دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست وچهارم، شماره‌ی ۸۶

تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۱۸۱-۱۹۸

تحلیل گزینه‌های سیاستی به‌منظور استقرار و توسعه صنعت در مناطق خشک و کویری با رویکرد تاب‌آوری (مطالعه موردی: دشت یزد اردکان)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۷

سیدکاظم موسوی [۱]
***محمدرضا تابش** [۲]
اکرم الملوک لاهیجانیان [۳]
سیدعلی جوزی [٤]
سیدحیدر میرفخرالدینی [٥]

چکیده .

اهمیت صنعت و نقش آن در توسعه و رشد اقتصادی کشورها همواره به عنوان یکی از موضوعات مهم اقتصادی مورد توجه محققان بوده است. در این میان توسعه صنعت در استان یزد و استقرار بیش از حد صنایع در دشت یزد اردکان منجر به آسیب منابع آبی و افزایش آلودگی در این منطقه شده است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی میزان تاب‌آوری منابع آب دشت یزد اردکان به‌لحاظ استقرار و توسعه صنعت می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از مدل‌سازی دینامیکی در قالب روش تحلیل پویایی‌های سیستم، توسعه صنعت در منطقه مدل شده و با استفاده از شبیه‌سازی رفتاری در محیط نرم‌افزار، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. مدل پیشنهادی پژوهش پدیده توسعه صنعت را توصیف نموده و با استفاده از شبیه‌سازی، رفتار آن را در افق زمانی آینده پیش‌بینی کرده است. نتایج

۱- دانشجوی دکتری گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

*۲- گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران. (نویسنده مسئول).

E-mail: mr.tabesh@srbiau.ac.ir

۳- گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

٤- گروه محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

٥- گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

حاصل از مدل شبیه‌سازی نشان می‌دهد عدم توسعه طرح‌های صنعتی بزرگ و پرآبخواه در منطقه باعث کمترین میزان افت منابع آب خواهد شد و می‌تواند منجر به بهبود تاب‌آوری منابع آب دشت یزد اردکان در آینده شود.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری، منابع آب، توسعه صنعتی، پویایی سیستم، شبیه‌سازی

مقدمه

رشد روزافزون صنعت و فناوری در زندگی بشر باعث ایجاد آلودگی‌های مختلف در محیط‌زیست شده و تعادل و تناسب آن را بر هم زده است (Nasrollahi et al., 2020: 1106). در ایران، هنوز به موضوع تاب‌آوری محیطی و ارتباط آن با توسعه صنعت و فناوری به صورت منطقی پرداخته نشده است، در حالی که می‌توان لازمه رشد و فناوری و همچنین وجود توسعه پایدار را متکی بر حفظ منابع پایه‌ای مانند محیط‌زیست دانست (Mulder & Van Den Bergh, 2001: 115). برنامه‌های توسعه صنعتی در حال حاضر یکی از اولویت‌های اصلی هر کشور به‌ویژه جوامع در حال توسعه است که اگرچه نقش اساسی در رشد و توسعه زیرساخت‌های سیاسی و اقتصادی کشور دارد، اما تأثیرات قابل توجهی نیز بر محیط‌زیست می‌گذارد (Fan & Watanabe, 2006: 308). ادامه این روند به دلیل انطباق نداشتن نیازهای مصرفی جوامع با توان اکولوژیکی و ظرفیت زیستی مناطق سبب ناتوانی محیط طبیعی در تأمین نیازهای جوامع و در نتیجه بروز بحران‌های متعدد خواهد شد (Nedae Tousi, 2016: 259). لذا جهت مقابله با این بحران‌ها نیاز به تفکری جدید برای چگونگی برخورد با تعاملات انسان، محیط‌زیست و مدیریت اکوسیستم‌ها مانند نواحی شهری و صنعتی وجود دارد. امروزه زمینه‌های رویکردهای نوین در ادبیات توسعه و پایداری جوامع ایجاد شده است که از آن جمله می‌توان به تاب‌آوری به‌عنوان رویکردی نو در مواجهه با اختلالات و تنش‌های محیطی اشاره نمود (Nikranjbar et al., 2021: 182). تاب‌آوری مفهومی است که در ابتدا به عنوان توانایی اکوسیستم برای جذب تغییرات، درحالی که هنوز مقاومت قبلی را دارد تعریف شده است (Holling, 1973: 8). مفاهیم انتقادی، از جمله تاب‌آوری، سازگاری و تغییرپذیری، باید در مطالعه سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیکی نیز مورد توجه قرار گیرند (Folke et al., 2010: 12). از آنجا که در کشور ما اغلب کاربری‌ها بدون برنامه‌ریزی و بدون درنظر گرفتن توان و قابلیت مناطق صورت می‌گیرد و همین امر پیامدهای مخرب محیط‌زیستی را به‌همراه داشته است. به نظر می‌رسد تحقق سیاست‌های دولت در اجرای برنامه‌های توسعه پایدار، نیازمند توجه ویژه به ظرفیت‌های واقعی مناطق مختلف باشد (Chapman, 2007). در این زمینه، معرفی و توسعه رویکرد تاب‌آوری و کاربرد آن در بخش‌های مختلف توسعه، به‌ویژه برنامه‌ریزی توسعه صنعتی، می‌تواند اقدام مؤثری برای دستیابی به چنین هدفی باشد. تاکنون مطالعات گسترده‌ای پیرامون توسعه صنعتی و اکولوژیکی صورت گرفته است و در این راستا محققین توجه بیشتری به توسعه پایدار داشته‌اند. در فرآیند بررسی رابطه بین صنعت و محیط‌زیست، تاکنون رویکردهای مختلفی از جمله رویکرد منحنی محیط‌زیستی کوزنتس[۶] (Panayotou, 1993: 42) و رویکرد انعطاف‌پذیری[۷]

[6]Environmental Kuznets Curve

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

(Holling, 1973: 8) ارائه شده است. نتایج حاصل از مطالعات مختلف نشان می‌دهد مفهوم تاب‌آوری به‌طور فزاینده‌ای در تحقیقات سیستم‌های صنعت–محیط‌زیست کنونی معرفی شده است و موضوع داغ در بسیاری از مطالعات بوده است. از آن جمله می‌توان به مواردی همچون: همزیستی صنعتی (IS)[۸] (Fraccascia et al., 2017: 148; Ashton et al., 2017: 2)، اکو پارک صنعتی (EIP[۹]) (Valenzuela-Venegas et al., 2017; Valenzuela-Venegas et al., 2018). سیستم اجتماعی–اکولوژیکی[۱۰] (Adger, 2000: 347; Hu et al., 2019: 4)، و مصرف منابع[۱۱] (Zhu & Ruth, 2013: 65) اشاره نمود. این مطالعات به تدریج به کاربرد مسیرهای تاب‌آوری برای کشف تعامل بین صنایع مستقر در مناطق مختلف و اکوسیستم‌ها اشاره کرده‌اند. درسال‌های اخیر رویکرد تاب‌آوری مورد توجه برنامه‌ریزان نیز قرار گرفته است و باعث شناخت دقیق‌تری از سیستم‌های محیط‌زیستی پیچیده همچون شهرها و نواحی صنعتی شده است (Mousavi et al., 2021: 124). برنامه‌ریزی و مدیریت با این رویکرد، پتانسیلی برای افزایش تاب‌آوری سیستم نسبت به اختلال و تنش‌ها به‌وجود می‌آورد و ظرفیت سیستم را برای سازگاری و انطباق نسبت به اختلالاتی همچون تغییر اقلیم، آلودگی‌های صنعتی و غیره افزایش خواهد داد. بر همین اساس هدف اصلی این پژوهش بررسی میزان تاب‌آوری محیطی منابع آب دشت یزد اردکان به‌لحاظ استقرار و توسعه صنعت با استفاده از رویکرد پویایی سیستم می‌باشد تا ضمن شناسایی متغیرهای اثرگذار بر تحقیق، روابط علی معلولی بین این متغیرها را نیز شناسایی نماید.

