



University of Tehran Press

The Application of System Dynamics Modeling in Explaining the Challenges and Perspectives of Banderashk Establishment in Sirjan County

Saeid Khatam¹ | Seyed Abbas Ebrahimi^{2*}

1. Department of Management, Faculty of Economics, Management and Administrative Sciences, Semnan University, Semnan, Iran. E-mail: s.khatam@semnan.ac.ir

2. Corresponding Author, Department of Management, Faculty of Economics, Management and Administrative Sciences, Semnan University, Semnan, Iran. E-mail: a.ebrahimi@semnan.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: January 04, 2026
Revised: February 14, 2026
Accepted: February 17, 2026
Published online: 05 March 2026

Keywords:
dynamic model,
banderakhshak,
Sirjan county.

ABSTRACT

The continuous growth of international maritime cargo transportation has exerted increasing pressure on the country's major seaports. Capacity limitations and restricted opportunities for physical expansion have resulted in operational delays and reduced efficiency. In this context, the development of dry ports as a complementary solution can play a significant role in alleviating congestion at coastal ports and enhancing the overall performance of the logistics network. Given the strategic geographical position of Sirjan County, this study aims to identify and analyze the challenges and future prospects of establishing a dry port in this region using a system dynamics approach. This research adopted a mixed-methods design. In the qualitative phase, key challenges were identified through thematic analysis based on in-depth interviews with 12 experts. In the quantitative phase, fuzzy DEMATEL was employed to examine the cause-effect relationships among the identified challenges, while system dynamics modeling and scenario analysis were applied to explore the dynamic behavior of the system under different policy scenarios. The results indicate that the challenges can be classified into causal and effect groups. Economic-financial, socio-cultural, and legal-institutional challenges were identified as causal factors, whereas managerial-organizational, environmental-sustainability, and technical-infrastructure challenges were classified as effect factors. The fuzzy DEMATEL analysis revealed that the economic-financial challenge is the strongest causal factor, while the technical-infrastructure challenge represents the strongest effect factor in the system. Furthermore, the system dynamics analysis demonstrated that the implementation of the proposed strategies and policies—particularly under the optimistic scenario—leads to a significant reduction in the intensity of challenges and substantially improves the prospects for the successful establishment of a dry port in Sirjan County.

Cite this article: Khatam, S. & Ebrahimi, A. (2025-2026). The Application of System Dynamics Modeling in Explaining the Challenges and Perspectives of Banderashk Establishment in Sirjan County. *Town and Country Planning*. 17 (2), 297-328. <http://doi.org/10.22059/jtcp.2026.409357.670544>



© Authors retain the copyright and full publishing rights.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2026.409357.670544>

Publisher: University of Tehran Press.



کاربرد مدل‌سازی پویایی سیستم در تبیین چالش‌ها و چشم‌اندازهای استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان

سعید خاتم^۱ | سعیدعباس ابراهیمی^{۲*}

۱. گروه مدیریت، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. رایانامه: s.khatam@semnan.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه مدیریت، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. رایانامه: a.abrahimi@semnan.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۱۴

کلیدواژه:

بندر خشک،
شهرستان سیرجان،
مدل پویایی.

افزایش مستمر حمل‌ونقل دریایی بین‌المللی کالا، فشار فزاینده‌ای بر بنادر اصلی کشور وارد کرده و محدودیت ظرفیت و فضای توسعه، منجر به تأخیرهای عملیاتی و کاهش بهره‌وری شده است. در این میان، استقرار بندر خشک به عنوان راهکاری مکمل، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش بار بنادر ساحلی و بهبود عملکرد شبکه لجستیک ایفا کند. با توجه به موقعیت راهبردی شهرستان سیرجان، این پژوهش با هدف تبیین چالش‌ها و چشم‌اندازهای استقرار بندر خشک در این منطقه با بهره‌گیری از مدل‌سازی پویایی سیستم انجام شده است. پژوهش حاضر با رویکرد آمیخته انجام شد؛ بدین صورت که در بخش کیفی، از طریق تحلیل مضمون و مصاحبه با ۱۲ نفر از خبرگان، چالش‌های اصلی شناسایی شد و در بخش کمی، به منظور تحلیل روابط علی- معلولی میان چالش‌ها از روش دیمتل فازی، و برای بررسی رفتار سیستم در شرایط مختلف از پویایی‌شناسی سیستم و تحلیل سناریو استفاده شد. یافته‌ها نشان داد چالش‌ها در دو دسته علی و معلولی قابل طبقه‌بندی هستند؛ به طوری که چالش‌های اقتصادی- مالی، اجتماعی- فرهنگی، و حقوقی- نهادی در زمره عوامل علی، و چالش‌های مدیریتی- سازمانی، زیست محیطی- پایداری و فنی- زیرساختی در گروه عوامل معلولی قرار می‌گیرند. نتایج دیمتل فازی، چالش اقتصادی- مالی را به عنوان قوی‌ترین عامل علی و چالش فنی- زیرساختی را به عنوان قوی‌ترین عامل معلولی معرفی کرد. همچنین تحلیل پویایی سیستم نشان داد اجرای راهکارها و سیاست‌های پیشنهادی، به ویژه در سناریوی خوش‌بینانه، منجر به کاهش معنادار چالش‌ها و بهبود چشم‌انداز استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان می‌شود.

استناد: خاتم، سعید و ابراهیمی، عباس (۱۴۰۴). کاربرد مدل‌سازی پویایی سیستم در تبیین چالش‌ها و چشم‌اندازهای استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان. *آمایش*

سرزمین، ۱۷ (۲) ۲۹۷-۳۳۸. <http://doi.org/10.22059/jtcp.2026.409357.670544>

© نویسندگان. ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2026.409357.670544>



مقدمه

زمینه جهانی و اهمیت بنادر خشک

در دهه‌های اخیر، جهانی شدن اقتصاد موجب تسریع چشمگیر تجارت دریایی شده است؛ به گونه‌ای که حجم محموله‌های دریایی در سال ۲۰۲۳ به حدود ۱۲.۲۹ میلیارد تن رسید و نزدیک به چهارپنجم تجارت جهانی کالا را شامل شد. در این چشم‌انداز، بنادر دریایی به‌عنوان دروازه‌های اصلی تجارت بین‌المللی عمل می‌کنند، درحالی‌که بنادر خشک با گسترش دسترسی بندر به نواحی داخلی، در کنار بنادر دریایی یک سیستم بین وجهی بندر-پس کرانه را شکل می‌دهند. این سیستم نه تنها جریان‌های تجاری را تسهیل می‌کند، بلکه موجب خوشه‌بندی صنعتی، ایجاد اشتغال و توسعه اجتماعی-اقتصادی مناطق داخلی می‌شود (Wang et al., 2025).

فشار عملیاتی بر بنادر و نقش بنادر خشک

افزایش حمل‌ونقل دریایی بین‌المللی حجم عظیمی از عملیات را در بنادر بزرگ (که اغلب در مجاورت شهرها قرار دارند) ایجاد کرده و محدودیت فضایی امکان توسعه بندرگاهی را کاهش داده است. پیامد این وضعیت بروز تأخیرهای طولانی، رسوب کانتینر و افت بهره‌وری بنادر است. از این رو، بندر خشک به‌عنوان یک ترمینال بین وجهی داخلی که از طریق جاده یا راه‌آهن به بندر دریایی متصل است، راهکاری مؤثر برای کاهش تراکم، تسهیل تشریفات گمرکی، و کاهش هزینه و زمان حمل‌ونقل به شمار می‌رود (Bagheri et al., 2025). انتخاب مکان مناسب بندر خشک نقشی تعیین‌کننده در کارایی شبکه حمل‌ونقل و پیامدهای زیست‌محیطی آن دارد.

چالش‌های جهانی و ایران در توسعه بنادر خشک

با وجود مزایای متعدد، ایجاد و بهره‌برداری از بنادر خشک مستلزم تعامل ذی‌نفعان گوناگون با اهدافی گاه متعارض است. مطالعات بین‌المللی نشان می‌دهد چالش‌هایی نظیر تأمین مالی زیرساخت‌ها، ناکافی بودن اتصال ریلی، برنامه‌ریزی ناکارآمد کانتینر، وابستگی بیش از حد به حمل‌ونقل جاده‌ای، و رقابت با بنادر دریایی، می‌تواند کارایی و توجیه‌پذیری اقتصادی بنادر خشک را تضعیف کند (Khaslavskaya et al., 2024). همچنین، حمل‌ونقل ترکیبی دریایی-ریلی، با وجود مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی، در عمل با پیچیدگی‌های نهادی و عملیاتی متعددی مواجه است که بر رضایت فرستندگان کالا اثر می‌گذارد (Abu-Aisha et al., 2024).

وضعیت ایران و ضرورت توجه به پس‌کرانه‌ها

در ایران، رشد حمل‌ونقل کانتینری و افزایش ابعاد کشتی‌های کانتینربر، بنادر ساحلی را با چالش جدی توسعه پس‌کرانه مواجه کرده است. کمبود فضای تخلیه و انبارش، دسترسی محدود به مراکز تولید، افزایش آلودگی زیست‌محیطی، و افزایش هزینه‌های نهایی حمل‌ونقل، ادامه فعالیت بنادر ساحلی را با محدودیت روبه‌رو کرده است. در این شرایط، بندر خشک می‌تواند بخشی از خدمات بندر ساحلی را به مناطق داخلی منتقل کند (حاضری و همکاران، ۱۴۰۲). هم‌زمان، اسناد بالادستی از جمله برنامه هفتم توسعه (۱۴۰۳-۱۴۰۷) و سیاست‌های توسعه دریامحور، بر توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل، فعال‌سازی مزیت‌های جغرافیایی و تقویت نقش ایران در کریدورهای تجاری منطقه‌ای تأکید دارند (قربانی نژادبالاگفشه و همکاران، ۱۴۰۳).

مسئله پژوهش و خلأ دانشی (با تمرکز بر سیرجان)

با وجود انجام پژوهش‌هایی درباره بنادر خشک در ایران، اغلب مطالعات بر مکان‌یابی، ارزیابی اقتصادی ایستا یا تحلیل‌های توصیفی متمرکز بوده‌اند و تحلیل پویایی چالش‌ها، روابط علی-معلولی میان آن‌ها و بررسی سناریوهای آینده در مقیاس منطقه‌ای کمتر مورد توجه قرار گرفته است (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۰)؛ به‌ویژه در مورد شهرستان سیرجان با وجود موقعیت راهبردی در شبکه ریلی کشور، نزدیکی به مراکز تولید و قرارگیری در خوشه‌های توزیع، پژوهشی که به صورت یکپارچه «سایه‌روشن‌های راه‌اندازی بندر خشک» را با رویکرد آینده‌نگر و مدل‌سازی پویایی سیستم بررسی کند مشاهده نمی‌شود. این خلأ دانشی تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد را برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان منطقه‌ای با ابهام مواجه کرده است.

اهداف، سوالات و نوآوری پژوهش

هدف این پژوهش تحلیل و سناریوسازی آثار راهاندازی بندر خشک در شهرستان سیرجان بر توسعه پایدار منطقه (از جمله اشتغال، تردد، و زیرساخت‌ها) و ارائه یک چارچوب تصمیم‌یار برای بهینه‌سازی سیاست‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها است.

سوالات اصلی پژوهش عبارت‌اند از:

۱. مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر در راهاندازی بندر خشک سیرجان کدام‌اند؟
 ۲. روابط علی- معلولی میان این عوامل چگونه شکل می‌گیرد؟
 ۳. پیامدهای راهاندازی بندر خشک تحت سناریوهای خوش‌بینانه، واقع‌گرایانه، و بدبینانه چیست؟
- نوآوری پژوهش در تلفیق تحلیل مضمون، دیمتل فازی و مدل‌سازی پویایی سیستم^۱ در قالب چارچوبی یکپارچه است؛ رویکردی که برای نخستین‌بار در مطالعات بندر خشک ایران، امکان تحلیل هم‌زمان دیدگاه ذی‌نفعان، روابط علی عوامل و رفتار پویایی سیستم در افق آینده را فراهم می‌کند.

پیشینه نظری و تجربی پژوهش

مطالعات بندر خشک با توجه به زمینه‌های مختلف در مطالعات بندر دریایی و طیف وسیعی از روش‌ها برای ارزیابی و پذیرش، مورد توجه روزافزون دانشگاهیان و محققان قرار گرفته است (Miraj et al., 2021). بندر خشک، یک ترمینال چندوجهی داخلی، با اتصال مستقیم به یک بندر دریایی، و دارای مسیرهای ترافیکی با ظرفیت بالا، ترجیحاً ریلی، است. در این ترمینال‌ها، مشتریان می‌توانند کالاهای خود را در واحدهای بارگیری چندوجهی، گویی مستقیماً به بندر دریایی منتقل و یا جمع‌آوری کنند (Muravev et al., 2021). بنادر در سراسر جهان شاهد ایجاد بنادر خشک در مناطق داخلی خود هستند تا جریان روان محموله‌های کانتینری را تضمین و روابط کارآمد بندر-شهر را حفظ کنند (Chowdhury, 2023). یک بندر خشک در مجاورت بنادر دریایی قرار دارد و به‌عنوان امتداد چنین ترمینال‌های دریایی عمل می‌کند و همچنین به‌عنوان یک قطب لجستیکی برای تجمیع و توزیع محموله، در نزدیکی مناطق اقتصادی واقع شده است (Nguyen et al., 2021). بنادر خشک باید در مکان‌های مناسب و توسط یک فرآیند جامع انتخاب مکان تعیین و ساخته شوند. یکی از مهم‌ترین بنادر دریایی کشور که نیاز به پشتیبانی بنادر خشک دارد، بندر شهید رجایی در جنوب ایران است. موقعیت جغرافیایی عالی، دسترسی به آب‌های آزاد جهان از طریق خلیج فارس، اتصال به شبکه راه‌آهن بین‌المللی و جاده ابریشم، این بندر را به پایگاهی استراتژیک و منحصربه‌فرد تبدیل کرده است (Raad et al., 2022). بنادر خشک به‌عنوان محورهای بین‌وجهی برای جمع‌آوری و توزیع کانتینرها عمل می‌کنند، جایی که کالاها می‌توانند بین حمل‌ونقل جاده‌ای، ریلی و دریایی منتقل شوند. آن‌ها عملکردهای بنادر دریایی را به مناطق داخلی گسترش می‌دهند و خدمات یک‌مرحله‌ای مانند ترخیص کالا از گمرک، بازرسی و قرنطینه را برای حمل‌کنندگان فراهم می‌کنند (Lu & Qiu, 2025). کارکردهای بنادر خشک بسته به نوع خدمات ارائه‌شده متفاوت است که می‌تواند از خدمات لجستیکی اولیه (مانند انتقال کالا از یک کشتی به کشتی دیگر و ذخیره‌سازی) تا طیف وسیعی از خدمات مشتری‌محور شامل تجمیع و تجمیع‌زدایی بار، نگهداری و تعمیر، ردیابی و رهگیری، ترخیص گمرکی، پردازش اطلاعات، و ارسال متغیر باشد (ETO et al., 2022). توسعه واقعی بنادر فله خشک به‌سرعت رشد کرده است، زیرا لجستیک دریایی ارزان‌ترین راه حمل‌ونقل برای محموله‌های فله خشک (مانند زغال‌سنگ، آهن، و غلات) است (Zhang et al., 2022). عملیات انجام‌شده در بنادر برای جابه‌جایی بار نقش محوری در حوزه لجستیک جهانی ایفا می‌کند و انتقال کالا بین سیستم‌های حمل‌ونقل دریایی و زمینی را تسهیل می‌کند (Koritarov, 2024). با روند جهانی شدن، حجم تجارت بین‌کشورها به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است و بیشتر این کالاها از طریق بنادر حمل می‌شوند، بنابراین نقش مهمی در شبکه‌های حمل‌ونقل و سیستم‌های اقتصادی ایفا می‌کنند. کارایی عملکرد بنادر یکی از عناصر کلیدی موفقیت است و به چیدمان و طراحی زیرساخت‌ها مربوط می‌شود (Yen et al., 2023).

پیشینه پژوهش در خارج و داخل از کشور به شرح زیر آمده است:

اوکونگ و نیارونگا (۲۰۲۵) در تحقیقی با عنوان «افزایش بهره‌وری لجستیک حمل‌ونقل از طریق مشارکت‌های دولتی- خصوصی: در مورد بندر خشک ایساکا در امتداد کریدور مرکزی تانزانیا»، به این نتیجه رسیدند که PPPها (توازن قدرت خرید) می‌توانند در تغییر عملکرد بندر خشک، زمانی که در سیاست‌های صحیح، هماهنگی فرامیزی و چارچوب‌های نظارتی گنجانده شوند، مؤثر باشند. این مطالعه گسترش مدل PPP را به سایر مراکز لجستیک داخلی و تقویت زیرساخت‌های تجارت دیجیتال منطقه‌ای برای بهبود عملکرد لجستیک در سراسر کریدور توصیه می‌کند.

دیوی و همکاران (۲۰۲۴) در تحقیقی با عنوان «مدل تحلیل امکان‌سنجی مالی بندر خشک» نشان می‌دهند که محاسبه تجزیه‌وتحلیل امکان‌سنجی از ۳ سناریو استفاده می‌کند، یعنی برای شرایط خوش‌بینانه مقدار $IRR 28.8\%$ ، برای شرایط متوسط مقدار $IRR 13.6\%$ و برای شرایط بدبینانه مقدار $IRR 7.2\%$ است. از نتایج فوق، شرایط خوش‌بینانه و متوسط، محتمل‌ترین سناریوها برای توسعه بندر خشک تانگرنگ هستند.

پوچویات و همکاران (۲۰۲۴) در تحقیقی با عنوان «مکان‌یابی بندر خشک بر اساس مسئله ترکیبی MCDM و مکان‌یابی بار ثابت بدون ظرفیت برای ترمینال کانتینری سورابایا و تلوک لامونگ» نشان می‌دهند که حمل‌ونقل بار از مکان‌های صنعتی به بنادر دریایی هنوز تحت سلطه کامیون‌ها است. روند روبه‌رشد فعالیت‌های بارگیری و تخلیه در پایانه‌های سورابایا، تلوک لامونگ و زمین‌های انبارداری محدود، باعث ازدحام در منطقه بندر، افزایش زمان سفر و در نتیجه هزینه‌های بالای لجستیک خواهد شد.

