Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 5:15 IRDT on Thursday June 11th 2026

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست‌ودوم، شماره‌ی ۷۹
پاییز ۱۴۰۱، صفحات ۱۳۲-۸۷

DOI:10.52547/GeoSpa.22.3.87

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

بررسی میزان تاب‌آوری محیطی دشت یزد اردکان به‌لحاظ استقرار صنعت

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۳/۲۰

چکیده

در سال‌های اخیر رشد فزاینده جمعیت و به‌تبع آن افزایش بهره‌برداری از منابع طبیعی، فشار بر محیط‌زیست و منابع محدود آن را افزایش داده که در نهایت ناپایداری و آلودگی منابع سرزمین را در اغلب مناطق دنیا ایجاد نموده است. 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. هدف از پژوهش حاضر، بررسی میزان تاب‌آوری محیطی دشت یزد اردکان به لحاظ استقرار صنعت می‌باشد. در این پژوهش، یک مدل به منظور مطالعه تأثیر ناشی از استقرار صنایع در دشت یزد اردکان ایجاد شد و بر مبنای آن سیاست‌های مختلف بر میزان تاب‌آوری محیطی این دشت به لحاظ استقرار صنعت مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از فناوری‌های پیشرفته در واحدهای صنعتی می‌تواند نقش موثری در کاهش آلایندگی و افزایش تاب‌آوری محیطی این دشت داشته باشد.

کلید واژه‌ها: تاب‌آوری، پایداری، دشت یزد اردکان، محیط‌زیست، صنعت.

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 at 5:15 IRDT on Thursday June 11th 2026

مقدمه

معضلات زیست‌محیطی در سطح جهان؛ نظیر تغییرات اقلیمی، ریزگردها، آلودگی هوا، آب و خاک همگی نشان دهنده آثار مخرب توسعه به علت بی‌توجهی به اصل پایداری می‌باشد (Aghajani et al., 2018). 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). 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. استفاده از رویکردهای سنتی، با فرض ثابت بودن متغیرها و شرایط محیط‌زیست، باعث نادیده گرفتن مشخصات حیاتی سیستم و آسیب‌پذیرتر شدن آن می‌شود. امروزه زمینه‌های رویکردهای نوین در ادبیات توسعه و پایداری جوامع ایجاد شده است (Al-Mohammad et al., 2017; Nikranjbar et al., 2021). توسعه پایدار با ادعای حل مسائل توسعه در هزاره سوم به‌منزله اصلی‌ترین شاخص در رشد و تعالی جوامع و کلیه فعالیت‌های توسعه‌ای مورد توجه قرار گرفت که می‌کوشد با بهره‌گیری از تجربیات پیشین انسان در ارتباط با محیط طبیعی، نیازهای بشر را در چارچوب توان محیط پاسخ دهد به‌گونه‌ای که مصرف منابع سرزمین در موازنه و تعادل با ظرفیت تولید و توان پالایش محیطی قرار داشته باشد و حفاظت زمین به بهترین شکل برای نسل آینده، با این تعریف که فعالیت انسان تنها زمانی از نظر محیطی پایدار است که بتواند بدون تقلیل منابع طبیعی یا تنزل محیط طبیعی اجرا شود (Bagheri et al., 2019; Nedae Tousi, 2016). پژوهش‌های اخیر تاکید می‌نمایند که تاب‌آوری فرآیندی پویا بوده و نقشی بنیادین در روند توسعه پایدار ایفا می‌نماید. توسعه پایدار جوامع نیز استثنا نبوده و به شکلی فراگیر با نظریه‌های نوین، به‌ویژه تاب‌آوری پیوند یافته است (Gibbs, 2009; Brand and Jax, 2007). چرا که جوامع تاب‌آور، دارای ظرفیت کاهش پیامدهای ناشی از اختلالات، حمایت از کیفیت محیط‌زیست و تامین نیازهای بشر در دراز مدت است (Folke et al., 2005). تاب‌آوری به ظرفیت اساسی یک اکوسیستم برای حفظ خدمات مطلوب آن در مواجهه با نوسانات محیط‌زیستی و بهره‌برداری انسان اطلاق می‌شود (Folke, 2006). همچنین در تعریفی دیگر تاب‌آوری به‌عنوان ظرفیت سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی برای جذب اختلالات و حفظ بازخوردها، فرآیندها و ساختارهای لازم و ذاتی سیستم معرفی شده است (Adger et al., 2005). اساس مفهوم تاب‌آوری بر شناسایی، درک آستانه تحمل و قدرت بازسازی جوامع در مواجهه با تنش‌های مختلف محیطی از جمله تخریب سرزمین، آلودگی، خشکسالی و بیابان‌زایی استوار می‌باشد (Resilience, 2011). بر این اساس هدف از تاب‌آوری جوامع، تداوم عملکرد اکوسیستم‌ها، کاهش آلودگی، کاهش هزینه‌های بازسازی جوامع و تسهیل ایجاد ساختارهایی است که برای مدیریت پیامدهای عوامل تنش‌زا به‌کار گرفته می‌شود (Resilience, 2011). رویکرد تاب‌آوری در سال‌های اخیر مورد توجه برنامه‌ریزان نیز قرار گرفته است و باعث شناخت دقیق‌تری از سیستم‌های

