

## ارزیابی وابستگی‌های شبکه ریلی با رویکرد پدافند غیرعامل

(مطالعه موردی: استان یزد)

مقاله علمی - پژوهشی

سعید رحیمی بافقی\*، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده پدافند غیرعامل، دانشگاه امام حسین (ع)، تهران، ایران

رضا کلهر، استادیار، دانشکده و پژوهشکده پدافند غیرعامل، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران

مهناز میرزا ابراهیم طهرانی، استادیار، علوم و فنون، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال، تهران، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: s.rahimi53@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۲ - پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱

صفحه ۵۶۰-۵۴۵

### چکیده

حمل‌ونقل ریلی یکی از زیرساخت‌های مهم و حیاتی هر کشوری است. ایجاد زیرساخت‌های حمل‌ونقل ریلی هزینه نسبتاً بالایی را می‌طلبد؛ ولی این هزینه در برابر مزایای آن از جمله ایمنی بالا، مقرون‌به‌صرفه‌بودن، دوستدار محیط‌زیست و مناسب برای حمل‌ونقل انبوه توجیه‌پذیر می‌نماید. از طرفی استفاده از شبکه ریلی علاوه بر ایجاد وابستگی به این بخش از حمل‌ونقل، خود نیز وابسته به سایر زیرساخت‌ها و محیط پیرامون خود می‌باشد. این وابستگی‌ها در زمان بحران بیشتر به چشم آمده و ممکن است علاوه بر ایجاد بحران در خود شبکه، باعث ایجاد بحران‌های سلسله‌وار و آبخش‌گری گردد و خسارات ناشی از بحران را افزایش دهد. همچنین وجود این وابستگی‌ها می‌تواند به عنوان تهدیدی برای زیرساخت تلقی گردد و احتمال بروز اختلال در زیرساخت را بالا ببرد. در این تحقیق با هدف شناسایی وابستگی‌های شبکه ریلی استان یزد، با استفاده از نظرات نخبگان و با انجام مصاحبه و نیز پیمایش و نیز ارزیابی این وابستگی‌ها انجام گردیده است. ارزیابی وابستگی‌های شبکه ریلی استان یزد به عنوان یک زیرساخت مهم در استان و کشور انجام شده و مهمترین وابستگی‌ها، حمل و نقل جاده‌ای استان و در رتبه بعدی سایر نواحی ریلی مجاور این شبکه مشخص گردیده‌اند. با توجه به وابستگی‌های این شبکه به نظر می‌رسد تداوم کارکرد در شرایط بحرانی می‌بایست به عنوان یکی از اولویت‌های این شبکه مدنظر مدیران بحران باشد. در پایان بر اساس مهم‌ترین وابستگی‌های تعیین شده، پیشنهاداتی برای مدیریت این وابستگی‌ها مطرح گردیده است.

واژه‌های کلیدی: شبکه ریلی، وابستگی، زیرساخت، مدیریت بحران، پدافند غیرعامل

### ۱- مقدمه

روزمره، بررسی وابستگی‌داری‌ها، در یک شبکه‌ی به‌هم‌پیوسته ضروری به نظر می‌رسد. علاوه بر نقش مهم زیرساخت‌ها در رفاه، آسایش، توسعه و رونق جامعه، آنچه که اهمیت زیرساخت‌ها را بیشتر می‌کند؛ اهمیت و نقش آنها در مدیریت بحران در جامعه است. بدیهی است عملکرد بدون نقص و در حد نیاز این زیرساخت‌ها در زمان بحران کمک شایانی به مدیریت بحران نموده و از تشدید بحران و نیز ایجاد

زیرساخت‌ها از مهم‌ترین سرمایه‌های هر کشور و جامعه است و کارکرد صحیح و عاری از نقص این زیرساخت‌ها لازمه توسعه و آرامش جامعه است. سطح وابستگی بالای جوامع به شبکه زیرساخت‌های حیاتی، اهمیت این‌گونه مراکز و زیرساخت‌ها را در کشورها برجسته ساخته است. در واقع باتوجه به وجود وابستگی عملکردی شبکه زیرساخت‌های اصلی و باتوجه به اهمیت و تأثیر زیاد این شبکه‌ها بر زندگی

افزایش وابستگی‌ها و عدم استقلال شبکه ریلی این ضرورت را به خوبی نشان می‌دهد. فردریک پتیت و همکاران (۲۰۱۵)، در پژوهشی با تعریف وابستگی‌ها و وابستگی‌های متقابل و بررسی مفاهیم اساسی وابستگی‌ها، مفاهیم کلیدی تحت پوشش را بیان می‌کنند. این تحقیق مشخص کرد وابستگی‌های زیرساختی حیاتی و وابستگی‌های متقابل عناصر پیچیده‌ای برای شناسایی و تجزیه و تحلیل هستند. آنها با تعاملات مختلف (یعنی بالادست، داخلی و پایین‌دست)، طبقات (یعنی فیزیکی، سایبری، منطقی و جغرافیایی) و ابعاد (مثل محیط عملیاتی، رفتار جفت و پاسخ، نوع خرابی، ویژگی‌های زیرساخت، و وضعیت بهره‌برداری) به هم وابسته‌اند. آنها بر تمام اجزای ریسک (تهدید/خطر، آسیب‌پذیری، انعطاف‌پذیری و پیامد) تأثیر می‌گذارند، می‌توانند خود یک تهدید یا خطر باشند، بر انعطاف‌پذیری و عملکرد حفاظتی زیرساخت‌های حیاتی تأثیر بگذارند و منجر به انتشار شکست‌های آبشاری و فزاینده شوند. غفارپور و همکاران (۱۴۰۰)، تکنیک‌های مدل‌سازی را به چندین گروه تقسیم کرده‌اند که شامل مدل‌سازی عامل محور، مدل‌سازی سیستم‌های هیبرید، مدل ورودی - خروجی، مدل‌سازی روش مسیر بحرانی و ... هستند. همچنین برای مدل‌سازی وابستگی‌های متقابل در زیرساخت‌های حساس، وجوه شش‌گانه ارائه نموده‌اند. رویکردهای مختلف بررسی شده در این پژوهش جهت مدل‌سازی این زیرساخت‌ها شامل تجربی، عامل محور، دینامیکی، اقتصادی، و شبکه‌محور است. هرکدام از این روش‌ها دارای نقاط قوت و ضعفی هستند و باید باتوجه به هدف و شرایط مدل‌سازی انتخاب گردند. علاوه بر این، یک روش جامع و دقیق، روشی ترکیبی است که نقاط ضعف مدل‌سازی را به حداقل برساند. در بخشی از این مقاله، اثرات احتمالی زیرساخت‌های آب، برق، گاز و سیستم‌های کنترلی و ارتباطی بر یکدیگر در دنیای واقعی معرفی شده است. جدول ۱ مهمترین پژوهش‌های مرتبط پیشین را معرفی می‌کند. در این تحقیق بر آن هستیم تا پس از شناسایی شبکه ریلی استان یزد، وابستگی‌های این شبکه را مشخص و ارزیابی نموده و بر اساس این وابستگی‌ها، راهکارهایی برای پایداری، تاب‌آوری و ایمنی بیشتر و نیز تداوم کارکرد این زیرساخت در زمان بحران پیشنهاد دهیم.