فایرا (۲۰۲۲) در تحقیقی با عنوان «ارزیابی شیوه‌ها، فرصت‌ها و چالش‌های شرکت خدمات حمل‌ونقل و لجستیک اتیوپی» نشان می‌دهد که برای تشویق صادرکنندگان، حل مشکل قابلیت اطمینان و پایداری مراکز سیستم فناوری در بندر خشک، حل استاندارد کیفیت زیرساخت‌ها و به حداقل رساندن زمان توقف بار برای استفاده کارآمد از ترمینال کانتینر، سرمایه‌گذاری روی عملکرد و چالش‌های ارائه خدمات بندر خشک انجام شود تا از طریق ایجاد و ارتقای ظرفیت سازمانی، شرایط مطلوبی برای دستیابی به هدف و تبدیل شدن به یک بندر خشک رقابتی در سطح جهانی ایجاد شود.

اکسی و هو (۲۰۲۱) در تحقیقی با عنوان «ساخت شبکه لجستیک بندر خشک- بندر دریایی تحت طرح کمربند و جاده: مطالعه موردی استان شاندونگ در چین» نشان می‌دهند که وقتی هزینه ساخت‌وساز افزایش می‌یابد، هزینه حمل‌ونقل و نیز هزینه انتشار کربن کاهش می‌یابد، پس شبکه لجستیک بندر خشک- بندر دریایی ایجادشده تحت BRI می‌تواند هزینه حمل‌ونقل لجستیک و آلودگی محیط زیست را کاهش دهد.

اوکویو (۲۰۲۱) در تحقیقی با عنوان «عوامل تعیین‌کننده عملکرد بندر خشک در کنیا»، استراتژی‌هایی را برای حل مشکلات موجود در بنادر دریایی برای هماهنگ‌سازی عملیات بنادر خشک در منطقه پیشنهاد می‌دهد. معرفی زیرساخت ترکیبی شبکه ریلی و جاده‌ای به افزایش حجم بار بنادر دریایی کمک کرده و از سوی دیگر، تراکم ترافیک در بنادر دریایی را کاهش داده است.

احمدیان و همکاران (۱۴۰۳) در تحقیقی با عنوان «تبیین نقش بندر خشک در توسعه منطقه‌ای شهر زاهدان» نشان می‌دهند که مهم‌ترین عوامل مؤثر بر توسعه بندر خشک شامل توسعه اقتصادی، کنترل کیفیت، بهبود شرایط اجتماعی، وجود زیرساخت‌های مرتبط و موقعیت جغرافیایی است. همچنین شاخص‌هایی نظیر دسترسی به حمل‌ونقل، کاهش بیکاری، افزایش اشتغال و توسعه تجارت بین‌المللی نقش کلیدی دارند.

دورودیان و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی با عنوان «مکان‌یابی بندر خشک با رویکرد مکان‌یابی محورها در شرایط عدم قطعیت تقاضا: مطالعه موردی: ایران»، به مدل‌سازی مسئله مکان‌یابی بندر خشک به‌عنوان پایانه حمل‌ونقل چندوجهی پرداخته‌اند. داده‌های استفاده‌شده برای این مدل داده‌های واقعی مربوط به شبکه حمل‌ونقل ریلی و جاده‌ای ایران است. نتایج به‌کارگیری مدل پیشنهادی برای مکان‌یابی بندر خشک در کشور، نشان می‌دهد که پتانسیل احداث سه بندر خشک در استان‌های کرمان، فارس و خراسان شمالی وجود دارد.

روش و ابزار تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر رویکرد روش‌شناختی، آمیخته اکتشافی (کیفی- کمی) است. انتخاب این رویکرد با توجه به ماهیت مسئله پژوهش صورت گرفته است؛ زیرا شناسایی چالش‌ها و چشم‌اندازهای استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان، مستلزم استخراج کیفی عوامل از ادراکات خبرگان و سپس تحلیل کمی روابط علی- معلولی و رفتار پویای سیستم است. در این چارچوب، ابتدا بخش کیفی برای کشف و مفهوم‌پردازی عوامل انجام شده و نتایج آن به‌عنوان ورودی بخش کمی مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین پژوهش نه صرفاً توصیفی است و نه تجربی کلاسیک، بلکه در زمره مطالعات تحلیلی- سیستمی، با تأکید بر روابط علی و سناریوسازی آینده‌نگر، قرار می‌گیرد.

جامعه آماری پژوهش شامل خبرگان و استادان آشنا با حوزه آمایش سرزمین، حمل‌ونقل، لجستیک، برنامه‌ریزی منطقه‌ای، و بنادر است. نمونه پژوهش متشکل از ۱۲ نفر خبره است که با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شده‌اند.

معیارهای انتخاب خبرگان عبارت‌اند از: تسلط نظری و علمی بر موضوع بنادر خشک و توسعه منطقه‌ای، تجربه عملی یا اجرایی مرتبط (دانشگاهی، مدیریتی، سیاست‌گذاری یا مشاوره‌ای)، تمایل و توانایی مشارکت فعال در مصاحبه و تکمیل پرسشنامه، و دسترسی و امکان تعامل مستمر در طول فرآیند پژوهش. از نظر ترکیب تخصصی، خبرگان شامل استادان دانشگاه در حوزه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، کارشناسان و مدیران اجرایی بخش حمل‌ونقل و لجستیک، و صاحب‌نظران آمایش سرزمین بوده‌اند.

کفایت حجم نمونه در بخش کیفی بر اساس اصل اشباع نظری تأیید شد، به‌گونه‌ای که پس از انجام ۱۲ مصاحبه، داده جدید معناداری به مضامین افزوده نشد. همچنین در بخش کمی، تعداد خبرگان با توجه به عرف روش دیمتل فازی و مطالعات مشابه، مناسب و قابل قبول ارزیابی می‌شود.

ابزارها و فرآیند گردآوری داده‌ها

بخش کیفی: تحلیل مضمون

در مرحله نخست، به‌منظور شناسایی چالش‌ها و چشم‌اندازهای استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۲ نفر از خبرگان انجام شد. داده‌های کیفی با استفاده از روش تحلیل مضمون و با رویکردی رفت‌وبرگشتی تحلیل شدند. مراحل تحلیل مضمون به شرح زیر انجام گرفت:

- آشنایی با داده‌ها؛
- ایجاد کدهای اولیه و خرده‌مضامین؛
- جست‌وجوی مضامین اصلی؛
- بازبینی و پالایش مضامین؛
- تعریف و نام‌گذاری مضامین نهایی؛
- تهیه گزارش نهایی مضامین.

خروجی این مرحله، استخراج مجموعه‌ای از چالش‌ها و چشم‌اندازهای کلیدی بود که مبنای طراحی پرسشنامه دیمتل فازی قرار گرفت.

بخش کمی: دیمتل فازی

در مرحله دوم، بر اساس عوامل شناسایی شده در بخش کیفی، پرسشنامه‌ای بسته طراحی شد و در اختیار خبرگان قرار گرفت. از خبرگان خواسته شد تا میزان تأثیر هر عامل بر سایر عوامل را با در نظر گرفتن افق زمانی آینده، بر اساس طیف پنج‌درجه‌ای از «بی‌تأثیر» تا «تأثیر بسیار زیاد»، ارزیابی کنند.

برای در نظر گرفتن عدم قطعیت قضاوت‌های انسانی، از روش دیمتل فازی استفاده شد. نتایج این مرحله، منجر به:

- تعیین عوامل علی و معلولی؛
- محاسبه شدت تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل؛
- ترسیم نمودار روابط علی- معلولی چالش‌ها و چشم‌اندازها شد.

مدل‌سازی پویایی سیستم

در مرحله سوم، از نتایج حاصل از دیمتل فازی به‌عنوان پایه طراحی مدل پویایی سیستم استفاده شد. در این مدل: کلیه چالش‌ها به‌عنوان متغیرهای موجودی (Stock) در نظر گرفته شدند؛ برای هر چالش، یک جریان ورودی (افزاینده چالش) و یک جریان خروجی (کاهنده چالش) تعریف شد؛ حلقه‌های بازخورد علی بر اساس روابط دیمتل طراحی شد. مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار Vensim انجام شد و امکان تحلیل رفتار سیستم را در طول زمان و تحت مداخلات سیاستی مختلف فراهم کرد. در نهایت، سه سناریوی خوش‌بینانه، واقع‌گرایانه و بدبینانه برای ارزیابی پیامدهای راه‌اندازی بندر خشک در منطقه مورد مطالعه شبیه‌سازی شد.

یکپارچگی روش‌ها و اعتباربخشی یافته‌ها

در این پژوهش، از یافته‌های مرحله کیفی به‌عنوان منبع اصلی استخراج مؤلفه‌ها برای دیمتل فازی استفاده شد و نتایج دیمتل نیز مبنای طراحی حلقه‌های علی در مدل پویایی سیستم قرار گرفت. این ساختار یکپارچه امکان بررسی هم‌زمان کیفیت ادراکات محلی خبرگان، و شدت و جهت روابط علی عوامل را فراهم کرد.

پیامدهای احتمالی مداخلات سیاستی در افق زمانی آینده را فراهم می‌سازد و به اعتباربخشی نتایج پژوهش کمک می‌کند. در نتیجه، ماهیت مدل ارائه‌شده در این پژوهش بیش از آنکه شواهدمحور و مبتنی بر داده‌های تجربی اندازه‌گیری شده باشد، ادراکی- خبرگانی است. از این‌رو، در صورت استفاده از نتایج پژوهش برای پیشنهادها و سیاستی و تصمیم‌سازی کلان، لازم است این مرز روش‌شناختی به‌طور شفاف تبیین شود تا دامنه اعتبار و قابلیت تعمیم نتایج نیز به‌درستی تفسیر شود.

با توجه به آنکه داده‌های استفاده‌شده در این پژوهش مبتنی بر قضاوت خبرگان منتخب از طریق نمونه‌گیری هدفمند بوده است، مدل ارائه‌شده ماهیتی ادراکی- تحلیلی دارد و نه شواهدمحور مبتنی بر داده‌های تجربی ثانویه یا ثبتی. از این‌رو، اعتبار نتایج به میزان همگرایی و انسجام قضاوت‌های خبرگان وابسته است.

در پژوهش حاضر، اگرچه انتخاب خبرگان بر اساس معیارهایی نظیر تسلط نظری، تجربه عملی، تمایل به مشارکت، و دسترسی‌پذیری انجام شده است، پایایی توافق میان خبرگان به صورت آماری مستقل (مانند ضریب توافق، آزمون همگرایی یا تحلیل حساسیت وزن خبرگان) سنجیده نشده است. این موضوع یکی از محدودیت‌های روش‌شناختی پژوهش محسوب می‌شود.

بنابراین، نتایج حاصل از تحلیل دیمتل فازی باید به‌عنوان بازتابی از ادراک جمعی خبرگان در شرایط عدم قطعیت تفسیر شود، نه به‌عنوان روابط علی قطعی مبتنی بر شواهد تجربی. بدیهی است که در مطالعات آتی، به‌کارگیری شاخص‌هایی نظیر ضریب توافق کندال، آزمون همگرایی قضاوت‌ها، تحلیل حساسیت وزن خبرگان یا مقایسه نتایج با داده‌های عینی منطقه‌ای می‌تواند به تقویت روایی و پایایی مدل و افزایش قابلیت اتکای سیاستی نتایج منجر شود. با توجه به آنکه تحلیل دیمتل فازی در این پژوهش بر اساس قضاوت خبرگان منتخب به روش نمونه‌گیری هدفمند انجام شده است، چارچوب تحلیلی پژوهش ماهیتی ادراکی- خبرگانی دارد. اگرچه خبرگان بر اساس معیارهایی نظیر سابقه تخصصی، تجربه عملی مرتبط و آشنایی با موضوع بندر خشک انتخاب شده‌اند، پایایی توافق میان خبرگان به صورت شاخص آماری مستقل (مانند ضریب توافق کندال، آزمون همگرایی یا تحلیل حساسیت وزن خبرگان) به‌طور صریح سنجیده نشده است.

از این‌رو، نتایج حاصل از دیمتل فازی باید به‌عنوان بازتابی ساختار علی ادراک‌شده از دیدگاه جمعی خبرگان تفسیر شود و نه به‌عنوان روابط علی قطعی مبتنی بر داده‌های تجربی اندازه‌گیری شده. این موضوع یکی از محدودیت‌های روش‌شناختی پژوهش

محسوب می‌شود و در مطالعات آتی به‌کارگیری شاخص‌های کمی سنجش توافق خبرگان و یا وزن‌دهی متفاوت به نظرات آنان می‌تواند به افزایش روایی و پایایی نتایج کمک کند. در مدل پویایی سیستم، روابط علی استخراج‌شده از دیمتل فازی به‌صورت حلقه‌های بازخورد تقویتی و تعدیلی مفهوم‌سازی شده‌اند. به‌طور خاص، تقویت ظرفیت‌های اقتصادی-مالی و اجتماعی-فرهنگی منجر به کاهش تدریجی چالش‌های فنی-زیرساختی و مدیریتی-سازمانی شده است و یک حلقه تقویتی مثبت با هدف بهبود عملکرد سیستم ایجاد می‌کند. در مقابل، محدودیت‌های نهادی و زیست‌محیطی نقش حلقه‌های تعدیلی را ایفا می‌کنند که می‌تواند شدت اثر سیاست‌ها را در بلندمدت کاهش دهند. مدل پویایی سیستم در نرم‌افزار Vensim توسعه داده شده است و شامل متغیرهای انباشت و جریان و متغیرهای کمکی است که شدت نسبی چالش‌ها را در طول زمان شبیه‌سازی می‌کنند. واحد متغیرها به صورت شاخص نرمال‌شده تعریف شده و هدف مدل، تحلیل روند تغییرات نسبی چالش‌ها بوده است، و نه پیش‌بینی مقادیر مطلق.

ابتدا با ۱۲ نفر از خبرگان و صاحب‌نظران برای شناسایی چالش‌ها و چشم‌اندازهای استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان مصاحبه شد. نتایج حاصل از اطلاعات جمعیت‌شناختی در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

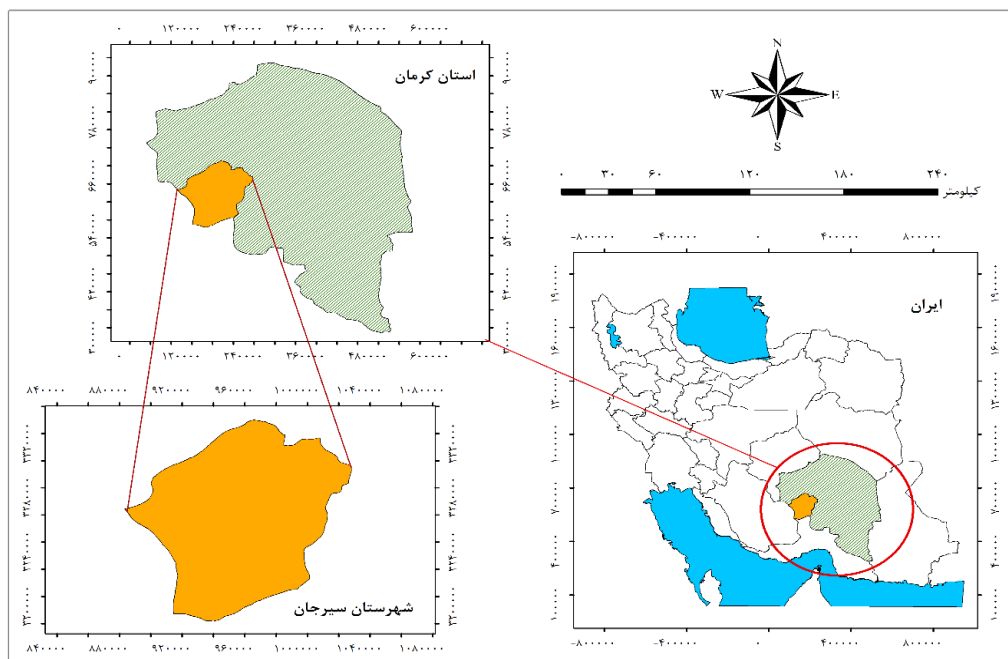
جدول ۱. توزیع فراوانی نمونه آماری بر حسب جمعیت‌شناختی خبرگان

متغیر	سطوح متغیر	فراوانی	درصد
جنسیت	مرد	۱۱	۹۱/۰
	زن	۱	۹/۰
	جمع	۱۲	۱۰۰/۰
سابقه کار	۱۰-۲۰ سال	۷	۵۸/۰
	۲۱-۳۰ سال	۴	۳۳/۰
	بیشتر از ۳۰ سال	۱	۹/۰
	جمع کل	۱۲	۱۰۰/۰
سن	۴۰-۵۰	۶	۵۰/۰
	۵۱-۶۰	۵	۴۱/۰
	۶۱-۶۵	۱	۹/۰
	جمع کل	۱۲	۱۰۰/۰

۹۱ درصد از پاسخ‌دهندگان را مردها تشکیل می‌دهند. با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از پرسشنامه، اکثر پاسخ‌دهندگان خبره دارای سابقه خدمت ۱۰ تا ۲۰ سال هستند.

محدوده مورد مطالعه

شهرستان سیرجان واقع در بخش غربی استان کرمان است و جمعیت آن بر اساس سرشماری نفوس و مسکن، در سال ۱۳۹۵، ۱۹۹۷۰۴ نفر است. این شهرستان از شمال به شهرستان رفسنجان، از شرق به شهرستان بردسیر، از جنوب به شهرستان بافت و از غرب به استان فارس محدود می‌شود. سیرجان به دلیل قرارگیری در مسیر ارتباطی مهم جنوب به شمال و شرق به غرب کشور، از جایگاه راهبردی در مبادلات اقتصادی و حمل‌ونقل برخوردار است. شرایط اقلیمی نیمه‌خشک، تنوع واحدهای ژئومورفولوژیک و فعالیت‌های معدنی و صنعتی، از ویژگی‌های شاخص این منطقه به شمار می‌آیند. این خصوصیات، شهرستان سیرجان را به محدوده‌ای مناسب برای انجام فعالیت‌های اقتصادی تبدیل کرده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان سیرجان

یافته‌های تحقیق

در این پژوهش با ۱۲ نفر مصاحبه شده است، که در ادامه به تجزیه و تحلیل پاسخ‌های ایشان می‌پردازیم.