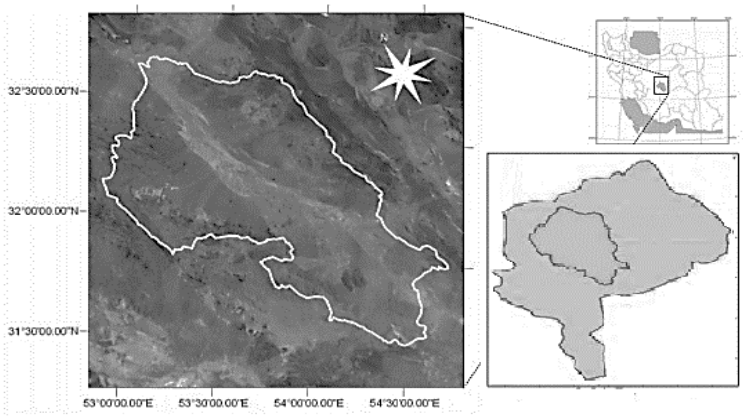
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 5:15 IRDT on Thursday June 11th 2026

زیست‌محیطی پیچیده همچون شهرها و نواحی صنعتی شده است (Mousavi et al., 2021). 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. تاکنون مطالعات مختلفی پیرامون تاب‌آوری سیستم‌های زیست‌محیطی و انسانی صورت گرفته است. Fiksel (2006) در پژوهشی از تکنیک‌های مدل‌سازی پویا برای بررسی تأثیرات سیستم‌های زیست‌محیطی و انسانی استفاده نمود. نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از تجزیه‌وتحلیل‌های دینامیکی می‌تواند حداقل درک کلی از رفتار سیستم را فراهم آورد و رویکردی یکپارچه‌تر برای تجزیه‌وتحلیل سیستم‌ها، مداخلات مفید و بهبود تاب‌آوری سیستم را امکان‌پذیر سازد. Vafa-Arani et al (2014) یک مدل به‌منظور برآورد رفتار پارامترهای موثر بر آلودگی هوا ارائه نمودند. در این مدل دو زیر سیستم حمل‌ونقل شهری و صنایع آلوده کننده هوا تحت چند سناریو مختلف مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. نتایج نشان داد ارتقای فناوری در صنایع و توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی از سیاست‌های مؤثر جهت کاهش آلودگی هوا و بهبود انعطاف‌پذیری در جوامع شهری می‌باشد. Herrera (2017) از مدل‌سازی پویا به‌عنوان ابزاری برای تجزیه‌وتحلیل تاب‌آوری سیستم‌های زیست‌محیطی اجتماعی با استفاده از شبیه‌سازی به‌منظور تعیین کمیت پاسخ سیستم به اختلالات و تحلیل علی برای شناسایی راه‌های تأثیرگذاری بر این پاسخ استفاده کرده است. نتایج این پژوهش مجموعه‌ای از ویژگی‌های اساسی پاسخ‌های انعطاف‌پذیر را ارائه می‌دهد و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها را با استفاده از نتایج تولید شده توسط مدل‌های پویا توصیف می‌نماید. Links et al (2018) یک چارچوب مفهومی و مدل دینامیکی سیستم را به‌منظور پیش‌بینی عملکرد و انعطاف‌پذیری جامعه پس از فاجعه ارائه نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد مدل محاسباتی قادر است تاب‌آوری و عملکرد جامعه را پس از یک فاجعه پیش‌بینی نماید. Herrera and Kopainsky (2020) در پژوهشی با تلفیق مدل پویای سیستم در رویکردهای مشارکتی ارزیابی تاب‌آوری، به توسعه این رویکردها کمک نموده و یک ساختار عمومی برای آن فراهم می‌نمایند. Li et al (2020) یک مدل پویایی سیستم برای روشن شدن بازخورد علی و مکانیسم تعامل پویا بین مولفه‌های تاب‌آوری شهری ایجاد و روند بهبود تاب‌آوری شهری را شبیه‌سازی نمودند. هدف این پژوهش ساختن ابزاری جامع و آموزنده برای توسعه تاب‌آوری برای مدیران و برنامه‌ریزان شهری جهت حفظ وضعیت مطلوب عملکرد شهر و همچنین پاسخ مثبت به بحران تاب‌آوری است که ممکن است در آینده نزدیک رخ دهد. Mou et al (2021) با استفاده از رویکرد پویایی سیستم، مدلی متشکل از پنج زیر سیستم اقتصاد، محیط‌زیست، جمعیت، منابع، علم و فناوری در چارچوب مفهومی پایداری و تاب‌آوری شهری ایجاد کردند. نتایج این مطالعه نشان داد با بهبود کارایی استفاده از منابع و انجام تعدیل ساختاری صنعت می‌توان شهرها را تاب‌آورتر نمود. در این راستا هدف از این پژوهش بررسی میزان تاب‌آوری محیطی دشت یزد اردکان به لحاظ استقرار صنعت می‌باشد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 5:15 IRDT on Thursday June 11th 2026