بحران‌های سلسله‌وار جلوگیری خواهد کرد. از طرفی وابستگی‌ها و استقلال‌ها تأثیر چند برابری بر هر سیستمی دارند. یک تهدید یا خطر می‌تواند منجر به ازدست‌دادن سرویسی شود (به‌عنوان مثال قطع برق) که به طور بالقوه بر سایر زیرساخت‌های حیاتی تأثیر می‌گذارد و آنها را با اختلال مواجه کند. پیامدهای کلی یک رویداد ممکن است توسط این ارتباطات (وابستگی‌ها و وابستگی‌های متقابل) که در میان تأسیسات زیرساختی حیاتی وجود دارد، تشدید و تقویت شده و منجر به افزایش خسارات گردد. باتوجه به توسعه شبکه راه‌آهن در استان یزد، اقتصاد و رفاه جامعه استان به این زیرساخت گره‌خورده و به‌نوعی وابسته به این زیرساخت شده و راه‌آهن در استان یزد علاوه بر نقش ملی و فراملی خود، دارای نقش‌های محلی و منطقه‌ای نیز می‌باشد. صنایع و معادن منطقه نیز باتوجه به مزیت‌های خاص راه‌آهن، استفاده از این را مدنظر قرار داده و در نتیجه نقش حمل‌ونقل ریلی در استان بسیار پررنگ می‌باشد. در این تحقیق قصد داریم اجزای شبکه ریلی استان یزد و وابستگی‌های آنها را شناسایی و ارزیابی نماییم. ارتباط شبکه ریلی استان یزد با شش ناحیه ریلی کشور و تأثیرات ناشی از اختلال در عملکرد آن در شبکه ریلی کل کشور، دارا بودن سهم ۸ درصدی شبکه ریلی استان یزد از خطوط ریلی کشور، افزایش اطمینان و عملکرد در شبکه ریلی استان یزد (نقش ۵۰ درصدی در ترانزیت راه‌آهن کشور، سهم ۳۰ درصدی در تناژ بارگیری راه‌آهن کشور، سهم ۱۸ درصدی در کسب درآمد راه‌آهن کشور) و جلوگیری و یا کاهش اختلال در شبکه ریلی و کاهش خسارات ناشی از اخیر و یا از بین رفتن محموله‌ها، جایگاه سوم شبکه ریلی استان یزد در بین نواحی ریلی کشور (سهم ۱۵ درصدی کسب درآمد) و عبور ۴ کریدور بین‌المللی ریلی از ۹ کریدور بین‌المللی عبوری از کشور اهمیت شبکه ریلی استان یزد و شناسایی وابستگی‌های آن را به خوبی نشان می‌دهد. از طرفی شناسایی زیرساخت‌ها و اندرکنش اجرای آنها با اجزای دیگر و نیز سایر زیرساخت‌ها و همچنین محیط پیرامون یکی از ضروریات بوده و سهم عملکرد ۶۵ درصدی بارگیری و ۶۲ درصدی درآمد شبکه ریلی استان و نواحی مجاور از کل کشور و وابستگی عملکرد کل شبکه ریلی کشور به یزد و همچنین ناشناخته بودن وابستگی‌های متقابل شبکه راه‌آهن استان یزد و تأثیرات آنها بر یکدیگر و در نتیجه

جدول ۱. مشخصات مهمترین پژوهش های پیشین

نویسنده	سال تحقیق	موضوع	نتیجه
رضا غفار پور و همکاران	۱۴۰۰	رویکردهای مدلسازی سیستمهای زیرساخت دارای وابستگی متقابل از نظر تاب آوری	شش عامل موثر: ۱- نوع وابستگی ۲- محیط زیرساخت ۳- نوع خرابی ها ۴- نوع اتصال و پاسخ ۵- مشخصات زیرساخت و ۶- شرایط عملکرد و بهره برداری
فردریک پتیت و همکاران	۲۰۱۵	تحلیل وابستگی ها و وابستگی های زیرساخت های حیاتی	تعریف وابستگی و انواع آن و تعاملات مختلف (یعنی بالادست، داخلی و پایین دست)، طبقات (یعنی فیزیکی، سایبری، منطقی و جغرافیایی) و ابعاد (مثل محیط عملیاتی، رفتار جفت و پاسخ، نوع خرابی، ویژگی های زیرساخت، و وضعیت بهره برداری)
محمد اسکندری و همکاران	۱۳۹۶	ارائه الگوی رتبه بندی شریانهای حیاتی بر اساس آنالیز اجزای اصلی	درجه وابستگی نسبی زیرساخت موردنظر به سایر زیرساخت ها بیشترین اهمیت را در بین شاخص های رتبه بندی شریان های حیاتی دارد.
حانیه نورالهی و همکاران	۱۳۹۲	ارزیابی میزان حساسیت دارایی و پهنه های شهری با استفاده از تحلیل اندرکنشی با رویکرد برنامه ریزی شهری	با استفاده از روشی پیشنهادی، زمینه ی استفاده از مفهوم اندرکنش دارایی ها در مفاهیم برنامه ریزی فراهم گردید.
داستین وایت و همکاران	۲۰۱۶	تحلیل تأثیر عملکردی برای سیستم های زیرساخت بحرانی	رویکرد سه مرحله ای: ۱-تعریف رویداد یا حادثه ۲-مدل سازی زیرساخت ۳-تعریف سطوح خدمات و اثرات رویدادها بر تنزل خدمات