جدول ۲. مضامین پایه، سازمان‌دهنده و کلیدی چالش‌ها و چشم‌اندازهای استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان

مضامین کلیدی	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین پایه
	تحلیل هزینه-فایده	نسبت سود به هزینه پروژه زمان بازگشت سرمایه
اقتصادی- مالی	جذب سرمایه‌گذاری خصوصی و خارجی	تأثیر بر قیمت تمام‌شده نهایی حمل‌ونقل تعداد سرمایه‌گذاران فعال در پروژه حجم سرمایه‌گذاری جذب‌شده به ریال/ ارز میزان مشوق‌های مالیاتی و تسهیلات دولتی رشد سالیانه درآمدهای گمرکی منطقه افزایش سهم مالیات بر ارزش افزوده محلی
	کاهش هزینه‌های لجستیکی ملی	میانگین درصد کاهش هزینه حمل‌ونقل کالا افزایش کارایی کلی زنجیره تأمین صرفه‌جویی تخمینی در مصرف سوخت کشوری
	تنوع‌بخشی به اقتصاد محلی	رشد صنایع وابسته (انبارداری، بسته‌بندی، و خدمات فنی) تغییر ساختار اشتغال از معدن‌محور به لجستیک‌محور
فنی- زیرساختی	اتصال حمل‌ونقلی (ریلی، جاده‌ای)	کیلومتر اتصال مستقیم به شبکه ریلی سراسری ارزیابی شاخص کیفیت جاده‌های دسترسی تعداد خطوط ارتباطی ریلی فعال (مسیر)
	تجهیزات و فناوری‌های بارگیری	درصد اتوماسیون و مکانیزاسیون عملیات ظرفیت اسمی جابه‌جایی کانتینر (TEU) به‌روز بودن نرم‌افزارهای مدیریت محوطه
	زیرساخت خدمات پشتیبانی	پایداری شبکه تأمین انرژی (برق/ گاز) پوشش‌دهی کامل شبکه ارتباطی و اینترنت وجود انبارها و مخازن استاندارد جانبی

ادامه جدول ۲.

مضامین کلیدی	مضامین سازمان دهنده	مضامین پایه
مدیریتی- سازمانی	مدل بهره‌برداری و مالکیت	نسبت سهم بخش خصوصی در مالکیت وضوح شرح وظایف درجه استقلال مالی و اجرایی بندر خشک
	سیاست‌ها و راهبردهای توسعه	وجود سند راهبردی ۱۰ ساله انطباق عملکرد با سند چشم‌انداز ملی فرآیند بازمیانی و به‌روزرسانی سیاست‌ها
	هماهنگی نهادی و مدیریت یکپارچه	تعداد نهادهای درگیر، سطح هماهنگی میان سازمان‌ها وجود سند توسعه بندر خشک
	نقش مجلس شورای اسلامی	بررسی و تصویب قوانین مرتبط با راه‌اندازی بندر خشک قوانین حمل‌ونقل، گمرکی، و تجاری نظارت بر اجرای صحیح و به‌موقع قوانین تصویب‌شده و اطمینان از رعایت استانداردها
	نظام نظارت و ارزیابی عملکرد	تعداد شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPIs) تعریف‌شده انتشار منظم گزارش‌های عملکردی وجود کمیته مستقل ارزیابی ریسک
اجتماعی- فرهنگی	رضایت جامعه محلی و ذینفعان	نتایج نظرسنجی رضایت عمومی از پروژه میزان درگیری جامعه مدنی در تصمیم‌گیری‌ها میزان شکایات ثبت‌شده مرتبط با پروژه
	آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی	درصد کارکنان دارای گواهینامه‌های تخصصی بین‌المللی نرخ ماندگاری نیروی کار متخصص در منطقه میزان سرمایه‌گذاری سالانه در آموزش
	عدالت فضایی و توزیع منافع	میزان بهره‌مندی اقشار مختلف از فرصت‌های توسعه دسترسی برابر به امکانات
	عدالت منطقه‌ای و توزیع منافع	سهم شرکت‌های کوچک و متوسط محلی در زنجیره توزیع جغرافیایی منافع اقتصادی درون شهرستان حمایت از توسعه کسب‌وکارهای جانبی (خدمات، رستوران‌ها)
زیست‌محیطی- پایداری	کاهش مصرف سوخت و آلودگی	کاهش تعداد سفر کامیون‌های سنگین به بندرعباس سنجش شاخص کیفیت هوای محوطه (PM 2.5, NOX) میزان جذب کربن‌دی‌اکسید توسط فضای سبز پروژه
	مدیریت پسماند و منابع آب	درصد بازیافت پسماندهای عملیاتی شاخص بهره‌وری مصرف آب در عملیات عدم تخلیه فاضلاب تصفیه‌نشده به محیط
	فرهنگ و مدیریت محیط زیستی	گواهینامه‌های بین‌المللی محیط زیستی کسب‌شده آموزش اجباری سالیانه کارکنان درباره محیط زیست شفافیت در انتشار گزارش‌های پایش محیطی
حقوقی- نهادی	چارچوب قانونی بندر خشک	وضوح تعریف حقوقی «بندر خشک» در قوانین انطباق کامل با قانون تجارت و حمل‌ونقل تعداد پرونده‌های حقوقی و اختلافات قراردادی
	نظام گمرکی و تسهیل تجارت	متوسط زمان ترخیص محموله‌های استاندارد درصد استفاده از پنجره واحد خدمات الکترونیکی ضریب تسهیل صدور مجوزها میزان اختیارات واگذارشده به استانداری / فرمانداری

یافته‌های جدول ۲ نشان داد که ۲۱ مضمون سازمان‌دهنده و ۶ مضمون کلیدی استخراج شده است که به بررسی مضامین مختلف مرتبط با راه‌اندازی بندر خشک در شهرستان سیرجان می‌پردازد و به تفکیک مضامین فراگیر، سازمان‌دهنده و پایه، ابعاد مختلف این پروژه را تحلیل می‌کند. این جدول به‌عنوان یک ابزار تحلیلی می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان و محققان در درک بهتر ابعاد اقتصادی، فنی، مدیریتی، اجتماعی، زیست‌محیطی، و حقوقی کمک کند. مضامین اقتصادی و مالی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابعاد راه‌اندازی بندر خشک در سیرجان مطرح شده‌اند. تحلیل هزینه-فایده، به‌عنوان یک ابزار کلیدی، به بررسی نسبت سود به هزینه پروژه و زمان بازگشت سرمایه می‌پردازد. این تحلیل می‌تواند به سرمایه‌گذاران کمک کند تا در مورد سرمایه‌گذاری‌های خود تصمیمات بهتری بگیرند. جذب سرمایه‌گذاری خصوصی و خارجی نیز یکی از مضامین کلیدی است که در این جدول به آن اشاره شده است. تعداد سرمایه‌گذاران فعال و حجم سرمایه‌گذاری جذب‌شده به‌عنوان شاخص‌هایی برای ارزیابی موفقیت پروژه در جذب سرمایه‌گذاری‌های جدید مطرح شده‌اند. این موضوع می‌تواند به رشد اقتصادی منطقه کمک و فرصت‌های شغلی جدیدی ایجاد کند. کاهش هزینه‌های لجستیکی ملی نیز در این جدول به‌عنوان یک هدف مهم مطرح شده است. میانگین درصد کاهش هزینه حمل‌ونقل کالا و افزایش کارایی زنجیره تأمین می‌تواند به بهبود وضعیت اقتصادی کشور کمک کند و به کاهش قیمت تمام‌شده نهایی حمل‌ونقل منجر شود. در بخش فنی و زیرساختی، اتصال حمل‌ونقلی و تجهیزات و فناوری‌های بارگیری به‌عنوان مضامین کلیدی معرفی شده‌اند. اتصال به شبکه ریلی سراسری و ارزیابی کیفیت جاده‌های دسترسی می‌تواند به تسهیل حمل‌ونقل و افزایش کارایی بندر کمک کند. همچنین، به‌روز بودن نرم‌افزارهای مدیریت محوطه و درصد اتوماسیون عملیات نیز از دیگر عوامل مؤثر در بهبود عملکرد بندر هستند. زیرساخت خدمات پشتیبانی نیز به‌عنوان یکی از ارکان اصلی موفقیت بندر خشک در نظر گرفته شده است. پایداری شبکه تأمین انرژی و پوشش‌دهی کامل شبکه ارتباطی و اینترنت می‌تواند به بهبود کیفیت خدمات ارائه‌شده به مشتریان کمک کند و رضایت آن‌ها را افزایش دهد. مدیریت و سازماندهی مؤثر به‌عنوان یک بُعد حیاتی مطرح شده است. مدل بهره‌برداری و مالکیت، وضوح شرح وظایف و درجه استقلال مالی و اجرایی بندر خشک می‌تواند به بهبود عملکرد و کارایی بندر کمک کند. وجود سند راهبردی ده ساله و انطباق با سند چشم‌انداز ملی نیز از دیگر عوامل مهم در این زمینه هستند. در بعد اجتماعی و فرهنگی، رضایت جامعه محلی و ذی‌نفعان، و آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی به‌عنوان مضامین کلیدی مطرح شده‌اند. نتایج نظرسنجی رضایت عمومی و میزان درگیری جامعه مدنی در تصمیم‌گیری‌ها می‌تواند به بهبود روابط بین بندر و جامعه محلی کمک کند، و از بروز نارضایتی‌ها جلوگیری کند. عدالت منطقه‌ای و توزیع منافع نیز در این جدول مورد توجه قرار گرفته است. سهم شرکت‌های کوچک و متوسط محلی در زنجیره تأمین و توزیع جغرافیایی منافع اقتصادی می‌تواند به توسعه پایدار منطقه کمک و از تمرکز ثروت جلوگیری کند. در بعد زیست‌محیطی، کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها و نیز مدیریت پسماند و منابع آب به‌عنوان مضامین کلیدی مطرح شده‌اند. کاهش تعداد سفر کامیون‌های سنگین و سنجش کیفیت هوای محوطه می‌تواند به بهبود وضعیت زیست‌محیطی منطقه کمک و از آسیب‌های زیست‌محیطی جلوگیری کند. مضامین حقوقی و نهادی به‌عنوان چارچوب قانونی بندر خشک و نظام گمرکی و تسهیل تجارت مطرح شده‌اند. وضوح تعریف حقوقی «بندر خشک» و انطباق با قوانین تجارت و حمل‌ونقل می‌تواند به تسهیل فرآیندهای قانونی و کاهش مشکلات حقوقی کمک کند.

نتایج تحلیل مضمون مصاحبه‌ها

در این پژوهش، داده‌های حاصل از ۱۲ مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با خبرگان با استفاده از روش تحلیل مضمون، تحلیل شد. نتیجه این تحلیل، استخراج ۶ مضمون کلیدی، ۲۱ مضمون سازمان‌دهنده و مجموعه‌ای از مضامین پایه مرتبط با چالش‌ها و چشم‌اندازهای استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان بود.

جدول ۲ ساختار نهایی مضامین استخراج‌شده را در سه سطح پایه، سازمان‌دهنده، و کلیدی نشان می‌دهد. مضامین کلیدی شناسایی‌شده عبارت‌اند از:

- اقتصادی- مالی
- فنی- زیرساختی
- مدیریتی- سازمانی

- اجتماعی- فرهنگی
- زیست‌محیطی- پایداری
- حقوقی- نهادی

این مضامین به‌عنوان خروجی مرحله کیفی پژوهش، مبنای ورود به مرحله تحلیل دیمتال فازی قرار گرفتند. اگرچه در جدول مضامین (جدول ۲) شاخص‌هایی کمی مانند «ظرفیت جابه‌جایی کانتینر (TEU)»، «کیلومتر اتصال به شبکه ریلی»، «زمان ترخیص گمرکی» و سایر موارد ارائه شده است، لازم به توضیح است که این شاخص‌ها به‌عنوان متغیرهای اندازه‌گیری شده تجربی در بخش کمی پژوهش مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. این شاخص‌ها در مرحله کیفی پژوهش و از طریق مصاحبه با خبرگان و تحلیل مضمون، به‌منظور تبیین ابعاد مفهومی و معیارهای ارزیابی چالش‌ها و چشم‌اندازهای استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان شناسایی شده‌اند.

هدف اصلی بخش کیفی پژوهش، شناسایی نظام‌مند ابعاد و معیارهای کلیدی مرتبط با استقرار بندر خشک بوده است، نه اندازه‌گیری وضعیت فعلی هر یک از شاخص‌ها در منطقه مورد مطالعه. از این‌رو، شاخص‌های ارائه‌شده در جدول مضامین، شاخص‌های بالقوه، مرجع و سیاست‌محور تلقی می‌شوند که بیانگر مؤلفه‌هایی هستند که از دیدگاه خبرگان، برای ارزیابی و پایش عملکرد بندر خشک ضروری‌اند.

در بخش کمی، تحلیل دیمتال فازی در سطح شش چالش اصلی جمع‌شده (اقتصادی- مالی، فنی- زیرساختی، مدیریتی- سازمانی، اجتماعی- فرهنگی، زیست‌محیطی- پایداری، و حقوقی- نهادی) انجام شده است و نه در سطح شاخص‌های منفرد. داده‌های ورودی دیمتال فازی از ۱۲ پرسشنامه مقایسه زوجی خبرگان استخراج شده و منعکس‌کننده قضاوت آنان درباره شدت روابط علی- معلولی میان این شش چالش بوده است، بدون آنکه مقدار واقعی شاخص‌های زیرمجموعه در شهرستان سیرجان مستقیماً در محاسبات لحاظ شود.

بنابراین، شاخص‌های شناسایی‌شده در تحلیل مضمون، سه نقش اصلی را در این پژوهش ایفا می‌کنند:

۱. تعریف و تبیین مفهومی هر یک از چالش‌های شش‌گانه
 ۲. ایجاد چارچوبی برای طراحی سیاست‌ها و سناریوهای مدل پویایی سیستم
 ۳. ارائه مبنایی برای پژوهش‌های آتی به‌منظور اندازه‌گیری تجربی و ارزیابی عملیاتی استقرار بندر خشک.
- اندازه‌گیری مقادیر واقعی این شاخص‌ها در شهرستان سیرجان (مانند ظرفیت فعلی TEU، طول اتصال ریلی یا متوسط زمان ترخیص گمرکی) خارج از دامنه پژوهش حاضر بوده است.

تحلیل پرسشنامه مقایسه زوجی چالش‌های استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان

در این مرحله به‌منظور تعیین روابط علت و معلولی میان چالش‌های شناسایی‌شده و درک میزان اثرگذاری و اثرپذیری هر چالش از روش دیمتال فازی بهره گرفته می‌شود. ۱۲ پرسشنامه زوجی تکمیل‌شده در این مرحله طی گام‌های تبدیل نظر خبرگان به اعداد فازی، ایجاد ماتریس فازی، ارتباط مستقیم، نرمال‌سازی ماتریس فازی ارتباط مستقیم، تحلیل روابط علت و معلولی بین عوامل شناسایی‌شده، محاسبه ماتریس فازی ارتباط کامل، و محاسبه ماتریس قطعی ارتباط کامل تجزیه و تحلیل شد (جدول ۳).

ماتریس ارتباط کامل قطعی بین این چالش‌ها را نشان می‌دهد.

در نهایت، با محاسبه میانگین درایه‌های ماتریس قطعی و مقایسه هر درایه با مقدار میانگین (که در این مطالعه مقدار $1/74$ است)، در صورتی که درایه‌ها از میانگین بزرگ‌تر و یا برابر با آن باشند، شاخص سطری بر شاخص متناظر ستونی تأثیرگذار است و در درایه متناظر مقدار ۱ جایگزین می‌شود. برای ترسیم مدل علت و معلولی پیکانی از سمت عوامل تأثیرگذار به عوامل تأثیرپذیر رسم می‌شود. همچنین با محاسبه مقادیر D و R که به ترتیب مجموع عناصر هر سطر و هر ستون است و سپس محاسبه $D+R$ و $D-R$ میزان تعامل و تأثیرگذاری هر عامل تعیین می‌شود. عواملی که $D-R$ مثبت دارند، به‌عنوان علت و در صورت منفی بودن، به‌عنوان معلول طبقه‌بندی می‌شوند. $D+R$ میزان تعامل و $D-R$ تأثیر نهایی هر عامل را نشان می‌دهد. در صورت مثبت بودن مقدار $D-R$ ، آن عامل به‌عنوان علت و در صورت منفی بودن، به‌عنوان معلول طبقه‌بندی می‌شود.