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 (شکل ۱) (Zarei, 2015). حوضه یزد اردکان با مساحت کل ۱۲٦۰۷ کیلومتر مربع و با در اختیار داشتن حدود ۱۰ درصد از کل مساحت استان، در حدود ۸٦/۲ درصد از کل جمعیت استان و بخش اعظم از فعالیت‌های صنعتی که اغلب جزء صنایع پرآب خواه می‌باشند را در خود جای داده است. مهم‌ترین معضل حوزه محیط‌زیست در این حوضه پس از خشکسالی مربوط به توسعه نامتوازن و صنعتی شدن بی‌برنامه می‌باشد. نتیجه بی‌برنامگی و عدم جامع‌نگری در توسعه و صنعتی شدن، معضلات زیست‌محیطی بوده که آلودگی هوا، آب و خاک را در پی داشته است. استقرار غالب صنایع استان یزد در محور یزد اردکان این منطقه را به کانون اصلی انتشار آلودگی مبدل و به لحاظ اکولوژیک ظرفیت قابل تحمل محیط را اشباع کرده است. تمرکز صنایع مذکور در یک مساحت ۱۳۰ کیلومتری و استقرار آن‌ها در مسیر بادهای غالب منطقه، حاکی از عدم توجه مسئولین محلی و ملی به آمایش منطقه‌ای در جانمایی صنایع بوده است. ازجمله پیامدهای این توسعه نامتوازن افزایش آلودگی‌های محیطی در منطقه می‌باشد. استان یزد در مجموع دارای ۱۳ شهرک صنعتی، ۱ منطقه ویژه اقتصادی و ۱۵ ناحیه صنعتی می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی دشت یزد اردکان

Figure 1: The geographical location of Yazd Ardakan plain

مواد و روش‌ها

روش پویایی‌شناسی سیستم در اواخر دهه ۱۹۵۰ میلادی توسط فارستر در موسسه فناوری ماساچوست توسعه یافت. در حقیقت این روش را می‌توان به‌عنوان کاربرد اصول سیستم‌های کنترل بازخوردی و روش‌هایی برای مدل‌سازی،

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 5:15 IRDT on Thursday June 11th 2026

تحلیل و درک رفتار سیستم‌های پیچیده دانست. مدل‌سازی پویا سیستم اصولا مبتنی بر روابط علی است. این روابط علی در طول اجرای مدلی که به‌صورت رایانه‌ای شبیه‌سازی می‌شود، همواره با یکدیگر در ارتباط متقابل هستند و به این ترتیب، تعاملات پویای سیستم را شبیه‌سازی می‌کنند (Somogyvari, 2011). در روش پویایی‌شناسی سیستم‌ها از حلقه‌های بازخوردی، متغیرهای درون‌زا و برون‌زا و معادلات سیستمی به‌منظور مدل‌سازی پدیده‌های پیچیده استفاده می‌شود (Shahsavari-Pour et al., 2022). حلقه‌های بازخوردی به‌عنوان زنجیره‌ی بسته‌ای از روابط علی و معلولی بین متغیرها تعریف می‌شود. متغیرها به‌طورکلی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

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

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

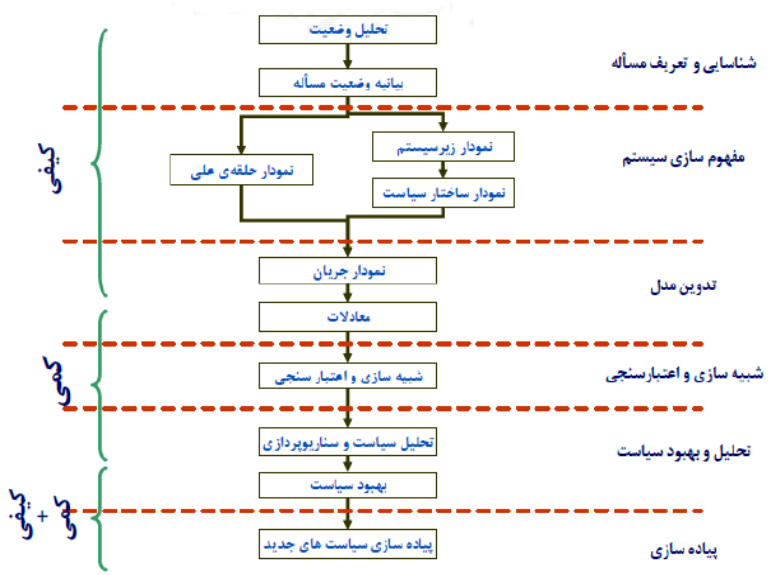
(۲) متغیرهای نرخ که بیانگر جریان‌های ورودی یا خروجی به متغیرهای حالت در هر دوره‌ی زمانی هستند.