## ۲- روش تحقیق و ابزارها

پژوهش پیش رو از نوع کاربردی است. نتایج این تحقیق می تواند در راه آهن یزد مورد استفاده قرار گرفته و علاوه بر آن، می تواند به عنوان الگویی برای سایر ادارات کل راه آهن و همچنین برای کل شبکه ریلی کشور مورد استفاده قرار گیرد. همچنین با توجه به پژوهش انجام شده می توان از پیشنهادها و رهنمودهای این تحقیق در طراحی و ساخت شبکه های ریلی جدید نیز استفاده نمود. در این تحقیق از روش های مختلفی برای گردآوری اطلاعات مورد نیاز استفاده شده است. -بخشی از اطلاعات مورد نیاز کتابخانه ای بوده که در این روش علاوه بر منابعی که فهرست آنها در منابع تحقیق آمده است (شامل کتاب ها، مقالات و ...)، از وبسایت های معتبر اینترنتی مرتبط با موضوع از کشور خودمان و سایر کشورها استفاده شده است. -آمارهای منتشره رسمی نیز یکی دیگر از منابع استفاده شده است که شامل سالنامه ها و کتابچه های گزارش عملکرد و ... از دستگاه های مرتبط بوده است.

-ارائه پرسش نامه و استفاده از نظرات نخبگان و مسئولین راه آهن استان، مدیران بحران و پدافند غیرعامل استان، کارشناسان و نخبگان مرتبط با حوزه حمل و نقل و راه آهن نیز منبع قسمتی از اطلاعات استفاده شده می باشد.

### روش تجزیه و تحلیل داده ها

روش مورد استفاده برای تحلیل پرسش نامه روش مصاحبه حضوری و نیز پرسشنامه بوده است که با توجه به جدید بودن بحث وابستگی ها، طی جلسات متعدد نظرات صورت گرفت. برای استفاده از نظرات خبرگان جامعه نخبگان متشکل از حوزه های مختلف در نظر گرفته شد. این جامعه شامل ۱۶ نفر از مسئولین راه آهن، پدافند غیرعامل و مدیریت بحران استان یزد و نخبگان و اساتید این حوزه بوده است. روایی و پایایی پرسشنامه در هر مرحله بررسی و کنترل گردیده است.

### ۳- تئوری و محاسبات

هم برخی اجزای آنها به یکدیگر متصل هستند (غفارپور، ۱۳۹۹). پتیت و دیگران، (۲۰۱۵).

#### انواع وابستگی‌ها

**وابستگی‌های فیزیکی:** یک زیرساخت از نظر فیزیکی وابسته است اگر یک پیوند عملکردی و ساختاری بین ورودی(ها) و خروجی(های) دو دارایی وجود داشته باشد: کالایی که توسط یک زیرساخت (یک خروجی) تولید یا اصلاح شده است توسط زیرساخت دیگری برای عملیات آن مورد نیاز است (ورودی) (پتیت و دیگران، ۲۰۱۵).

**وابستگی‌های سایبری:** یک دارایی وابستگی سایبری دارد اگر عملیات آن به اطلاعات منتقل شده از طریق پیوندهای الکترونیکی یا اطلاعاتی بستگی داشته باشد (پتیت و دیگران، ۲۰۱۵).

**وابستگی‌های جغرافیایی:** اگر رویدادی در محیط محلی بتواند تغییراتی در وضعیت عملیات آن دارایی‌ها ایجاد کند، دارایی‌ها از نظر جغرافیایی وابسته هستند. یک وابستگی جغرافیایی زمانی رخ می‌دهد که عناصر دارایی‌های زیرساخت در مجاورت مکانی نزدیک باشند (پتیت و دیگران، ۲۰۱۵).

**وابستگی‌های منطقی:** یک زیرساخت به طور منطقی وابسته است اگر وضعیت عملیات آن به وضعیت زیرساخت دیگری از طریق مکانیسمی بستگی داشته باشد که یک اتصال فیزیکی، سایبری یا جغرافیایی نباشد. وابستگی منطقی به تصمیمات و اعمال انسان نسبت داده می‌شود (پتیت و دیگران، ۲۰۱۵).

**وابستگی‌های زمانی:** میزان تداوم ارتباط دو سویه‌ی دارایی‌ها در یک دوره زمانی خاص به‌عنوان وابستگی زمانی تعریف می‌شود. تحلیل دارایی‌ها بر اساس اندرکنش زمانی آنها نیز دارای اهمیت خاصی است. میزان درجه‌ای که دارایی‌ها در یک دوره‌ی زمانی خاص (مثلاً در طول یک شبانه‌روز) به یکدیگر وابسته‌اند، حساسیت یک دارایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (نورالهی و دیگران، ۱۳۹۲).