جدول ۳. ماتریس ارتباط کامل قطعی بین چالش‌های شش‌گانه

D	حقوقی- نهادی	زیست‌محیطی- پایداری	اجتماعی- فرهنگی	مدیریتی- سازمانی	فنی- زیرساختی	اقتصادی- مالی
3/889197	0/615574	0/695173	0/649159	0/684924	0/691419	0/552948
3/111162	0/495529	0/571002	0/508738	0/563840	0/480655	0/491399
3/748491	0/586990	0/673032	0/628750	0/580982	0/662630	0/616106
3/896798	0/627058	0/713329	0/578042	0/692011	0/674336	0/612022
3/555673	0/588178	0/569317	0/604390	0/606713	0/606048	0/581027
3/638785	0/516702	0/656417	0/623634	0/620352	0/628192	0/593488
R	3/430031	3/878271	3/592712	3/748821	3/743282	3/446990

جدول ۴. ماتریس میزان تعامل و تأثیرگذاری

حقوقی- نهادی	زیست‌محیطی- پایداری	اجتماعی- فرهنگی	مدیریتی- سازمانی	فنی- زیرساختی	اقتصادی- مالی
7/068816	7/433945	7/489509	7/497312	6/854444	7/336187
0/208754	-0/322598	0/304086	-0/000330	-0/632119	0/442207

در ادامه مقادیر D، R، D+R و D-R به صورت نزولی به همراه عوامل متناظرشان در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. ماتریس مقادیر D، R، D+R و D-R به صورت نزولی

D-R	چالش	D+R	چالش	R	چالش	D	چالش
0/442207	اقتصادی- مالی	7/497312	مدیریتی- سازمانی	3/878271	زیست‌محیطی- پایداری	3/896798	اجتماعی- فرهنگی
0/304086	اجتماعی- فرهنگی	7/489509	اجتماعی- فرهنگی	3/748821	مدیریتی- سازمانی	3/889197	اقتصادی- مالی
0/208754	اجتماعی- فرهنگی	7/433945	زیست‌محیطی- پایداری	3/743282	فنی- زیرساختی	3/748491	مدیریتی- سازمانی
-0/000330	مدیریتی- سازمانی	7/336187	اقتصادی- مالی	3/592712	اجتماعی- فرهنگی	3/638785	حقوقی- نهادی
-0/322598	زیست‌محیطی- پایداری	7/068816	حقوقی- نهادی	3/446990	اقتصادی- مالی	3/555673	زیست‌محیطی- پایداری
-0/632119	فنی- زیرساختی	6/854444	فنی- زیرساختی	3/430031	حقوقی- نهادی	3/111162	فنی- زیرساختی

از میان شش چالش شناسایی شده، سه چالش (اقتصادی- مالی، اجتماعی- فرهنگی، و حقوقی- نهادی) به‌عنوان علت و سه چالش (مدیریتی- سازمانی، زیست‌محیطی- پایداری، و فنی- زیرساختی) به‌عنوان معلول طبقه‌بندی می‌شوند؛ قوی‌ترین علت چالش اقتصادی- مالی و قوی‌ترین معلول چالش فنی- زیرساختی است؛ چالش مدیریتی- سازمانی بیشترین تعامل را با سایر چالش‌ها دارد (بیشترین مقدار D+R)؛ چالش اجتماعی- فرهنگی از بیشترین تأثیرگذاری (D) و چالش زیست‌محیطی- پایداری از بیشترین تأثیرپذیری (R) برخوردار هستند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل دیمتلفازی، چالش اقتصادی- مالی با مقدار (D-R) = 0/442 به‌عنوان قوی‌ترین عامل علت و چالش فنی- زیرساختی با مقدار (D-R) = -0/632 به‌عنوان قوی‌ترین معلول در چالش‌ها و چشم‌اندازهای استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان شناسایی شد. این امر نشان می‌دهد که بهبود ظرفیت‌های موجود، به‌ویژه در زمینه‌های اقتصادی- مالی و اجتماعی- فرهنگی، می‌تواند آثار گسترده‌ای بر کاهش سایر چالش‌های استقرار بندر خشک داشته باشد. چالش مدیریتی- سازمانی دارای بیشترین تعامل (D+R = 7/497) با سایر چالش‌ها است. این امر حاکی از آن

است که این عامل در مرکز فرآیندهای استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان قرار دارد و به شدت تحت تأثیر سایر چالش‌ها قرار گرفته است و بر آن‌ها نیز تأثیر می‌گذارد. از نظر میزان تأثیرگذاری، چالش اجتماعی- فرهنگی بیشترین مقدار تأثیرگذاری ($D=3/896$) را داراست، در حالی که چالش زیست‌محیطی- پایداری با مقدار ($R = 3/878$) بیشترین میزان تأثیرپذیری را نشان می‌دهد. این موضوع بیانگر آن است که ضعف در تعیین اهداف زیست‌محیطی- پایداری نتیجه کمبود ظرفیت‌های اجتماعی- فرهنگی در این حوزه است. یافته‌ها همچنین نشان می‌دهد که سه چالش حقوقی- نهادی، اقتصادی- مالی، و اجتماعی- فرهنگی به‌عنوان علت‌های اصلی و سه چالش، فنی- زیرساختی، مدیریتی- سازمانی، و زیست‌محیطی- پایداری به‌عنوان معلول شناسایی شده‌اند. بر اساس مقادیر به‌دست‌آمده از ماتریس ارتباط کامل قطعی، چالش اقتصادی- مالی با مقدار $D=0/442$ بیشترین تأثیرگذاری را در بین چالش‌های موجود دارد و در دسته عوامل علی قرار می‌گیرد. به این معنا که کمبود ظرفیت‌های اقتصادی- مالی به‌عنوان یک عامل بنیادین سایر چالش‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از سوی دیگر، چالش فنی- زیرساختی با مقدار $D-R=0/632$ به‌عنوان قوی‌ترین عامل معلولی شناسایی شده است که نشان می‌دهد سایر چالش‌ها، به‌ویژه ضعف در موارد اقتصادی- مالی و اجتماعی- فرهنگی، مستقیماً بر این چالش تأثیر گذاشته‌اند و موجب تحقق نیافتن اهداف مرتبط با استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان شده‌اند. همچنین، بررسی مقادیر $D+R$ نشان می‌دهد که چالش مدیریتی- سازمانی با مقدار $7/497$ بیشترین تعامل را با سایر چالش‌ها دارد، به این معنا که این عامل نه تنها بیشترین تأثیر را از سایر چالش‌ها می‌پذیرد، بلکه نقش کلیدی در شبکه ارتباطی میان چالش‌های استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان ایفا می‌کند. در تحلیل نهایی، سه چالش اقتصادی- مالی، اجتماعی- فرهنگی، و حقوقی- نهادی به‌عنوان عوامل علی اصلی شناسایی شده‌اند که ریشه بسیاری از مشکلات استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان هستند. از این میان، چالش اقتصادی- مالی بیشترین تأثیر را بر سایر عوامل دارد، که نشان‌دهنده اهمیت توسعه تنوع‌بخشی به اقتصاد محلی، کاهش هزینه‌های لجستیکی ملی، جذب سرمایه‌گذاری خصوصی و خارجی، و تحلیل هزینه- فایده در فرآیند استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان است. در مقابل، سه چالش فنی- زیرساختی، مدیریتی- سازمانی، و زیست‌محیطی- پایداری به‌عنوان عوامل معلولی دسته‌بندی شده‌اند، به این معنا که ضعف در این حوزه‌ها نتیجه کاستی‌های فنی و مدیریتی در سایر بخش‌ها است؛ به‌ویژه چالش مدیریتی- سازمانی، که خود نیز بر سایر عوامل اثرگذار است، نشان می‌دهد که ضعف در سیاست‌ها و راهبردهای توسعه و هماهنگی نهادی و مدیریت یکپارچه و کارآمد می‌تواند به بازتولید مشکلات موجود منجر شود.

نتایج تحلیل دیمتل فازی چالش‌های استقرار بندر خشک

به‌منظور تحلیل روابط علی- معلولی میان شش چالش شناسایی‌شده، از روش دیمتل فازی استفاده شد. بر اساس داده‌های حاصل از ۱۲ پرسشنامه مقایسه زوجی، ماتریس ارتباط کامل قطعی محاسبه شد، که در جدول ۳ ارائه شده است.

بر اساس مجموع سطری (D) و ستونی (R)، مقادیر $D+R$ و $D-R$ برای هر یک از چالش‌ها محاسبه شد. نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است.

بر اساس مقادیر $D-R$ ، چالش‌ها به دو گروه علی و معلولی طبقه‌بندی شدند؛ چالش‌های علی: اقتصادی- مالی، اجتماعی- فرهنگی، و حقوقی- نهادی؛ و چالش‌های معلولی: مدیریتی- سازمانی، زیست‌محیطی- پایداری، و فنی- زیرساختی هستند. بر اساس مقادیر D ، R ، $D+R$ و $D-R$ ، رتبه‌بندی نزولی چالش‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نهایی نشان می‌دهد که قوی‌ترین عامل علی، عامل اقتصادی- مالی، و قوی‌ترین عامل معلولی، عامل فنی- زیرساختی است؛ همچنین بیشترین میزان تعامل را عامل مدیریتی- سازمانی، بیشترین میزان تأثیرگذاری را عامل اجتماعی- فرهنگی، و بیشترین میزان تأثیرپذیری را عامل زیست‌محیطی- پایداری دارد.

نتایج دیمتل فازی نشان می‌دهد که چالش مدیریتی- سازمانی دارای مقدار $D-R$ نزدیک به صفر است که بیانگر نقش دوگانه این عامل در سیستم است؛ به‌گونه‌ای که این چالش نه به‌طور کامل در دسته عوامل علی قرار می‌گیرد و نه صرفاً یک عامل

معلول محسوب می‌شود. از این رو، این عامل را می‌توان به‌عنوان گره واسطه یا مرکز تعامل شبکه علی تفسیر کرد، که هم از سایر چالش‌ها تأثیر می‌پذیرد و هم بر آن‌ها اثر می‌گذارد.

بنابراین، قرارگیری این عامل در دسته معلول‌ها صرفاً بر اساس علامت منفی D-R است و باید با احتیاط تفسیری همراه باشد. در این پژوهش، مقدار میانگین درایه‌های ماتریس روابط نهایی (۱/۷۴) به‌عنوان آستانه برای شناسایی روابط معنادار علی انتخاب شده است. این روش یکی از رویه‌های رایج در مطالعات DEMATEL به‌منظور کاهش پیچیدگی گراف علی و حذف روابط ضعیف است.

با این حال، انتخاب آستانه ذاتاً یک تصمیم تحلیلی است و تغییر آن (مثلاً استفاده از صدک‌های بالاتر یا مقادیر بهینه) می‌تواند به ساختارهای گراف متفاوتی منجر شود. انجام نشدن تحلیل حساسیت آستانه در این پژوهش یکی از محدودیت‌های روش‌شناختی آن محسوب می‌شود و پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، پایداری ساختار علی نسبت به تغییر آستانه بررسی شود. ضرایب ارائه‌شده در جدول ۶ بیانگر ضرایب اثرگذاری نرمال‌شده روابط علی بین چالش‌ها هستند که از نتایج دیمتل فازی استخراج شده‌اند و در مدل پویایی سیستم به‌عنوان ضرایب ساختاری^۱ به کار رفته‌اند. این ضرایب نشان‌دهنده شدت نسبی اثر یک چالش بر نرخ تغییر چالش دیگر هستند و نباید به‌عنوان نرخ فیزیکی، کشش اقتصادی یا پارامتر کالیبره‌شده تجربی تفسیر شوند. صفر بودن برخی درایه‌ها، از جمله ستون مربوط به چالش اقتصادی-مالی، ناشی از جهت‌دار بودن روابط علی استخراج‌شده از DEMATEL و اعمال آستانه برای حذف روابط ضعیف است. در این چارچوب، چالش اقتصادی-مالی به‌عنوان عامل علی ریشه‌ای شناسایی شده و اثرپذیری مستقیم آن از سایر چالش‌ها در مدل لحاظ نشده است. این فرض یک ساده‌سازی تحلیلی برای برجسته‌سازی نقش عوامل ریشه‌ای است و یکی از محدودیت‌های مدل محسوب می‌شود.

روابطی که مقدار آن‌ها کمتر از آستانه تعیین‌شده بوده‌اند، به‌منظور جلوگیری از بیش‌پیچیدگی مدل و تمرکز بر روابط غالب، از ساختار مدل حذف شده‌اند. این حذف به معنای نبود اثر در دنیای واقعی نیست، بلکه بیانگر اثرگذاری نسبی کمتر در چارچوب تحلیلی پژوهش است. در مدل پویایی سیستم، متغیرهای انباشتی بیانگر سطح یا شدت نسبی چالش‌ها هستند و فاقد واحد فیزیکی مشخص‌اند. این متغیرها به صورت شاخص‌های ترکیبی نرمال‌شده تعریف شده‌اند که تغییرات آن‌ها نشان‌دهنده افزایش یا کاهش نسبی شدت چالش‌ها در طول زمان است. به‌روزرسانی این متغیرها از طریق نرخ‌های ورودی و خروجی مبتنی بر روابط علی استخراج‌شده انجام می‌شود.

در این پژوهش، متغیرهای انباشتی به‌عنوان شاخص‌های تحلیلی نرمال‌شده شدت نسبی چالش‌ها تعریف شده‌اند و بیانگر مقدار واقعی چالش‌ها در دنیای واقعی نیستند. مقدار اولیه این متغیرها به‌عنوان یک baseline تحلیلی مرجع در نظر گرفته شده است تا امکان مقایسه رفتار پویایی سیستم در سناریوهای مختلف سیاستی فراهم شود.

بدیهی است که در شرایط واقعی چالش‌ها همواره دارای سطح پایه غیرصفر هستند و هم‌زمان تحت تأثیر نیروهای سازگاری و کاهنده قرار دارند. از این رو، نتایج مدل باید به‌عنوان تحلیل روندهای نسبی و مقایسه‌ای تفسیر شوند و نه بازنمایی دقیق یا پیش‌بینی کمی از وضعیت واقعی سیستم.

نتایج DEMATEL فازی نشان می‌دهد که چالش مدیریتی-سازمانی دارای مقدار R-RD-RD-D بسیار نزدیک به صفر است، که بیانگر نقش دوگانه و مرزی این عامل در ساختار علی است. چنین مقداری نشان می‌دهد که این چالش نه یک عامل علی خالص و نه صرفاً یک عامل معلول است، بلکه به‌عنوان گره واسطه یا مرکز تعامل شبکه عمل می‌کند.

بنابراین، قرارگیری این عامل در دسته عوامل معلول صرفاً بر مبنای علامت منفی R-RD-RD-D است و باید با احتیاط تفسیری همراه باشد. مقدار بالای R+RD+RD+D این عامل، جایگاه مرکزی آن در شبکه روابط علی را تأیید می‌کند.

نتایج DEMATEL و مدل پویایی سیستم نشان می‌دهد که چرا تمرکز صرف بر زیرساخت‌های فنی، بدون اصلاح بستر اقتصادی و نهادی، قادر به رفع چالش‌های بندر خشک نیست؛ بدین ترتیب، پژوهش حاضر مستقیماً به شکاف مطرح‌شده در مقدمه درباره نبود تحلیل یکپارچه علی-پویا پاسخ می‌دهد. این پژوهش نشان می‌دهد که مدیریت چالش‌های بندر خشک نیازمند مداخله

هم‌زمان در عوامل ریشه‌ای اقتصادی و نهادی است و مدل ارائه شده می‌تواند به‌عنوان یک ابزار تصمیم‌یار برای سیاست‌گذاران به کار رود.

در این پژوهش، مقدار میانگین درایه‌های ماتریس روابط نهایی DEMATEL (۱/۷۴) به‌عنوان آستانه برای شناسایی روابط علی معنادار انتخاب شده است. این رویکرد یکی از رویه‌های متداول در مطالعات DEMATEL به‌منظور حذف روابط ضعیف و کاهش پیچیدگی گراف علی است.

با این حال، انتخاب آستانه ذاتاً یک تصمیم تحلیلی است و استفاده از معیارهای جایگزین نظیر آستانه‌های مبتنی بر صدک‌ها یا مقادیر بهینه می‌تواند به ساختارهای علی متفاوتی منجر شود. انجام نگرفتن تحلیل حساسیت آستانه در این پژوهش به‌عنوان یکی از محدودیت‌های روش‌شناختی مطالعه تلقی می‌شود و پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آتی، پایداری ساختار علی نسبت به تغییر آستانه بررسی شود.

این پژوهش باید به‌عنوان یک چارچوب اکتشافی، ادراکی و تصمیم‌یار تفسیر شود، نه یک مدل پیش‌بینی‌کننده کالیبره شده با داده‌های تجربی. در این پژوهش، مقدار میانگین عناصر ماتریس روابط نهایی DEMATEL به‌عنوان آستانه ترسیم گراف علی انتخاب شده است. این رویکرد در مطالعات DEMATEL به‌طور گسترده برای حذف روابط ضعیف و تمرکز بر ساختار غالب روابط علی به کار می‌رود.

با این حال، انتخاب آستانه ذاتاً یک تصمیم تحلیلی است و استفاده از معیارهای جایگزین نظیر صدک‌ها یا آستانه‌های بهینه می‌تواند به ساختارهای علی متفاوتی منجر شود. عدم انجام تحلیل حساسیت آستانه در این پژوهش به‌عنوان یکی از محدودیت‌های روش‌شناختی مطالعه پذیرفته می‌شود و بررسی پایداری ساختار علی نسبت به تغییر آستانه به پژوهش‌های آتی واگذار می‌شود.

ضرایب ارائه شده در جدول ۶ بیانگر ضرایب ساختاری اثرگذاری نرمال شده هستند که شدت نسبی روابط علی استخراج شده از ماتریس روابط نهایی DEMATEL را نشان می‌دهند. این ضرایب نه به‌عنوان نرخ‌های تجربی یا کشش‌های اقتصادی، بلکه به‌عنوان پارامترهای ساختاری برای انتقال منطق علی DEMATEL به مدل پویایی سیستم به کار رفته‌اند.

برای این منظور، ابتدا روابط معنادار بر اساس آستانه انتخاب شده‌اند و سپس مقادیر مربوطه به صورت نرمال شده در معادلات جریان مدل SD استفاده شده‌اند تا رفتار نسبی سیستم شبیه‌سازی شود، نه مقادیر واقعی آن.

صفر شدن برخی درایه‌ها در ستون چالش اقتصادی-مالی ناشی از فرآیند آستانه‌گذاری و تمرکز بر روابط غالب است. نتایج DEMATEL نشان می‌دهد که این چالش عمدتاً نقش علی ریشه‌ای دارد و تأثیرپذیری آن از سایر چالش‌ها در مقایسه با قدرت اثرگذاری‌اش کمتر و در مواردی پایین‌تر از آستانه تعیین شده بوده است.

از این رو، حذف روابط ضعیف ورودی با هدف ساده‌سازی ساختار مدل و جلوگیری از پیچیدگی غیرضروری انجام شده و به‌معنای نبود تعامل واقعی در دنیای واقعی نیست.

صفر شدن برخی روابط در مدل پویایی سیستم ناشی از فرآیند غربال‌گری روابط DEMATEL بر اساس آستانه تعیین شده است. روابطی که شدت اثرگذاری آن‌ها کمتر از مقدار آستانه بوده‌اند، به‌منظور کاهش پیچیدگی مدل، افزایش شفافیت ساختاری و تمرکز بر روابط غالب حذف شده‌اند. این رویکرد در مدل‌سازی‌های اکتشافی سیستم‌های پیچیده متداول است.

متغیرهای انباشتی در این مدل بیانگر شاخص‌های ترکیبی نرمال شده شدت نسبی چالش‌ها و فاقد واحد فیزیکی مشخص هستند. این شاخص‌ها بر اساس ادراک خبرگان و ساختار علی استخراج شده از DEMATEL تعریف شده‌اند و به صورت تحلیلی به‌روزرسانی می‌شوند.

