله اقتدار و اعتبار علمی داده‌ها برای آگاه‌سازی گروه‌های اجتماعی، اولین شرط

مسأله‌شدن محیط‌زیست است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۷). چراکه بدون دراختیار داشتن داده‌هایی معتبر، قابل اتکا و قابل مقایسه نمی‌توان متوجه شد که دولت‌ها چه می‌کنند (و چه نمی‌کنند) و متعاقب آن هرگونه توسعه در مباحث نظری مرتبط با سیاست‌های محیط‌زیستی مسدود و متوقف خواهد شد (Duit, 2014b). کلید موفقیت پروژه‌های مدل‌سازی نیز وابسته به انتخاب و کاربرد داده‌هایی است که مفروضات مدل را تعیین می‌کند، تا آن‌جا که می‌توان با تغییر روش‌شناسی تولید داده، نتایج مختلفی را در جریان تغییر متغیرهای انتخابی مدل‌سازی مشاهده کرد و چنانچه بررسی داده‌ها نشان‌دهد که اطلاعات موجود در مدل قابل اجرا نیست نیاز است که ساختار آن مدل اصلاح یا داده‌های جدید جمع‌آوری شود. بنابراین لازم است که نشان داده‌شود دانش فنی محیط‌زیست و استفاده از مدل‌های محیطی درون مرزهای ملی می‌تواند شناخت قابل اتکایی از پدیده‌ها و مسائل محیط‌زیستی را درون این مرز ارائه‌کند. با نگاهی به تضادهای روش‌شناسی موجود در تولید داده در مقیاس‌های مختلف و همراه‌بودن توسعه‌ی مدل‌سازی با پیشرفت علم (انقلاب کامپیوتر) این فرض ایجاد می‌شود، حتی اگر ساختار یک مدل بدون تغییر باقی مانده‌باشد با بیش‌ترشدن میزان دقت داده‌های برداشتی و طول سری زمانی آن‌ها منتج از ورود فن‌آوری‌های هم‌چون ساج و سنجش از دور، میزان صحت پیش‌بینی‌های آن مدل نیز بیش‌تر شده‌است، اما جدول ۲ به‌نحوی بیان‌گر نوع تعبیر و روش‌شناسی تعیین داده و نگاه حاکم بر ساختار مدل در علوم محیط‌زیستی است و نشان می‌دهند که این سازمان‌ها و مدیران هستند که بر ساختار مدل‌های محیطی تسلط دارند و برای حفظ و به‌روزرسانی آن‌ها، اعتبارات مالی را اختصاص می‌دهد و در هنگام توسعه‌ی مدل‌ها بر «پیش‌بینی‌های اقتصادی»، «پیشرفت‌های تجاری»، «سرمایه‌گذاری» و «محدودیت‌های اقتصادی» تمرکز دارند، لذا این امکان برای آن‌ها فراهم می‌شود که با کوچک‌ترین تعدیل یا تغییر در ساختار مدل‌ها، نتیجه آن‌گونه تعبیر شود که نظر نهایی آن‌ها مد نظر قرار گیرد.

رابطه سوّم: رابطه بین مدل‌سازی و محدودیت‌های عملیاتی

فارغ از تمامی مسائل مربوط به نگاه‌های حاکم بر مدل‌سازی‌های محیطی، استفاده از مدل و اتکا به ساختار معنایی آن، خود دچار مسائل روش‌شناختی است و حداقل دو چالش (مقیاس و عدم قطعیت) در ساختار مدل و فرآیندهای محیط‌زیستی وجود دارد که مطالعه و شناخت طبیعت و محیط‌زیست را با موانع جدی روبه‌رو می‌سازد. به‌عبارتی ساده‌تر یکی از خصوصیات بارز طبیعت، وابستگی همه فرآیندهای آن به مقیاس است که به‌علت تغییر در زمان و مکان دارای تنوع زیاد اندازه یا مقیاس طولی است. این پیچیدگی‌ها و تنوع مقیاسی، ریشه‌ی بسیاری از

