Dor: 20.1001.1.20085656.1402.16.61.6.7

صص ۱۲۳- ۱۰۷

برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی در محور سیستان و بلوچستان

یحیی سهرابی*

دانشجو دکتری، گروه مهندسی محیط‌زیست، پردیس بین‌المللی ارس، دانشگاه تهران، جلفا، ایران

احمد نوحه‌گر

استاد گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۳

چکیده

پژوهش حاضر باهدف طراحی مدل برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی در محور سیستان و بلوچستان با رویکرد سه مرحله‌ای انجام گرفت. در بخش اول با استفاده از تکنیک داده بنیاد (GT) ضمن مصاحبه با ۱۶ نفر از خبرگان دانشگاهی، مدیران و کارشناسان ارشد تأسیسات ریلی و سازمان محیط‌زیست در حوزه تثبیت ماسه‌های روان کشور و با انجام کدگذاری بر روی‌داده‌ها، تعداد ۷۷ مؤلفه در قالب ۲۱ مقوله شناسایی و مدل مربوطه طراحی و فرضیه‌ها مشخص گردید. در بخش دوم به‌منظور بررسی برازش مدل از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) با استفاده از نرم‌افزار Amos بهره گرفته شد. در مرحله سوم به‌منظور اولویت‌بندی، برقراری ارتباط و توالی بین مؤلفه‌ها از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) استفاده شد. بر اساس نظر خبرگان و تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته، اولویت مؤلفه‌های تأثیرگذار در برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تثبیت ماسه‌های روان در شش سطح احصاء گردید. مطابق نتایج حاصل، راهبردهای تدوین شده در خصوص تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی، اثر مثبت و معناداری بر پیامدهای حاصله دارند و شدت تأثیر راهبردها بر پیامدها برابر با مقدار ۰/۹۱ است که مقدار قابل توجهی است و نشان از تأثیر قوی عوامل راهبردها بر پیامدها دارد. همچنین دو معیار هدف‌گذاری تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی با توجه به رسالت وجودی آن‌ها و شناخت شرایط موجود و نیازمندی‌های پروژه-های تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی از متغیرهای دارای تأثیرگذاری بالا و تأثیرپذیری کم و همچنین از تأثیرگذارترین سطوح شناسایی شدند.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی محیط‌زیستی، کنترل ماسه‌های روان، نظریه داده بنیاد، مدل‌سازی معادلات ساختاری، خطوط راه آهن

مقدمه

در دنیای امروز، حمل و نقل نقش کلیدی و مهمی را در فرآیند توسعه اقتصادی، سیاسی و اجتماعی به عهده دارد (پاکدل صمدی، ۱۳۹۸). صنعت ریلی به سبب مشخصه‌هایی نظیر کاهش مصرف سوخت، آلودگی محیط‌زیستی کمتر، ایمنی بالا،

*نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۷۳۳۰۹۲۵، Email: ysohrabi813@gmail.com

مصرف زمین کمتر و حجم بالای انتقال کالا و مسافر از اولویت بیشتری نسبت به سایر شغل‌های حمل و نقلی برخوردار است (Niu et al. 2020; Shu et al. 2022). از این‌رو، تمرکز بر بهبود آن و لزوم پیشگیری از وقوع بحران در زمینه‌های تهدیدآمیز از نیازمندی‌های اجتناب‌ناپذیر در صنعت حمل و نقل ریلی محسوب می‌گردد (Dun et al. 2021).

برای تکمیل و بهبود شبکه‌های خطوط ریلی، عبور ریل از مناطق بیابانی اجتناب‌ناپذیر است (منوری و همکاران، ۱۳۹۶). از جمله اثرات سوء احداث خط آهن در مناطق بیابانی می‌توان به پدیده طوفان ماسه اشاره کرد که در سیستم‌های سیر و حرکت قطارها و مسافرین اختلال ایجاد می‌کند و می‌تواند منجر به کاهش سرعت سیر قطار و یا حتی توقف آن (Bruno et al. 2018)، کاهش ظرفیت باربری خطوط آهن (Horvat et al. 2022)، طولانی شدن سیر قطارها، خارج شدن احتمالی قطار از خط (Zhang et al. 2021)، آلوده شدن فضای داخل واگن‌ها، عدم جذب مسافر و کالا، به خطر افتادن سلامت مسافرین و مأمورین به علت ورود ماسه از طریق تهویه به داخل کوپه (Raffaele and Bruno, 2020)، افزایش مانور به لحاظ شکستگی در آلات ناقله و واگن‌ها (Wenwen et al. 2019) و کاهش شدید دید در منطقه شود (Kecun et al. 2016). از سوی دیگر، هزینه‌های بالای تعمیر و نگهداری خط و ناوگان و زیان‌های ناشی از مسدود شدن و در نتیجه تأخیر در بهره‌برداری از حرکت قطارها در اثر حرکت ماسه‌های روان، خسارات هنگفتی را ایجاد کرده است (Wang et al. 2017). این ضرورت، توجه به شناخت مشکلات خطوط آهن در مناطق کویری و ارائه راهکارهای مناسب را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

کشورهای گوناگونی در سراسر جهان، درگیر مشکلات ماسه‌های روان در مناطق بیابانی هستند. در این کشورها شناخت شرایط حاکم بر مناطق کویری و رفتار ماسه‌های روان و نیز ایجاد راهکارهای رویارویی با تأثیرات منفی مناطق بیابانی بر خط آهن رو به افزایش است. به‌عنوان مثال Horvat et al. (2022) در پژوهشی به بررسی چالش‌های هجوم شن‌های روان در شبکه خطوط راه آهن در مناطق بیابانی ایتالیا پرداختند و یک الگوی مفهومی نوآورانه به نام Sand Blower برای کاهش شن‌های روان را طراحی کردند. از سوی دیگر Li et al. (2022) قوانین مرتبط با هجوم ماسه‌های روان بر روی ریل خط آهن از شهر Zhongwei چین در منطقه بیابانی Tengger را مورد بررسی قرار دادند و همچنین آزمایش‌هایی میدانی باهدف تغییر نسبت رسوب ماسه ناشی از جانمایی بافل‌ها با مقاطع معرضی را طرح‌ریزی کردند. در پژوهش دیگر Raffaele and Bruno (2020) اثرات حاصل از رسوب ماسه در مسیر مگا پروژه‌های راه آهن در آمریکا را شناسایی کرده و پس از پیشنهاد یک رویکرد احتمالی برای عملیات تعمیر و نگهداری خطوط ریلی در زیرساخت‌های راه آهن، اقدامات مختلف برای جلوگیری از رسوب ماسه در مسیر راه آهن را به‌طور مقایسه‌ای مورد بحث قرار دادند. همچنین پاکدل صمدی (۱۳۹۸) پس از طبقه‌بندی مشکلات خطوط راه آهن ایران در مناطق کویری، به بررسی راهکارهای سنتی و مدرن و تدوین یک راهکار ابداعی جهت کاهش ورود ماسه به خطوط راه آهن جهت مدیریت بحران پرداخت.

منطقه خاورمیانه و خصوصاً ایران بر روی کمربند خشک دنیا واقع شده‌اند و پدیده گرد و غبار جزء ویژگی‌های ذاتی این مناطق است. هم‌اکنون راه آهن ایران دارای شبکه‌ای از خطوط اصلی است که ۸۷۰۱ کیلومتر مسیر را در برمی‌گیرد.