تغییرات این متغیرها از طریق جریان‌های ورودی و خروجی، که نمایانگر تشدید یا کاهش نسبی چالش‌ها تحت تأثیر سایر عوامل هستند، صورت می‌گیرد. بنابراین، مدل با هدف تحلیل رفتار پویای نسبی سیستم طراحی شده است و نه اندازه‌گیری یا پیش‌بینی کمی وضعیت واقعی چالش‌ها.

سناریوهای خوش‌بینانه، میانه، و بدبینانه در این پژوهش بر اساس سطوح متفاوت شدت تحقق سیاست‌ها تعریف شده‌اند.

منظور از «شدت اجرا» در این مطالعه، درصد تحقق نسبی ظرفیت نهادی، مالی و مدیریتی لازم برای اجرای سیاست‌ها است و نه درصد دقیق اجرای فیزیکی یا زمانی آن‌ها.

به این ترتیب، مقدار ۱۰ درصد در سناریوی بدبینانه بیانگر شرایطی است که در آن، سیاست‌ها صرفاً به صورت محدود، پراکنده و عمدتاً نمادین اجرا می‌شوند؛ مقدار ۵۰ درصد در سناریوی میانه نشان‌دهنده تحقق بخشی از الزامات نهادی و اجرایی با موانع ساختاری پایدار است؛ و سناریوی خوش‌بینانه بیانگر شرایطی است که در آن بخش عمده‌ای از پیش‌نیازهای نهادی، مالی و قانونی سیاست‌ها فراهم شده‌اند. این مقادیر به صورت نرمال شده و اکتشافی انتخاب شده‌اند و هدف از آن‌ها بررسی حساسیت رفتار سیستم و مقایسه جهت و شدت نسبی تغییرات تحت سطوح مختلف مداخله سیاستی است، نه برآورد کمی دقیق میزان اثربخشی سیاست‌ها.

نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که واکنش سیستم به افزایش شدت اجرای سیاست‌ها خطی و متناسب نیست؛ به گونه‌ای که افزایش شدت اجرا از ۱۰ درصد به ۵۰ درصد منجر به کاهش قابل توجه‌تری در چالش‌ها می‌شود، در حالی که افزایش بیشتر شدت اجرا در سناریوی خوش‌بینانه، به دلیل وجود حلقه‌های تعدیلی نهادی و محدودیت‌های ساختاری، با نرخ کاهشی متفاوتی همراه است. این رفتار غیرخطی نشان می‌دهد که نتایج سناریویی صرفاً بازتاب گزاره‌های بدیهی نیست، بلکه بیانگر ویژگی‌های پویای سیستم و وجود نقاط حساس سیاستی است.

در این پژوهش، مقادیر ۱۰ درصد و ۵۰ درصد به عنوان سطوح نرمال شده شدت اجرای سیاست‌ها انتخاب شده‌اند و بیانگر درصد واقعی اجرای فیزیکی سیاست‌ها نیستند. این مقادیر نماینده سه وضعیت کیفی متفاوت هستند:

اجرای حداقلی و نمادین (۱۰ درصد)، اجرای ناقص اما معنادار با موانع نهادی پایدار (۵۰ درصد)، و اجرای نسبتاً کامل سیاست‌ها در شرایط مساعد نهادی (سناریوی خوش‌بینانه).

انتخاب این مقادیر به صورت اکتشافی و با هدف تحلیل حساسیت سیستم صورت گرفته است، تا رفتار پویای مدل تحت سطوح متفاوت مداخله سیاستی مقایسه شود. از این رو، تفاوت میان ۱۰ درصد و ۲۰ درصد، یا ۵۰ درصد و ۶۰ درصد از منظر مفهومی تفاوت معناداری در سطح تحلیل این پژوهش ایجاد نمی‌کند و تمرکز اصلی بر جهت و الگوی واکنش سیستم است، نه بر مقادیر عددی دقیق.

در مدل‌های پویایی سیستم، انتخاب مقادیر سناریویی اغلب به منظور نمونه‌برداری از دامنه رفتار سیستم انجام می‌شود. بر این اساس، مقدار ۱۰ درصد به عنوان نماینده ناحیه کم‌اثر و مقدار ۵۰ درصد به عنوان نماینده ناحیه مداخله میانی انتخاب شده‌اند. این انتخاب امکان بررسی رفتار غیرخطی سیستم و شناسایی آستانه‌های حساس سیاستی را فراهم می‌کند.

در چنین چارچوبی، انتخاب مقادیر جایگزین نظیر ۲۰ درصد یا ۶۰ درصد منجر به رفتار کیفی مشابهی در خروجی مدل می‌شود و تغییر اساسی در الگوی نتایج ایجاد نمی‌کند، موضوعی که با ماهیت اکتشافی مدل سازگار است.

در این پژوهش، متغیرهای انباشتی بیانگر شدت نسبی چالش‌ها هستند و مقدار اولیه آن‌ها به عنوان یک baseline تحلیلی نرمال شده تعریف شده است، نه سطح واقعی چالش‌ها در دنیای واقعی. هدف از این فرض، ایجاد امکان مقایسه رفتار پویای سیستم در سناریوهای مختلف بوده است.

بدیهی است که در شرایط واقعی، چالش‌ها همواره دارای سطح پایه‌ای غیرصفر هستند، و هم‌زمان نیروهای سازگاری و کاهنده نیز فعال‌اند؛ از این رو، نتایج شبیه‌سازی باید به عنوان تحلیل روندهای نسبی و مقایسه‌ای تفسیر شوند و نه بازنمایی دقیق وضعیت واقعی.

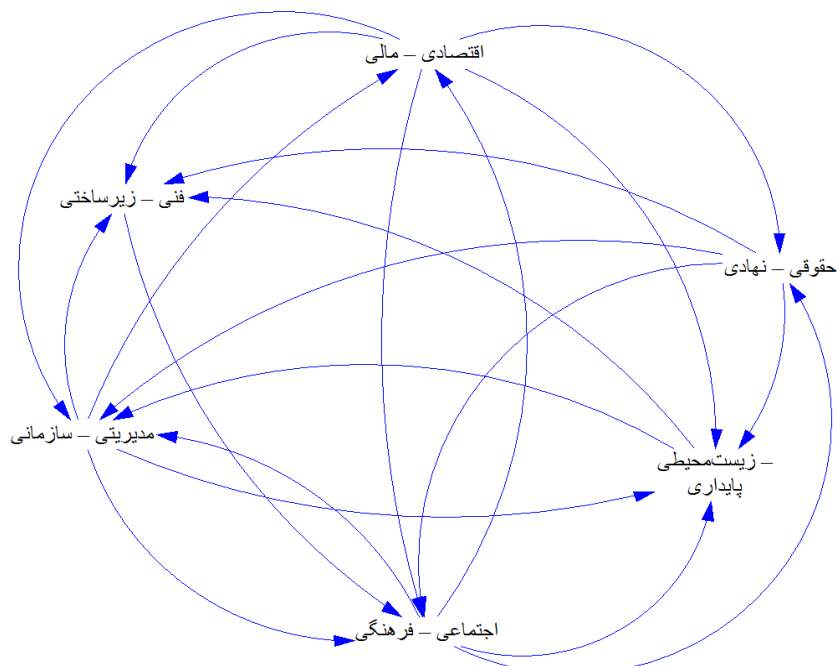
افق زمانی شبیه‌سازی بلندمدت در نظر گرفته شده و گام زمانی ثابت بوده است. از آنجا که مدل ماهیتی سیاست‌محور و اکتشافی دارد، تمرکز بر رفتار کلی سیستم است، و نه بر کالیبراسیون دقیق عددی.

مدل پویایی سیستم در نرم‌افزار Vensim اجرا شده است. متغیرهای مدل به صورت شاخص‌های نرمال شده و بدون واحد تعریف شده‌اند که بیانگر شدت نسبی چالش‌های استقرار بندر خشک هستند. هدف مدل تحلیل رفتار پویای نسبی سیستم در طول زمان بوده است و نه پیش‌بینی مقادیر مطلق.

افق زمانی شبیه‌سازی بلندمدت در نظر گرفته شده و شبیه‌سازی با گام زمانی ثابت انجام شده است. از آنجا که مدل ماهیتی سیاست‌محور و اکتشافی دارد، تمرکز بر بررسی روند تغییرات و مقایسه سناریوها بوده و روش حل عددی پیش‌فرض نرم‌افزار Vensim استفاده شده است. اعتبارسنجی مدل پویایی سیستم در این پژوهش عمدتاً در سطح اعتبار ساختاری و منطقی انجام شده است؛ به این معنا که ساختار روابط علی مدل با نتایج دیمتال فازی و نظرات خبرگان تطبیق داده شده است. با این حال، آزمون‌های پیشرفته اعتبارسنجی رفتاری نظیر آزمون شرایط حدی، آزمون مرزی یا تحلیل حساسیت پارامترها به صورت نظام‌مند اجرا نشده‌اند. این موضوع یکی از محدودیت‌های پژوهش محسوب می‌شود. بر این اساس، نتایج شبیه‌سازی و تحلیل سناریوها باید به عنوان ابزاری اکتشافی برای مقایسه جهت و شدت نسبی تغییرات سیستم تفسیر شوند، نه به عنوان پیش‌بینی قطعی آینده. در مدل پویایی سیستم توسعه‌یافته، روابط علی استخراج‌شده از دیمتال فازی در قالب حلقه‌های بازخورد تقویتی و تعدیلی تفسیر شده‌اند. به طور مشخص، تقویت چالش‌های علی اصلی شامل اقتصادی-مالی، اجتماعی-فرهنگی، و حقوقی-نهادی، از طریق کاهش تدریجی چالش‌های فنی-زیرساختی و مدیریتی-سازمانی، یک حلقه بازخورد تقویتی مثبت با هدف بهبود شرایط استقرار بندر خشک ایجاد می‌کند. در مقابل، محدودیت‌های نهادی و زیست‌محیطی نقش حلقه‌های تعدیلی را ایفا می‌کنند که می‌توانند شدت اثرگذاری سیاست‌ها را در بلندمدت کنترل یا تعدیل کنند. سناریوهای خوش‌بینانه، میانه و بدبینانه در این پژوهش بیانگر سطوح متفاوت شدت و اثربخشی اجرای سیاست‌ها هستند. هدف از تعریف این سناریوها، پیش‌بینی دقیق آینده نیست، بلکه بررسی حساسیت رفتار سیستم نسبت به تغییر در سطح مداخله سیاستی است. از این رو، کاهش یا افزایش شدت چالش‌ها در سناریوهای مختلف، به عنوان پاسخ نسبی سیستم به مفروضات اجرایی متفاوت تفسیر می‌شود و نه به عنوان نتیجه قطعی اجرای سیاست‌ها.

تحلیل مدل پویایی‌شناسی سیستمی چالش‌ها

در گام بعدی از ابزارهای پویایی‌شناسی سیستم به منظور ارائه راهکارهای کاهش چالش‌ها و همچنین اولویت‌بندی سناریوها بهره گرفته شد. برای ترسیم مدل علت و معلولی از نتایج مرحله قبل (دیمتال فازی) بهره گرفته می‌شود. شکل ۲ مدل علت و معلولی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، میان هر دو چالش پیکانی ترسیم شده است که جهت اثرگذاری میان عوامل را نشان می‌دهد.

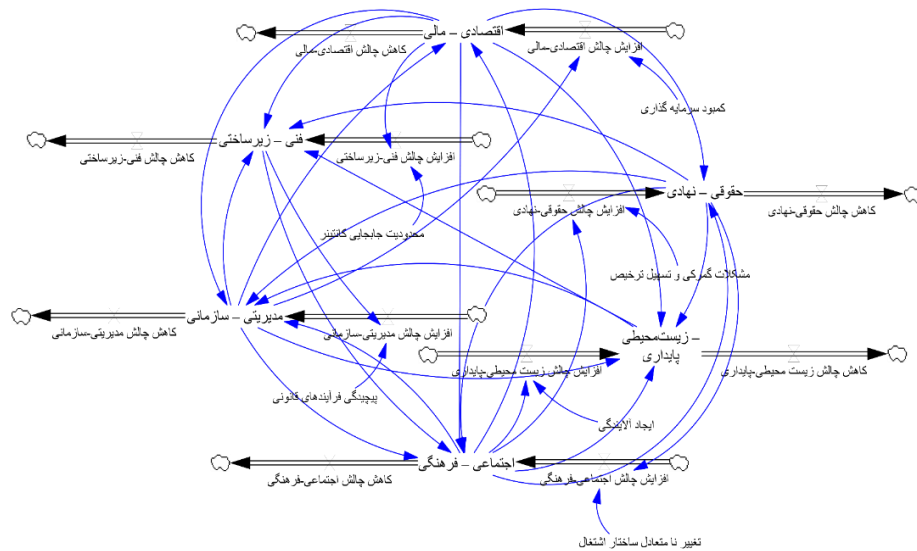


شکل ۲. مدل علت و معلولی چالش‌ها

برای ترسیم مدل موجودی و جریان (شکل ۳)، ابتدا هر یک از چالش‌ها در قالب یک متغیر موجودی نمایش داده می‌شود و سپس، برای هر یک، یک جریان ورودی و یک جریان خروجی ترسیم می‌شود؛ به این معنا که اقداماتی می‌تواند منجر به افزایش هر چالش شود (جریان افزایشی) و یا به واسطه اقداماتی می‌توان هر چالش را کاهش داد (جریان کاهش). در این مرحله با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از روش دیمتل فازی، روابط علی شناسایی شده میان متغیرهای موجودی و جریان‌های ورودی ترسیم می‌شود. در جدول ۶ جریان‌های ورودی مدل

جدول ۶. جریان ورودی مدل

اقتصادی- مالی	تحلیل هزینه-فایده، جذب سرمایه‌گذاری خصوصی و خارجی، کاهش هزینه‌های لجستیکی ملی، و تنوع‌بخشی به اقتصاد محلی
فنی- زیرساختی	اتصال حمل‌ونقلی، تجهیزات و فناوری‌های بارگیری، و زیرساخت خدمات پشتیبانی
مدیریتی- سازمانی	مدل بهره‌برداری و مالکیت، سیاست‌ها و راهبردهای توسعه، نقش مجلس شورای اسلامی، و نظام نظارت و ارزیابی عملکرد
اجتماعی- فرهنگی	رضایت جامعه محلی و ذی‌نفعان، آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی، عدالت فضایی و توزیع منافع، و عدالت منطقه‌ای و توزیع منافع
زیست‌محیطی- پایداری	کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌گی، مدیریت پسماند و منابع آب، فرهنگ و مدیریت محیط زیستی
حقوقی- نهادی	چارچوب قانونی بندر خشک، نظام گمرکی و تسهیل تجارت



شکل ۳. نمودار جریان موجودی در حالت پایه

پس از ترسیم مدل در نرم‌افزار Vensim، به‌منظور شبیه‌سازی رفتار مدل، لازم است روابط ریاضی مدل در نرم‌افزار ثبت شود. برای تعیین روابط ریاضی از ضرایب اثرگذاری استفاده می‌شود، که از نتایج دیمتل فازی حاصل شده است. ضرایب اثرگذاری عوامل مطابق با ماتریس زیر است:

جدول ۷. ضرایب اثرگذاری عوامل در مدل SD

	اقتصادی- مالی	فنی- زیرساختی	مدیریتی- سازمانی	اجتماعی- فرهنگی	زیست‌محیطی- پایداری	حقوقی- نهادی
اقتصادی- مالی	۰	0/2483	0/2470	0/2398	0/2490	0/2331
فنی- زیرساختی	۰	۰	۰	0/2117	۰	۰
مدیریتی- سازمانی	0/2332	0/2425	۰	0/2357	0/2446	۰
اجتماعی- فرهنگی	0/2324	0/2449	0/2484	۰	0/2527	0/2354
زیست‌محیطی- پایداری	۰	0/2312	0/2313	۰	۰	۰
حقوقی- نهادی	۰	0/2356	0/2341	0/2347	0/2413	۰

اگرچه روابط علی بین چالش‌ها در قالب نمودارهای انباشت- جریان نمایش داده شده‌اند، در نسخه فعلی مدل، حلقه‌های بازخوردی صریح، تأخیرهای زمانی و trade-off‌های سیاستی به صورت کامل نرمال‌سازی نشده‌اند؛ از این رو، مدل ارائه شده به یک چارچوب تصمیم‌یار اکتشافی نزدیک‌تر است تا یک مدل SD پیش‌بینی‌محور کامل.

در این پژوهش، DEMATEL برای شناسایی ساختار نفوذ و حساسیت چالش‌ها و SD برای بررسی رفتار نسبی سیستم تحت سناریوهای مداخله به کار رفته است. با این حال، از آنجا که سیاست‌ها عمدتاً به صورت جریان‌های کاهنده تعریف شده‌اند، کاهش چالش‌ها در سناریوهای مداخله تا حدی بدیهی است. ارزش افزوده مدل نه در اصل کاهش، بلکه در تفاوت شدت و سرعت واکنش چالش‌ها به سیاست‌ها نهفته است.

نتایج نشان می‌دهد که مداخلات اقتصادی- مالی، به‌عنوان اهرم‌های سطح بالا، بیشترین اثر سرریزی را بر سایر چالش‌ها دارند؛ به‌گونه‌ای که بهبود در این بعد، بدون مداخله مستقیم، شدت چالش‌های فنی و مدیریتی را کاهش می‌دهد.

بعد مدیریتی- سازمانی اگرچه قوی‌ترین علت نیست، به‌دلیل نقش واسطه، تعیین‌کننده سرعت و پایداری اثر سیاست‌ها است. ضعف در این بعد باعث بروز تأخیرهای نهادی می‌شود که اثربخشی سیاست‌های اقتصادی و فنی را با وقفه زمانی کاهش می‌دهد. واکنش چالش‌های فنی و زیرساختی به سیاست‌های اقتصادی- مالی با تأخیر زمانی همراه است، زیرا تبدیل سرمایه‌گذاری به ظرفیت عملیاتی مستلزم فرآیندهای نهادی، اجرایی و زمانی است. این تأخیر توضیح می‌دهد که چرا اثر سیاست‌ها در سناریوهای مختلف با شیب‌های متفاوت ظاهر می‌شود.

نتایج همچنین نشان می‌دهد که تمرکز بیش‌ازحد بر کاهش سریع چالش‌های فنی، بدون توجه به پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی، می‌تواند مقاومت نهادی و اجتماعی ایجاد کند و در بلندمدت اثر سیاست‌ها را تعدیل کند. این trade-off بیانگر ضرورت طراحی بسته‌های سیاستی متوازن است.