معادله (۱) $\text{d (Stock)/dt = net change in stock = Inflow(t) – Outflow(t)}$

(۳) متغیرهای کمکی که به وسیله‌ی آن‌ها حلقه‌های بازخوردی کامل می‌شوند. مدل‌سازی سیستم‌ها با استفاده از ابزار پویایی‌شناسی سیستم به‌نحو موثری می‌تواند به‌منظور تحلیل و بررسی مسایل پیچیده اقتصادی اجتماعی و زیست‌محیطی به‌کار گرفته شود (Sterman, 2001; Forotan, 2015).

در این پژوهش، یک مدل بر پایه حلقه‌های علت و معلولی به‌منظور مطالعه توسعه صنعت و تاثیر آن در تاب‌آوری دشت یزد اردکان ایجاد شده است و بر مبنای آن عوامل تأثیرگذار شناسایی شده و رفتار سیستم در نتیجه اتخاذ سیاست‌های مختلف کنترلی، شبیه‌سازی شده است. به‌منظور شبیه‌سازی رفتار این سیستم، ابتدا زیرسیستم‌های تاثیرگذار شناسایی می‌شوند و سپس با تعیین مرزهای سیستم، متغیرهای اصلی تاثیرگذار تعیین شده و معادلات ریاضی بر اساس داده‌های تاریخی استخراج می‌شوند. در چارچوب روابط علت و معلولی پیچیده این سیستم می‌توان تأثیر سیاست‌های مختلف قابل اجرا را بر میزان تاب‌آوری این دشت به لحاظ استقرار صنعت سنجید. داده‌های مورد نیاز به‌منظور ایجاد و شبیه‌سازی چنین سیستمی از منابع گوناگونی همچون داده‌های محیط‌زیستی، داده‌های صنعتی و ... استخراج شده‌اند. فرآیند مدل‌سازی با نرم‌افزار Vensim PLE انجام گرفته است. این نرم‌افزار با داشتن محیط گرافیکی مناسب، مجموعه‌ای از ابزارهای قدرتمند برای وارد کردن و مدیریت داده‌ها را فراهم می‌کند. Vensim ابزار مدل‌سازی گرافیکی است که مفهوم‌سازی، مستندسازی، شبیه‌سازی، آنالیز و بهینه‌سازی مدل‌های سیستم پویا را امکان‌پذیر می‌سازد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 5:15 IRDT on Thursday June 11th 2026



شکل ۲: مراحل مدل‌سازی با رویکرد پویایی سیستم (Ehsanifar et al., 2018)

Figure 2: Modeling steps with system dynamics approach (Ehsanifar et al., 2018)

مدل توسعه صنعت در دشت یزد اردکان

بخش صنعت و معدن با دارا بودن ٤٠ درصد شاغلین، ۳۸ درصد از تولید ناخالص داخلی استان یزد را به‌خود اختصاص داده است. در راستای هدف تحقیق مدلی جهت شبیه‌سازی و بررسی تاثیر سیاست‌های مختلف توسعه صنعت بر تاب‌آوری منطقه ایجاد گردید. در این مدل آلودگی به‌عنوان یک متغیر انباشت و متغیرهای آلودگی به‌عنوان متغیر نرخ ورودی که منجر به افزایش متغیر انباشت می‌شود و متغیرهای جذب آلودگی به‌عنوان متغیرهای نرخ خروجی که باعث کاهش متغیر انباشت می‌شوند در مدل تحقیق در نظر گرفته شد. متغیر جذب آلودگی متاثر از دو متغیر شامل متغیرهای جذب آلودگی توسط پوشش گیاهی و متغیر کاهش آلودگی توسط جریان‌های هوایی می‌باشد. همچنین متغیر تاسیس واحدهای صنعتی جدید که سالانه در منطقه ایجاد می‌شوند به‌عنوان متغیری تاثیرگذار بر میزان آلودگی منطقه در مدل لحاظ گردید. در این مدل یکی از متغیرهایی که لحاظ شده است متغیر فناوری است. استفاده از سطوح بالای فناوری در صنعت می‌تواند به دلیل کاهش مصرف انرژی و سوخت مصرفی در صنایع و از طرفی به دلیل بهره‌مندی از تکنیک‌های جذب آلاینده‌های صنعتی منجر به کاهش آلودگی شود. با توجه به این‌که جهت اندازه‌گیری فناوری مشخص نمودن یک فاکتور معین کار پیچیده‌ای می‌باشد به همین دلیل در این پژوهش از شاخص دستیابی به فناوری[6] استفاده شده است. شاخص دستیابی به فناوری که توسط سازمان ملل معرفی شده یک شاخص ترکیبی است که سطح پیشرفت فناوری کشورها را منعکس می‌کند و شامل چهار رکن خلق فناوری جدید، انتشار نوآوری جدید، انتشار نوآوری‌های قدیمی و مهارت‌های انسانی است (Kiyanpour and Salehi, 2015). بر