از این مسیر، ۵۳۵ کیلومتر در مناطق کویری در جنوب شرقی، شمال غربی و جنوب کشور واقع شده است (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۸). پدیده حرکت ماسه‌های روان، به‌عنوان یکی از بلایای طبیعی مناطق کویری همواره خسارات فراوانی را به بخش حمل و نقل کشور تحمیل می‌کند (ملکانه و طلایی، ۱۳۹۸). مهم‌ترین خسارات وارده ناشی از ورود ماسه به خطوط راه آهن شامل تقلیل سرعت قطارها، فرسودگی پیش از موعد اتصالات خط، خرابی سامانه ارتباطات و علائم الکتریکی، افت سرعت و خروج از خط بوده و هر از چند گاهی نیز باعث ایجاد سوانح ریلی و در نتیجه تأخیر و نارضایتی مسافرین در قطارها و صاحبان کالاها می‌شود (ذاکری و فتحی، ۱۳۹۶). الزام عبور خط راه آهن از مناطق کویری و ماسه گیر و مشکلات متعدد ایجاد شده برای خط باعث شده تا ارائه راهکارهای مقابله با مشکلات راه‌آهن در مناطق کویری به یک امر ضروری در راه آهن‌های دارای مناطق کویری در دنیا بدل شود (Liu et al. 2017). از سوی دیگر، اجرای هر یک از راه‌حل‌های مذکور، هزینه‌های هنگفت اجرایی را بر دوش راه آهن قرار خواهد داد. این در حالی است که میزان بهبود حاصل از به‌کارگیری برخی از راهکارها با توجه به نوپا بودن این روش‌ها، دقیقاً مشخص نیست (Rahdari et al. 2021). همچنین با توجه به خصوصیات مناطق کویری و خصوصیات خط، راهکارهای مختلفی در اولویت قرار خواهند گرفت. لذا اجرای یکی از فرآیندهای تصمیم‌گیری گروهی و اخذ نظرات خبرگان در اتخاذ تصمیم جهت انتخاب راهکار مقابله با این مشکل در هر قسمت از شبکه ریلی ضروری به نظر می‌رسد (Cheng et al. 2017).

در حالی که برخی اقدامات حفاظتی نظیر احداث کمربند سبز حفاظتی، حفر کانال و تله ماسه گیر و استفاده از مالچ پلیمری برای تثبیت شن‌های روان در ایران به اجرا در آمده، اما توجه نکردن به محدودیت‌های روش‌های مرسوم برای جلوگیری از رسوب ماسه در مسیر راه آهن را می‌توان از مشکلات عدم حذف کامل ورود ماسه به خطوط عنوان داشت. از سوی دیگر، روش‌های اجرایی تثبیت ماسه‌های روان نیازمند مطالعات اقلیمی، جغرافیایی، ژئومرفولوژی، فیزیکی و فرسایشی خاص هر منطقه ماسه گیر است. لذا انجام مطالعات و برنامه‌های کوتاه مدت و بلند مدت برای پیشگیری و یا رفع مشکل هجوم ماسه‌های روان به روی خطوط آهن و خسارات ناشی از آن ضروری می‌نماید.

یکی از معضلات راه آهن ایران در طول بیش از ۴۰۰ کیلومتر از خطوط ریلی، عبور از مناطق کویری است که وضعیت در برخی از مناطق مانند محور بم–زاهدان بسیار بحرانی ارزیابی می‌شود. هجوم ماسه‌های روان بر روی ریل و نفوذ در بالا ست‌ها باعث کاهش حالت ارتجاعی خطوط می‌شود که این امر در دراز مدت سبب استهلاک و فرسوده شدن ادوات روسازی ریل، از بین رفتن تراورس‌ها و اشکال در سیر ایمن و کاهش سرعت قطارها می‌شود. تاکنون روش‌های مختلفی توسط متخصصین ریلی کشور برای جلوگیری از تجمع ماسه به روی ریل‌های راه آهن مورد ارزیابی و مطالعه قرار گرفته است که با توجه به شرایط محیطی و جغرافیایی خطوط در معرض آسیب، هیچ‌کدام از راهکارهای بررسی شده مانند کاشت گیاه، استفاده از فراورده‌های نفتی، احداث دیوارهای محافظ و استفاده از ماشین‌آلات ماسه روب از لحاظ فنی و اقتصادی جوابگوی این مشکل نبوده است. بیان مسائل و مشکلات مطرح، ضرورت توجه به شناخت مشکلات خطوط آهن جنوب شرق و ارائه راهکارهای مناسب را بیش از پیش آشکار می‌سازد. لذا پژوهش حاضر باهدف برنامه‌ریزی محیطزیستی تثبیت ماسه‌های

روان در خطوط و تأسیسات ریلی در محور سیستان و بلوچستان انجام گرفت. در مرحله اول پژوهش پس از شناسایی عوامل مؤثر بر تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی، به طراحی الگوی برنامه‌ریزی محیطزیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی در محور سیستان و بلوچستان پرداخته شد که برای انجام آن از روش داده بنیاد (GT) بهره گرفته شد. در مرحله دوم مدل، برازش مدل طراحی شده در مرحله قبل مورد بررسی قرار گرفت که بدین منظور از روش معادلات ساختاری (SEM) استفاده گردید. در مرحله سوم، عوامل مؤثر بر برنامه‌ریزی محیطزیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی در محور سیستان و بلوچستان، اولویت‌بندی شدند که جهت انجام آن از روش معادلات ساختاری تفسیری (ISM) بهره گرفته شد. در نهایت، روش‌های بهینه جهت کنترل ماسه‌های روان به‌منظور پیشگیری از بروز بحران در سطح خطوط ریلی در محور سیستان و بلوچستان ارائه گردید.

داده‌ها و روش‌ها

معرفی خطوط راه آهن بم-زاهدان

مطابق پیگیری‌های به عمل آمده از راه آهن جمهوری اسلامی ایران، سه منطقه جنوب شرق، شرق و هرمزگان جزو بحرانی‌ترین مناطق کشور به لحاظ شرایط کویری برای خطوط ریلی هستند. شکل ۱ نقشه خطوط ریلی ماسه گیر ایران را نشان می‌دهد.

مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: خطوط ریلی ماسه گیر ایران و ایستگاه‌های هواشناسی

راه آهن جنوب شرق با بیش از ۴۱۵ کیلومتر خط اصلی و عبور از مناطق کوهستانی، جلگه‌ای و بیابانی دارای شرایط جغرافیایی و اقلیمی بسیار متنوعی است. ناحیه جنوب شرق با طول منطقه ماسه گیر برابر با ۲۱۱ کیلومتر، بیشترین سهم مناطق ماسه گیر راه آهن ایران را دارا است (جدول ۱). برخی از خصوصیات فیزیکی، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی این ناحیه در جدول ۲ قابل مشاهده است. خط آهن بم–زاهدان در حوزه راه آهن جنوب شرق کشور واقع شده و از سال ۱۳۸۸ مورد بهره‌برداری قرار گرفته است (شکل ۲). به‌منظور اتصال خطوط ریلی کشور به مناطق جنوب شرقی و اتصال از طریق مرز میر جاوه به آسیای میانه، خطوط آهن ناگزیر به عبور از نواحی بیابانی هستند. این امر موجب هجوم ماسه‌های روان کویری به این خطوط و تأسیسات ریلی شده و مشکلات عدیده‌ای را ایجاد کرده است؛ به‌طوری که حتی پیش از احداث نهایی خط، امکان بهره‌برداری از آن زیر سؤال رفته و به علت پوشش خط توسط شن‌های روان مشکلات اساسی برای آن به وجود آمده است (Mehdipour and Baniamerian, 2019). از ایستگاه‌های بحرانی واقع در این محور، می‌توان به ایستگاه شوره گز اشاره کرد. موقعیت این ایستگاه در کیلومتر ۷۰۰+۳۱۱ واقع شده و دارای سه خط در محوطه بوده که تماماً از شن‌های روان پوشیده شده و تصویر آن در شکل ۳ قابل مشاهده است. سیر و حرکت قطارها در این خط گاهی اوقات با تأخیر زیادی مواجه بوده و تا به حال چندین بار قطار از ریل خارج شده است (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۸).