از منظر نظریه‌های توسعه منطقه‌ای و حکمرانی زیرساخت، این یافته تأیید می‌کند که ناکارآمدی نهادی نه تنها یک مانع مستقل، بلکه یک تقویت‌کننده یا تضعیف‌کننده اثر سایر سیاست‌ها است. بنابراین، توسعه زیرساخت بدون اصلاح حکمرانی، به نتایج ناپایدار منجر می‌شود.

اگرچه مدل SD ارائه شده همه ویژگی‌های یک مدل پیش‌بینی‌محور کامل را ندارد، اما با ترکیب DEMATEL و SD، چارچوبی فراهم می‌کند که از طریق آن می‌توان اهرم‌های سیاستی، تأخیرهای نهادی و trade-off‌های کلیدی در استقرار بندر خشک را شناسایی کرد. این چارچوب می‌تواند مبنایی برای توسعه مدل‌های کالیبره شده در پژوهش‌های آتی باشد.

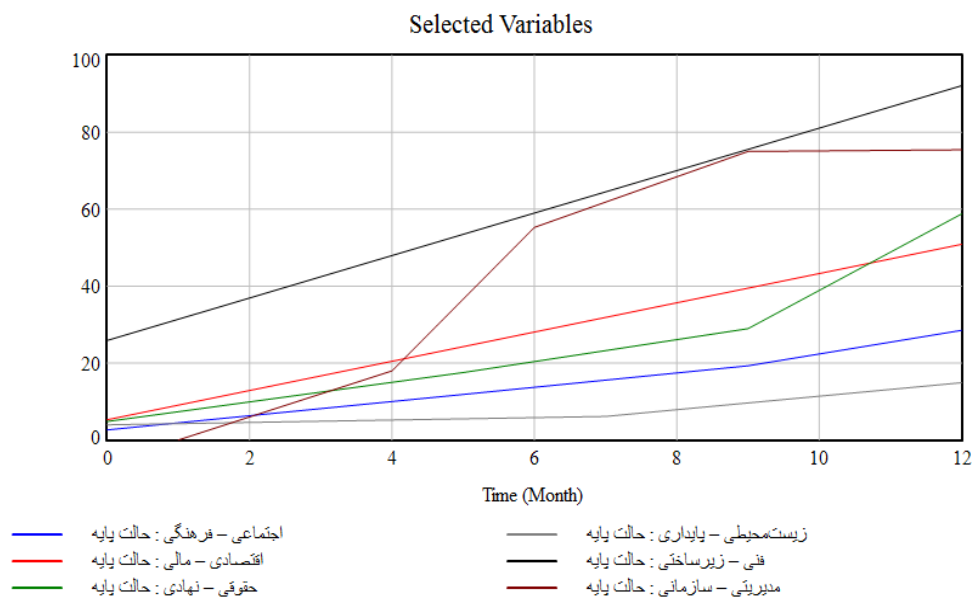
در نسخه فعلی مدل، حلقه‌های بازخوردی، تأخیرهای زمانی، و trade-off‌های سیاستی به صورت صریح و پارامتریک کالیبره نشده‌اند. از این رو، مدل ارائه شده یک مدل پویایی سیستم پیش‌بینی‌محور کامل نیست، بلکه یک چارچوب تحلیلی- اکتشافی است، که با هدف شناسایی منطق علی، اهرم‌های سیاستی و رفتار نسبی سیستم توسعه یافته است. اگرچه ساختار روابط از نظر ریاضی به یک شبکه وزن دار شباهت دارد، اما تفسیر نتایج در چارچوب پویایی سیستم انجام شده است. تمرکز مدل نه بر مقدار مطلق متغیرها، بلکه بر مسیرهای نفوذ، سرعت واکنش نسبی و تعامل بین چالش‌ها در مواجهه با مداخلات سیاستی است. کاهش چالش‌ها در اثر مداخله سیاستی بدیهی است؛ با این حال، دستاورد مدل در اصل کاهش نیست، بلکه در تفاوت شدت، دامنه، و پایداری واکنش ابعاد مختلف چالش‌ها نهفته است. نتایج نشان می‌دهد همه سیاست‌ها اثر یکسان و هم‌زمان ندارند و برخی ابعاد سیستم نسبت به مداخلات خاص حساس‌تر یا مقاوم‌تر هستند. دستاورد اصلی این پژوهش شناسایی اهرم‌های سیاستی با بیشترین اثر سیستمی و تبیین نقش واسطه برخی ابعاد در انتقال اثر سیاست‌هاست، نه صرفاً نشان دادن کاهش چالش‌ها. نتایج نشان می‌دهد مداخلات اقتصادی- مالی به‌عنوان قوی‌ترین اهرم سیاستی، بیشترین اثر غیرمستقیم را بر سایر چالش‌ها دارند؛ به‌گونه‌ای که بهبود در این بعد، حتی بدون مداخله مستقیم، شدت چالش‌های فنی و نهادی را کاهش می‌دهد. اثر سیاست‌های اقتصادی- مالی بر چالش‌های فنی و زیرساختی با تأخیر زمانی همراه است، زیرا تبدیل منابع مالی به ظرفیت عملیاتی مستلزم فرآیندهای نهادی، برنامه‌ریزی و اجراست. این تأخیر نهادی توضیح می‌دهد که چرا واکنش ابعاد مختلف سیستم هم‌زمان و هم‌شیب نیست. نتایج حاکی از آن است که تمرکز صرف بر توسعه سریع زیرساخت‌ها، بدون توجه به پیامدهای زیست‌محیطی و

اجتماعی، می‌تواند مقاومت نهادی و اجتماعی ایجاد، و در بلندمدت اثربخشی سیاست‌ها را تعدیل کند. این trade-off ضرورت طراحی بسته‌های سیاستی متوازن را نشان می‌دهد. از منظر نظریه‌های توسعه منطقه‌ای و حکمرانی زیرساخت، بعد مدیریتی- سازمانی نقش یک «تسهیل‌گر یا مانع سیستمی» را ایفا می‌کند. ضعف در این بعد می‌تواند اثر سیاست‌های اقتصادی و فنی را با تأخیر، اتلاف یا ناپایداری مواجه کند؛ بنابراین، این یافته تأیید می‌کند که توسعه زیرساخت بدون اصلاح حکمرانی، به نتایج ناپایدار منجر می‌شود.

هرچند مدل پویایی سیستم این پژوهش همه ویژگی‌های یک مدل کالیبره شده پیش‌بینی محور را ندارد، اما با ترکیب DEMATEL و SD، چارچوبی تحلیلی برای شناسایی اهرم‌های سیاستی، تأخیرهای نهادی و trade-off های کلیدی فراهم می‌کند. این چارچوب می‌تواند مبنایی برای توسعه مدل‌های پیشرفته‌تر در پژوهش‌های آتی باشد.

رفتار مدل در حالت پایه

حالت پایه شرایطی است که در آن جریان خروجی برای چالش‌ها تعریف نشده است. در این شرایط، بدیهی است که پس از مدتی رفتار مدل به صورت تصاعدی رشد خواهد داشت. مقدار اولیه برای همه متغیرها صفر در نظر گرفته شده است. همچنین متغیرهای کمبود سرمایه‌گذاری، محدودیت جابه‌جایی کانتینر، پیچیدگی فرآیندهای قانونی، تغییر نامتعادل ساختار اشتغال، ایجاد آلاینده‌گی و مشکلات گمرکی و تسهیل ترخیص، به‌عنوان متغیرهای برون‌زا با مقادیر ثابت به مدل اضافه شده‌اند (نمودار ۱).



نمودار ۱. رفتار مدل در حالت پایه

همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، چالش فنی- زیرساختی از بیشترین رشد، و چالش زیست‌محیطی- پایداری از کمترین رشد برخوردار است. سه چالش اجتماعی- فرهنگی، زیست‌محیطی- پایداری، و حقوقی- نهادی تقریباً در شرایط مشابه هستند. سه چالش اقتصادی- مالی، مدیریتی- سازمانی، و فنی- زیرساختی نیز با توجه به اینکه تنها تحت تأثیر عواملی با مقدار ثابت هستند، روند خطی رشد یکنواخت را تجربه می‌کنند، که در برابر رشد سایر متغیرها قابل توجه است. سناریوهای پیشنهادی در قالب متغیرهایی در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸. راهکارهای استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان منتخب برای ترسیم سناریوهای پیشنهادی

راهکار مرتبط با استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان (سرمایه‌گذاری اقتصادی، افزایش کارایی سیستم ریلی، افزایش نقش مجلس شورای اسلامی، توزیع عادلانه منافع، مدیریت محیط زیست صنعتی، نظام گمرکی، و تسهیل ترخیص)	
اقتصادی- مالی	جذب سرمایه‌گذاری ارزی- ریالی / تسهیلات مالیاتی / مشوق‌های مالی
فنی- زیرساختی	کاهش هزینه حمل‌ونقل / افزایش کارایی سیستم ریلی / افزایش ظرفیت بارگیری
مدیریتی- سازمانی	نقش مجلس شورای اسلامی / کاهش موانع قانونی / رفع موانع اداری توسط مجلس
اجتماعی- فرهنگی	اشتغال لجستیک‌محور / تنوع اقتصاد محلی / توزیع عادلانه منافع
زیست‌محیطی- پایداری	صرفه‌جویی در سوخت / مدیریت محیط زیست صنعتی
حقوقی- نهادی	چارچوب قانونی درآمدهای گمرکی / مبانی حقوقی مبتنی بر افزایش سرمایه‌گذاری

با توجه به مطالب ارائه‌شده، اجرا و بررسی سه سناریو پیشنهاد می‌شود: سناریوی خوش‌بینانه (اجرای همه راهکارها و سیاست‌ها)، سناریوی بدبینانه (اجرای حداقل راهکارها و سیاست‌هایی که قابلیت اجرای احتمالی دارند)، و سناریوی میانه (اجرای نسبی راهکارها و سیاست‌ها).

گرچه متغیرهای مدل پویایی سیستم در این پژوهش بدون واحد فیزیکی و به صورت نرمال‌شده تعریف شده‌اند، مدل صرفاً به تولید شکل منحنی‌ها محدود نیست. ساختار حلقه‌های بازخوردی تقویتی و تعدیلی، منطق سیاست‌گذاری را در قالب روابط علی شفاف می‌سازد. از این رو، خروجی مدل برای مقایسه سناریوها و تحلیل جهت و شدت نسبی اثر سیاست‌ها به کار می‌رود، نه برای ارائه مقادیر کمی پیش‌بینی‌شده. مثلاً افزایش سرمایه‌گذاری منجر به بهبود زیرساخت‌های فنی، کاهش هزینه‌های لجستیکی و در نتیجه افزایش جذابیت اقتصادی منطقه می‌شود، که خود به جذب سرمایه‌گذاری بیشتر می‌انجامد (حلقه تقویتی). در مقابل، افزایش آلاینده‌های زیست‌محیطی موجب تشدید مقاومت اجتماعی و محدودیت‌های قانونی می‌شود و با کند کردن فرآیند توسعه، رشد پروژه را تعدیل می‌کند (حلقه تعدیلی). یافته‌های این پژوهش مبنی بر نقش محوری چالش‌های اقتصادی- مالی به‌عنوان عوامل ریشه‌ای، با نتایج مطالعات X و Y در زمینه بنادر خشک همخوانی دارد. با این حال، شناسایی چالش مدیریتی- سازمانی به‌عنوان عاملی با بیشترین تعامل، یافته‌ای است که در برخی مطالعات پیشین کمتر به آن توجه شده است و می‌تواند مکمل ادبیات موجود باشد.

اگرچه متغیرهای مدل پویایی سیستم در این پژوهش به‌صورت شاخص‌های نرمال‌شده و بدون واحد فیزیکی تعریف شده‌اند، مدل صرفاً به نمایش شکل منحنی‌ها محدود نمی‌شود. ساختار حلقه‌های بازخوردی تقویتی و تعدیلی، مسیرهای سیاستی و منطق مداخله را به‌صورت علی شفاف می‌سازد. از این رو، خروجی مدل برای مقایسه جهت، شدت نسبی، و پیامدهای سیاست‌های جایگزین در یک چارچوب تصمیم‌یار به کار می‌رود، نه برای پیش‌بینی کمی مقادیر واقعی.

نتایج مدل پویایی سیستم نشان می‌دهد که بهبود شرایط اقتصادی- مالی از طریق افزایش سرمایه‌گذاری، موجب ارتقای زیرساخت‌های فنی و کاهش هزینه‌های لجستیکی می‌شود، که در نهایت جذابیت اقتصادی منطقه را افزایش می‌دهد و خود به جذب سرمایه‌گذاری بیشتر می‌انجامد؛ این فرآیند یک حلقه بازخوردی تقویتی را شکل می‌دهد.

در مقابل، تشدید چالش‌های زیست‌محیطی منجر به افزایش مقاومت اجتماعی و محدودیت‌های قانونی می‌شود و با کند کردن روند توسعه، رشد پروژه را تعدیل می‌کند، که بیانگر وجود یک حلقه بازخوردی تعدیلی است.

شناسایی چالش اقتصادی- مالی به‌عنوان قوی‌ترین عامل علی با نتایج مطالعات داخلی و خارجی در حوزه توسعه بنادر خشک هم‌سو است که بر نقش سرمایه‌گذاری و سازکارهای مالی تأکید دارند.

با این حال، قرار گرفتن چالش مدیریتی- سازمانی در موقعیتی با تعامل بالا و نقش واسطه، یافته‌ای است که برخی مطالعات پیشین کمتر به آن پرداخته‌اند و می‌تواند مکمل ادبیات موجود در حوزه حکمرانی زیرساخت‌های لجستیکی باشد.

این یافته‌ها نشان می‌دهد که چرا تمرکز صرف بر توسعه زیرساخت‌های فنی، بدون اصلاح بسترهای اقتصادی و نهادی، قادر به رفع چالش‌های استقرار بندر خشک نیست. بدین ترتیب، پژوهش حاضر با ارائه یک تحلیل یک‌پارچه علی- پویا، به شکاف مطرح‌شده در مقدمه درباره نبود چارچوب تصمیم‌یار برای تبیین تعامل چالش‌ها پاسخ می‌دهد.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که چالش‌های استقرار بندر خشک دارای ساختاری بهم‌پیوسته و پویا هستند و مداخله مؤثر مستلزم تمرکز بر عوامل ریشه‌ای اقتصادی و نهادی است. از مدل ارائه‌شده می‌توان به‌عنوان یک ابزار تصمیم‌یار برای مقایسه سیاست‌ها و درک پیامدهای نسبی آن‌ها استفاده کرد. در این پژوهش، سناریوهای خوش‌بینانه، میانه، و بدبینانه بر اساس سطوح متفاوت شدت تحقق سیاست‌ها تعریف شده‌اند. منظور از «شدت اجرا» در این مطالعه، درصد تحقق نسبی ظرفیت نهادی، مالی و مدیریتی لازم برای اجرای سیاست‌ها است و نه درصد دقیق اجرای فیزیکی یا زمانی آن‌ها.

به‌این ترتیب، مقدار ۱۰ درصد در سناریوی بدبینانه بیانگر شرایطی است که در آن، سیاست‌ها صرفاً به صورت محدود، پراکنده و عمدتاً نمادین اجرا می‌شوند؛ مقدار ۵۰ درصد در سناریوی میانه نشان‌دهنده تحقق بخشی از الزامات نهادی و اجرایی با موانع ساختاری پایدار است؛ و سناریوی خوش‌بینانه بیانگر شرایطی است که در آن، بخش عمده‌ای از پیش‌نیازهای نهادی، مالی و قانونی سیاست‌ها فراهم شده‌اند.

این مقادیر به‌صورت نرمال شده و اکتشافی انتخاب شده‌اند و هدف از آن‌ها، بررسی حساسیت رفتار سیستم و مقایسه جهت و شدت نسبی تغییرات تحت سطوح مختلف مداخله سیاستی است، نه برآورد کمی دقیق میزان اثربخشی سیاست‌ها.

نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که واکنش سیستم به افزایش شدت اجرای سیاست‌ها خطی و متناسب نیست؛ به‌گونه‌ای که افزایش شدت اجرا از ۱۰ درصد به ۵۰ درصد منجر به کاهش قابل‌توجه‌تری در چالش‌ها می‌شود، درحالی‌که افزایش بیشتر شدت اجرا در سناریوی خوش‌بینانه، به دلیل وجود حلقه‌های تعدیلی نهادی و محدودیت‌های ساختاری، با نرخ کاهشی متفاوت همراه است. این رفتار غیرخطی نشان می‌دهد که نتایج سناریویی صرفاً بازتاب گزاره‌های بدیهی نیست، بلکه بیانگر ویژگی‌های پویای سیستم و وجود نقاط حساس سیاستی است.

در این پژوهش، مقادیر ۱۰ درصد و ۵۰ درصد به‌عنوان سطوح نرمال‌شده شدت اجرای سیاست‌ها انتخاب شده‌اند و بیانگر درصد واقعی اجرای فیزیکی سیاست‌ها نیستند. این مقادیر نماینده سه وضعیت کیفی متفاوت هستند: اجرای حداقلی و نمادین (۱۰ درصد)، اجرای ناقص اما معنادار با موانع نهادی پایدار (۵۰ درصد)، و اجرای نسبتاً کامل سیاست‌ها در شرایط مساعد نهادی (سناریوی خوش‌بینانه).