مشکلات حل نشده در فیزیک است که دیگر مشکلاتی که بوم‌شناسان سعی در حل آن داشته‌اند را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا بسیاری از بوم‌شناسان به جای آن که ابتدا درصدد شناسایی مشکلات اساسی برآیند و پس از آن در جستجو مقیاس مکانی مناسب برای مطالعه این مشکلات در آن مقیاس خاص باشند، از آغاز به دنبال انتخاب مقیاس زمانی و مکانی قابل مطالعه هستند (حلی‌ساز و همکاران، ۱۳۹۲)، چراکه طبیعت عینیت‌های پیچیده‌ی محیطی چنان است که خود را در اختیار تجربه نمی‌گذارند و اگر هم این تجربه امکان‌پذیر باشد، تنها بخش کوچکی از آن را پوشش می‌دهد و هیچ‌کدام از تجربیات آزمایشگاهی، میدانی و طبیعی نمی‌توانند درکی جامع از یک عینیت پیچیده‌ی زیست‌محیطی را ارائه‌دهند. لذا زمانی که این تجربیات به نظریه‌ها و چارچوب‌های کلی مدل مرتبط می‌شوند، از آنجایی که این تجربیات ناقص‌اند و بخش زیادی از نادانسته‌های آن عینیت را به همراه دارند، موفقیت‌چندانی در صحت نتایج مدل ایجاد نمی‌شود (حلی‌ساز، ۱۳۸۹). از طرفی، مدل با توجه به مدل بودن‌اش با استفاده از قوانین همسایگی و احتمالات، تنها قادر به شبیه‌سازی و پیش‌بینی پویایی الگوها^۹ است و توانایی نمایش و لحاظ کردن نقش فرآیندها را ندارد (Wu and Li, 2006). لذا در هنگام طراحی و تدوین مدل‌های محیطی، مفهوم مقیاس به‌عنوان مفهومی پیشینی^{۱۰} در نظر گرفته می‌شود و زمانی که یک مدل‌ساز در حال تبدیل مدل ادراکی‌اش^{۱۱} به مدل مفهومی^{۱۲} است، درک مقیاسی خود که اندازه و فرآیندی از پدیده‌ای را که قرار است مدل شود و در ذهن محقق وجود دارد به شکل پیشینی وارد ساختار مدل می‌کند (Beven, 2009, 2012). درحالی‌که باید توجه داشت که رسیدن به مقیاس مناسب در مشاهدات و مطالعات به همین سادگی نیست (Fu and et.al, 2011) و نگرانی اصلی، در مورد مقیاس، گسترش این مقوله است که کدام درک ما از الگوها و فرآیندهای به‌دست آمده در سطح یک مقیاس، معتبر یا نامعتبر خواهد بود (Harris, 2006). این عدم‌معین‌بودگی مقیاس باعث بروز ناهماهنگی و عدم اجماع در تشخیص و قیاس‌پذیری معرفتی شناخت می‌شود (Dungan and et.al, 2002) که عموماً مدل‌سازان این تفاوت‌ها و اختلاف‌های حاصل از شبیه‌سازی و واقعیات مشاهده‌شده را خطا می‌نامند (Beven, 2009, 2012) که ناشی از درک ناقص فرآیندها و پدیده‌های موجود در مسأله‌ی مورد بررسی یا عدم‌آگاهی کامل از چگونگی تعیین مقادیر پارامترها برای فرآیندهای ناشناخته است (بزرگ حداد و سیف‌اللهی، ۱۳۹۲) و

9 - Pattern Dynamics
 10 - a Priori
 11 - Perceptual Model
 12 - Conceptual Model

همواره به صورت عدم قطعیت در درک طبیعت^{۱۳}، مدل‌سازی^{۱۴}، پارامترهای مؤثر بر پدیده^{۱۵} و اطلاعات جمع‌آوری شده^{۱۶} ظاهر خواهند شد (Beven, 2009, 2012). بنابراین، هوشیاری و احتیاط زیادی در بنیان‌نهادن تصمیماتی که منحصراً بر اساس نتایج مدل‌ها است، نیاز است، چراکه نتایج مدل‌ها همواره دارای عدم قطعیت است (Dale, 2003) و عدم قطعیت مزیت‌داشتن نمایش واقعی‌تر فرآیندها را نفی می‌کند (Merritt and et.al, 2003) و باعث تغییر در ماهیت تصمیم‌گیری‌ها می‌شود (Beven, 2009, 2012).