جدول ۱: مناطق ماسه گیر خطوط ریلی ایران

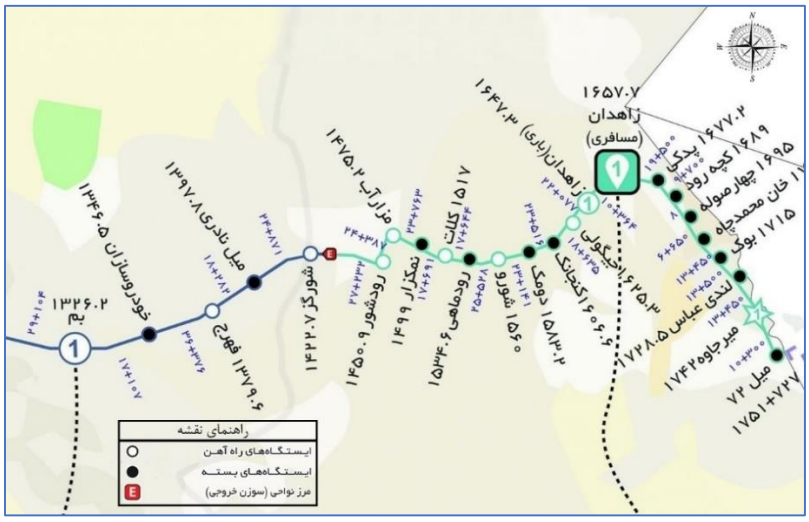
نام ناحیه	ردیف	نام بلاک	کیلومتر	شماره حوزه	طول منطقه ماسه گیر (کیلومتر)
جنوب شرق	۱	سنگی–نایین	۴۶۸–۴۷۸	–	۱۰
	۲	یزدگرد–چاه خاور	۷۶۹–۷۹۶	۴۱	۲۷
	۳	بهرام گور–بافق	۸۵۶–۸۶۸	۴۱	۱۲
	۴	بافق–سی ریز	۸۷۰–۹۳۸	۴۱ و ۴۲	۶۸
	۵	سی ریز–گل زرد	۹۶۰–۹۹۰	۴۲	۳۰
	۶	گل زرد–جلال آباد	۱۰۰۸–۱۰۰۹	۴۲	۱
	۷	جلال آباد–زرند	۱۰۱۵–۱۰۱۸	۴۲	۳
	۸	زرند–حسامی	۱۰۲۷–۱۰۴۶	۴۳	۱۹
	۹	سلطانی–کرمان	۱۰۸۸–۱۰۸۹	۴۳	۱
	۱۰	بافق–چغارت	۸۷۰–۸۸۷	–	۱۷
	۱۱	نی باد–چادر ملو	۱۷۵–۱۶۷	–	۲۳

مآخذ: نگارندگان

جدول ۲: اطلاعات خط راه آهن ناحیه جنوب شرق

عنوان	اطلاعات
منطقه	جنوب شرق
بار محوری (تن)	۲۵
محل مرتفع‌ترین نقطه خط (کیلومتر)	۱۶,۷
مسیر خطوط	دومک–کنجانک
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱۷۸۳
حداکثر شیب	۱۹ در هزار

مآخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: خط آهن بم–زاهدان واقع در راه آهن منطقه جنوب شرق ایران

مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: ایستگاه شوره گز در بحرانی‌ترین نقطه محور راه آهن بم–زاهدان به لحاظ شرایط کویری

روش پژوهش

پژوهش حاضر جزء طرح‌های ترکیبی متوالی و اکتشافی از نوع ابزارسازی است. در این پژوهش ابتدا مطالعه کیفی صورت گرفته و بر مبنای آن ابزار ساخته می‌شود و سپس مطالعه کمی صورت می‌گیرد. در مرحله اول (بخش کیفی)، از ابزار کیفی

مصاحبه با صاحب‌نظران شاخص و کلیدی و پیاده‌سازی مصاحبه‌ها و مستندات استفاده می‌شود و سپس با استفاده از روش‌های کدگذاری نظریه داده بنیاد (GT) تحلیل‌های لازم انجام می‌گیرد. در مرحله دوم، روش مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) به کار گرفته شده و برای جمع‌آوری داده‌های کمی از پرسشنامه با سؤالات بسته و در قالب طیف پنج گزینه‌ای لیکرت استفاده می‌گردد. در مرحله سوم نیز از مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) بهره گرفته شده و داده‌های مربوط به آن از طریق پرسشنامه جمع‌آوری می‌شوند. در ذیل به تشریح هر کدام از مراحل پرداخته شده است.

مرحله اول پژوهش-نظریه داده بنیاد (GT)

در بخش کیفی پژوهش حاضر برای پوشش دادن به ابعاد مختلف مسئله و شناسایی کلیه عوامل به‌منظور طراحی نهایی مدل، ابعاد اصلی برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی در محور سیستان و بلوچستان با کاربرد نظریه داده بنیاد (GT) مورد بررسی قرار گرفتند. راهبرد پژوهشی نظریه داده بنیاد (GT)، روشی نظام‌مند و کیفی برای خلق نظریه‌ای است که در سطحی گسترده به تبیین فرآیند، کنش یا کنش متقابل موضوعی با هویت مشخص می‌پردازد (Fang et al. 2020). برای تحلیل داده‌های کیفی گردآوری شده لازم است تا سه مرحله کدگذاری باز، محوری و انتخابی سپری شوند تا در نهایت پارادایمی منطقی یا تصویری عینی از نظریه‌های خلق شده ارائه گردد (Babaei Ebrahimabadi et al. 2019).

- کدگذاری باز: این مرحله یک فرآیند تحلیلی است که از طریق آن، مفاهیم شناسایی شده و ویژگی‌ها و ابعاد آن‌ها کشف می‌شوند؛
- کدگذاری محوری: در این مرحله مقولات اصلی کدگذاری بازداده‌ها تکوین می‌یابند و با یکدیگر مرتبط می‌شوند؛
- کدگذاری انتخابی: اصطلاح انتخابی به این علت برای این مرحله به کار می‌رود که تحلیل‌گر به‌وضوح یک جنبه مرکزی از داده‌ها را به‌عنوان مقوله هسته‌ای انتخاب می‌کند و روی آن متمرکز می‌شود.

بدین منظور، پس از انجام مصاحبه‌های عمیقی با ۱۶ نفر از متخصصان محیط‌زیستی، اساتید دانشگاه و کارشناسان خطوط و تأسیسات ریلی، اطلاعات گردآوری شده طی سه مرحله کدگذاری باز، کدگذاری محوری و کدگذاری انتخابی تحلیل شدند. در فرآیند پژوهش کیفی، افراد بر اساس نمونه‌گیری غیر احتمالی با استفاده از روش گلوله برفی انتخاب شدند و بعد از رسیدن به نقطه اشباع، نمونه‌گیری متوقف شد. در نهایت نتایج حاصل از پژوهش کیفی ضمن ترکیب با نتایج حاصل از ادبیات پژوهش، در قالب بخش نخست الگوی مفهومی پژوهش جمع‌بندی گردید.