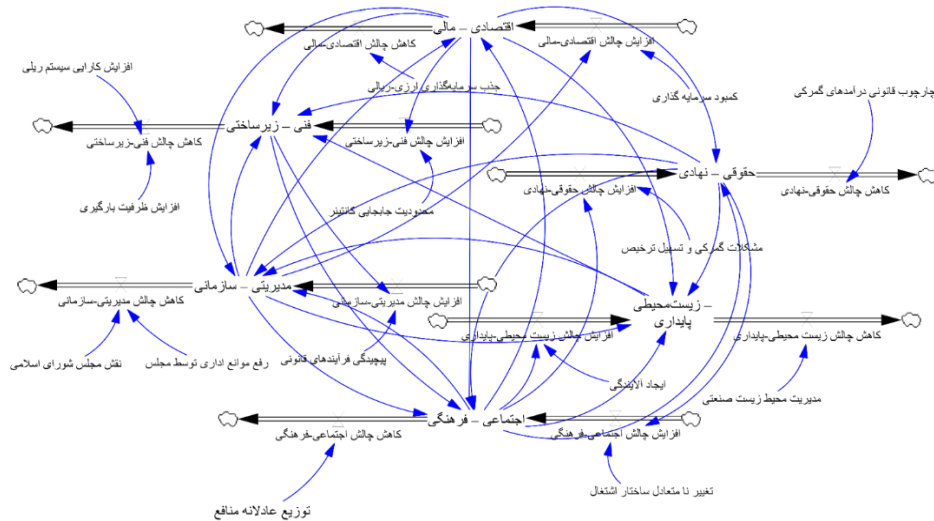
انتخاب این مقادیر به صورت اکتشافی و با هدف تحلیل حساسیت سیستم صورت گرفته است، تا رفتار پویای مدل تحت سطوح متفاوت مداخله سیاستی مقایسه شود. از این‌رو، تفاوت میان ۱۰ درصد و ۲۰ درصد، یا ۵۰ درصد و ۶۰ درصد از منظر مفهومی تفاوت معناداری در سطح تحلیل این پژوهش ایجاد نمی‌کند و تمرکز اصلی بر جهت و الگوی واکنش سیستم است، نه بر مقادیر عددی دقیق.

در مدل‌های پویایی سیستم، انتخاب مقادیر سناریویی اغلب به‌منظور نمونه‌برداری از دامنه رفتار سیستم انجام می‌شود. بنابراین، مقدار ۱۰ درصد به‌عنوان نماینده ناحیه کم‌اثر و مقدار ۵۰ درصد به‌عنوان نماینده ناحیه مداخله میانی انتخاب شده‌اند. این انتخاب امکان بررسی رفتار غیرخطی سیستم و شناسایی آستانه‌های حساس سیاستی را فراهم می‌کند.

در چنین چارچوبی، انتخاب مقادیر جایگزین نظیر ۲۰ درصد یا ۶۰ درصد منجر به رفتار کیفی مشابهی در خروجی مدل می‌شود و تغییر اساسی در الگوی نتایج ایجاد نمی‌کند، موضوعی که با ماهیت اکتشافی مدل سازگار است.

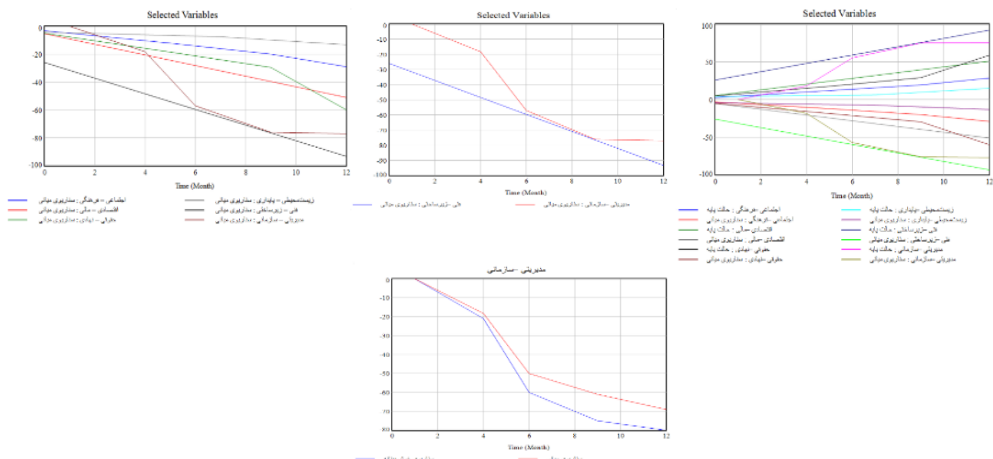
در این پژوهش، متغیرهای انباشتی بیانگر شدت نسبی چالش‌ها هستند و مقدار اولیه آن‌ها به‌عنوان یک baseline تحلیلی نرمال‌شده تعریف شده است، نه سطح واقعی چالش‌ها در دنیای واقعی. هدف از این فرض، امکان مقایسه رفتار پویای سیستم در سناریوهای مختلف بوده است.

بدیهی است که در شرایط واقعی، چالش‌ها همواره دارای سطح پایه‌ای غیرصفر و هم‌زمان نیروهای سازگاری و کاهنده فعال هستند؛ از این‌رو، نتایج شبیه‌سازی باید به‌عنوان تحلیل روندهای نسبی و مقایسه‌ای تفسیر شوند و نه بازنمایی دقیق وضعیت واقعی.



شکل ۶. نمودار موجودی جریان سناریوی میانه

نتایج شبیه‌سازی مدل در حالت میانه در نمودار ۴ ارائه شده است. در نمودارهای زیر مقایسه حالت میانی با حالت پایه نشان داده شده است. همان‌طور که نمودارها نشان می‌دهند، در این سناریو چالش‌ها کاهش یافته است و نسبت به حالت خوش‌بینانه منطقی‌تر به نظر می‌رسد.



نمودار ۴. نتایج شبیه‌سازی برای سناریوی میانه

بحث

نتایج تحلیل مضمون نشان داد که چالش‌ها و چشم‌اندازهای استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان ماهیتی چندبعدی و سیستمی دارند و در شش بُعد اقتصادی-مالی، فنی-زیرساختی، مدیریتی-سازمانی، اجتماعی-فرهنگی، زیست‌محیطی-پایداری، و حقوقی-نهادی قابل تبیین هستند. این تنوع مضامین بیانگر آن است که استقرار بندر خشک صرفاً یک پروژه زیرساختی نیست، بلکه یک مداخله توسعه‌ای پیچیده است، که نیازمند هم‌زمانی اصلاحات اقتصادی، نهادی، مدیریتی، و اجتماعی است. برتری مضامین اقتصادی-مالی و فنی-زیرساختی در سطح مضامین پایه و سازمان‌دهنده نشان می‌دهد که مسئله تأمین منابع مالی، بازده سرمایه و کارایی شبکه حمل‌ونقل، درک غالب خبرگان از موانع اصلی استقرار بندر خشک را شکل داده است. در عین حال، حضور پررنگ مضامین حقوقی-نهادی و مدیریتی-سازمانی حاکی از آن است که ضعف‌های نهادی و حکمرانی می‌توانند اثربخشی سرمایه‌گذاری‌های فیزیکی را محدود کنند. نتایج دیمتال فازی نشان داد که از میان شش چالش شناسایی شده، سه چالش اقتصادی-مالی، اجتماعی-فرهنگی، و

حقوقی- نهادی در گروه عوامل علی، و سه چالش فنی- زیرساختی، مدیریتی- سازمانی، و زیست‌محیطی- پایداری در گروه عوامل معلولی قرار می‌گیرند. این الگو بیانگر آن است که بخش قابل توجهی از مشکلات عملیاتی و زیرساختی بندر خشک، ریشه در متغیرهای بالادستی اقتصادی، نهادی، و اجتماعی دارد.

قوی‌ترین عامل علی، چالش اقتصادی- مالی شناسایی شد؛ که نشان می‌دهد محدودیت در تأمین مالی، جذابیت سرمایه‌گذاری و ساختارهای انگیزشی بیشترین نقش را در تشدید سایر چالش‌ها ایفا می‌کند. در مقابل، چالش فنی- زیرساختی به‌عنوان قوی‌ترین عامل معلولی بیانگر آن است که ناکارآمدی زیرساخت‌ها بیشتر پیامد ضعف‌های ساختاری در سایر ابعاد است تا یک مسئله مستقل.

چالش مدیریتی- سازمانی با بالاترین مقدار تعامل در مرکز شبکه روابط قرار دارد. این نتیجه نشان می‌دهد که این چالش به‌طور هم‌زمان از سایر عوامل تأثیر می‌پذیرد و بر آن‌ها اثر می‌گذارد؛ بنابراین، هر گونه مداخله در این حوزه، می‌تواند اثر ضربه‌ای در کل سیستم ایجاد کند.

نتایج شبیه‌سازی پویایی سیستم نشان داد که شدت کل چالش‌ها در سناریوهای مختلف رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهد. در سناریوی خوش‌بینانه، شدت کل چالش‌ها ۲۸ درصد کاهش یافت، در حالی که این کاهش در سناریوی واقع‌گرایانه ۱۵ درصد و در سناریوی بدبینانه به افزایش ۹ درصد منجر شد. این تفاوت‌ها بیانگر حساسیت بالای سیستم به نوع و شدت مداخلات سیاستی است. کاهش قابل توجه چالش اقتصادی- مالی و فنی- زیرساختی در سناریوی خوش‌بینانه نشان می‌دهد که تمرکز هم‌زمان بر اصلاح سازکارهای مالی، بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل و افزایش کارایی سیستم ریلی می‌تواند بیشترین تأثیر را بر کل سیستم داشته باشد. از سوی دیگر، افزایش شدت چالش‌ها در سناریوی بدبینانه نشان‌دهنده آن است که تداوم وضعیت موجود یا تأخیر در اصلاحات نهادی، می‌تواند اثر تجمعی منفی ایجاد کند.

راهکارهای ارائه‌شده برای هر یک از چالش‌ها (جدول ۷) مستقیماً از نتایج دیمتل فازی و مدل پویایی سیستم استخراج شده‌اند. برای چالش اقتصادی- مالی، استفاده از مشوق‌های مالی، تسهیلات مالیاتی و جذب سرمایه‌گذاری ریلی- ارزی، به‌عنوان اهرم‌های اصلی کاهش شدت چالش‌ها در مدل عمل کرده‌اند. در بُعد فنی- زیرساختی، افزایش ظرفیت بارگیری، ارتقای کارایی سیستم ریلی، و کاهش زمان حمل‌ونقل بیشترین نقش را در بهبود عملکرد سیستم ایفا کرده‌اند.

در حوزه مدیریتی- سازمانی و حقوقی- نهادی، نقش مجلس شورای اسلامی در کاهش موانع قانونی، تسهیل فرآیندها و ایجاد شفافیت نهادی، به‌عنوان یک متغیر کلیدی در بهبود عملکرد کل سیستم شناسایی شد. این یافته نشان می‌دهد که اصلاحات نهادی می‌تواند اثر تقویتی بر سایر سیاست‌ها داشته باشند. همچنین، راهکارهای اجتماعی- فرهنگی و زیست‌محیطی- پایداری، با تمرکز بر اشتغال، مشارکت ذی‌نفعان و مدیریت محیط‌زیست صنعتی، به‌عنوان عوامل مکمل در پایداری بلندمدت سیستم ایفای نقش می‌کنند.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان نیازمند رویکردی یکپارچه و چندسطحی است که در آن، مداخلات اقتصادی و نهادی به‌عنوان محرک‌های اصلی، و اصلاحات فنی، مدیریتی، و زیست‌محیطی به‌عنوان پیامدهای وابسته مورد توجه قرار گیرند. ترکیب تحلیل مضمون، دیمتل فازی و پویایی سیستم امکان شناسایی ریشه‌های علی، روابط متقابل و پیامدهای سیاستی را به‌صورت هم‌زمان فراهم می‌کند و تصویری جامع از دینامیک چالش‌های استقرار بندر خشک ارائه می‌دهد.

نتیجه

استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان، به‌عنوان یکی از مناطق تجاری و صنعتی کشور، با چالش‌های متعددی روبه‌رو است؛ چالش‌هایی مانند توجه به مدل بهره‌برداری و مالکیت، جذب سرمایه‌گذاری خصوصی و خارجی در استقرار بندر خشک، عدالت منطقه‌ای و توزیع عمومی منافع، و رضایت جامعه محلی و ذی‌نفعان منافع، از عموم مردم گرفته تا سرمایه‌گذاران و نهادهای دولتی. فرآیند تطبیق راهکارها با چالش‌ها، نه صرفاً بر اساس رابطه خطی و ساده، بلکه با در نظر گرفتن منطق سیستمی و درهم‌تنیدگی چالش‌های استقرار بندر خشک انجام شده است. از آنجا که هر اقدام کاهش‌دهنده چالش می‌تواند به‌عنوان یک راهکار شناسایی

شود، کلیه پیشنهادها در این زمینه با توجه به نظر خبرگان و کارشناسان مسلط و آگاه به موضوع شناسایی و در مدل اعمال شد. بدیهی است که در مسائل کلان هر راهکار می‌تواند دربرگیرنده مجموعه گسترده‌ای از اقدامات و برنامه‌ریزی در سطوح پایین‌تر باشد تا به صورت عملیاتی و با زمان‌بندی دقیق قابلیت اجرا پیدا کند. از این رو، استخراج مهم‌ترین دلایل و چالش‌ها در اولویت قرار می‌گیرد؛ زیرا ابتدا راه حل مسائل به صورت کلی بیان می‌شود، و سپس جزئیات هر راه حل با بهره‌گیری از روش‌های کیفی و کمی شناسایی و ارائه می‌شود. در پژوهش حاضر علاوه بر اینکه چالش‌ها شناسایی شدند، راهکارهای دارای اولویت نیز مشخص شد. در مدل پویایی‌شناسی سیستم، هر یک از چالش‌های استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان (اقتصادی-مالی، فنی-زیرساختی، مدیریتی-سازمانی، اجتماعی-فرهنگی، زیست‌محیطی-پایداری، و حقوقی-نهادی) به‌عنوان متغیرهای انباشتی در نظر گرفته شدند و راهکارهای پیشنهادی به صورت جریان‌های کاهشی وارد مدل شدند. بدین معنا که هر راهکار به منزله سازکاری عملیاتی تلقی شد، که در صورت تحقق، ظرفیت مدیریتی، نهادی یا اجتماعی جدیدی را ایجاد می‌کند و این ظرفیت به کاهش تدریجی چالش متناظر منجر می‌شود؛ مثلاً، راهکارهایی نظیر «اشتغال لجستیک‌محور»، «تنوع اقتصاد محلی»، و «توزیع عادلانه منافع» در ارتباط با چالش اجتماعی-فرهنگی، یا اقداماتی همچون «نقش مجلس شورای اسلامی»، «رفع موانع اداری توسط مجلس»، و «کاهش موانع قانونی» در خصوص چالش مدیریتی-سازمانی، در مدل به‌عنوان جریان‌های کاهشی تعریف شدند که از انباشت چالش کاستند. شدت اثر این جریان‌ها نیز متناسب با نتایج دیمتل فازی در معادلات لحاظ شد، به گونه‌ای که در سناریوی میانه، هر شکاف تنها با یک راهکار کاهش یافت و اثر آن معادل ۵۰ درصد حالت خوش‌بینانه فرض شد.

مقاله ضمن شناسایی چالش‌های کلیدی استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان، به‌ویژه درخصوص چالش فنی-زیرساختی و مدیریتی-سازمانی، مجموعه‌ای از راهکارهای عملیاتی نظیر «افزایش ظرفیت بارگیری»، «افزایش کارایی سیستم ریلی»، و «کاهش هزینه حمل‌ونقل» و نیز برای چالش مدیریتی-سازمانی راهکارهایی قابل اجرا را در سه محور اصلی شامل «نقش مجلس شورای اسلامی»، «کاهش موانع قانونی»، و «رفع موانع اداری توسط مجلس» ارائه می‌کند. برای چالش اقتصادی-مالی، سازکارهایی همچون «مشوق‌های مالی»، «جذب سرمایه‌گذاری ارزی-ریالی»، و «تسهیلات مالیاتی» در مدل لحاظ شده است. این اقدامات ضمن ارتقای سرمایه‌گذاری اقتصادی و تقویت نقش مجلس شورای اسلامی، زمینه‌ساز مشارکت مؤثر نهادهای دولتی و ذی‌نفعان محلی و افزایش سرمایه و رفع موانع قانونی هستند. بنابراین، مقاله علاوه بر تشخیص صحیح چالش‌ها، راهکارهایی مدیریتی، ساختاری و عملیاتی برای موانع مدیریتی-سازمانی و اقتصادی-مالی ارائه می‌دهد، که قابلیت اجرا در سطوح مختلف استقرار بندر خشک را داراست و می‌تواند بهبود پایداری و اثربخشی استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان را تضمین کند.

از سوی دیگر، در طراحی مدل صرفاً به کاهش کمی چالش‌ها بسنده نشد، بلکه الزامات مدیریتی، منابع مالی، و بازه زمانی تحقق هر راهکار نیز مد نظر قرار گرفت. منابع مالی نه‌تنها متکی بر ترکیبی از بودجه‌های عمومی، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و حمایت‌های قانونی و دولتی تعریف شد، که راهکارها نیز بر حسب ماهیت در بازه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت قابل اجرا تشخیص داده شدند. همچنین، با توجه به چالش حقوقی-نهادی، مکانیسم‌هایی همچون تدوین چارچوب قانونی بندر خشک و نظام گمرکی با کارایی بالاتر و تسهیل تجارت به‌عنوان ابزارهای حقوقی-نهادی این موانع در مدل لحاظ شد. بنابراین، کاهش چالش‌ها در سناریوهای شبیه‌سازی نه‌تنها بازتابی از پویایی‌های کمی سیستم، بلکه نتیجه امکان‌سنجی حقوقی و نهادی در استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان است. با این حال، به‌منظور ارائه یک چارچوب تحلیلی قابل فهم برای سیاست‌گذاران، در این مرحله برای هر چالش مجموعه‌ای از مهم‌ترین راهکارهای متناظر استخراج شده است، که مستقیماً با هدف کاهش یا حذف آثار آن چالش طراحی شده‌اند.