مبانی نظری تحقیق

تاب‌آوری از دیدگاه لغوی به معنای بازگشت به عقب، بازیابی وضع قبلی و بهبود سریع مورد استفاده واقع شده است(Rezaei, 2013: 29). واژه تاب‌آوری از ریشه لاتین بازگشت به عقب[۱۲] گرفته شده که بیشتر به مفهوم داشتن خاصیت برگشت‌پذیری و بازگشت به حالت قبل می‌باشد (Klein et al., 2003: 38). این مفهوم که تضمین کننده ثبات و بازگشت‌پذیری می‌باشد سال‌ها در علوم مختلف در دنیا مورد استفاده واقع شده است. با این حال تاب‌آوری در زمینه اثرات توسعه فعالیت‌های انسانی مفهوم جدیدی محسوب می‌شود که امروزه در زمینه‌های مختلفی از علوم شامل محیط‌زیست، اقتصاد، شهرسازی، جغرافیا، مدیریت بحران و کاهش آسیب‌پذیری کاربرد گسترده‌ای یافته است (Dahlberg et al., 2015: 47). هولینگ از اولین پیشگامان تبیین مفاهیم تاب‌آوری در دهه ۷۰ میلادی است که تاب‌آوری را به‌عنوان توانایی یک سیستم برای جذب تغییرات معرفی کرده است (Holling, 1973: 8). وی سنجش تاب‌آوری را به میزان اختلال و آشفتگی که یک سیستم تحمل نموده و همچنان مقاومت نماید تعریف نموده است

[7] Flexibility
[8] Industrial Symbiosis
[9] Eco-Industrial Park
[10] Socio-Ecological System
[11] Resource Consumption
[12] Resilio

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

(Manyena, 2006: 437). طبق نظر واکر و همکاران[۱۳]، تاب‌آوری نشان دهنده ظرفیت سیستم برای جذب اختلال و سازماندهی مجدد است به‌گونه‌ای که عملکرد اصلی، هویت و ساختار سیستم حفظ شود و در عین‌حال ظرفیت لازم برای سازگاری، یادگیری و تحول را نیز حفظ نماید (Walker et al., 2004: 5). مفهوم تاب‌آوری در سیستم‌های شهری ابتدا توسط تیمرمن[۱۴] در سال ۱۹۸۱ مورد استفاده قرار گرفت (Timmerman, 1981). این مفهوم در اصل به‌منظور توصیف مقاومت سیستم‌های شهری در مقابل اختلال و توانایی آن‌ها در راستای سازماندهی خودشان مورد استفاده قرار گرفت (Davoudi et al., 2012: 319). در اکوسیستم‌های شهری، تاب‌آوری محیط‌زیستی به‌عنوان ظرفیت یک شهر بدون تغییر ساختار اساسی عملکرد و هویت خود بیان می‌شود. حتی اگر یک شوک غیرمنتظره اساس هویت یک شهر را تغییر یا پاک کند، شهر تاب‌آور می‌تواند چنین اثراتی را پشت سر بگذارد (Kattela et al., 2013: 500). ایده تاب‌آوری، یک ویژگی مثبت پذیرفته شده است که به‌طور گسترده به پایداری کمک می‌کند. تعاریف تاب‌آوری شهری عمدتاً بر پایداری تمرکز می‌کنند. تاب‌آوری شهری و پایداری در سال‌های اخیر به‌عنوان پارادایم مهمی برای درک تهدیدات بشریت و محیط‌زیست ظهور کرده است. از منظر مدیریت محیط‌زیست، رویکردهای سیستم اجتماعی-محیطی، از تحقیقات بین‌رشته‌ای برای ارزیابی و افزایش پایداری سیستم‌های اجتماعی و محیطی استفاده می‌کنند (Li et al., 2018: 184). دیدگاه جهانی تاب‌آوری که از سال ۲۰۰۲ توسط سازمان ملل متحد بر اساس استراتژی بین المللی در راستای کاهش سوانح مطرح گردید نیز تاب‌آوری را به عنوان توانایی یک سیستم، جامعه و یا اجتماع که بالقوه در معرض مخاطرات قرار دارند، در سازگاری به وسیله پایداری و یا تغییر در راستای دستیابی به سطح عملکرد و ساختار قابل قبول تعریف نموده است. مفهوم تاب‌آوری در برنامه‌ریزی جوامع شهری صنعتی بیشتر به‌معنای دستیابی به پایداری در برابر اختلالات و مخاطرات ناشی از توسعه شهری و فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی است، زیرا بهبود ظرفیت سازگاری در برابر مخاطرات طبیعی و انسانی، یکی از نشانه‌های اصلی جوامع پایدار است. مشکلات محیط‌زیستی یکی از اساسی‌ترین مسائل رشد و توسعه جوامع شهری صنعتی است که حاصل تعارض و تقابل آن با محیط طبیعی است؛ چرا که توسعه‌ی جوامع شهری صنعتی ناگزیر با تسلط ساختمان‌ها، صنایع و حمل و نقل و فعالیت‌های اقتصادی بر فضاهای طبیعی همراه است. این تسلط به مرورزمان به شکل چیرگی جوامع بر طبیعت تغییر یافته و زمینه‌ساز آلودگی‌های گسترده شده است. هر سیستم در برابر مسائل متنوع محیط‌زیستی، آسیب‌پذیری متفاوتی دارد که این امر به تاب‌آوری آن بستگی دارد (Nasrnia et al., 2021: 208). بطورکلی رویکرد و تفکر تاب‌آوری سعی در بررسی این دارد که چگونه می‌توان سیستم‌ها را به بهترین نحو مدیریت نمود تا از خدمات ضروری اطمینان حاصل گردد. تفکر تاب‌آوری از تولید دانش بیشتر در این زمینه صحبت می‌کند که انسان‌ها چگونه می‌توانند ظرفیت مواجهه با فشارهای وارده را تقویت نمایند. این تفکر، درباره یافتن روش‌هایی برای مواجهه با پیشامدها و بحران‌های غیرمنتظره، و شناسایی راه‌ها و روش‌های پایدار برای زندگی

[13] Walker et al
[14] Timmerman

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

انسان‌ها است. جهت دستیابی به تاب‌آوری محیطی جوامع شهری صنعتی، سازمان‌ها، شبکه‌های اجتماعی، خدمات شهری نقش کلیدی ایفا می‌کنند (Gankhaki et al., 2020: 8). تاب‌آوری محیطی جامعه شامل حفاظت از سلامت شهروندان و محیط‌زیست است که خود منجر به کاهش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات و فعالیت‌های توسعه‌ای مناطق و ایجاد ظرفیت برای کاهش تهدید سلامت و محیط‌زیست جوامع می‌شود و با افزایش آن، جوامع توان بالقوه خود را برای سرعت بخشیدن به اختلال و آشوب افزایش می‌دهند و منابع و سرمایه‌های موجود خود را حفظ می‌نمایند. با توسعه فعالیت‌های صنعتی در جوامع و به دنبال آن پیامدهای مخرب ناشی از دخالت انسان در محیط‌زیست، تاب‌آوری می‌تواند نقش برجسته‌ای در کاهش آسیب‌پذیری جوامع شهری صنعتی ایفا نموده و در بلندمدت سبب حمایت از اهداف توسعه پایدار شود.

پیشینه پژوهش

در سال‌های اخیر با مشخص شدن اهمیت، نقش و جایگاه تاب‌آوری در برنامه‌های توسعه، محققین زیادی تلاش کرده‌اند تا به تبیین نقش آن در مدیریت منابع سرزمین و به صورت ویژه در مطالعات مدیریت منابع آب بپردازند.