در مرحله کدگذاری باز، کلیه مصاحبه‌های انجام شده با مدیران و متخصصان به تفکیک، پیاده‌سازی شد و تمامی جملات مرتبط با موضوعات اساسی پژوهش، به‌طور کامل ثبت و کدگذاری شد. سپس هر یک از نکات کلیدی، تفسیر و کدگذاری شدند. در نهایت، کد نهایی برای هر یک از نکات کلیدی انتخاب شد و این کدها شماره‌گذاری شدند. در مرحله کدگذاری محوری کلیه کدهای باز مستخرج از مرحله اول، بر اساس ارتباط با مفاهیم اصلی پژوهش در قالب محورهای

اصلی جمع‌بندی شدند. خروجی این مرحله کدهای محوری، کدهای متناظر با آن‌ها و تعداد تکرار آن‌ها است. بر اساس کدگذاری محوری صورت گرفته بر روی مطالعه کیفی پژوهش حاضر، تعداد ۷۷ مفهوم شناسایی گردید. در مرحله کدگذاری انتخابی، کدهای محوری مرحله قبل گروه‌بندی شدند و جدول نهایی متغیرها و شاخص‌های مرتبط به هر یک از آن‌ها در پنج بعد اصلی شامل شرایط علی، راهبردها، شرایط زمینه‌ای، شرایط مداخله‌گر و پیامدها (جدول ۳) تهیه گردید.

جدول ۳: ابعاد پژوهش و مقوله‌های شناسایی شده مرتبط با شرایط علی، راهبردها، شرایط زمینه‌ای، شرایط مداخله‌گر و پیامدها

ابعاد پژوهش	مقوله
شرایط علی	• ضرورت حفاظت از محیط‌زیست و تثبیت ماسه‌های روان • تکالیف قانونی دولت و ضرورت نوآوری‌های مالی تثبیت ماسه‌های روان • ضرورت استفاده از منابع مالی جهت اجرای پروژه‌های تثبیت ماسه‌های روان • محیط رقابتی در تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی
راهبردها	• رفع موانع و تدوین قوانین شفاف و با ثبات • تجهیز منابع مالی (محیط‌زیستی) • هدف‌گذاری دقیق و عملی • تشکیلات اجرایی چابک • پیاده‌سازی نظام یکپارچه • کنترل و نظارت
شرایط زمینه‌ای	• جایگاه تأمین مالی پروژه‌ها در تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی • جذابیت تسهیلات و تأمین منابع مالی پروژه‌های تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی • ساختار تجهیز منابع تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی • دستورالعمل‌های اجرایی و توان عملیاتی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی • آگاهی و تخصص کارکنان
شرایط مداخله‌گر	• تکنولوژی و فناوری‌های نوین • اقبال عمومی از تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی • مفاد محیط‌زیستی برنامه‌های کلان کشور • همکاری سایر نهادها و دستگاه‌های اجرایی
پیامدها	• زمینه‌سازی تحقق رسالت اجتماعی و رشد صنعت حمل و نقل ریلی • نهادینه شدن و گسترش پروژه‌های سبز تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی • بهبود شاخص محیط‌زیستی EPI و بسترسازی توسعه پایدار

مآخذ: نگارندگان

در نهایت با بررسی و کنکاش بر روی ابعاد پنج‌گانه مذکور و با انتزاع بیشتر این مقولات در مرحله کدگذاری انتخابی، یک مقوله هسته‌ای به شرح پارادایم نوین مالی در مسیر توسعه پایدار ظاهر شد که می‌تواند تمامی مقولات دیگر را پوشش دهد.

از فرآیند داده بنیاد در مرحله اول پژوهش، تعداد ۷۷ مؤلفه به دست آمد که با توجه به تعداد زیاد آن‌ها، ضمن مشورت با سه نفر از متخصصان و کارشناسان موضوع، تعداد ۲۰ مؤلفه که دارای فراوانی بیشتری از کدها نسبت به دیگر مؤلفه‌ها بودند، به‌عنوان عوامل و شاخص‌های مؤثر بر تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی انتخاب شدند (جدول ۴).

جدول ٤: مؤلفه‌های مؤثر در برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی

ردیف	کد محوری	شاخص (مؤلفه)	فراوانی
۱	۲۳	میزان تنوع در سبد محصولات شرکت‌ها جهت تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی	۱۳
۲	۵۰	سیاست‌گذاری شفاف حفظ محیط‌زیست در برنامه‌های توسعه‌ای کشور	۱۲
۳	۵۲	هدف‌گذاری با توجه به رسالت وجودی آن‌ها	۱۱
٤	۱۰	تمرکز استراتژیک بر جلوگیری از آلاینده‌ها و تخریب محیط‌زیست	۱۰
٥	۲٦	برنامه‌ریزی پویا و فراهم آوردن نیروی انسانی خبره	۱۰
٦	٤۳	تمرکز بر ارتقاء سطح سلامت محیط‌زیست	۱۰
۷	۷	شناخت شرایط موجود و نیازمندی‌های پروژه‌های تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی	۹
۸	۲۲	همسویی قوانین با سیاست‌های کلان کشور	۹
۹	۳۹	منابع مالی مناسب و تخصیص به‌موقع منابع جذب‌شده به پروژه‌های تثبیت	۹
۱۰	۱۹	التزام عملی به ارزش‌ها و معیارهای جامعه در حفظ محیط‌زیست	۸
۱۱	۲۱	نگاه عمومی به حفظ محیط‌زیست	۸
۱۲	۲۵	اولویت‌دهی طرح‌های با تأمین مالی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی	۸
۱۳	۱۳	شرایط ویژه پروژه‌های تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی و دوره بلندمدت بازگشت سرمایه	۷
۱٤	۳٦	اقدامات انگیزشی جهت افزایش توانمندی کارکنان	۷
۱٥	۳۷	ارزیابی عملکرد در حوزه تأمین مالی پروژه‌های تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی	۷
۱٦	٤۲	اعلام وظایف و مسئولیت‌های اجتماعی	۷
۱۷	۵۱	نگاه مدیران ارشد به تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی	۷
۱۸	۲۰	تسهیم اهداف بلندمدت به میان‌مدت و کوتاه‌مدت	٦
۱۹	٦۸	نظارت مستمر بر برنامه‌های تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی و پیگردهای قانونی مؤثر	٦
۲۰	٦۹	اعمال معافیت‌های ویژه جهت شرکت‌های تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی	٦

مأخذ: نگارندگان

مرحله دوم پژوهش-مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)

در این بخش به‌منظور شناسایی مدل و ابعاد و شاخص‌های اصلی و مؤلفه‌ها از روش اکتشافی و تأییدی در قالب مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) استفاده شد. مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) یک ساختار علی خاص بین مجموعه‌ای از سازه‌های غیرقابل مشاهده است. یک مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) از دو مؤلفه تشکیل شده است؛ یک مدل ساختاری که ساختار علی بین متغیرهای پنهان را مشخص می‌کند و یک مدل اندازه‌گیری که روابط بین متغیرهای پنهان و متغیرهای مشاهده شده را تعریف می‌کند (Shen et al. 2016). گام‌های انجام پژوهش با تکنیک مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) به شرح زیر هستند (Soltanpour et al. 2020).