پیشنهادها

در مواجهه با یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، راهکارهایی چون کاهش هزینه حمل‌ونقل، افزایش کارایی سیستم ریلی، و افزایش ظرفیت بارگیری، به‌منظور بهبود جریان ارتباطی و حمل‌ونقل پیشنهاد شده است. این راهکارها نه‌تنها به کاهش چالش حمل‌ونقل و افزایش کارایی بندر خشک کمک می‌کنند، بلکه بستر مناسبی برای افزایش میزان بارگیری و بهبود خدمات حمل‌ونقل و در

نتیجه کاهش قیمت نهایی نیز فراهم می‌کنند. در خصوص مسائل مرتبط با چالش اجتماعی- فرهنگی، مجموعه‌ای از راهکارها در نظر گرفته شده است، که عمدتاً حول محور ارتقای منطقه صنعتی، افزایش اشتغال در سطوح عمومی، محلی، و منطقه‌ای متمرکز هستند. از این اقدامات می‌توان به طراحی و اجرای اشتغال لجستیک‌محور، تنوع بخشیدن به اقتصاد محلی، و توزیع عادلانه منافع در ارتقای ظرفیت یک منطقه صنعتی محلی اشاره کرد. این اقدامات می‌توانند، از طریق تقویت سرمایه انسانی، مسیر مشارکت مؤثرتر ذی‌نفعان محلی در فرآیند استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان را هموار سازند. برای پاسخ به موارد ناشی از چالش‌های اقتصادی- مالی مجموعه‌ای از سازکارهای انگیزشی و قانونی طراحی شده است که هدف آن‌ها کاهش وابستگی به منابع مالی دولتی و تشویق به ایجاد منابع مالی مشترک است. جذب سرمایه‌گذاری ارزی- ریالی، ارائه مشوق‌های مالی برای مشارکت، تسهیلات مالیاتی و اعتباری، و در نهایت ایجاد مکانیسم‌های مبتنی بر مشارکت عمومی و خصوصی و طراحی الگوهای جدید تخصیص منابع، از جمله اقداماتی هستند که می‌توانند پایداری اقتصادی- مالی و استقلال اجرایی در سطوح محلی را افزایش دهند. در رابطه با چالش‌های اداری و حقوقی- نهادی تمرکز اصلی بر تدوین سازکارهای قانونی بندر خشک و نظام گمرکی، کاهش زمان ترخیص کالا، تعریف مبانی روشن حقوقی مبتنی بر افزایش سرمایه‌گذاری و ایجاد چارچوب‌های هماهنگی نهادی بوده است؛ که تنظیم این مبانی حقوقی و قانونی امری چندجانبه محسوب می‌شود. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، در میان عوامل کاهش نقش مجلس نیز در این زمینه قابل اشاره خواهد بود. طراحی دقیق مبانی قانونی و حقوقی به انسجام بیشتر ساختارهای اجرایی و گمرکی، و کاهش اصطکاک‌های بوروکراتیک کمک خواهند کرد. به‌منظور مواجهه با مسائل برخاسته از چالش‌های زیست‌محیطی- پایداری، مجموعه‌ای از راهکارهای چندجانبه و در عین حال تسهیل‌کننده مد نظر قرار گرفته است. مدیریت محیط زیست صنعتی و صرفه‌جویی در سوخت از جمله این موارد است. در مدیریت پایدار محیط زیست صنعتی توجه به فاصله اتصال به شبکه ریلی و بهره‌گیری از مسافت کوتاه و مستقیم که به شبکه ریلی متصل شود، به نوبه خود مصرف سوخت را کاهش می‌دهد. فرآیندهای نظارتی همچون بررسی کیفیت جاده‌ها و تقویت سیستم حمل‌ونقل از جمله مهم‌ترین رویکردهایی است که در این زمینه پیشنهاد شده‌اند. این رویکردها ضمن کاستن از مصرف سوخت، به ارتقای سیستم حمل‌ونقل ریلی، افزایش سرعت عمل، و ظرفیت بارگیری کمک خواهند کرد. در نهایت، در پاسخ به چالش‌های مدیریتی- سازمانی، مجموعه‌ای از راهکارها تدوین شده است، که هدف آن‌ها بر مبنای جذب سرمایه‌گذاری و کاهش هزینه‌های لجستیکی است و می‌تواند به افزایش موفقیت و پایداری بندر خشک در شهرستان سیرجان کمک کند. این راهکارها در عین حال در سطوح مختلف چالش‌های استقرار بندر خشک تأثیرگذار خواهند بود. نقش مجلس شورای اسلامی، کاهش موانع قانونی، رفع موانع اداری توسط مجلس، در راستای ارتقای سطوح مدیریتی و سازمانی پیشنهاد شده‌اند. این اقدامات می‌توانند مبنای تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاران را تقویت کنند و فواصل بین سطوح مختلف اداری را کاهش دهند. جدول ۱۰ به صورت نظام‌مند نشان می‌دهد که برای هر چالش شناسایی‌شده، مجموعه‌ای از راهکارهای عملیاتی، مشخص و قابل اجرا طراحی شده است. این جدول همچنین نشان می‌دهد که برخی از راهکارها دارای ماهیتی چندمنظوره‌اند؛ به این معنا که اجرای آن‌ها می‌تواند به‌طور هم‌زمان در کاهش چند چالش مؤثر واقع شود. از این‌رو، اتخاذ رویکردی تلفیقی و هم‌افزا در اجرای این مداخلات می‌تواند به تحقق استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان به صورت چندسطحی، یکپارچه و پایدار یاری رساند.

تحلیل حساسیت و پایداری ساختار علی چالش‌های استقرار بندر خشک با استفاده از DEMATEL فازی پیشرفته و وزن‌دهی خبرگان، و توسعه و کالیبراسیون مدل پویایی سیستم مبتنی بر داده‌های تجربی برای تحلیل رفتار بلندمدت چالش‌های بندر خشک سیرجان و بررسی تعامل و trade-off بین اهرم‌های اقتصادی- مالی و نهادی- مدیریتی در توسعه بندر خشک با در نظر گرفتن تأخیرهای زمانی واقعی پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی هستند.

محدودیت‌های تحقیق

داده‌های به‌کاررفته در تحلیل DEMATEL مبتنی بر قضاوت خبرگان بوده و به دلیل ماهیت ادراکی آن‌ها، نتایج بازتاب‌دهنده برداشت جمعی خبرگان است نه روابط علی تجربی قطعی.

ساختار روابط علی به آستانه انتخاب شده در DEMATEL وابسته است و به دلیل انجام نگرفتن تحلیل حساسیت آستانه، امکان تغییر ساختار روابط در صورت انتخاب آستانه‌های متفاوت وجود دارد. پارامترها و متغیرهای مدل پویایی سیستم به صورت نرمال شده و بدون کالیبراسیون تجربی تعریف شده‌اند؛ بنابراین نتایج مدل صرفاً برای تحلیل رفتار نسبی و تصمیم‌یار قابل استفاده است و جنبه پیش‌بینی کمی ندارد.

جدول ۸. چالش‌های استقرار بندر خشک در شهرستان سیرجان و راهکارهای پیشنهادی

محور مرتبط	برخی از راهکارهای پیشنهادی	چالش‌های استقرار بندر خشک
رشد اقتصادی	جذب سرمایه‌گذاری، تسهیلات مالیاتی، مشوق‌های مالی، جذابیت برای سرمایه‌گذاران، کاهش هزینه‌های اولیه، بازده سرمایه، رشد اقتصادی، تولید و افزایش اشتغال، کاهش ریسک سرمایه‌گذاری	اقتصادی- مالی
بهبود زیرساخت‌ها	توسعه صنایع مرتبط با زیرساخت، نوآوری و بهبود فناوری، افزایش بهره‌وری، استفاده بهینه از منابع و زمان، کاهش زمان حمل‌ونقل، بهبود عملکرد و کارایی سیستم حمل‌ونقل ریلی	فنی- زیرساختی
کاهش موانع قانونی و اداری توسط مجلس شورای اسلامی	تسهیل فرآیندها، کاهش زمان لازم برای انجام فعالیت‌های اقتصادی، کاهش موانع کسب‌وکارها، عملکرد مؤثر مجلس شورای اسلامی، اعتماد عمومی به سیستم حکومتی و نهادهای دولتی	مدیریتی- سازمانی
توسعه پایدار اجتماعی	افزایش کیفیت زندگی مردم، تقویت محیط کسب‌وکار، افزایش نوآوری، افزایش مشارکت مردم در فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی، افزایش رفاه عمومی، فرصت‌های شغلی در حوزه‌های مرتبط با حمل‌ونقل، تقویت تنوع اقتصادی، افزایش انسجام اجتماعی	اجتماعی- فرهنگی
توسعه پایدار اجتماعی/ بهبود زیرساخت‌ها	کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی، بهینه‌سازی منابع، کاهش هدررفت منابع طبیعی، کمک به پایداری اکوسیستم‌ها، تقویت مسئولیت اجتماعی، توسعه فناوری‌های نوین، بهبود کیفیت زندگی در جوامع صنعتی	زیست‌محیطی- پایداری
کاهش موانع قانونی و اداری توسط مجلس شورای اسلامی/ رشد اقتصادی	محیط قانونی و اداری شفاف، تقویت رقابت‌پذیری، تقویت اعتماد عمومی، شفافیت و پیش‌بینی‌پذیری، کاهش ریسک‌های قانونی، تسهیل فرآیندهای گمرکی، محیط قانونی و حقوقی مناسب برای جذب سرمایه، تخصیص قانونی درآمدهای گمرکی برای تأمین مالی پروژه‌های زیرساختی	حقوقی- نهادی

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام دادن و انتشار این پژوهش علمی رعایت کرده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها است.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان به‌طور مساوی در انجام دادن این تحقیق مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

بنا به نظر نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

این تحقیق با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه سمنان و در قالب طرح پژوهشی شماره ۱۴۰۴/۱۲۳۳/ط/۱۴۰۴/۲۲۶ انجام شده است.

سپاسگزار

نویسندگان مراتب تقدیر صمیمانه خود را از دانشگاه سمنان و همچنین داوران مقاله که ما را در انجام و ارتقای کیفی این پژوهش یاری رسانده‌اند، اعلام می‌کنند.

منابع

- احمدیان، پوریا؛ سیدالحسینی، سیدمسلم و دانشور، مریم (۱۴۰۳). تبیین نقش بندر خشک در توسعه منطقه‌ای شهر زاهدان. هویت شهر، ۱۸ (۳). ۸۳-۹۶. <https://sanad.iau.ir/Journal/hoviatshahr/Article/1184431/FullText>
- دورودیان، محدثه؛ پیشوایی، میرسامان و فرهنگ مقدم، بابک (۱۳۹۶). مکان‌یابی بندر خشک با رویکرد مکان‌یابی محورها در شرایط عدم قطعیت تقاضا: مطالعه موردی ایران. پژوهشنامه حمل‌ونقل، ۱۴ (۳). ۱-۲۵. https://www.trijournal.ir/article_53704.html
- قربانی نژاد بالا گفشه، افشین؛ میرزاابراهیم طهرانی، مهناز؛ حسینی، رضا؛ جوزی، سیدعلی و ترابی آزاد، مسعود (۱۴۰۳). مکان‌یابی برای احداث بندر خشک جهت پشتیبانی از بندار استان گیلان. فصلنامه جغرافیا، ۲۲ (۸۰). ۱۹۵-۱۷۳. <https://doi.org/10.22034/iga.2024.712874>
- حاضری، هانف؛ هاشمی دیزج، عبدالرحیم؛ جعفری، مهدی و عمادی، سیدجواد (۱۴۰۲). تحلیل عوامل سخت افزاری، اقتصادی و محیط زیستی در ایجاد بندر خشک در شهرستان انزلی. مطالعات علوم محیط زیست، ۸ (۲). ۳۱۰-۳۲۵. [doi: 10.22034/jess.2022.347835.1812](https://doi.org/10.22034/jess.2022.347835.1812)
- سعیدی، سیدناصر؛ نورامین، امیرسعید؛ جوادیپور، منصور و مطهری، امیرحسین (۱۳۹۰). مفهوم بندر خشک بانگاهی ویژه به نیازمندیهای ایجاد آن در کشور. فصلنامه کشتیرانی و فناوری دریایی، ۲ (۱). ۳۷-۵۲. https://smt.cmu.ac.ir/article_89223.html
- Abu-Aisha, T., Audy, J. F., & Ouhimmou, M. (2024). Preliminary investigation of the sea-rail intermodal system's efficiency using a simulation approach: case of the Port of Trois-Rivieres. *Journal of Shipping and Trade*, 9(1), 17. <https://link.springer.com/article/10.1186/s41072-024-00176-x>
- Ahmadian, P., Seyed al-Hosseini, S. M., & Danshour, M. (2024). Explaining the role of the dry port in the regional development of Zahedan city. *Quarterly City Identity*, 18 (3). <https://sanad.iau.ir/Journal/hoviatshahr/Article/1184431/FullText>. (in Persian)
- Bagheri, M., Abbasi, H., Yaghoubi, S., Pishvae, M. S., & Fallahi, M. (2025). Optimizing Dry Port Locations: A Comparative Analysis of Deterministic, Stochastic, and Robust Models. *Transportation Research Record*, 2679 (2), 1922-1940. <https://doi.org/10.1177/03611981241274153>
- Chowdhury, M. M. H., & Haque Munim, Z. (2023). Dry port location selection using a fuzzy AHP-BWM-PROMETHEE approach. *Maritime Economics & Logistics*, 25 (2), 301-329. <https://link.springer.com/article/10.1057/s41278-022-00230-0>
- Dewi, N. K., Ishak, R. F., & Ariffien, A. (2024). Dry Port Financial Feasibility Analysis Model. *Innovation and Community Engagement*, 5 (1), 1-17. <https://doi.org/10.28932/ice.v5i1.7533>
- Doroudian, M., Pishvaei, M. S., & Farhang Moghadam, Babak. (2017). Dry Port Location with Axis Location Approach in Demand Uncertainty Conditions: A Case Study of Iran. *Transportation Research*, 14 (3). https://www.trijournal.ir/article_53704.html. (in Persian)
- Eto, G. M., Akpoghomeh, O. S., & Otto, G. (2022). Challenges And Prospects To The Complementary Role Of Inland Dry Ports In Serving The Hinterland Of Nigeria. *African Journal For The Psychological Studies Of Social Issues*, 25 (1), 12-24. <https://ajpssi.org/index.php/ajpssi/article/view/511>
- Fayera, T. (2022). *Assessment Of Practices, Opportunities And Challenges Of Ethiopian Shipping And Logistics Service Enterprise, A Case Of Mojo Dry Port Oromia, Ethiopia* (Doctoral dissertation, Ambo University). <https://irlib.ambou.edu.et/xmlui/handle/123456789/2204>
- Ghorbani Nejad Balagofsheh, A. E., Mirza ebrahim tehrani, M., Hassarvi, R., Jozi, S. A., & Torabi Azad, M. (2024). Locating for the construction of a dry port to support the ports of Gilan province. *Geography. of the Iranian Geographical Society*, 22 (80). (in Persian) <https://doi.org/10.22034/iga.2024.712874>
- Hazeri, H., Hashemi Dizaj, A., Jafari, M., & Emadi, S. J. (2023). Analysis of hardware, economic and environmental factors in the establishment of a dry port in Anzali County. *Environmental Science Studies*. (in Persian) [10.22034/jess.2022.347835.1812](https://doi.org/10.22034/jess.2022.347835.1812)
- Khaslavskaya, A., Monios, J., & Roso, V. (2024). Using coepetition to increase asset utilization and market coverage of dry ports. *Research in Transportation Business & Management*, 57, 101219. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101219>
- Koritarov, T. (2024). Classification, management, and sustainability of port operations: a comprehensive analysis of maritime-land transport synergies. *Sciences of Europe*, (153), 128-133. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14227617>
- Lu, Z., & Qiu, W. (2025). Resilience Analysis of Seaport–Dry-Port Network in Container Transport: Multi-Stage Load Redistribution Dynamics Following Cascade Failure. *Systems*, 13 (4), 299. <https://doi.org/10.3390/systems13040299>
- Miraj, P., Berawi, M. A., Zagloel, T. Y., Sari, M., & Saroji, G. (2021). Research trend of dry port studies: a two-decade systematic review. *Maritime Policy & Management*, 48 (4), 563-582. <https://doi.org/10.1080/03088839.2020.1798031>
- Muravev, D., Hu, H., Rakhmangulov, A., & Mishkurov, P. (2021). Multi-agent optimization of the intermodal terminal main parameters by using AnyLogic simulation platform: Case study on the Ningbo-Zhoushan Port.

- International Journal of Information Management*, 57, 102133. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102133>
- Nguyen, L. C., Thai, V. V., Nguyen, D. M., & Tran, M. D. (2021). Evaluating the role of dry ports in the port-hinterland settings: Conceptual framework and the case of Vietnam. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 37 (4), 307-320. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2021.09.001>
- Okonge, F. O., & Nyaronga, G. (2025). Enhancing Transport Logistics Efficiency through Public-Private Partnerships: The case of Isaka Dry Port along Tanzania's Central Corridor. *African Development Finance*, 8 (7), 69-90. <https://uonjournals.uonbi.ac.ke/ojs/index.php/adfj/article/view/2962>
- Okoyo, M. B. (2021). *Determinants of Dry Port Performance in Kenya_A Case of the nternal Container Depot, Nairobi* (Doctoral dissertation, Kenya School of Revenue Administration_Moi University). <https://ikesra.kra.go.ke/server/api/core/bitstreams/ba7bf100-d855-4ce1-b6f6-c5788ede8bbb/content>
- Pujiwat, R., N., & Tjahjono, T. (2024,). Dry port location based on hybrid MCDM and uncapacitated fixed charge location problem for Surabaya and Teluk Lamong container terminal. In *AIP Conference Proceedings*, 3069 (1), 020028. AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/5.0205698>
- Raad, N. G., Rajendran, S., & Salimi, S. (2022). A novel three-stage fuzzy GIS-MCDA approach to the dry port site selection problem: A case study of Shahid Rajaei Port in Iran. *Computers & Industrial Engineering*, 168, 108112. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108112>
- Saeedi, S. N., Nooramin, A. S., Javadpour, M., & Motahari, A. H. (2011). The concept of dry port with a special look at the requirements for its establishment in Iran. *Shipping and Marine Technology*, 2 (1). (in Persian) https://smt.cmu.ac.ir/article_89223.html
- Wang, B., Wang, C., Qiao, H., & Su, Q. (2025). Risk prevention and adaptation strategies for geographically complementary seaports and dry ports under intermodal interaction. *Research in Transportation Economics*, 114, 101654. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2025.101654>
- Xie, J., Sun, Y., & Huo, X. (2021). Dry port-seaport logistics network construction under the belt and road initiative: a case of Shandong Province in China. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 30 (2), 178-197. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11518-021-5484-6>
- Yen, B. T., Huang, M. J., Lai, H. J., Cho, H. H., & Huang, Y. L. (2023). How smart port design influences port efficiency—A DEA-Tobit approach. *Research in Transportation Business & Management*, 46, 100862. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100862>
- Zhang, X., Li, J., Yang, Z., & Wang, X. (2022). Collaborative optimization for loading operation planning and vessel traffic scheduling in dry bulk ports. *Advanced Engineering Informatics*, 51, 101489. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101489>