رابطه چهارم: رابطه مدل و فضای اقتصادی-سیاسی حاکم

محدودیت‌های ذاتی که در ساخت مدل‌های محیطی وجود دارد (رابطه‌ی سوم) این پرسش‌ها را مطرح می‌کند گسترش استفاده از مدل‌ها و هدف‌نهایی مدل‌سازی‌های محیطی چیست؟ با توجه به این‌که سرآغاز هر حرکت جدید و تحول در مدل‌سازی‌های محیطی، تغییر در تفکر و نوع نگاه مدل‌سازان را بیان می‌کند، لذا تغییر در تفکر، دگرگونی در عمل را نیز در پی دارد، لذا بررسی گام‌های مدل‌سازی‌های محیطی، تصویر روشنی از آن چیزی که می‌خواهیم به آن برسیم را نشان می‌دهد. چنانچه Vaughn (۲۰۱۰) و Mirchi (۲۰۱۳) نیز بیان می‌کنند که در دهه‌ی ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ که برنامه‌ریزی‌های آبخیزی و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی بیش‌تر بر جنبه‌های اقتصادی و هیدرولوژی سامانه‌ها تأکید می‌کردند، مدل‌های صرفاً اقتصادی-مهندسی (هیدرواقتصادی^{۱۷}) تکامل داشتند اما در دهه‌ی ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ با در نظر گرفتن جنبه‌های اجتماعی و سیاسی در سامانه‌های آبخیز، مدل‌ها نیز به ابزارهای یکپارچه که قادر به برنامه‌ریزی، طراحی و شرح مشکلات مدیریتی باشند تغییر یافتند (Mirchi, 2013; Vaughn, 2010). به‌بیانی دیگر با وجودی که مدل‌سازان، مدل را ابزاری علمی فرض می‌کنند که با بررسی عکس‌العمل‌های یک سامانه می‌تواند درک عمیق‌تری از آن را پیشنهاد کند و براساس چنین مبنا و مفهومی تلاش می‌کنند برای شناخت محیط‌زیست برنامه‌ریزی کنند (Jørgensen, 2001) اما خروجی مدل‌های محیطی در قالب مفاهیمی ارائه می‌شود که عناصر ساختاری آن هم‌جهت با سیاستگذاری‌های سیاستگذاران و مدیران است. نتیجه وجود چهار رابطه فوق‌الذکر بین نگاه سیاستی و چارچوب مدل‌های محیطی که در شکل ۱ به‌طور خلاصه نشان داده شده‌است، بدان معناست که نخست: مدل قادر به ادامه شناخت کامل چارچوب معرفتی محیط‌زیست برای تحلیل نیست و دوم، این