- شناسایی متغیرهای اصلی پژوهش؛
- تهیه پرسشنامه برای سنجش متغیرها و تعیین گویه‌های سنجش هر متغیر اصلی؛
- تدوین فرضیه‌های پژوهش و تعیین روابط میان متغیرهای اصلی مدل؛
- طراحی مدل مفهومی بر اساس فرضیه‌های پژوهش؛
- توزیع پرسشنامه‌ها و گردآوری داده‌ها؛
- طراحی مدل ساختاری و اجرای مدل با نرم‌افزار Amos.

به‌منظور انجام بخش دوم پژوهش، پرسشنامه‌ها در قالب طیف پنج گزینه‌ای لیکرت با رعایت نسبت‌های جمعیتی بین مدیران و کارشناسان توزیع گردید. در این بخش با توجه به محدودیت‌های زمانی و اجرایی (شرایط کرونایی) نسبت حداقل پنج به یک مدنظر قرار گرفت و با توجه به تعداد گویه‌های پرسشنامه یا همان متغیرهای آشکار که برابر با ۸۵ مورد بود، حداقل حجم نمونه به مقدار ۴۲۵ مورد تعیین شد که جهت رعایت دقت و اعتبار بیشتر نتایج، حجم نمونه برابر با ۵۰۰ مورد به‌عنوان حجم نمونه نهایی تعیین گردید. پس از توزیع ۵۵۰ پرسشنامه، در پایان ۵۰۰ پرسشنامه جهت تجزیه و تحلیل نهایی انتخاب شدند. در نمونه مذکور، ترکیب پاسخ‌دهندگان از لحاظ جنسیت، سابقه کاری و تحصیلات به شرح جدول ۵ بوده است.

جدول ۵: ترکیب نمونه برای سنجش متغیرها و تعیین گویه‌های سنجش هر متغیر اصلی به‌منظور مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)

عنوان	جنسیت		سابقه فعالیت			تحصیلات		
	زن	مرد	۱۵-۱۰ سال	۲۰-۱۶ سال	بالای ۲۰ سال	کارشناسی	کارشناسی ارشد	دکتری
تعداد نمونه (نفر)	۴۴۷	۵۳	۱۲	۸۱	۴۰۷	۲۳۹	۲۴۸	۱۳
ترکیب نمونه (درصد)	۸۹	۱۱	۲	۱۶	۸۲	۴۸	۵۰	۲

مآخذ: نگارندگان

مرحله سوم پژوهش-مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)

مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) روشی است که برای بررسی روابط درونی توانمندسازی‌ها و تأثیر هر یک بر سایر توانمندسازی‌ها به کار گرفته می‌شود (Srivastava et al. 2019). رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)، مبتنی بر نظر خبرگان بوده و روشی مؤثر و کارا برای موضوعاتی است که در آن متغیرهای کیفی در سطوح متفاوت اهمیت، بر یکدیگر آثار متقابل دارند؛ چرا که مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) می‌تواند عناصر یک نظام را تعیین سطح و اولویت-بندی کند (Huang et al. 2020).

بدین ترتیب در پژوهش حاضر برای تعیین روابط مفهومی میان شاخص‌ها از نظر خبرگان استفاده شد. رابطه منطقی، زیربنای نظریه‌های خبرگان درباره ارتباطات مفهومی بین شاخص‌ها قرار گرفت. ابزار گردآوری داده‌ها در این مرحله پرسشنامه بود. خبرگانی که از نظرات آن‌ها استفاده گردید، تعداد ۱۲ نفر از همان مصاحبه شوندگان در ابتدای پژوهش (مرحله کیفی) بود که شامل مدیران ارشد سازمان، مدیران ستاد و مدیران مناطق در شرکت راه آهن و بخش آبخیزداری امور مراتع و بیابان در سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری می‌باشند که به‌طور مستقیم در جریان سیاست‌های اجرایی تثبیت ماسه‌های روان کشور قرار دارند. جهت آشنایی با خبرگان پاسخ‌دهنده، در جدول ۶ به توصیف ویژگی‌های جمعیت شناختی پاسخ‌دهندگان پرداخته شده است.

جدول ٦: ترکیب نمونه برای تعیین روابط مفهومی میان شاخص‌ها با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)

عنوان	جنسیت		سابقه فعالیت			تحصیلات		
	زن	مرد	۱۵-۱۰ سال	۲۰-۱٦ سال	بالای ۲۰ سال	کارشناسی	کارشناسی ارشد	دکتری
تعداد نمونه (نفر)	۹	۳	۳	۳	۶	-	۶	۶
ترکیب نمونه (درصد)	۷۵	۲۵	۳۳	۳۳	۳۴	-	۵۰	۵۰

مآخذ: نگارندگان

پس از تنظیم پرسشنامه، اخذ نظرات خبرگان و انجام مقدمات اولیه، گام‌های روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) به‌منظور سطح‌بندی و کشف روابط بین عوامل و شاخص‌های مؤثر بر تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی سیستان و بلوچستان به ترتیب زیر صورت پذیرفت (Srivastava et al. 2016).

- تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری: در گام اول، توانمند سازه‌ای شناسایی‌شده وارد ماتریس خود تعاملی ساختاری می‌شوند. برای تعیین نوع رابطه میان توانمندسازی‌ها در این ماتریس، از روابط V، X، O و A استفاده می‌شود؛
- تشکیل ماتریس دسترسی اولیه: این ماتریس نمادهای روابط ماتریس خود تعاملی ساختاری را مطابق راهنمای جدول ۷ به اعداد صفر و یک تبدیل می‌کند.

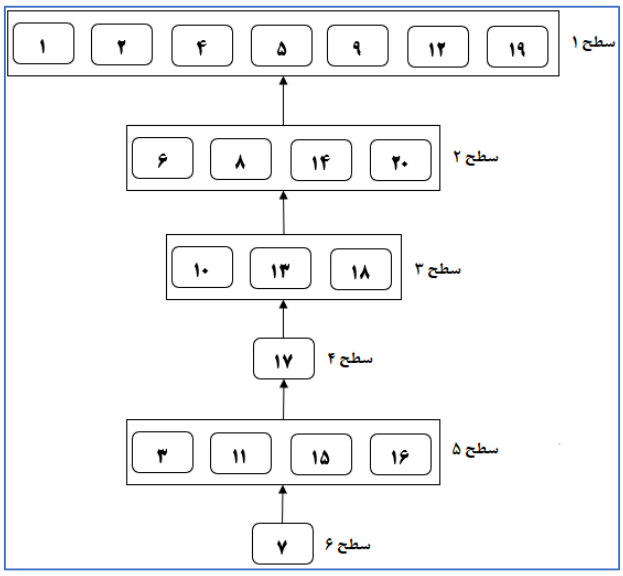
جدول ۷: نحوه تبدیل روابط مفهومی به اعداد در روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)

نماد مفهومی	j به i	i به j
V	۰	۱
A	۱	۰
X	۱	۱
O	۰	۰

مآخذ: Gao and Lau (2021)