6- Technology Achievement Index (TAI)

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 5:15 IRDT on Thursday June 11th 2026

اساس این شاخص کشورها به چهار دسته تقسیم‌بندی می‌شوند. مطابق با آخرین گزارش منتشر شده ایران با کسب امتیاز ۰/۲۶ در این شاخص، جزء کشورهای متوسط قرار گرفته است (جدول ۱).

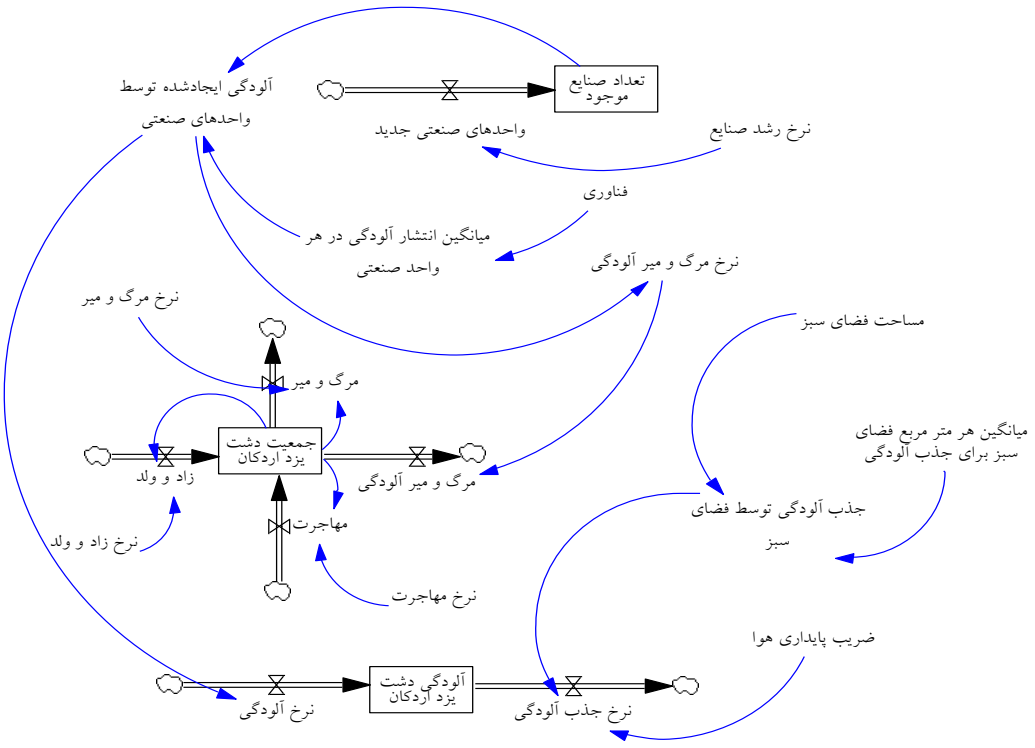
جدول ۱- شاخص دستیابی به فناوری (Desai et al., 2002)

Table 1- Technology achievement index (Desai et al., 2002)

کشورها	TAI	توضیحات
کشورهای پیشرو	TAI>0.5	کشورهایی لبه نوآوری فناورانه مانند: فنلاند، آمریکا، سوئد و ژاپن
کشورهای دارای پتانسیل بالا	TAI>0.35-0.49	کشورهایی که سرمایه‌گذاری بالایی در زمینه منابع انسانی انجام داده و با کشورهای پیشرو رقابت می‌کنند مانند: اسپانیا، ایتالیا، مالزی
کشورهای متوسط	TAI=0.20-0.34	کشورهای در حال توسعه با مهارت‌های انسانی بالا مانند: چین، هند و ایران
کشورهای ضعیف	TAI<0.20	در این کشورها انتشار فناوری و ایجاد مهارت بسیار محدود است و از مزایای انتشار فناوری‌های قدیمی برخوردار نیستند مانند: پاکستان و سودان

یافته‌ها و بحث

به‌منظور درک رفتار سیستم لازم است روابط بین متغیرهای سیستم تدوین شده و با استفاده از رایانه مقادیر متغیرها در طول زمان شبیه‌سازی شود (Fartokzadeh and Rajabi, 2009). شکل (۳) رفتار شبیه‌سازی شده متغیرهای سیستم را در محیط نرم‌افزار و نسیم نشان می‌دهد.