استان یزد در مرکز جغرافیایی کشور قرار گرفته است. شبکه ریلی استان یزد به دلیل قرارگرفتن در مرکز جغرافیایی و منطقه معدنی و مسیر ترانزیتی، نقش استراتژیک و مهمی در راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ایفا می‌کند. عمده بار حمل شده در این اداره کل سنگ‌آهن استخراجی از معادن چادرملو و چغارت، زغال‌سنگ، محمولات عبوری شامل نفت کوره، کنسانتره،

زیرساخت: به مجموعه‌ی از مراکز و بخش‌های فعال اعم از تجهیزات، امکانات و خدمات در فرایند تولید، تبدیل، انتقال، توزیع و انتشار در حوزه‌های مختلف از قبیل؛ "برق"، "مخابرات و ارتباطات از راه دور"، "مواد و انرژی هسته‌ای"، "سیستم‌های اطلاعات دولتی و خصوصی"، "حمل‌ونقل اعم از راه‌آهن، بزرگراه، بنادر و راه‌های آبی، فرودگاه‌ها"، "شبکه‌های بهداشت، درمان و سلامت انسان، دام و محیط‌زیست"، "سامانه‌های کشاورزی" و موارد مشابه، زیرساخت گفته می‌شود که به‌صورت ویژه، حیاتی، حساس، مهم و قابل حفاظت دسته‌بندی می‌شوند (کمیته دائمی پدافند غیرعامل کشور، ۱۳۹۸).

**شبکه ریلی:** کلیه خطوط اصلی و فرعی ریلی و شبکه برق و بالاسری آنها و مجموعه علائم و ارتباطات مربوطه که کنترل ترافیک آن بر عهده راه‌آهن می‌باشد و جهت سیر و توقف قطار استفاده می‌شود (فولادی و دیگران، ۱۳۹۲).

**مراکز، شریان‌ها و تاسیسات شهری:** عبارت از مراکز، شریان‌ها و تاسیسات زیربنایی اعم از فیزیکی و سایبری مانند آب، برق، گاز، راه، انرژی، ارتباطات و فناوری اطلاعات که تامین نیازهای اساسی مردم، اداره امور شهر، تداوم حیات و استمرار فعالیت مردم به آن وابسته است و به سه دسته مراکز، شریان‌ها و تاسیسات کلیدی، ضروری و لازم تقسیم می‌شود (کمیته دائمی پدافند غیرعامل کشور، ۱۳۹۸).

**وابستگی‌ها:** زیرساخت‌های حیاتی به طرق مختلفی دارای وابستگی متقابل و یا وابستگی یک‌طرفه هستند. وابستگی متقابل در واقع حالتی از ارتباط است که در آن ارتباط دوطرفه بین اجزا برقرار هست و از طرفی وابستگی یک‌طرفه نشان‌دهنده وابستگی یک جزء به‌جزء دیگر بوده در حالتی که جزء دوم به جزء اول وابسته نباشد (غفارپور، ۱۳۹۹). پتیت و دیگران، (۲۰۱۵). همچنین در نگاه جامع به مفهوم زیرساخت، سیستم‌ها می‌توانند به‌صورت کلی به یکدیگر وابسته باشند، بدین معنی که خروجی کل یک سیستم به‌عنوان ورودی کل یکی دیگر از سیستم‌ها باشد. در حالت دیگر برخی از اجزای یک سیستم به اجزای یک سیستم دیگر وابسته است. در کنار حالات ذکر شده گاهی اوقات وابستگی به‌صورت ترکیبی اتفاق می‌افتد؛ یعنی هم کلیت سیستم به سیستم دیگر وابسته است و

ارتباط مستقیمی دارد. ضریب تأثیر زیرساخت‌ها را به راحتی نمی‌توان محاسبه نمود؛ زیرا وابستگی‌ها از انواع مختلف بوده و ممکن است قسمت‌های مختلف شبکه را نیز تحت تأثیر قرار دهند. هرچند می‌توان با احصای وابستگی‌ها و بررسی تأثیر آنها بر روی شبکه، محدوده و میزان تأثیر این وابستگی‌های را مشخص نمود ولیکن میزان تأثیر آنها را با شاخص‌های کمی که هم در دسترس باشند و هم دقت بالایی داشته باشند، نمی‌توان محاسبه نمود و لذا در این بخش از نظرات خبرگان مدیریت بحران و نیز خبرگان و صاحب‌نظران شاغل در حوزه حمل‌ونقل ریلی بخصوص شبکه ریلی استان یزد استفاده شده است. لازم به ذکر است می‌توان برای وابستگی‌های مختلف، شاخص‌های مختلفی هم گردآوری و تعیین نمود؛ مثلاً برای وابستگی‌های جغرافیایی می‌توان فاصله زیرساخت از اجزای شبکه را به عنوان شاخص معرفی کرد؛ ولی به دلایل گفته شده استفاده از شاخص‌های کیفی نتیجه بهتر و دقیق‌تری ارائه خواهد نمود.

#### ۴- بحث و نتایج

##### شناسایی شبکه ریلی

شبکه ریلی کشور به طول ۱۱۷۲۸ کیلومتر خط اصلی و ۳۳۱۲ کیلومتر خط فرعی در پهنه کشورمان گسترده شده است. این شبکه با راهبری ۷۵۹۸ نفر در حال انجام‌وظیفه بوده و سالیانه به ۱۱۱۰۳ هزار نفر مسافر سرویس می‌دهد. علاوه بر جابه‌جایی این تعداد مسافر، در این شبکه بیش از ۸۰۸ هزار واگن بارگیری و حمل می‌شوند. همچنین ۸۰۷ هزار تن بار نیز از طریق این شبکه در سال ۱۳۹۹ ترانزیت شده است. درآمد راه‌آهن کشور در این سال ۴۱۳۳۵ میلیارد ریال بوده که حتی کفاف هزینه‌های جاری آن را نداده و ۱۰۰۲۵ میلیارد ریال کسری در سال ۱۳۹۹ را تجربه کرده است.