- تشکیل ماتریس دسترسی نهایی: این ماتریس با اعمال روابط ثانویه موجود در بین متغیرها تشکیل می‌شود. رابطه ثانویه به صورتی است که اگر بعد I به بعد J و بعد J به بعد K منجر شود، پس بعد I به بعد K منجر خواهد شد و اگر در ماتریس دست‌یابی این حالت برقرار نبود باید ماتریس، اصلاح و روابطی که از قلم افتاده، جایگزین شوند؛
- تعیین سطوح عوامل: پس از تعیین مجموعه دستیابی و مجموعه پیش‌نیاز برای هر عنصر و تعیین مجموعه مشترک، سطح‌بندی متغیرها انجام می‌شود. عناصری که در آن‌ها مجموعه مشترک با مجموعه دستیابی یکسان است، سطح اول اولویت را به خود اختصاص می‌دهند. با حذف این عناصر و تکرار این مرحله برای سایر عناصر، سطح تمام عناصر تعیین می‌شود؛
- شبکه تعاملات مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM): در این مرحله با استفاده از سطوح به دست آمده از معیارها، شبکه تعاملات مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) رسم می‌شود؛
- تجزیه و تحلیل قدرت نفوذ وابستگی با کمک روش میک مک (Mic Mac): جمع سطری مقادیر در ماتریس دستیابی نهایی برای هر عنصر بیانگر میزان نفوذ و جمع ستونی، نشان دهنده میزان وابستگی خواهد بود. بر اساس این دو عامل، چهار گروه از عناصر شامل عوامل خودمختار، وابسته، متصل و مستقل قابل شناسایی خواهند بود؛

پس از تنظیم پرسشنامه و اخذ نظرات ۱۲ نفر از خبرگان، سطح‌بندی و کشف روابط بین ۲۰ مؤلفه تأثیرگذار در برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) انجام گرفت. دیاگرام نهایی ایجاد شده که با حذف حالت‌های تعدی و نیز با استفاده از بخش‌بندی سطوح به دست آمده در شکل ۴ آورده شده است. همان‌طور که در شکل ۴ قابل مشاهده است، مدل ساختاری تفسیری (ISM) برای مؤلفه‌های تأثیرگذار در برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی شامل شش سطح است که سطح ۶، یعنی شاخص شناخت شرایط موجود و نیازمندی‌های تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی، به‌عنوان تأثیرگذارترین سطح مطرح است. این سطح به‌صورت مستقیم بر روی عوامل سطح پنجم یعنی معیارهای شماره ۳، ۱۱، ۱۵ و ۱۶ تأثیر می‌گذارد. همچنین تأثیرپذیرترین سطح، سطح ۱ است که هفت شاخص در آن بوده و در واقع از تمامی عوامل، تأثیر می‌پذیرند.

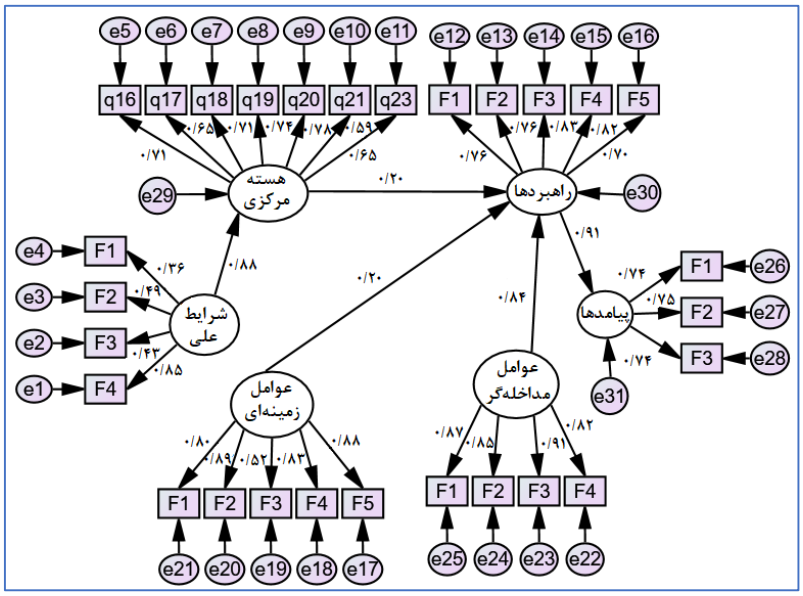


مآخذ: نگارندگان

شکل ٤: مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) برای مؤلفه‌های تأثیرگذار بر برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی

یافته‌ها و بحث

نتایج آزمون مدل مفهومی پژوهش و شاخص‌های برازش مدل در شکل ۵ و جدول ۷ ارائه شده است. همچنین قدرت نفوذ و وابستگی مؤلفه‌های تأثیرگذار بر برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی در شکل ۶ نشان داده شده است.



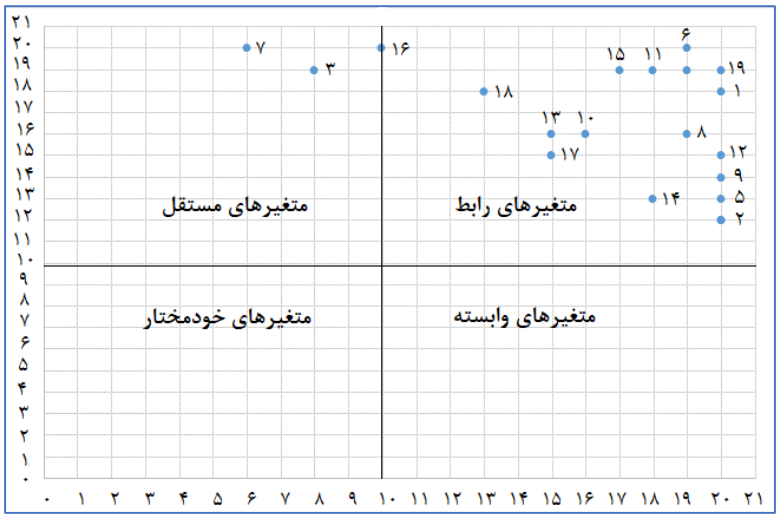
مآخذ: نگارندگان

شکل ۵: مدل یابی معادلات ساختاری (SEM) پژوهش در حالت ضرایب مسیر استاندارد شده با استفاده از نرم‌افزار Amos

جدول ۸: نتایج آزمون مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)

نوع رابطه	خطای استاندارد	ضریب غیراستاندارد	مقدار t	مقدار p	نتیجه
تأثیر شرایط علی بر هسته مرکزی	۰/۰۶۹	۰/۸۸۳	۱۲/۸۱	<۰/۰۰۱	تائید
تأثیر هسته مرکزی بر راهبردها	۰/۰۲۶	۰/۱۶۲	۶/۳۲	<۰/۰۰۱	تائید
تأثیر عوامل زمینه‌ای بر راهبردها	۰/۰۱۹	۰/۱۲۲	۶/۶۰	<۰/۰۰۱	تائید
تأثیر عوامل مداخله‌گر بر راهبردها	۰/۰۳۹	۰/۶۶۵	۱۶/۹۰	<۰/۰۰۱	تائید
تأثیر راهبردها بر پیامدها	۰/۰۶۱	۰/۹۴۲	۱۵/۳۵	<۰/۰۰۱	تائید

مآخذ: نگارندگان



مآخذ: نگارندگان

شکل ٦: ماتریس قدرت نفوذ–وابستگی برای مؤلفه‌های تأثیرگذار بر برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی بر اساس تحلیل میک مک (Mic Mac)

ضرایب استاندارد، معیاری برای مقایسه شدت تأثیر متغیرها بر یکدیگر هستند و ضرایب تأثیر بزرگ‌تر به معنای تأثیر بیشتر متغیرها بر یکدیگر است. دامنه ضریب استاندارد از صفر تا یک است. مقایسه ضرایب در شکل ۵ نشان می‌دهد که قوی‌ترین رابطه در مدل، مربوط به تأثیر راهبردها بر پیامدها با ضریب ۰/۹۱ و بعد از آن مربوط به تأثیر کار شرایط علی بر هسته مرکزی با ضریب ۰/۸۸ است.