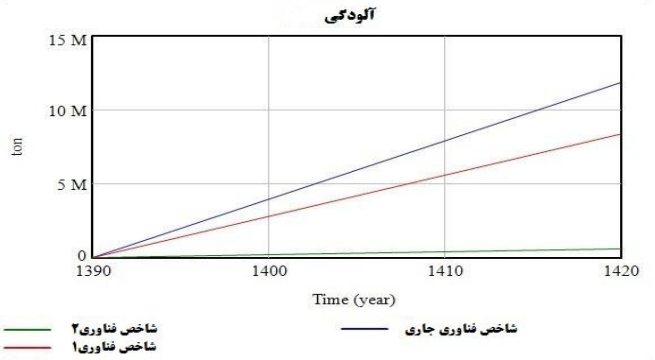


شکل ۳: مدل توسعه صنعت دشت یزد اردکان

Figure 3: The Industry Development model of Yazd Ardakan plain

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 5:15 IRDT on Thursday June 11th 2026

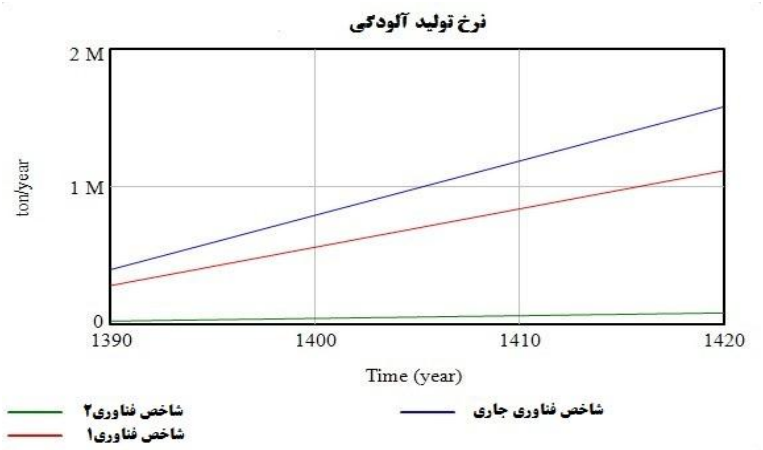
برای بررسی تأثیر اعمال گزینه‌های سیاستی در سال‌های مورد مطالعه در محدوده مطالعاتی دشت یزد اردکان، ابتدا مدل برای سال ۱۳۹۰ تا ۱٤۱۰ بدون اعمال سیاست تغییر فناوری اجرا گردید و ارزیابی آسیب‌پذیری متناسب با مقادیر حاصل از خروجی مدل محاسبه شد. در ادامه با اعمال سیاست تغییر فناوری میزان تاب‌آوری منطقه مورد بررسی قرار گرفت. فناوری یکی از متغیرهایی است که تاثیر مهمی بر مصرف انرژی و میزان آلودگی در کشورهای مختلف دارد. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که فعالیت‌های مربوط به توسعه علم و فناوری به‌عنوان پیشران‌های اصلی بهره‌وری و رشد اقتصادی محسوب می‌شود و به‌طور چشمگیری به توسعه اقتصادی و بهبود سطح زندگی جوامع یاری می‌رساند. رویکرد استفاده از فناوری پاک‌تر مستلزم این امر است که از یک طرف فرآیند و سیستم‌های تولیدی در هزینه‌ها، انرژی، مواد اولیه و غیره صرفه‌جویی کرده و سودآورتر باشند و توانایی بالاتری در استفاده کاراتر از منابع تجدیدپذیر و وابستگی کم‌تری به منابع تجدیدناپذیر داشته باشند. از طرف دیگر تولیدات صنعتی نیز بادوام، تجزیه‌پذیر و دارای قابلیت بالاتر بازیافت بوده و کم‌ترین نقش را در انتشار آلودگی داشته باشند. در این بخش به اثر تغییر فناوری بر میزان آلودگی و میزان تاب‌آوری دشت یزد اردکان پرداخته شد. بر این اساس سه شاخص متفاوت فناوری شامل: شاخص جاری، شاخص بهینه فناوری ۱ و شاخص بهینه فناوری ۲ که به‌ترتیب برابر با ۰/۲٦، ۰/٤۸، ۰/۷٤ می‌باشند تعریف گردید. بر اساس شاخص دستیابی به فناوری شاخص جاری برابر با شاخص کشورهای متوسط و شاخص بهینه فناوری ۱ برابر با شاخص کشورهای دارای پتانسیل بالا و شاخص بهینه فناوری ۲ برابر با شاخص کشورهای پیشرو در نظر گرفته شد. شکل‌های (٤ و ٥) نشان‌دهنده تأثیر تغییر فناوری بر میزان آلودگی و نرخ تولید آلودگی دشت یزد اردکان می‌باشد. همان‌گونه که در شکل مشخص است با بهبود فناوری آلودگی تجمعی در سناریوهای بهره‌گیری از شاخص بهینه فناوری ۱ و شاخص بهینه فناوری ۲ به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است که در نهایت بر میزان تاب‌آوری این دشت تأثیر مطلوبی می‌گذارد. همچنین اگر شاخص فناوری به شاخص بهینه فناوری ۲ تغییر کند نرخ تولید آلودگی به نصف کاهش می‌یابد بنابراین مشاهده می‌شود که تغییر در نرخ فناوری تأثیر چشم‌گیری بر کاهش نرخ تولید آلودگی در واحدهای صنعتی خواهد داشت. لذا همان‌گونه که انتظار می‌رود فناوری می‌تواند به‌عنوان یک سیاست مهم در کاهش نرخ تولید آلودگی مراکز صنعتی و در نهایت افزایش میزان تاب‌آوری در منطقه تأثیرگذار باشد.