Nassery et al (2017) پژوهشی در ارتباط با مدیریت آب در مناطق نیمه خشک با استفاده از مدلسازی پویای سیستم انجام دادند. این پژوهش با هدف توسعه یک مدل پویا برای شناسایی نوسانات و بهره‌برداری ایمن سطح آب زیرزمینی و همچنین تعیین میزان عرضه و کسری کاربری‌های شهری–صنعتی و کشاورزی با در نظر گرفتن استراتژی‌های مختلف مدیریت آب صورت گرفت. نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل نشان داد ادامه سیاست‌های مدیریت فعلی آب در مناطق نیمه خشک می‌تواند مصرف کنندگان آینده را با بحران تامین آب برای مصارف مختلف مواجه سازد. Qin et al (2018) به پیش‌بینی نیاز آب شهر بیجینگ با بهره‌مندی از مقایسه دو روش تحلیل ساختاری و سری زمانی و نحوه رفتار پارامترهای مختلف پرداختند. بدین‌منظور مدلی با تاثیرپذیری از پارامترهای مختلف مانند آب مصرفی شهر، جمعیت، ساختارهای اقتصادی و استفاده از فناوری ارائه دادند. نتایج این مطالعه نشان داد آب مورد نیاز این شهر تا سال ۲۰۳۰ حداقل ۳۱ درصد افزایش خواهد یافت. همچنین تغییرات شرایط اقلیمی و انتقال آب بین حوضه‌ای می‌تواند تا اندازه‌ای مشکل تامین آب این شهر را مرتفع نماید. Li et al (2019) به کاربرد پویایی سیستم در شبیه‌سازی و بهینه‌سازی منابع آب شهر شنژن پرداختند. بر این اساس مدلی بر اساس رویکرد پویایی سیستم ایجاد و برای دوره زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰ شبیه‌سازی صورت گرفت. نتایج این شبیه‌سازی نشان داد عواملی نظیر نرخ رشد صنعت، نرخ بهره‌برداری از پساب، نرخ بهره‌برداری از منابع آب سطحی، سرانه تقاضای آب و نرخ ارزش افزوده صنعت حاصل از مصرف آب، بیشترین تاثیر را در نتایج تحقیق دارد. لذا جهت رسیدن به کمترین میزان افت منابع آب طی دوره شبیه‌سازی باید در مصرف آب مورد نیاز بخش صنعت و سرانه مصرف آب داخلی صرفه‌جویی نمود و از پساب حاصل از تصفیه جهت مصارف مختلف استفاده کرد. Pan et al (2019) یک سیستم جامع اجتماعی–اکولوژیکی را بر مبنای رویکرد مدل‌سازی برای شناسایی اثرات انسان‌ساز بر اکوسیستم خدمات، در

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

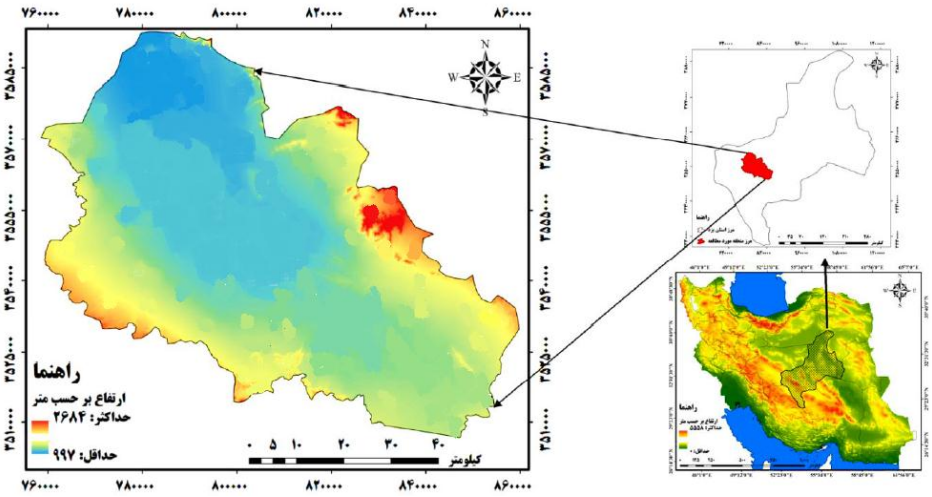
سیستم‌های شهری بزرگ و پیچیده در شهر شیکاگو معرفی نمودند. نتایج نشان داد مطالعات موجود در دینامیک سیستم شهری می‌تواند ما را برای ساختن یک مدل‌سازی جامع سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی-اقتصادی، که بتواند رشد شهری، پایداری و تاب‌آوری شهری را بهتر ارزیابی کند، موثر واقع شود. Dogani et al (2020) در پژوهشی به تحلیل سیستمی تاب‌آوری اقتصادی دشت مشهد و شناسایی مهمترین عوامل تأثیرگذار بر افزایش تاب‌آوری اقتصادی این دشت نسبت به کاهش منابع آب‌زیرزمینی پرداختند. بر اساس نتایج این پژوهش مهمترین عوامل موثر در تاب‌آوری منابع آب‌زیرزمینی دشت مشهد به‌ترتیب شامل منابع آب‌زیرزمینی موجود، نرخ تخلیه و میزان تلفات آب در بخش کشاورزی، شاخص بهره‌وری آب در بخش صنعتی و نرخ جریان آب‌زیرزمینی خروجی می‌باشد. Wan et al (2020) در مطالعه‌ای توسعه صنعت و تغییرات وارد بر محیط‌زیست را به عنوان یک سیستم تعاملی در نظر گرفتند و به طور جامع تغییرات سیستم صنعتی-محیط‌زیستی را از دیدگاه تاب‌آوری مورد ارزیابی قرار دادند. بر این اساس یک مدل ارزیابی جامع بر مبنای شاخص عملکرد محیطی و آنتروپی ساختار صنعتی به‌منظور تجزیه و تحلیل فشار وارد بر محیط‌زیست ایجاد و تأثیر عوامل مختلف در سیستم صنعتی-محیطی بر تغییرات تاب‌آوری مورد بررسی قرار گرفت. همچنین جهت تجزیه و تحلیل نتایج ارزیابی از مدل چرخه تطبیقی استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد فرآیند تغییر تاب‌آوری سیستم صنعت – محیط‌زیست با نظریه چهار مرحله‌ای مدل چرخه تطبیقی مطابقت دارد و سطح تاب‌آوری در طول چرخه بهبود یافته است.Tan et al (2021) به بررسی نقش ساختار صنعتی در شکل‌گیری تاب‌آوری اقتصادی منطقه‌ای پرداختند. در این پژوهش تاب‌آوری اقتصادی به یک اثر ساختار صنعتی و یک اثر نمایندگی تجزیه شد و تأثیر ساختار صنعتی توسط یک مدل رگرسیون تجزیه و تحلیل گردید. نتایج نشان داد تاب‌آوری اقتصادی عمدتا بوسیله اثر نمایندگی‌ها تعیین می‌شود و ساختار صنعتی بر آن اثر منفی دارد. Tousi & Hosseini Nejad (2021) در مطالعه خود به تدوین چارچوبی بهینه در راستای بررسی و سنجش تاب‌آوری منطقه‌ی مرکزی ایران پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد در بین استان‌های منطقه‌ی مرکزی، استان یزد پایین‌ترین میزان تاب‌آوری را دارد؛ از اینرو ضرورت دارد در برنامه‌ریزی‌های توسعه و تخصیص منابع، به محیط‌زیست این استان توجه ویژه شود. Behboudian & Kerachian (2021) به ارزیابی تاب‌آوری سناریوهای مدیریت منابع آب در حوضه آبریز زرینه رود پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد سناریویی که در آن نیاز آب مصرفی به ویژه در بخش کشاورزی و صنعت کاهش یابد، بهترین سناریو برای بهبود شرایط و تاب‌آوری در این محدوده مطالعاتی خواهد بود. Mou et al (2021) به ارزیابی پایداری و تاب‌آوری شهرها از نظر قابلیت‌های نگهداری در مواجهه با تهدیدات احتمالی در آینده پرداختند. بدین‌منظور مدلی با استفاده از رویکرد پویایی سیستم، متشکل از پنج زیر سیستم اقتصاد، محیط‌زیست، جمعیت، منابع، علم و فناوری در چارچوب مفهومی پایداری و تاب‌آوری شهری ایجاد گردید. در این مطالعه از طریق شبیه‌سازی سناریو، عملکرد عناصر سیستم اندازه‌گیری و تاب‌آوری منابع آب در هنگام بروز اختلال مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد با بهبود کارایی استفاده از منابع و انجام تعدیل ساختاری صنعت می توان شهرها را تاب‌آورتر نمود. Shahbazbegian & Shirinzadeh (2022) به تبیین محدودیت منابع آب در

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

تئوری‌های توسعه منطقه‌ای با رویکرد پویایی سیستم پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد بسیاری از آسیب‌پذیری‌های منطقه‌ای ناشی از عدم توجه به منابع به ویژه منابع آب است، بنابراین بهتر است به این محدودیت‌ها در تئوری‌های مکان‌یابی توسعه توجه شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. مرور تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که تاکنون مطالعات محدودی در زمینه کاربرد پویایی شناسی سیستم‌ها مبتنی بر تاب‌آوری عرضه و تقاضای منابع آب در تعیین سناریوهای برتر برای بهبود تاب‌آوری در مناطق خشک استفاده شده است. لذا استفاده از پویایی شناسی سیستم‌ها در مطالعات تاب‌آوری محیطی منابع آب و ارائه مدلی جهت شبیه‌سازی سیاست‌های مختلف بر میزان تاب‌آوری منابع آب به‌لحاظ توسعه صنعت، به نوعی جنبه نوآورانه بودن این تحقیق محسوب می‌گردد.