مطابق شکل ۶، معیارهای شماره ۳ و ۷ (هدف‌گذاری تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی با توجه به رسالت وجودی آن‌ها و شناخت شرایط موجود و نیازمندی‌های پروژه‌های تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی) از نوع متغیرهای مستقل هستند. این متغیرها دارای وابستگی کم و هدایت بالا بوده و به عبارت دیگر، تأثیرگذاری بالا و تأثیرپذیری کم از ویژگی‌های این عوامل است. مابقی معیارها از نوع رابط هستند. این متغیرها از وابستگی بالا و قدرت هدایت بالا برخوردارند، یعنی تأثیرگذاری و تأثیرپذیری این معیارها بسیار بالا است و هر تغییر کوچکی بر روی این متغیرها باعث تغییرات اساسی در سیستم می‌شود. همچنین معیار شماره ۱۶ (اعلام وظایف و مسئولیت‌های اجتماعی)، دارای هر دو ویژگی‌های معیارهای مستقل و رابط است.

در مطالعه مشابه صورت گرفته، Yan et al. (2019) به بررسی عوامل مؤثر بر بهبود شبکه‌های خطوط ریلی در اثر حرکت ماسه‌های روان در مناطق بیابانی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که با توجه به‌ضرورت تأمین نیازهای روز افزون جامعه با به‌کارگیری فناوری‌های پاک و سازگار با محیط‌زیست، لازم است تا ماهیت اعطای تسهیلات در حوزه اقتصادی خطوط و ناوگان راه آهن، به این سمت تغییر جهت دهد. در این راستا، ملکانه و طلایی (۱۳۹۸) عنوان داشتند که ضمن ایجاد تشکیلات اجرایی چابک، استفاده از دیگر تجربیات موفق در سطح بین‌المللی نیز، می‌تواند در جهت فرهنگ‌سازی و دانش‌افزایی تثبیت ماسه‌های روان در خط‌مشی‌گذاری مؤثر واقع شود. همچنین منوری و همکاران (۱۳۹۶) پژوهشی را باهدف حل مشکل هجوم شن‌های روان در مناطق ماسه گیر اطراف خطوط ریلی انجام دادند. مطابق یافته‌ها، تخصیص بهینه منابع و حفاظت از محیط‌زیست در اعطای تسهیلات و احداث کمربند سبز حفاظتی به‌عنوان راهکارهای تثبیت شن‌های روان اطراف خطوط ریلی معرفی شدند. از سوی دیگر، Xie et al. (2021) نهال‌کاری و تثبیت بیولوژیک را برای مقابله با بحران ماسه‌های روان تأثیرگذار ندانسته و روسازی نوین دال خط کوهان‌دار را برای جلوگیری از حرکت ماسه‌های روان پیشنهاد دادند. اختلاف در نتایج به دست آمده می‌تواند ناشی از تنوع در کمیت و کیفیت شبکه‌های خطوط ریلی و وضعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه باشد.

نتیجه‌گیری

پدیده حرکت ماسه‌های روان، به‌عنوان یکی از بلایای طبیعی مناطق کویری همواره خسارات فراوانی را به بخش حمل و نقل کشور تحمیل می‌کند. با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از کل خطوط ریلی کشور در مناطق ماسه گیر قرار دارند، ارائه و اجرای راهکارهای تثبیت ماسه‌های روان در مناطق کویری ریلی یک امر ضروری تلقی می‌شود. پژوهش حاضر با

استناد به روش آمیخته، ضمن تدوین برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی در محور سیستان و بلوچستان به روش داده بنیاد (GT)، با استفاده از تکنیک مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) نسبت به تحلیل مدل طراحی شده نیز اقدام نموده است که الگوی استخراجی آن‌یک مدل مبتنی بر تدوینی فکورانه بر پایه نظرات خبرگان است. بر اساس نتایج حاصل از مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)، شناخت شرایط موجود و نیازمندی‌های پروژه‌های تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی و هدف‌گذاری تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی با توجه به رسالت وجودی آن‌ها به‌عنوان تأثیرگذارترین مؤلفه‌ها در برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تثبیت ماسه‌های روان در خطوط و تأسیسات ریلی در محور سیستان و بلوچستان شناخته شدند. با مدنظر قرار دادن مؤلفه‌های مذکور، پیشنهادهایی جهت کنترل ماسه‌های روان به‌منظور پیشگیری از بروز بحران در خطوط ریلی سیستان و بلوچستان به شرح زیر ارائه می‌شوند.

- اهداف بلندمدت به میان‌مدت و کوتاه‌مدت تثبیت ماسه‌های روان با در نظر گرفتن توان اجرایی، جهت تعیین اهداف قابل اجرا در اولویت‌های سیاست‌گذاری، در نظر قرار بگیرند؛
- ضرورت حفاظت از تأسیسات ریلی در تدوین و ابلاغ سیاست‌های اعتباری، مورد ارزیابی قرار گیرد؛
- با در نظر گرفتن نقش کلیدی تأسیسات ریلی در توسعه اقتصادی–سیاسی و اجتماعی توسط فعالان اقتصادی، در خط‌مشی گذاری‌های مرتبط با محیط‌زیست به این نکته توجه شود؛
- بر اساس راهبرد تجهیز منابع (محیط‌زیستی)، نسبت به الزام تخصیص بخشی از منابع جهت تأمین مالی پروژه‌های تثبیت ماسه‌های روان اقدام شود. همچنین تجهیز منابع و نوآوری در ابزارها مورد توجه قرار گیرد؛
- با نگرش به افزایش آلاینده‌ها و تخریب محیط‌زیست در سال‌های اخیر، از سیاست‌های تشویقی اعتباری جهت اعطای تسهیلات استفاده شود؛
- با توجه به راهبرد رفع موانع و تدوین قوانین شفاف و با ثبات، نسبت به رفع موانع قانونی و تدوین خط‌مشی‌های سازگار با محیط‌زیست اقدام شده و شفافیت و تثبیت قوانین وضع شده در اولویت‌های سیاست‌های پولی و مالی قرار گیرد؛
- در ارزیابی مدیریت ریسک محیط‌زیستی پروژه‌های تأسیسات ریلی از کارشناسانی که در حوزه محیط‌زیست فعالیت دارند، استفاده شود.

منابع

۱- پاکدل صمدی، هوشنگ (۱۳۹۸): راهکارهای حفاظت از خطوط راه آهن در مقابل بحران ناشی از هجوم شن‌های روان و ارائه راهکار بهینه جهت مدیریت بحران، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۱، شماره ۲، صص ۴۶۰-۴۴۵.

۲- منوری، ایمان؛ مرتضوی، علی‌اصغر و امراللهی، عابد (۱۳۹۶): روش‌های کنترل ماسه‌های روان به‌منظور پیشگیری از بروز بحران در خطوط ریلی راه آهن ایران، فصلنامه علمی دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره ۷، شماره ۱، صص ۳۴-۲۵.