توسعه ترانزیت کالا با بهره‌برداری کامل از خطوط مرزی تعریف شده و افزایش سهم جابه‌جایی بار و مسافر در داخل کشور، پس از بهره‌برداری از خطوط در دست ساخت داخلی محقق خواهد شد و نقش و اهمیت راه‌آهن روزبه‌روز پررنگ‌تر خواهد شد. با توجه به موقعیت جغرافیایی و سوق‌الجیشی کشور و اتصال قاره‌های آسیا و اروپا، کشورمان در مسیر چندین کریدور بین‌المللی قرار گرفته است. کریدورهای بین‌المللی ریلی عبوری از کشورمان نیز در جدول ۲ آمده است.

سنگ‌آهن گندله و محمولات ترانزیتی می‌باشد. اهمیت اقتصادی راه‌آهن یزد به دلیل حمل مواد اولیه کارخانه ذوب‌آهن اصفهان، فولاد مبارکه و گندله‌سازی که قسمتی اعظم سنگ‌آهن از معادن سنگ‌آهن چادرملو و چغارت تأمین می‌گردد.

خطوط شبکه ریلی استان یزد به طول ۹۶۲ کیلومتر شامل بادرد - اردکان - میبد، اردکان - چادرملو - جندق، میبد - یزد - بافق، بافق - جندق، اردکان - ارژنگ - میبد، بافق - اضطراری ۲۶ - مبارکه بوده که دارای پنج ایستگاه تشکیلاتی یزد، میبد، بافق، اردکان، چادرملو می‌باشد. این شبکه همچنین دارای ۲۱۳ کیلومتر خطوط صنعتی تجاری و مانوری است که کل خطوط معادل ۱۱۷۵ کیلومتر می‌شود. شایان‌ذکر است ۴ کریدور بین‌المللی راه‌آهن عبوری از کشورمان از مجموع ۹ کریدور، از شبکه ریلی استان یزد عبور می‌کند و این نشان از اهمیت زیاد شبکه ریلی استان یزد دارد.

##### شناسایی وابستگی‌های شبکه ریلی

در ادامه بررسی شبکه ریلی و با هدف شناسایی وابستگی‌های شبکه ریلی و تأثیر آن در بحران و مدیریت آن، مهم‌ترین وابستگی‌های آن از انواع مختلف احصاء می‌شود. این وابستگی‌ها از انواع مختلف شامل جغرافیایی، فیزیکی، اطلاعاتی یا سایبری و منطقی بوده و شناسایی آنها از آن جهت مهم است که برای جلوگیری از سرایت بحران از سایر زیرساخت‌ها به شبکه ریلی و یا مدیریت بحران شبکه ریلی نیاز به شناسایی و در نظر گرفتن این وابستگی‌ها داریم و چه بسا این وابستگی‌ها باعث ایجاد بحران‌های سلسله‌وار و آبشاری در سطح شبکه ریلی و نیز سایر زیرساخت‌ها گردد.

برای شناسایی وابستگی‌های شبکه ریلی علاوه بر پیمایش در سطح شبکه، استفاده از نظرات دست‌اندرکاران شبکه، خبرگان حمل‌ونقل بخصوص ریلی، خبرگان مدیریت بحران و سایر افراد مطلع استفاده شده است. همان گونه که در فصل قبل گفته شد وابستگی‌ها در چهار بخش مختلف (جغرافیایی، فیزیکی، منطقی و سایبری) دسته‌بندی و به تفکیک مشخص گردیده‌اند. لازم به ذکر است با توجه به پویا بودن شبکه ریلی (دینامیک بودن آن) وابستگی زمانی در سطح شبکه موجود نبوده و به همین دلیل در این تحقیق نیامده است.

##### ارزیابی وابستگی‌های شبکه ریلی

تأثیر وابستگی‌ها در ایجاد بحران و یا مدیریت بحران به میزان تأثیر و اهمیت هر زیرساخت در عملکرد شبکه ریلی

جدول ۲. کریدورهای ریلی عبوری از کشور (سالنامه آماری راه آهن کشور، ۱۳۹۹)

نام کریدور	مبدأ	مقصد	ورود به کشور	خروج از کشور	عبور از استان یزد
شمال - جنوب	اروپای شمالی	خلیج فارس	آستارا - رازی	بندرعباس	*
راه ابریشم	چین	شرق دریای خزر - اروپا	سرخس	آستارا - رازی	-
اسلام آباد - استانبول	پاکستان	ترکیه	زاهدان	رازی	*
استانبول - المانی (اکو)	ترکیه	قزاقستان	رازی	اینچه برون - سرخس	-
بندرعباس - المانی	خلیج فارس	قزاقستان	بندرعباس	سرخس	*
چین - اروپا	چین	اروپا	سرخس	رازی	-
جنوب - غرب	خلیج فارس	آذربایجان	بندرعباس	آستارا - رازی	*
یک کمربند - یک راه	چین	ترکیه - اروپا	سرخس	رازی	-
تراسیکا	اروپای شرقی	ترکمنستان	رازی	سرخس	-

جدول ۳. مقایسه عملکرد اداره کل راه آهن یزد نسبت به کشور (سالنامه آماری راه آهن، ۱۳۹۹)

حوزه	عنوان شاخص	واحد	کل کشور	یزد	سهم یزد از کشور	رتبه یزد بین نواحی راه آهن
زیربنایی، ناوگان و تأسیسات	خطوط اصلی	کیلومتر	۱۱۷۲۸	۹۶۲	۸,۲	۳
	خطوط فرعی	کیلومتر	۳۳۱۲	۲۱۳	۶,۴	۶
	پرسنل	نفر	۷۵۹۸	۴۵۹	۶	۴
عملکردی	تعداد ایستگاه باز	تعداد	۴۲۶	۴۱	۹,۶	۱
	تناژ بارگیری	هزار تن	۵۰۵۶۴	۱۵۵۴۰	۳۰,۷	۱
	واگن بارگیری شده	دستگاه	۸۰۸۳۲۱	۲۰۷۳۱۶	۲۶	۱
	درآمد حمل بار	میلیارد ریال	۴۱۳۳۵	۶۱۴۵	۱۵	۳
	هزینه	میلیارد ریال	۵۱۳۶۰	۲۳۰۹	۴	۶