منطقه مورد مطالعه

دشت یزد اردکان یکی از وسیع‌ترین دشت‌های استان یزد می‌باشد که در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۵ دقیقه تا ٥٤ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی قرار دارد که از جهت غرب و جنوب‌غرب به کوه‌های شیرکوه و از سمت شرق به کوه‌های خرانق منتهی می‌شود (شکل۱). این دشت از مهمترین زیر حوضه‌های کویر سیاه‌کوه می‌باشد که بزرگترین ذخیره آبی استان در آبخوان‌های این دشت قرار دارد. هر چند این حوضه به طور اصولی از جریان‌های دائمی بی‌بهره است، اما چند رشته از بزرگترین رواناب‌های دره‌ها و دامنه‌های شمالی شیرکوه وارد این حوضه می‌گردد. جهت جریان آب در این دشت، ازجنوب خاوری به شمال باختری است. سطح ایستابی در پاره‌ای از نواحی جنوبی دشت بیش از ۱۰۰ متر و در نواحی شمالی به کمتر از ۱۰ متر می‌رسد. حداکثر و حداقل ارتفاع از سطح دریای منطقه به‌ترتیب ۲٦۷۷ و ۹۹۷ متر می‌باشد. بارش‌های این منطقه اندک و نامنظم و به میزان ۵۵ میلیمتر در سال و میزان تبخیر آن بین ۲۲۰۰ تا ۳۲۰۰ میلیمتر در سال است (Fathizad & Hakimzadeh Ardakani, 2022: 4). نوع اقلیم آن بیابانی و نیمه‌بیابانی بوده که علاوه بر محدودیت‌های آب و هوایی به علت کمبود آب دارای محدودیت‌های شوری و قلیایت نیز می‌باشد.



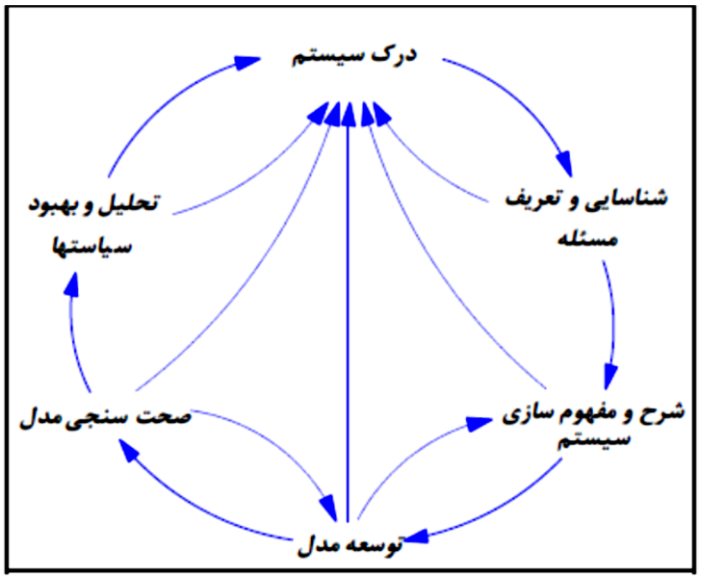
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی دشت یزد اردکان

Figure 1: The geographical location of Yazd Ardakan plain

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مواد و روش ها

پویایی‌شناسی سیستم یک روش و تکنیک مدلسازی ریاضی جهت تعیین چارچوب، درک و بحث در مورد مسائل و موضوعات پیچیده است که در دهه ۱۹۵۰ به‌منظور کمک به مدیران جهت درک و فهم بهتر فرآیندهای صنعتی گسترش یافت (Sterman, 2001: 12). هدف اصلی پویایی‌شناسی سیستم کسب دانش در مورد رفتار منتج از ساختار سیستم است تا از این طریق به طراحی سیاست‌های بهینه به منظور اجرا در سیستم کمک نماید (Zomorodian et al., 2018: 298). در این روش تمرکز اصلی بر درک سیستم و روابط حاکم بر آن است و تمامی گام‌های حل مسئله، بازخورد لازم را برای حصول این درک فراهم می‌نماید. تاکنون از این روش در مطالعات مختلفی از جمله توسعه و مدیریت منابع آب (Winz et al., 2009; Mirchi et al., 2012; Keyhanpour et al., 2021)، برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست (Guo et al., 2001; Stave, 2010)، برنامه‌ریزی شهری و صنعتی (Kuai et al., 2015; Suryani et al., 2020) استفاده شده است. پویایی‌شناسی سیستم از شش گام اصلی به منظور حل مسئله استفاده می‌کند (شکل۲).



شکل ۲: مراحل مدل‌سازی با رویکرد پویایی سیستم (Sterman, 2001)

Figure 2: Modeling steps with system dynamics approach

شناسایی و تعریف مسئله: اولین گام در حل مسئله با استفاده از روش پویایی سیستم است. در این پژوهش ابتدا مسئله مورد تحقیق که عبارت است از "تأثیر توسعه صنعت بر تاب‌آوری منابع آب" با استفاده از ادبیات موضوع و بررسی نظریات اندیشمندان این حوزه مورد شناسایی و واکاوی قرار گرفت.

شرح و مفهوم‌سازی سیستم: این گام شامل تعیین مرز مدل، شناسایی روابط علی مسئله و چارچوب سیاست است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

توسعه مدل: در این گام مفهوم‌سازی سیستم باید به توسعه مدل درقالب حلقه‌های بازخوردی (به‌عنوان زنجیره‌ی بسته‌ای از روابط علی و معلولی)، متغیرها و جریان‌های فیزیکی و اطلاعاتی ترجمه شود. بدین منظور، مدل مورد مطالعه این پژوهش در قالب نمودارهای علی معلولی و جریان طراحی و روابط بین متغیرهای مدل استخراج شده و رفتار مدل به صورت درونی تشریح گردید. متغیرها در این روش به سه دسته تقسیم می‌شوند:

(۱) متغیرهای حالت که محل انباشته‌شدن جریان‌ها در طول زمان هستند و از لحاظ ریاضی تعریفی به‌صورت انتگرال دارند:

$$\text{Stock(t)=R(t)} + \int_{t0}^{t}[Inflow(s) - outflow(s)]ds + stock(t0) \quad \text{معادله ۱}$$

(۲)متغیرهای نرخ که بیانگر جریان‌های ورودی یا خروجی به متغیرهای حالت در هر دوره‌ی زمانی هستند:

$$\text{d(Stock)/dt = net change in stock = Inflow(t) – Outflow(t)} \quad \text{معادله ۲}$$

(۳) متغیرهای کمکی که به وسیله‌ی آن‌ها حلقه‌های بازخوردی کامل می‌شوند. در پژوهش حاضر داده‌های موردنیاز به‌منظور ایجاد و شبیه‌سازی سیستم از منابع گوناگونی همچون داده‌های منابع آب و محیط‌زیست، داده‌های صنعتی و ...استخراج شده‌اند. در گام سوم پس از فرموله کردن روابط بین متغیرها، از نرم‌افزار Vensim PLE جهت شبیه‌سازی مدل استفاده گردید. این نرم‌افزار با داشتن محیط گرافیکی مناسب، مجموعه‌ای از ابزارهای قدرتمند را برای ارزیابی پویایی سیستم‌ها فراهم آورده و با حل تکراری معادلات دیفرانسیل موجود در سیستم به روش تفاضل‌های محدود رفتار سیستم را در دوره شبیه‌سازی نشان می‌دهد.