13 - Natural Uncertainties

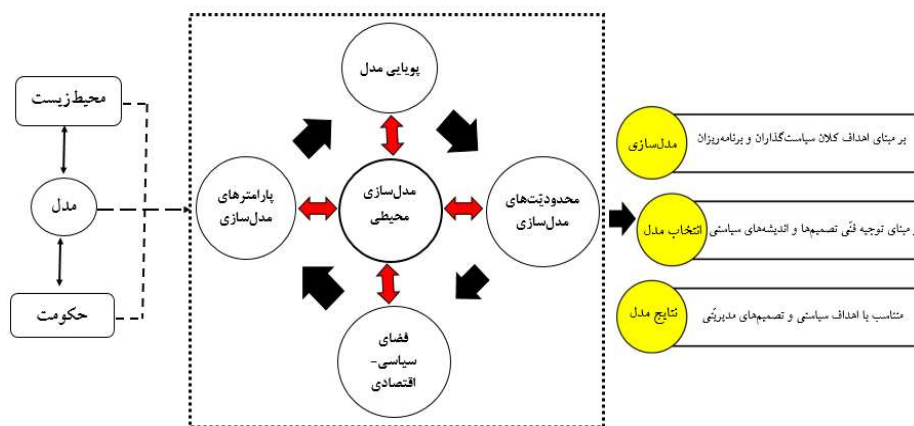
14 - Model Uncertainties

15 - Parameter Uncertainties

16 - Data Uncertainties

17 - Hydroeconomic Models

به نوبه‌ی خود موجب می‌شود که مدل‌سازی‌های محیطی نه بر مبنای دانش حاصل و در اختیار گرفته‌شده از طریق مطالعه‌ی فرآیندهای محیط‌زیستی، بلکه برعکس مدل‌سازی و انتخاب مدل مبتنی بر اهداف کلان مدیران و برنامه‌ریزان در اعمال ایده‌های بنیادین خود است. به عبارتی یک سیاستگذار بسته به اندیشه‌ها و اهداف خود، می‌تواند مدلی را انتخاب کند که پیش‌بینی‌های آن، توجه فنی تصمیم‌ها و اندیشه‌های سیاستی پیشنهادی آن را سبب می‌شود و به نظر می‌رسد که عموماً به شکل جهانی، بین روند مدل‌سازی و اهداف سیاستگذاران ارتباطی به وجود آمده‌است. به بیانی ساده‌تر جدا از شرایط و نحوه‌ی ساخت متفاوت هر کدام از مدل‌ها و گفتمان مسلطی که در هنگام ساخت آن‌ها وجود دارد و هر کدام از مدل‌ها نیز این گفتمان را در فرآیند تعبیر و تفسیر فرآیندهای محیط‌زیستی اعمال می‌کنند، مدل‌های انتخابی به نحوی بیان‌گر نوع تعبیر و معرفت‌شناسی کاربران و سیاستگذاران از طبیعت هستند و آنچه که می‌تواند به‌عنوان محور اصلی استفاده از مدل در نظر گرفته شود، تناسب خروجی‌های آن با اهداف سیاستی و پیش‌زمینه‌های تصمیم‌گیری مدیریتی است که مشخصاً و حداقل یک نتیجه‌ی تأثیرگذار را داشته‌است: «تعریف مدل به‌عنوان ابزار شناخت که منعکس‌کننده‌ی عملکرد سیاست‌های محیط‌زیستی مدیران و سیاستگذاران است». چراکه مدل تلاش دارد روابط بین فرآیند سیاستگذاری و فرآیندهای طبیعی را مفهوم‌سازی کند و نشان‌دهد که چه پیش‌نیازهایی باید رعایت شوند تا موازنه‌ای مثبت بین فرآیند سیاستگذاری و فرآیندهای موجود در طبیعت اتفاق بیفتد؛ به شکلی که سیاستگذار وظیفه سیاستگذاری را به بهترین شیوه انجام دهد و وقتی موازنه‌ی نابهینه در اعمال‌های مدیریتی‌اش وجود دارد، راه‌حلی برای بهینه‌شدن آن ارائه دهد.



شکل ۱ - نتایج حاصل از چهار رابطه اساسی بین نگاه سیاستی و چارچوب مدل‌های محیطی.