میبد- یزد - بافق، بافق، جندق، اردکان - ارژنگ - میبد، بافق - اضطراری ۲۶ - مبارکه بوده که دارای پنج ایستگاه تشکیلاتی یزد، میبد، بافق، اردکان، چادرمولو می باشد. این شبکه همچنین دارای ۲۱۳ کیلومتر خطوط صنعتی تجاری و مانوری است که کل خطوط معادل ۱۱۷۵ کیلومتر می شود. شایان ذکر است ۴ کریدور بین المللی راه آهن عبوری از کشورمان از مجموع ۹ کریدور، از شبکه ریلی استان یزد عبور می کند و این نشان از اهمیت زیاد شبکه ریلی استان یزد دارد. وضعیت و عملکرد شبکه ریلی استان یزد در مقایسه با کشور در جدول شماره ۳ آورده شده است.

همان گونه که مشخص است شبکه ریلی استان یزد جایگاه مهمی در شبکه ریلی کشور دارد و در اکثر شاخص ها

استان یزد در مرکز جغرافیایی کشور قرار گرفته است. شبکه ریلی استان یزد به دلیل قرارگرفتن در مرکز جغرافیایی و منطقه معدنی و مسیر ترانزیتی، نقش استراتژیک و مهمی در راه آهن جمهوری اسلامی ایران ایفا می کند. عمده بار حمل شده در این اداره کل سنگ آهن استخراجی از معادن چادرمولو و چغارت، زغال سنگ، محمولات عبوری شامل نفت کوره، کنسانتره، سنگ آهن گندله و محمولات ترانزیتی می باشد. اهمیت اقتصادی راه آهن یزد به دلیل حمل مواد اولیه کارخانه ذوب آهن اصفهان، فولاد مبارکه و گندله سازی که قسمتی اعظم سنگ آهن از معادن سنگ آهن چادرمولو و چغارت تأمین می گردد. خطوط شبکه ریلی استان یزد به طول ۹۶۲ کیلومتر شامل با درود - اردکان - میبد، اردکان - چادرمولو - جندق،

این مناطق واقع نشده و از طرفی کلیه آمار و عملکرد شبکه ریلی بر اساس نواحی محاسبه و منتشر می‌شود؛ لذا در این تحقیق مبنای شبکه ریلی استان یزد همان حوزه عملکردی اداره کل راه‌آهن یزد در نظر گرفته می‌شود نه حوزه سیاسی - جغرافیایی استان یزد.

مرکز ناحیه یزد (اداره کل راه‌آهن یزد)، ایستگاه راه‌آهن یزد بوده و علاوه بر این ایستگاه، این ناحیه دارای ۴ ایستگاه تشکیلاتی درجه یک به نام‌های بافق، مید، اردکان و چادرملو است. شبکه ریلی استان شامل خط ریلی یزد - اقلید (شیراز) نیز در نظر گرفته شده که اگرچه به صورت آزمایشی به بهره‌برداری رسیده؛ ولی تا اتمام کلیه عملیات آن، قطار باری و مسافری را عبور نخواهد داد و در حال تست می‌باشد. در کلیه بررسی‌ها، این خط نیز در نظر گرفته شده است. بر اساس نقشه طول خطوط ریلی استان یزد بر اساس تقسیمات کشوری (نه حوزه عملکردی اداره کل راه‌آهن یزد) ۹۳۵ کیلومتر است که طول خط ریلی یزد - شیراز ۲۷۴ کیلومتر نیز به آن اضافه خواهد شد.

رتبه بالایی را به خود اختصاص داده است. هرچند که به دلیل مرکزیت جغرافیایی استان یزد نسبت به کشور، سهم درآمد ترانزیت یزد بسیار ناچیز می‌باشد لیکن اکثر بارهای ترانزیت عبوری، خواه‌ناخواه از شبکه ریلی یزد عبور می‌کنند. در زمینه جابه‌جایی مسافر نیز شبکه ریلی استان اگرچه به پای جابه‌جایی بار نمی‌رسد ولیکن کسب رتبه ۹ در تعداد مسافر و ذکر این نکته که بسیاری از قطارهای مسافری جنوب و جنوب شرق به شمال و شمال شرق از این شبکه عبور می‌کنند نشان می‌دهد شبکه ریلی استان یزد در زمینه جابه‌جایی مسافر نیز اهمیت قابل‌توجهی دارد و یکی از مهم‌ترین نواحی راه‌آهن کشور محسوب می‌شود.

باید توجه داشت قسمت‌هایی از شبکه ریلی استان یزد در حوزه عملکردی ناحیه جنوب (هرمزگان)، جنوب شرق (کرمان) شرق (طبرس) و اصفهان قرار گرفته است و از طرفی قسمتی از شبکه ریلی واقع شده در استان اصفهان در حوزه عملکردی اداره کل راه‌آهن استان یزد قرار گرفته است. باتوجه‌به اینکه هیچ تأسیسات، مراکز نقل و زیربنای مهمی در جدول بار ورودی و خروجی به ایستگاه‌های استان یزد در سال ۱۴۰۰ به شرح جدول ۴ بوده است.