صحت سنجی مدل: جهت استفاده کاربردی از مدل پویای سیستم، در گام چهارم می‌بایست مدل طراحی شده شبیه‌سازی و اعتبارسنجی شود. با توجه به این که مدل‌های پویایی سیستم، قصد دارند تا در مورد پیامدهای دراز مدت هر سیاست، تحلیلی ارائه نمایند، لذا در اعتبارسنجی، تمرکز باید بر میزان تولید رفتار ساختاری سیستم باشد. تا پیش‌بینی نقطه به نقطه مقداری متغیرها، هرچند که اگر ساختار مدل دارای اعتبار کافی باشد، در مراحل بعدی، اعتبارسنجی مقداری مدل نیز می‌تواند مورد توجه قرار گیرد (Barlas and Carpenter, 1990: 152).

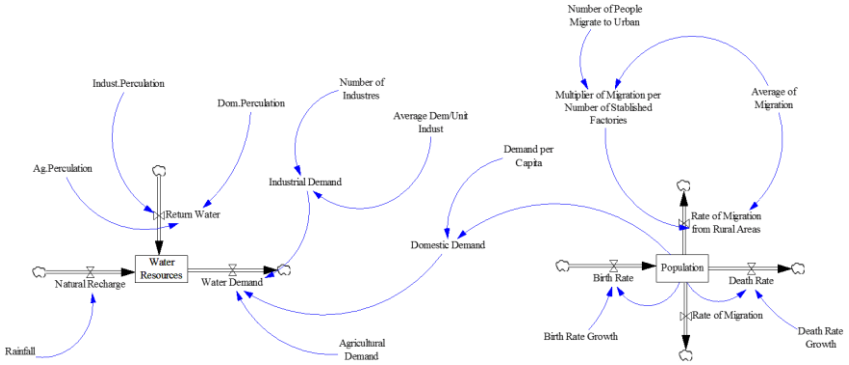
تحلیل و بهبود سیاست‌ها: در این گام هدف نهایی از کل فرآیند مدلسازی، طراحی سیاست‌های بهبود یافته‌ای است که می‌توانند رفتار سیستم را بهبود بخشند. طراحی سیاست بر پایه درک حاصل از مدلسازی صورت می‌گیرد. در این پژوهش نیز پس از مدلسازی تأثیر توسعه صنعت بر تاب‌آوری منابع آب دشت یزد اردکان، سیاست کلی تحت عنوان اثر اجرای طرح‌های توسعه صنعت برای تامین آب مورد نیاز صنعت و تاثیر آن بر تاب‌آوری منابع آب دشت یزد اردکان طراحی و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

یافته‌ها و بحث

توسعه مدل شبیه‌سازی تحقیق

بخش صنعت و معدن با دارا بودن ٤٠ درصد شاغلین، ۳۸ درصد از تولید ناخالص داخلی استان یزد را به خود اختصاص داده است. با توجه به استقرار صنایع پرآبخواه در دشت یزد اردکان بخش اعظمی از آب در این بخش مصرف می‌رسد. لذا در راستای دستیابی به هدف تحقیق مدلی جهت شبیه‌سازی مصارف آب در منطقه و تاثیر سیاست‌های مختلف توسعه صنعت بر مبنای گام‌های اصلی پژوهش ایجاد گردید. در ابتدا پس از تعیین عوامل اثرگذار بر مصرف آب در محدوده مطالعاتی تحقیق، مرز مدل در قالب متغیرهای درون زا و برون‌زا مشخص شد. در ادامه پس از مشخص نمودن حلقه‌های علی معلولی و نمودار انباشت جریان به صورت معادلات تفاضلی فرموله شده (بخش پیوست)، شبیه‌سازی رفتار سیستم در طول زمان، بر اساس آن صورت گرفت. متغیر انباشت در این تحقیق متغیری است که در طول زمان، کم و زیاد شده و قابلیت ترسیم در طول زمان را داشته و رفتار متغیرها بر اساس آن قابل مشاهده است. بر این مبنا متغیرهای منابع آب و جمعیت به عنوان متغیر انباشت در مدلسازی تحقیق در نظر گرفته شد. همچنین متغیرهای تغذیه طبیعی و آب برگشتی به‌عنوان متغیرهای نرخ ورودی که باعث افزایش متغیر انباشت منابع آب می‌شوند و متغیرهای نیاز آب (کشاورزی، صنعت و شهری) که باعث کاهش متغیر انباشت منابع آب می‌شوند به عنوان متغیرهای نرخ خروجی مدل تعیین شدند. در زیرمدل جمعیت متغیرهای نرخ زاد و ولد و نرخ مهاجران ورودی به شهر به عنوان عواملی که جمعیت را افزایش می‌دهند و متغیرهای نرخ مرگ و میر و نرخ مهاجران خروجی از شهر به عنوان عواملی که جمعیت را کاهش می‌دهند، در مدل تحقیق لحاظ شد. با توجه به اینکه یکی از عواملی که منجر به افزایش مهاجرت به شهرهای دشت یزد اردکان در سال‌های اخیر شده است متقاضیان کار در صنایع مستقر در این ناحیه است که وارد شهرهای این منطقه شده‌اند. این میزان نیز ارتباط مستقیمی به تعداد صنایعی دارد که سالانه در این منطقه ایجاد می‌گردند. لذا افزایش صنایع در این منطقه از عوامل اصلی افزایش آلاینده‌های محیط‌زیستی و کاهش منابع آب در منطقه می‌باشد که به عنوان یک متغیر در جریان مدل‌سازی مورد توجه قرار گرفت. با توجه به روابط بیان شده در نمودارهای علی معلولی بین متغیرهای تحقیق، مدل انباشت و جریان ترسیمی در محیط نرم‌افزار ونسیم به صورت شکل شماره(۳) ارائه شده است.



شکل۳: مدل منابع آب دشت یزد اردکان

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

Figure 3: The water resources model of Yazd Ardakan plain

در راستای شبیه‌سازی و اجرای مدل جهت بررسی تأثیر اعمال گزینه‌های سیاستی در سال‌های مورد مطالعه در محدوده مطالعاتی دشت یزد اردکان، ابتدا مدل برای سال ۱۳۹۳ تا ۱٤۳۰ بدون اعمال سیاست توسعه اجرا گردید و ارزیابی آسیب‌پذیری متناسب با مقادیر حاصل از خروجی مدل محاسبه شد. در ادامه با اعمال سیاست توسعه صنعت میزان تاب‌آوری منطقه مورد بررسی قرار گرفت.

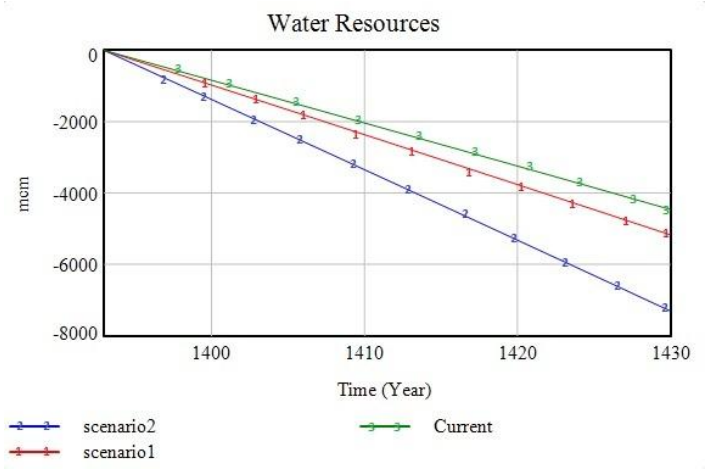
شبیه‌سازی مدل (تاثیر اجرای طرح‌های توسعه صنعت در تاب‌آوری منابع آب دشت یزد اردکان)

رشد روزافزون جمعیت، توسعه فعالیت‌های صنعتی در دشت یزد اردکان و نیاز این بخش به منابع‌طبیعی از جمله منابع آب باعث ایجاد عدم تعادل بین عرضه و تقاضا شده و در نهایت ناپایداری و عدم تاب‌آوری این منابع را در این دشت ایجاد نموده است. در مدل منابع آب سه سناریو برای بررسی اثر اجرای طرح‌های توسعه صنعت برای تامین آب مورد نیاز صنعت و تاثیر آن بر تاب‌آوری منابع آب دشت یزد اردکان مورد بررسی و شبیه‌سازی قرار گرفت.