منابع

- ۱ - بزرگ‌حداد، امید، سیفاللهی آغمیونی، سمانه، ۱۳۹۲، مقدمه‌ای بر تحلیل عدم قطعیت در سامانه‌های منابع آب، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲ - تبریزی، منصوره، ۱۳۹۳، تحلیل محتوای کیفی از منظر رویکردهای قیاسی و استقرایی، فصلنامه علوم اجتماعی، شماره ۶۴، صص ۱۳۸-۱۰۵.
- ۳ - حلی‌ساز، ارشک، ۱۳۸۹، مبانی روش‌شناسی در بوم‌شناسی و هم‌نهشتی آن با مفهوم حوزه‌ی آبخیز، رساله برای دریافت درجه‌ی دکترای تخصصی در رشته‌ی علوم و مهندسی آبخیز، دانشگاه تهران.
- ۴ - حلی‌ساز، ارشک؛ بهراهی، فهیمه و استادهادی دهکردی، سهراب، ۱۳۹۲، اثر ترتیب مقیاس مکانی در مطالعات علوم زمین و محیطی، پژوهش‌های دانش زمین، سال چهارم، شماره ۱۳، صص ۱۷-۳۶.
- ۵ - حلی‌ساز، ارشک؛ صفی‌خوانی، ساجده، ملک‌حسینی، بتول، ۱۳۹۷، ضرورت آبرمدل منابع آب و یکپارچه‌سازی زنجیره‌ی خروجی مدل‌ها، تحقیقات منابع آب ایران، سال چهاردهم، شماره ۱، صص ۲۹۰-۲۸۵.
- ۶ - سینگ وی. پی، ۱۳۸۱، سیستم‌های هیدرولوژیکی مدل‌سازی بارندگی - رواناب، جلد اول، ترجمه‌ی محمد رضا نجفی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۷ - صالحی، صادق؛ امامقلی، لقمان و محمدی، جمال، ۱۳۹۷، تحلیل اجتماعی عدم موفقیت در مردمی کردن مسأله محیط‌زیست در ایران، مطالعات جامعه‌شناختی، دوره ۲۵، شماره یک، صص ۱۶۲-۱۳۹.
- 8- Bergstrom, S, 1991, Principles and Confidence in Hydrological Modelling, *Nordic Hydrology*, 22 (1): 123-136.
- 9- Beven, K, 2009, Environmental modeling: An uncertain future? An introduction to techniques for uncertainty estimation in environmental, Taylor & Francis Group
- 10- Beven, K, 2012, Rainfall-Runoff Modelling. Second edition, John Wiley & Sons, Ltd.
- 11- Bolker B.M, 2007, Ecological Models and Data in R, Published by Princeton University Press, New Jersey.
- 12- Dale, V.H, 2003, Ecological modeling for resource management, Springer- Verlag New York.
- 13- Duit, A, 2005, Understanding Environmental Performance of States: An Institution-Centred Approach and Some Difficulties. QOG working paper.
- 14- Duit, A, 2014 a, Introduction: The Comparative Study of Environmental Governance. In: State and Environment The Comparative Study of Environmental Governance, Edited by Andreas Duit, The MIT Press, 1-23.
- 15- Duit, A, 2014b, Conclusion: An Emerging Ecostate? In: State and Environment The Comparative Study of Environmental Governance, Edited by Andreas Duit, The MIT Press, 321-342.
- 16- Dungan, J.L; Perry, J.N; Dale, M.R; Legendre, P; Citron-Pousty, S; Fortin, M.J; Jakomulska, A; Miriti, M & Rosenberg, M.S, 2002, A balanced view of scale in spatial statistical analysis, *Ecology*, 25(5), 626-640.
- 17- Environmental Protection Agency Office of Water, 2014, Promoting Technology Innovation for Clean and Safe Water, Water Technology Innovation Blueprint Version 2.
- 18- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018, <http://www.fao.org>.
- 19- Fu, B; Di, L & Nan, Lu, 2011, Landscape Ecology: Coupling of Pattern, Process and Scale, *Chinese Geographical Science*, 385-391.
- 20- Harris, T.M, 2006, Scale as artifact: GIS, ecological fallacy, and archeological analysis, in *Confronting Scale in Archaeology issues of Theory and Practice*, Gray Lock and Brian Leigh Molyneaux (Eds), Springer
- 21- Jørgensen, S.E and Bendoricchio G, 2001, Fundamentals of ecological modelling, Elsevier science.
- 22- Kuhne Thomas, 2005, what is a Model? Internet Begegnungs-und Forschungszentrum für Informatik.
- 23- Melsen L.A, Vos J & Boelens R, 2018, What is the role of the model in socio hydrology Discussion of Prediction in a socio hydrological world, *HYDROLOGICAL SCIENCES JOURNAL*, 63(9): 1435-1443.

- 24- Merritt W.S, Letcher R.A and Jakeman, A.J, 2003, A review of erosion and sediment transport models, *Environmental Modelling & Software* 18, 761-799.
- 25- Mirchi Ali, 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.
- 26- Morgan R.P.C and Nearing M.A, 2011, *Handbook of Erosion Modeling*, Blackwell Publishing Ltd.
- 27- Morton A, 1993, Mathematical Model: Questions of trust worthiness, *British journal of philosophy of science*, 44: 654- 674.
- 28- Shannon M.A, Bohn. P.W, Elimelech M, Georgiadis J.G, Marin B.J and Mayes A.M, 2008, Science and technology for water purification in the coming decades, *Nature Publishing Group*, 452: 301- 310.
- 29- Singh V.P and Donald K.F, 2006, *Watershed Models*, Published by Taylor & Francis Group.
- 30- Vaughn, J.C. 2010, *Watersheds: Management, Restoration and Environmental Impact*, New York, Nova Science Publishers.
- 31- Wainwright, J and Mulligan, M, 2004, *Environment modeling: finding simplicity in complexity*. John wily & Sons. Ltd.
- 32- Wu, Jianguo, Li, Harbin, 2006, in *Scaling and Uncertainty in Ecology: Methods and Applications*, J. Wu, K.B. Jones, H. Li and O.L. Loucks (Eds), Springer.