جدول ۴. عملکرد بارگیری و تخلیه ایستگاه‌ها در سال ۱۴۰۰ (اداره کل راه‌آهن استان یزد)

نام ایستگاه	تعداد واگن تخلیه	نوع بار	تعداد واگن بارگیری	نوع بار
یزد	۷۹	کانتینر	۲۱۱	
اردکان	۹۸	شیشه		
چادرملو	۱۱۵۹۱۲	پودر سنگ - کنسانتره آهن		
سه چاهون	۲۲۹۷۵	پودر سنگ		
چغارت بافق	۲۵۳۵۱	پودر سنگ - کنسانتره آهن	۲۳۲۶۶	پودر سنگ - کنسانتره آهن
فولاد آلباژی	۶۸۱	آهن‌آلات	۷۶۶	آهن‌آلات
بندر خشک	۷۲۵	پودر - سیم مفتول	۸۱	کانتینر
گندله‌سازی	۲۲۲۷	گندله - شمش - آهن اسفنجی	۵۰۷۳۸	پودر سنگ - کنسانتره آهن
بهباد			۲۲۵	ریل - گوگرد
بیشه در	۹۸۱۷	بالاست - سنگ آهن		

همچنین جدول تعداد مسافر ورودی و خروجی به ایستگاه‌های استان در سال ۱۴۰۰ نیز به شرح جدول ۵ بوده است.

جدول ۵. تعداد مسافر ورودی و خروجی ایستگاه‌ها در سال ۱۴۰۰ (اداره کل راه‌آهن استان یزد)

نام ایستگاه	تعداد مسافر ورودی و خروجی	نام ایستگاه	تعداد مسافر ورودی و خروجی
اردکان	۶۵۰۹	مبارکه	۶۱۹۰
بافق	۳۰۷۴۰	میبد	۳۰۴۱
بهباد	۳۴۱۰	نابین	۳۹
زواره	۱۱۴۱	یزد	۵۹۶۹۷۰

#### وابستگی‌های متقابل شبکه ریلی استان در کشور

مرکزیت جغرافیایی استان یزد باعث شده تا شبکه ریلی استان یزد نقش بسیار مهمی در حمل‌ونقل ریلی کشور ایفا کند. این شبکه با ۴ ناحیه ریلی دیگر در ارتباط بوده و هرگونه تغییر و اختلال در عملکرد آن تأثیر مستقیمی بر عملکرد شبکه ریلی کشور خواهد گذاشت و از این نظر با شبکه ریلی استان تهران در یک ردیف قرار دارد. در این قسمت با نگاهی به عملکرد شبکه ریلی استان یزد در سال گذشته مهم‌ترین وابستگی‌های متقابل شبکه ریلی استان یزد را مرور می‌کنیم.

#### فیزیکی

کسب ۱۵ درصد درآمد راه‌آهن کشور در شبکه ریلی استان یزد و همچنین عملکرد ۳۰ درصدی بارگیری در سطح این شبکه نشان می‌دهد که اختلال در شبکه ریلی استان یزد تا چه حد می‌تواند در بروز بحران برای راه‌آهن کشور تأثیرگذار باشد. باتوجه به عبور اکثر کریدورهای ترانزیتی از استان یزد، نقش این شبکه در ترانزیت ریلی کشور نیز مشخص می‌شود. یادآور می‌شود تنها ۴ درصد هزینه راه‌آهن کشور مربوط به شبکه ریلی استان یزد می‌باشد. اختلاف سهم ۱۵ درصدی درآمد و ۴ درصدی هزینه شبکه ریلی استان یزد به‌خوبی نشان می‌دهد که چقدر شبکه ریلی کشور به استان یزد وابسته است و هرگونه اختلال در عملکرد این شبکه باعث کاهش درآمد شرکت راه‌آهن کشور و در نتیجه ایجاد بحران مالی برای آن خواهد شد. وابستگی‌های فیزیکی در چهار بخش می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد:

۱- کالاهای حمل شده شامل فراورده‌های معدنی بخصوص سنگ‌آهن و محصولات مرتبط مثل کنسانتره و شمش، کاشی و سرامیک و ...

۲- مسافر جابه‌جا شده شامل مسافرین پیاده و سوار شده در ایستگاه‌ها و نیز مسافرین قطارهای عبوری از شبکه ریلی استان یزد.

۳- ترانزیت ریلی با توجه به اینکه قریب به ۶۲ درصد بار ترانزیتی عبوری از شبکه ریلی کشور از شبکه ریلی استان یزد نیز عبور می‌کنند.

۴- عملکرد نواحی مجاور به جهت مرکزیت شبکه ریلی استان یزد و ارتباط مستقیم با ۶ ناحیه که اتفاقاً همگی نقش مهمی در عملکرد شبکه ریلی کشور دارند.

#### جغرافیایی

معدن بزرگ منطقه (چادرملو، چغارت و سه چاهون) حجم وسیعی از تولیدات خود را به مقاصد موردنظر (گندله‌سازی و ذوب‌آهن اصفهان) از طریق شبکه ریلی استان یزد حمل می‌کنند و همچنین تولیدات کارخانجات فولاد اصفهان نیز از همین طریق به مبادی موردنظر ارسال می‌شود. علاوه بر این کارخانجات خرد و کوچک ولی با تعداد زیاد نیز هستند که تأمین مواد اولیه و یا ارسال تولیدات خود را از طریق شبکه ریلی انجام می‌دهند که کارخانجات کاشی و سرامیک از آن جمله هستند. علاوه بر این در حال حاضر قسمتی از تولیدات معدنی و صنعتی و نیز جابه‌جایی بار و مسافر استان یزد از طریق جاده انجام می‌شود. اگرچه راه‌های استان یزد نسبت به سایر استان‌ها نسبتاً مناسب و توسعه‌یافته محسوب می‌شوند ولیکن در صورت اختلال در شبکه ریلی استان به‌هیچ‌وجه نمی‌توانند جوابگوی حمل‌ونقل بار و مسافر شبکه ریلی شوند. در این صورت قطعاً شاهد اختلال عملکرد در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای نیز بوده و سرایت بحران به سایر بخش‌ها نیز دور از انتظار نخواهد بود.