سناریو فعلی: در این سناریو فرض بر این است که روند قبلی منابع و مصرف آب در دشت یزد اردکان تا پایان دوره شبیه‌سازی ادامه داشته باشد، یعنی میزان آب مصرفی صنایع تغییر نکند.

سناریو اول: در این سناریو آب مورد نیاز صنعت بدون احتساب طرح‌های بزرگ و پرآبخواه در محدوده دشت یزد اردکان در نظر گرفته شده است.

سناریو دوم: در این سناریو آب مورد نیاز صنعت با احتساب طرح‌های بزرگ و پرآبخواه در محدوده دشت یزد اردکان در نظر گرفته شده است.



شکل٤: نتایج اجرای سناریوهای مختلف اجرای طرح‌های توسعه صنعت در تاب‌آوری منابع آب دشت یزد اردکان

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

Figure 4: The results of simulation of various projects including industrial development projects

همان‌گونه که در شکل (٤) مشاهده می‌شود از بین سه سناریو بررسی شده در این بخش در هر سه سناریو (سناریوهای وضعیت برداشت فعلی، سناریو ۱ و ۲) بیلان آب منفی می‌باشد با این حال سناریو اول یعنی عدم توسعه طرح‌های صنعتی بزرگ و پرآبخواه در منطقه باعث کمترین میزان افت منابع آب دشت یزد اردکان می‌گردد. این در حالی است که توسعه صنایع پرآبخواه در منطقه مانند صنایع آهن و فولاد علاوه بر اینکه منجر به افت بیشتر منابع آب دشت یزد اردکان می‌شود به علت ورود پساب آلوده موجبات آلودگی آبخوان را ایجاد می‌نماید. بنابراین مناسب‌ترین سناریو به‌منظور افزایش تاب‌آوری منابع آب منطقه سناریو اول است.

نتیجه‌گیری

با توجه به مفاهیم توسعه پایدار چنانچه بخواهیم صنعت موفقی داشته باشیم که در درازمدت پایدار بماند باید تنگناهایی که محیط‌زیست بوجود آورده را مد نظر قرار دهیم. از طرفی این تنگناها در هر حوضه‌ای، از اکوسیستم‌های موجود و نیز نوع فعالیت مورد نظر در آن اکوسیستم تاثیر می‌پذیرند. لذا می‌توان با استفاده از مدل‌های سنجش آسیب‌پذیری میزان آسیب‌پذیری اکوسیستم‌ها را مشخص نمود و با شناسایی و تعیین آن بتوان دامنه‌ی توسعه‌ی فعالیت‌های انسانی را به سمت اکوسیستم‌هایی سوق داد که نسبت به سایر اکوسیستم‌های منطقه از آسیب‌پذیری کمتری برخوردارند تا بتوان توسعه‌ای متناسب با توان تاب‌آوری محیط داشت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد می‌توان با ارائه یک مدل علی و معلولی و با شبیه‌سازی سیستم به بررسی تاثیر اجرای سیاست‌های مختلف بر میزان تاب‌آوری منطقه در آینده پرداخت و بستری مناسب با توان تاب‌آوری در دشت یزد اردکان فراهم نمود. در شبیه‌سازی سناریوهای این تحقیق مناسب‌ترین سناریو، سناریو عدم توسعه طرح‌های صنعتی بزرگ و پرآبخواه انتخاب گردید که با نتایج مطالعات Behboudian & Kerachian (2021) همخوانی دارد. همچنین مقایسه نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج مطالعات Nassery et al (2017) و Dogani et al (2020) نشان داد بهره‌مندی از مدل‌های شبیه‌سازی در مدیریت منابع آب می‌تواند درک بهتری از چالش اصلی تعادل عرضه و تقاضا با توجه به تغییرات شدید منابع آب در مناطق خشک یا نیمه‌خشک ارائه دهد. همچنین در بررسی با نتایج مطالعات Tousi & Hosseini Nejad (2021) و Shahbazbegian & Shirinzadeh (2022) مشخص شد در سیاست‌گذاری بخش آب، استقرار جمعیت و صنعت بایستی در مکان‌هایی که منابع آب بیشتری دارد، متمرکز شود، مشکلاتی که هم اکنون کشور درگیر آن است، ناشی از عدم توجه به این اصل در تاب‌آوری مناطق است؛ زیرا اگر این اصل در برنامه‌ریزی فضایی و توسعه منطقه‌ای مورد توجه قرار می‌گرفت، هیچ‌گاه فعالیت‌های صنعتی پرآبخواه مانند صنایع فولاد در مناطقی که آب کافی حتی برای شرب ساکنین در این مناطق وجود ندارد مکان‌یابی نمی‌گردید. با توجه به اینکه مهمترین چالش در توسعه صنعتی دشت یزد اردکان، استقرار صنایع آلاینده و پرآبخواه می‌باشد. بر اساس نتایج مدل شبیه‌سازی این تحقیق و بررسی تاثیر اجرای طرح‌های توسعه صنعت در تاب‌آوری منابع آب دشت یزد اردکان نشان داد توسعه و بارگذاری بیش از اندازه صنایع آلاینده و آبخواه از عوامل اصلی ایجاد آلودگی و کاهش تاب‌آوری منابع

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

آبی در این دشت می‌باشد. لذا ملزم نمودن صنایع مستقر در منطقه به استفاده از سیستم بازچرخانی آب، عدم حفر چاه‌های غیرمجاز، استفاده از منابع آب غیرمتعارف و ارائه تسهیلات و تشویق به گسترش صنایع کم‌آبخواه و هایتک به‌جای صنایع آلاینده و پرآبخواه و همچنین صدور مجوز و تشویق به گسترش صنایع پاک به جای صنایعی که از سوخت فسیلی استفاده می‌کنند از برنامه‌هایی است که در راستای بهبود بخشی به تاب‌آوری دشت یزد اردکان پیشنهاد می‌گردد.

پیوست

در این بخش مهمترین معادلات بکار رفته جهت فرموله کردن مدل شبیه‌سازی تحقیق ارائه می‌گردد:

Water Resources = INTEG (“Natural Recharge" +Return Water – Water Demand” ,0)
Return Water="Ag.perculation" + "Dom.percolation" + "indust.percolation"

Domestic demand = demand per capita*Population
Population= INTEG (Birth rate+Rate of migration from rural areas-Death rate-Rate of migration)

Birth rate=population*Birth rate growth
Units: people/Year

Multiplier of migration per number of stablieshed factories = ((Annual average number of established factories* Nnumber of people migrate to urban)/Avg of migration)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