شکل ٤: میزان آلودگی در سیاست تغییر فناوری

Figure 4: The pollution in technology change policy

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 5:15 IRDT on Thursday June 11th 2026



شکل ۵: نرخ تولید آلودگی در سیاست تغییر فناوری

Figure 5: The rate of contamination in technology change policy

نتیجه‌گیری

از اصلی‌ترین اهداف تاب آور نمودن جوامع تداوم عملکردها و خدمات اکوسیستمی و اطمینان از بازگشت اکوسیستم‌ها به شرایط مطلوب پس از بروز اختلال در سیستم اکولوژیکی و یا سازگاری و انطباق آن با این آشفتگی‌ها به منظور کاهش هزینه‌های جبران و تعدیل آسیب وارده به جوامع است. ایجاد ساختاری تاب‌آور در مناطق خشک و نیمه خشک مانند دشت یزد اردکان مستلزم اعمال سیاست‌های کارآمد زیست‌محیطی در کنار توسعه منابع انسانی به‌صورت هماهنگ است. چرا که بسط سیاست‌های توسعه بدون در نظر گرفتن اصول تاب‌آوری سبب از بین رفتن منابع و آسیب‌پذیری این دشت شده است. با توجه به این‌که مهم‌ترین چالش در توسعه صنعتی دشت یزد اردکان، استقرار صنایع آلاینده و آب خواه و همچنین استفاده از فناوری‌های قدیمی در برخی از واحدهای تولیدی است. به‌طوری که به‌دلیل در دسترس بودن و قیمت پایین انرژی، کارگر ساده و مواد اولیه (خاک و معادن استان) و عدم نظارت کافی در خصوص آلودگی‌های زیست‌محیطی، عمدتاً مالکین این واحدها انگیزه و علاقه‌ای به تغییر فناوری تولید و استفاده از فناوری‌های روز نداشته و با روش فعلی نیز سودآوری مورد انتظار را دارند. این در حالی است که این رویکرد منجر به تاب‌آوری پایین در این ناحیه شده است. با توجه به اینکه تاب‌آوری به دلیل پویا بودن واکنش جوامع در برابر تنش‌های محیطی، نوعی آینده‌نگری است و به بسط و گسترش استراتژی و سیاست‌های مدیریتی به منظور مواجهه با عدم قطعیت و تغییر کمک می‌نماید. در این صورت افزایش تاب‌آوری در برابر تنش‌های محیطی می‌تواند منجر به ایجاد افزایش ظرفیت سازگاری و پایداری جوامع گردد؛ بنابراین راهبرد بهبود تاب‌آوری جوامع در نواحی آسیب‌پذیر می‌تواند ما را در برنامه‌ریزی و مدیریت مقابله با اختلالات و اثرات تنش‌های محیطی در کشور یاری رساند. بر پایه نتایج تحقیق ضرورت ایجاب می‌کند در راستای بهبود بخشی به تاب‌آوری دشت یزد اردکان، سلسله اقداماتی نظیر تشویق واحدهای صنعتی به‌سوی اختصاص بخشی از تولید خود به محصولات دانش‌بنیان، جذب سرمایه‌گذار خارجی برای ارتقای فناوری واحدهای صنعتی موجود و سرمایه‌گذاری در

عرصه‌هایی که مزیت نسبی و رقابتی دارد، ممنوعیت صدور مجوز و احداث واحدهای صنعتی جدید و آلاینده در محور یزد اردکان و حمایت از ساخت صنایع پاک و دوستدار محیط‌زیست، ایجاد یک پهنه سبز حفاظتی در اطراف مناطق صنعتی و اتصال اکوسیستم‌های صنعتی به طبیعت، الزام کلیه صنایع به نصب فیلترهای استاندارد و تعطیلی یا انتقال پاره‌ای از صنایع با آلایندگی بالا و عدم امکان اصلاح، مورد توجه و اهتمام جدی مدیران و برنامه‌ریزان قرار گیرد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 5:15 IRDT on Thursday June 11th 2026