۳- ذاکری، جبار علی و فتحی، علی (۱۳۹۶): بررسی تأثیر فرم‌های هندسی مختلف کوهان بر عبور ماسه از خطوط در مناطق کویری راه آهن، پژوهشنامه حمل و نقل، دوره ۱۴، شماره ۲، صص ۳۶۲-۳۴۹.
۴- اسماعیلی، مرتضی؛ کاویانی، صادق و تدین، محسن (۱۳۹۸): توسعه مدل پیش‌بینی آغاز خوردگی آرماتورهای تراورس بتنی B70 در خطوط راه‌آهن نواحی کویری (مطالعه موردی: خط راه آهن بم-زاهدان، بلاک رودشور-شورگز)، مجله علمی-پژوهشی مهندسی زیرساخت‌های حمل و نقل، دوره ۵، شماره ۴، صص ۵۶-۳۱.
۵- ملکانه، مجید و طلایی، محمدرضا (۱۳۹۸): مطالعه عددی رفتار تراورس کوهان‌دار در طوفان شن با مدل‌سازی جریان دوفازی گاز-جامد، مجله علمی-پژوهشی مهندسی زیرساخت‌های حمل و نقل، دوره ۵، شماره ۱۷، صص ۵۶-۳۷.

6- Babaei Ebrahimabadi, M. Radfar, R. & Toloei Eshlaghy, A. (2019): Knowledge Management In Railway Industry: A Conceptual Model Based On Open Innovation And Online Communities. International Journal Of Railway Research, 6(1), 63-72.
7- Bruno, L. Horvat, M. & Raffaele, L. (2018): Windblown Sand Along Railway Infrastructures: A Review Of Challenges And Mitigation Measures. Journal Of Wind Engineering And Industrial Aerodynamics, 177, 340-365.
8- Cheng, J.J. Xin, G.W. Zhi, L.Y. & Jiang, F.Q. (2017): Unloading Characteristics Of Sand-Drift In Wind-Shallow Areas Along Railway And The Effect Of Sand Removal By Force Of Wind. Scientific Reports, 7(1), 1-11.
9- Dun, H. Xin, G. Huang, N. Shi, G. & Zhang, J. (2021): Wind-Tunnel Studies On Sand Sedimentation Around Wind-Break Walls Of Lanxin High-Speed Railway II And Its Prevention. Applied Sciences, 11(13), 5989.
10- Fang, X. Cao, C. Chen, Z. Chen, W. Ni, L. Ji, Z. & Gan, J. (2020): Using Mixed Methods To Design Service Quality Evaluation Indicator System Of Railway Container Multimodal Transport. Science Progress, 103(1), 1-27.
11- Gao, Y. & Lau, C.K. (2021): Risk Assessment Of Urban Rail Transit Project Using Interpretative Structural Modelling: Evidence From China. Mathematical Problems In Engineering, 5581686.
12- Horvat, M. Bruno, L. & Khris, S. (2022). Receiver Sand Mitigation Measures Along Railways: CWE-Based Conceptual Design And Preliminary Performance Assessment. Journal Of Wind Engineering And Industrial Aerodynamics, 228, 105109.
13- Huang, W. Zhang, Y. Kou, X. Yin, D. Mi, R. & Li, L. (2020). Railway Dangerous Goods Transportation System Risk Analysis: An Interpretive Structural Modeling And Bayesian Network Combining Approach. Reliability Engineering And System Safety, 204, 107220.
14- Kecun, Z. Zhishan, A. Yingjun, P. & Diwen, C. (2016): Benefit Of Wind-Blown Sand Prevention System In The Beiluhe Section Of The Qinghai-Tibet Railway. Journal Of Desert Research, 36(5), 1216.
15- Li, X. Zhang, X. Zhang, F. & Liao, Q. (2022): Experimental Research On Sand Sediment Protection On Railway Tracks. Applied Sciences, 12(24), 12734.
16- Liu, M.H. Li, G.Y. Niu, F.J. Lin, Z.J. & Shang, Y.H. (2017): Porosity Of Crushed Rock Layer And Its Impact On Thermal Regime Of Qinghai-Tibet Railway Embankment. Journal Of Central South University, 24(4), 977-987.
17- Mehdipour, R. & Baniamerian, Z. (2019): A New Approach In Reducing Sand Deposition On Railway Tracks To Improve Transportation. Aeolian Research, 41, 100537.
18- Niu, B. Tan, L. Zhang, X.J. Qu, J. An, Z. Wang, J. Liu, B. Wang, T. & Li, K. (2020). Targeted Control Of Sand Hazards For A Railway In Extremely Arid Regions Using Fingerprinting Approaches. Geomorphology, 361, 107189.
19- Raffaele, L. & Bruno, L. (2020): Windblown Sand Mitigation Along Railway Megaprojects: A Comparative Study. Structural Engineering International, 30(3), 355-364.
20- Rahdari, M.R. Gyasi-Agyei, Y. & Rodrigo-Comino, J. (2021): Sand Drift Potential Impacts Within Desert Railway Corridors: A Case Study Of The Sarakhs-Mashhad Railway Line. Arabian Journal Of Geosciences, 14(9), 1-14.

21- Shen, W. Xiao, W. & Wang, X. (2016): Passenger Satisfaction Evaluation Model For Urban Rail Transit: A Structural Equation Modeling Based On Partial Least Squares. Transport Policy, 46, 20-31.
22- Shu, K. Wang, W. Ding, H. Lin, Q. Meli, E. Guo, J. Mazzù, A. & Liu, Q. (2022): Influence Of Sand Transport Rate On Rolling Wear And Damage Behaviors Of Wheel/Rail In Gobi And Desert Windblown Sand Environments. Tribology International, 172, 107584.
23- Soltanpour, A. Mesbah, M. & Habibian, M. (2020): Customer Satisfaction In Urban Rail: A Study On Transferability Of Structural Equation Models. Public Transport, 12(1), 123-146.
24- Srivastava, A. Swami, S. Banwet, D. (2016): Interpretive Structural Modeling Of Security Systems For Better Security Management In Railways. Traffic Safety, 4, 367-377.
25- Srivastava, A. Gaur, S.K. Swami, S. & Banwet, D.K. (2019): Analysis Of Interpretive Structural Model Of Indian Railway Security System By Analytic Hierarchy Process (AHP). Journal Of Advances In Management Research, 16(3): 378-397.
26- Wang, T. Qu, J. Ling, Y. Xie, S. & Xiao, J. (2017): Wind Tunnel Test On The Effect Of Metal Net Fences On Sand Flux In A Gobi Desert, China. Journal Of Arid Land, 9(6), 888-899.
27- Wenwen, R. (2019): Comprehensive Protection System For Wind-Sand Subgrade Of The Data-Hejiata Railway In Inner Mongolia. Journal Of Desert Research, 39(4), 129.
28- Xie, S. Qu, J. Pang, Y. Zhang, K. & Wang, C. (2021): Dynamic Mechanism Of Blown Sand Hazard Formation At The Jieqiong Section Of The Lhasa–Shigatse Railway. Geomatics, Natural Hazards And Risk, 12(1), 154-166.
29- Yan, M. Wang, H. Zuo, H. & Li, G. (2019): Wind Tunnel Simulation Of An Opencut Tunnel Airflow Field Along The Linhe-Ceke Railway, China. Aeolian Research, 39, 66-76.
30- Zhang, K. Zhao, P. Zhao, J. & Zhang, X. (2021): Protective Effect Of Multi-Row HDPE Board Sand Fences: A Wind Tunnel Study. International Soil And Water Conservation Research, 9(1), 103-115.
31- Zhang, K. Tian, J. Qu, J. Zhao, L. & Li, S. (2022): Sheltering Effect Of Punched Steel Plate Sand Fences For Controlling Blown Sand Hazards Along The Golmud-Korla Railway: Field Observation And Numerical Simulation Studies. Journal Of Arid Land, 14(6), 604-619.