References

- Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: are they related?. ***Progress in human geography,*** *24*(3), 347-364. https://doi.org/10.1191/030913200701540465
- Ashton, W. S., Chopra, S. S., & Kashyap, R. (2017). Life and death of industrial ecosystems. ***Sustainability***, *9*(4), 2-15. **https://doi.org/10.3390/su9040605**
- Barlas, Y., & Carpenter, S. (1990). Philosophical roots of model validation: two paradigms. ***System Dynamics Review***, *6*(2), 148-166. **https://doi.org/10.1002/sdr.4260060203**
- Behboudian M and Kerachian R (2021) Evaluating the resilience of water resources management scenarios using the evidential reasoning approach: The Zarrinehrud river basin experience. ***Journal of Environmental Management***, 284, 112-125. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112025
- Chapman, D (2007) Creation of neighborhoods and places in the man-made environment. Translated by Shahrzad Faryadi and Manouchehr Tabibian. Second edition, ***Tehran University of Tehran Press***, Tehran. [In Persian]
- Dahlberg, R., Johannessen-Henry, C. T., Raju, E., & Tulsiani, S. (2015). Resilience in disaster research: threeversions. ***Civil Engineering and Environmental Systems***, *32*(1-2), 44-54.https://doi.org/10.1080/10286608.2015.1025064
- Davoudi, S., Shaw, K., Haider, L. J., Quinlan, A. E., Peterson, G. D., Wilkinson, C., ... & Davoudi, S. (2012). Resilience: a bridging concept or a dead end?"Reframing" resilience: challenges for planning theory and practice interacting traps. ***Planning theory & practice,*** *13*(2), 299-333. https://doi.org/10.1080/14649357.2012.677124
- Dogani, A., Dourandish, A., & Ghorbani, M. (2020). Ranking of Resilience Indicators of Mashhad Plain to Groundwater Resources Reduction by Bayesian Best-Worst Method. ***Water and Irrigation Management,*** *10*(2), 301-316. https ://doi. org/10.22059/JWIM.2020.303387.803. [In Persian]
- Fan, P., & Watanabe, C. (2006). Promoting industrial development through technology policy: Lessons from Japan and China. ***Technology in Society***, *28*(3), 303-320. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2006.06.002
- Fathizad, H., & Hakimzadeh Ardakani, M. A. (2022). Evaluation of the Efficiency of Artificial Neural Network and Random Forest Models in Predicting Groundwater Quality Parameters of Yazd-Ardakan Plain. ***Integrated Watershed Management***, *1*(2), 1-19. 10.22034/IWM.2022.250822 [In Persian]
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. ***Ecology and society***, *15*(4), 9-20. https://doi.org/10.5751/es-03610-150420
- Fraccascia, L., Giannoccaro, I., & Albino, V. (2017). Rethinking resilience in industrial symbiosis: conceptualization and measurements. ***Ecological Economics***, *137*, 148-162. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.02.026
- Gankhaki, A., taghvaei, M., & Bardestani, H. (2020). Investigating the effective factors on improving the environmental resilience of coastal cities (Case study: coastal cities of Bushehr province). ***Geographical Studies of Coastal Areas Journal,*** *1*(2), 5-27. https ://doi. org/ 10.22124/GSCAJ.2021.18167.1062. [In Persian]
- Guo, H. C., Liu, L., Huang, G. H., Fuller, G. A., Zou, R., & Yin, Y. Y. (2001). A system dynamics approach for regional environmental planning and management: a study for the Lake Erhai Basin. ***Journal of environmental management***, *61*(1), 93-111. https://doi.org/10.1006/jema.2000.0400
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. ***Annual review of ecology and systematics***, 4(1), 1-23. **https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245**
- Hu, M. C., Fan, C., Huang, T., Wang, C. F., & Chen, Y. H. (2019). Urban metabolic analysis of a food-water-energy system for sustainable resources management. ***International journal of environmental research and public health***, *16*(1), 2-11. **https://doi.org/10.3390/ijerph16010090**

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Kattel, G. R., Elkadi, H., & Meikle, H. (2013). Developing a complementary framework for urban ecology. ***Urban Forestry & Urban Greening***, *12*(4), 498-508. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.07.005
- Keyhanpour, M. J., Jahromi, S. H. M., & Ebrahimi, H. (2021). System dynamics model of sustainable water resources management using the Nexus Water-Food-Energy approach. ***Ain Shams Engineering Journal***, *12*(2), 1267-1281. https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.07.029
- Klein, R. J. T., Nicholls, R. J., & Thomalla, F. (2003). Resilience to natural hazards: How useful is this concept? *Global Environmental Change Part B:* ***Environmental Hazards***, *5*(1), 35-45. https://doi.org/10.1016/j.hazards.2004.02.001
- Kuai, P., Li, W., Cheng, R., & Cheng, G. (2015). An application of system dynamics for evaluating planning alternatives to guide a green industrial transformation in a resource-based city. ***Journal of Cleaner Production,*** *104(1)*, 403-412. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.042
- Li, Y., Li, Y., Kappas, M., & Pavao-Zuckerman, M. (2018). Identifying the key catastrophic variables of urban social-environmental resilience and early warning signal**.** ***Environment international***, *113*, 184-190. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.02.006
- Li, T., Yang, S., & Tan, M. (2019). Simulation and optimization of water supply and demand balance in Shenzhen: A system dynamics approach. ***Journal of Cleaner Production***, *207*, 882-893. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.052
- Nasrollahi, Z., Hashemi, M. S., Bameri, S., & Mohamad Taghvaee, V. (2020). Environmental pollution, economic growth, population, industrialization, and technology in weak and strong sustainability: using STIRPAT model. ***Environment, Development and Sustainability***, *22*(2), 1105-1122. https://doi.org/10.1007/s10668-018-0237-5
- Nasrnia, F., Ashktorab, N., & SheikhZeinoddin, A. (2021). Determining the resilience pattern of Iranian provinces. ***Journal of Geography and Environmental Hazards***, *10*(2), 205-222. 10.22067/GEOEH.2021.69153.1028 [In Persian]
- Nassery, H. R., Adinehvand, R., Salavitabar, A., & Barati, R. (2017). Water management using system dynamics modeling in semi-arid regions. ***Civil Engineering Journal***, *3*(9), 766-778. DOI: 10.21859/cej-030913
- Nedae Tousi, S., (2016), "Assessing the Spatial Development Plan's Outcome on Regions' Sustainability Status Using Ecological Footprint Method case study: Qazvin Urban Region Plan", ***Journal of Environmental Studies***, 42(2): 259-280. https ://doi. org/ 10.22059/JES.2016.58733 [In Persian]
- Nikranjbar M, Babaei Semiromi F, Jozi S, Danehkar A, Arjmandi R., (2021), "Application of Delphi method to Prioritization effective factors in water resources resilience in watersheds", ***Journal of Geographical Space,*** 76(12): 181-195. 20.1001.1.1735322.1400.21.76.9.7 [In Persian]
- Manyena, S. B. (2006). The concept of resilience revisited. ***Disasters***, *30*(4), 434-450.
- **https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2006.00331.x**
- Mirchi, A., Madani, K., Watkins, D., & Ahmad, S. (2012). Synthesis of system dynamics tools for holistic conceptualization of water resources problems. ***Water resources management***, *26*(9), 2421-2442. https://doi.org/10.1007/s11269-012-0024-2
- Mou, Y., Luo, Y., Su, Z., Wang, J., & Liu, T. (2021). Evaluating the dynamic sustainability and resilience of a hybrid urban system: case of Chengdu, China. ***Journal of Cleaner Production***, *291*(1), 1-14. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125719
- Mousavi S K, Tabesh M, Lahijanian A, Jozi S A, Mirfakhradini S H., (2021), "Establishment and Selection of Strategy for Improve Resilience of Yazd Ardakan Plain Water Resources", ***Journal of Geographical Space,*** 73(21): 123-140. [In Persian]
- Mulder, P., & Van Den Bergh, J. C. (2001). Evolutionary economic theories of sustainable development. ***Growth and Change***, *32*(1), 110-134.
https://doi.org/10.1111/0017-4815.00152