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 5:15 IRDT on Thursday June 11th 2026

References

- Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., Rockstrom, J., (2005), "Social-ecological resilience to coastal disasters", ***Science***, 309: 1036-1039.
- Aghajani, D., Abbaspour, M., Radfar, R., Mohammadi, A., (2018), "The Role of Green universities in climate resiliency", ***Journal of Urban Economics and Management***, 25 (7): 117-133. [In Persian].
- Al-Mohammad, S., Malek Mohammadi, B., Yavari, A., Yazdan Panah, M., (2017), "Analysis of the water resources resilience in land governance process of the Iranian Plateau", ***Rahbord***, 81: 145-176. [In Persian].
- Bagheri, N., Razavian, M., Tavakkolinia, J., (2019), "The role of urban management in the sustainability of neighborhood tourism (Case study: Tajrish neighborhood with a Green Approach)", ***New Attitudes in Human Geography***, 11 (4): 7-17. [In Persian].
- Brand, F., Jax, K., (2007), "Focusing the meaning (s) of resilience: resilience as a descriptive concept and a boundary object", ***Ecology and Society***, 12 (1): 3-17.
- Desai, M., Fukuda-Parr, S., Johansson, C., Sagasti, F., (2002), "Measuring the technology achievement of nations and the capacity to participate in the network age", ***Journal of Human Development***, 3 (1): 95-122.
- Ehsanifar, M., Hamta, N., Abdollahian, M., (2018), "Crisis management of water in Arak city using system dynamics", ***Journal of Emergency Management***, 7 (1): 5-12. [In Persian].
- Fartokzadeh, H.R., Rajabi Nahoji, M., (2009), "Dynamic modeling of entrepreneurship opportunity Urban physical distribution underlying metropolises traffic", ***Journal of Entrepreneurship Development***, 6 (2): 97-124. [In Persian].
- Forotan, F. A., (2015), "***A system dynamics model for the study of Air***", A case study of Tehran city, MA, Isfahan University of Technology.
- Fiksel, J., (2006), "Sustainability and resilience: Toward a systems approach", ***Sustainability: Science, Practice and Policy***, 2 (2): 14-21.
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., (2005), "Regime shifts, resilience and biodiversity in ecosystem management", ***Annual Review of Ecology Evolution and Systematics***, 35 (1): 557-581.
- Folke, C., (2006), "Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses", ***Global Environmental Change***, 16 (3): 253-267.
- Gibbs, M. T., (2009), "Resilience: What is it and what does it mean for marine policymakers?", ***Marine Policy***, 33 (2): 322-331.
- Herrera, H., (2017), "From metaphor to practice: Operationalizing the analysis of resilience using system dynamics modelling", ***Systems Research and Behavioral Science***, 34 (4): 444-462.
- Herrera, H., Kopainsky, B., (2020), "Using system dynamics to support a participatory assessment of resilience", ***Environment Systems and Decisions***, 40 (2): 342-355.
- Kiyan Pour, S., Salehi, A., (2015), "Measuring of technology and innovation index in Iran compared with other countries", ***Journal of Science and Technology Parks and Incubaators***, 11 (4): 70-75. [In Persian].
- Links, J. M., Schwartz, B. S., Lin, S., Kanarek, N., Mitrani-Reiser, J., Sell, T. K., Gill, K., (2018), "COPEWELL: A conceptual framework and system dynamics model for predicting community functioning and resilience after disasters", ***Disaster Medicine and Public Health Preparedness***, 12 (1): 127-137.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 5:15 IRDT on Thursday June 11th 2026

- 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: 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: 123-140. [In Persian].
- 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. [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. [In Persian].
- Resilience, D. D. D., (2011), "***A DFID approach paper***", London: Department for International Development pub, UK.
- Somogyvari, M., (2011), "The role of system dynamics modelling in sustainability planning", ***Regional and Business Studies***, 3 (1): 43-55.
- Shahsavari-Pour, N., Bahador, S., Heydari, A., Fekih, A., (2022), "Analyzing Tehran's Air Pollution Using System Dynamics Approach", ***Sustainability,*** 14 (3): 1181-1201.
- Sterman, J. D., (2001), "System dynamics modeling: tools for learning in a complex world", ***California Management Review***, 43 (4): 8-25.
- Vafa-Arani, H., Jahani, S., Dashti, H., Heydari, J., Moazen, S., (2014), "A dynamics system modeling for urban air pollution: A case study of Tehran, Iran", ***Transportation Research Part D: Transport and Environment***, 31: 21-36.
- Zarei Mahmoud Abadi, H., (2015), "Investigation of possible impact of heavy elements of non-metallic industrial wastewater on groundwater by statistical method in Yazd-Ardakan plain", ***Journal of Advanced Applied Geology***, 5 (3): 85-93. [In Persian].