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Pan, H., Zhang, L., Cong, C., Deal, B., & Wang, Y. (2019). A dynamic and spatially explicit modeling approach to identify the ecosystem service implications of complex urban systems interactions. ***Ecological Indicators,*** *102*, 426-436. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.059
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. ***World Employment Research Programme,*** Working Paper, International Labour Office, Geneva, 42p.
- Qin, H., Cai, X., & Zheng, C. (2018). Water demand predictions for megacities: system dynamics modeling and implications. ***Water Policy***, *20*(1), 53-76. https://doi.org/10.2166/wp.2017.168
- Rezaei, M. R. (2013). Evaluating the economic and institutional resilience of urban communities to natural disasters using PROMETHE technique. ***Emergency Management***, *2*(1), 27-38. 20.1001.1.23453915.1392.2.1.3.7 [In Persian]
- Shahbazbegian, M. R., & Shirinzadeh Yezn Abad, M. (2022). Explanation of Water Resources Limitations in Regional Development Theories (A System Dynamics Approach**). *Iran-Water Resources Research,*** *18*(2), 41-60. 20.1001.1.17352347.1401.18.2.3.3 [In Persian]
- Stave, K. (2010). Participatory system dynamics modeling for sustainable environmental management: Observations from four cases. ***Sustainability,*** *2*(9), 2762-2784. **https://doi.org/10.3390/su2092762**
- Sterman, J. D., (2001), "System dynamics modeling: tools for learning in a complex world", ***California management review***, 43(4), 8-25. https://doi.org/10.2307/41166098
- Suryani, E., Hendrawan, R. A., Adipraja, P. F. E., & Indraswari, R. (2020). System dynamics simulation model for urban transportation planning: a case study. ***International Journal of Simulation Modelling,*** *19*(1), 5-16. http://dx.doi.org/10.2507/IJSIMM19-1-493
- Tan, J., Hu, X., Hassink, R., & Ni, J. (2020). Industrial structure or agency: What affects regional economic resilience? Evidence from resource-based cities in China. ***Cities***, *106*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102906
- Timmerman, P. (1981). Vulnerability, resilience and the collapse ofsociety. A Review of Models and Possible Climatic Applications. ***Institute for Environmental Studies,*** University of Toronto, Toronto, Canada.
- Tousi N, Hosseini Nejad R. (2019). Regional Resiliency Measurement Framework and Spatial Planning Approaches, Case Study: Central Region Of Iran . ***jsaeh***, 6 (2), 35-52. https ://doi. org/ 10.29252/jsaeh.6.2.35 [In Persian]
-Valenzuela-Venegas, G., Henríquez, F., Montastruc, L., Boix, M., & Díaz-Alvarado, F. A. (2017). Resilience study applied in eco-industrial Parks. ***In Computer Aided Chemical Engineering*** (Vol. 40, pp. 1957-1962). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63965-3.50328-7
- Valenzuela-Venegas, G., Henríquez-Henríquez, F., Boix, M., Montastruc, L., Arenas-Araya, F., Miranda-Pérez, J., & Díaz-Alvarado, F. A. (2018). A resilience indicator for Eco-Industrial Parks. ***Journal of Cleaner Production***, *174*, 807-820. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.025
-Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. ***Ecology and society***, *9*(2), 1-10. DOI:10.5751/ES-00650-090205
- Wan, X., Yang, X., Wen, Q., Gang, J., & Gan, L. (2020). Sustainable development of industry–environmental system based on resilience perspective. ***International journal of environmental research and public health,*** *17*(2), 1-23. **https://doi.org/10.3390/ijerph17020645**
- Winz, I., Brierley, G., & Trowsdale, S. (2009). The use of system dynamics simulation in water resources management. ***Water resources management***, *23*(7), 1301-1323. https://doi.org/10.1007/s11269-008-9328-7
- Zhu, J., & Ruth, M. (2013). Exploring the resilience of industrial ecosystems. ***Journal of environmental management***, *122*, 65-75. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.02.052
- Zomorodian, M., Lai, S. H., Homayounfar, M., Ibrahim, S., Fatemi, S. E., & El-Shafie, A. (2018). The state-of-the-art system dynamics application in integrated water resources modeling. ***Journal of environmental management***, *227*, 294-304. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.097

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

The analysis of policy options for the development of Industry in dry and desert areas with a Resilience approach (Case study: Yazd Ardakan Plain)

Seyed Kazem Mousavi[15] ,Mohammadreza Tabesh*[16],Akramolmolok Lahijanian[17],Seyed Ali Jozi[18]
Seyed Haidar Mirfakhradini[19]
Email:tabesh.mr@gmail.com(Corresponding author)

Abstract

The importance of industry and its role in a country's economic growth has been considered as one of the most important economic issues by researchers. In the meantime, the development of industry in Yazd Ostan and the over-establishment of industries in the Yazd-Ardakan plain have caused damage to water resources and increased pollution in this region. This study aims to investigate the resilience of water resources in the Yazd Ardakan plain in terms of industry establishment. In this research, industrial development has been analyzed, at different levels, using dynamic modeling in Vensim Software in the form of system dynamics analysis. The proposed model described industrial development, and using the simulation process, its behavior has been predicted in the next years. The model simulation results showed that the lack of development of large and water-intensive industrial projects in the region would cause the lowest amount of water resources loss in the Yazd-Ardakan Plain. They were determined as effective solutions to improve the resilience of water resources in the Yazd Ardakan plain.

Keywords: Resilience, Water Resources, Industrial Development, System Dynamic, Simulation Introduction

The ever-increasing growth of industry and technology in human life has caused various pollutions in the environment and disturbed its balance and proportion. In Iran, the issue of environmental resilience and its relationship with the development of industry and technology has not been rationally addressed, while the necessity of growth and technology as well as the existence of sustainable development can be seen as relying on the preservation of basic resources such as the environment. Currently, industrial development programs are one of the main priorities of every country, especially developing societies, which, although it plays an essential role in the growth and development of the country's political and economic infrastructure, but also has significant effects on the environment. The continuation of this trend will cause the inability of the natural environment to meet the needs of the communities due to the non-compliance of the consumption needs of the communities with the ecological power and biological capacity of the regions, and as a result, many crises will occur. Therefore, in order to deal with these crises, there is a need for a new way of thinking on how to deal with human interactions, the environment and the management of ecosystems such as urban and industrial areas. The main goal of this research is to investigate the environmental resilience of Yazd Ardakan plain water resources in terms of the establishment and development of the industry using the system dynamics approach to identify the variables affecting the research and also to identify the cause-and-effect relationships between these variables.

[15] - Department of Environmental Management, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[16]- Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran .*(Corresponding Author)

[17] - Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[18] - Department of Environment, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran.
[19] - Department of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

Methodology

The purpose of this study is to investigate the environmental resilience of Yazd-Ardakan plain in terms of industry establishment. The method used in this research is descriptive and analytical. In this regard, the system dynamics approach is used for sustainable development.as a management tool to simulate and recognize complex systems and their changes and help formulate policy and develop management strategies. Vensim software was used for doing the research and making the mathematical models and computer simulations.

Results

In order to simulate and implement the model to investigate the effect of applying policy options in the studied years in the study area of Yazd-Ardakan plain, first the model was implemented for the years 1393 to 1430 without applying the development policy and the vulnerability assessment was calculated according to the values obtained from the model output. In the following, the resilience of the region was investigated by applying the industry development policy. Among the three scenarios examined in this section, in all three scenarios (scenarios of the current harvesting situation, scenarios 1 and 2), the water balance is negative, however, the first scenario means the lack of development of large and water-intensive industrial projects in the region, causing the lowest level of water resources loss in the plain. Yazd returns to Ardakan. Meanwhile, the development of water-intensive industries in the region, such as iron and steel industries, in addition to leading to a further decline in the water resources of the Yazd-Ardakan Plain, causes the pollution of the aquifer due to the entry of polluted effluents. Therefore, the most suitable scenario in order to increase the resilience of water resources in the region is the first scenario.

Discussion

According to the concepts of sustainable development, if we want to have a successful industry that remains stable in the long term, we must consider the bottlenecks created by the environment. On the other hand, these bottlenecks in any watershed are affected by the existing ecosystems and the type of activity in that ecosystem. Therefore, it is possible to determine the degree of vulnerability of ecosystems by using vulnerability measurement models, and by identifying and determining it, the scope of development of human activities can be directed towards ecosystems that are less vulnerable than other ecosystems in the region, so that development can be tailored to the resilience of the environment.

Conclusion

Based on the results of the simulation model of this research and the study of the impact of the implementation of industry development plans on the resilience of water resources in the Yazd Ardakan plain, it was shown that the development and overloading of polluting and water-hungry industries is one of the main factors in creating pollution and reducing the resilience of water resources in this plain. Therefore, obliging the industries based in the region to use the water recycling system, not drilling unauthorized wells, using non-conventional water sources, and providing facilities and encouraging the expansion of low-water and high-tech industries instead of polluting and high-water industries, as well as issuing licenses and encouraging the expansion of clean industries. Instead of the industries that use fossil fuel, it is one of the programs that are proposed in order to improve the resilience of the Yazd Ardakan Plain.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]