#### سایبری

شبکه فیبر نوری در حاشیه شبکه ریلی اجرا شده و وظیفه ارتباط و انتقال اطلاعات را در شبکه ریلی کشور به عهده دارد. باتوجه به اینکه شبکه ریلی استان یزد در مرکز قرار گرفته و با ۶ ناحیه دیگر در ارتباط می‌باشد اختلالات سایبری می‌تواند باعث اختلال در اطلاعات و سامانه‌ها، سیر و حرکت قطارها، علایم و ارتباطات و همچنین ارتباط نواحی با یکدیگر و مرکز گردد. همچنین مرکز کنترل ترافیک نیز باتوجه به اینکه هماهنگی سیر و حرکت قطارها بین نواحی مجاور را برقرار کرده و همچنین

خواهد بود و احتمال سرایت آلودگی به شهرها را بیشتر خواهد کرد. علاوه بر این باتوجه به میزان مصرف سوخت کمتر و ایجاد آلودگی کمتر شبکه ریلی، هرگونه اختلال در این شبکه منجر به افزایش آلودگی خواهد گردید.

اختلال در شبکه ریلی استان یزد باعث بروز تأخیر در تأمین مواد اولیه و ارسال تولیدات شده و همچنین باتوجه به ارزان بودن حمل و نقل شبکه ریلی، حمل و نقل این مواد از طرق دیگر باعث افزایش هزینه‌های تولید خواهد شد. همچنین قابلیت حمل و نقل انبوه شبکه ریلی باعث شده تا خطوط تولید با ظرفیت بالایی در حال کار باشند و در صورت حمل و نقل از طریق جاده و باتوجه به محدودیت‌های آن، منجر به کاهش تولید خواهند شد. صنایع کشور از این طریق تحت تأثیر بحران‌های شبکه ریلی استان خواهند بود.

برنامه‌ریزی و داده‌های سیر و حرکت قطارها در شبکه ریلی استان یزد را به مرکز کنترل ترافیک کشور منتقل می‌نماید یکی از مهم‌ترین وابستگی‌های شبکه ریلی استان یزد به حساب می‌آید.

#### منطقی

محیط‌زیست: اگرچه استان یزد در منطقه کویری واقع شده ولیکن مناطق حفاظت شده استان مأمّن یوزپلنگ آسیایی و دیگرگونه‌های نادر و در معرض انقراض می‌باشند. شبکه ریلی استان یزد از داخل یا حاشیه محدوده‌های حفاظت شده کوه بافق و سیاه کوه اردکان و دره انجیر اردکان عبور می‌کند. جابه‌جایی محموله‌های شیمیایی و خطرناک توسط شبکه ریلی همواره تهدیدی برای محیط‌زیست محسوب می‌شود کما اینکه در صورتی که اختلال و بحرانی در شبکه ریلی استان یزد پیش بیاید، حمل و نقل این مواد از طریق جاده به مراتب خطرناک‌تر

در نهایت بررسی وابستگی‌های شبکه ریلی در انواع مختلف آن شکل شماره ۱ را به دست خواهد داد.



شکل ۱. مهم‌ترین وابستگی‌های شبکه ریلی استان یزد (نگارنده)

پیامدهای اختلال در شبکه ریلی استان یزد

برخی از مهم‌ترین تأثیرات و پیامدهای اختلال در شبکه ریلی استان در جدول ۶ آمده است.

جدول ۶. مهم‌ترین پیامدهای اختلال در شبکه ریلی استان یزد (نگارنده)

وابستگی و عامل کلیدی	مهم‌ترین پیامدها
معادن چغارت	کاهش درآمد معدن - کاهش درآمد راه‌آهن کشور - بیکاری پرسنل - گرایش به حمل‌ونقل جاده‌ای - کاهش تولید فولاد - تأخیر در تحویل سفارش‌ها - افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل و انبارداری
معادن چادرملو	کاهش درآمد معدن - کاهش درآمد راه‌آهن کشور - بیکاری پرسنل - گرایش به حمل‌ونقل جاده‌ای - کاهش تولید فولاد - تأخیر در تحویل سفارش‌ها - افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل و انبارداری
کارخانه گندله‌سازی	کاهش درآمد معدن - کاهش درآمد راه‌آهن کشور - بیکاری پرسنل - گرایش به حمل‌ونقل جاده‌ای - کاهش تولید فولاد - تأخیر در تحویل سفارش‌ها - افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل و انبارداری
ذوب‌آهن اصفهان	کاهش درآمد معدن - کاهش درآمد راه‌آهن کشور - بیکاری پرسنل - گرایش به حمل‌ونقل جاده‌ای - کاهش تولید فولاد - تأخیر در تحویل سفارش‌ها - افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل و انبارداری
شهرهای استان	بیکاری شهروندان - کاهش درآمد خانوارها - تبعات اجتماعی - افزایش مسافرت جاده‌ای - افزایش تصادفات جاده‌ای
کارخانجات و صنایع استان	کاهش درآمد - کاهش درآمد راه‌آهن کشور - بیکاری پرسنل - گرایش به حمل‌ونقل جاده‌ای - تأخیر در تحویل سفارش‌ها - افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل و انبارداری
کارخانجات و صنایع کشور	کاهش درآمد - کاهش درآمد راه‌آهن کشور - بیکاری پرسنل - گرایش به حمل‌ونقل جاده‌ای - تأخیر در تحویل سفارش‌ها - افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل و انبارداری
شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای	افزایش ترافیک جاده‌ای - افزایش تصادفات جاده‌ای - افزایش آلودگی محیط‌زیست - افزایش خطرات ناشی از حمل‌ونقل مواد خطرناک
محیط‌زیست	احتمال انتشار مواد خطرناک در محیط - افزایش آلودگی محیط‌زیست به دلیل گرایش به حمل‌ونقل جاده‌ای - افزایش خطرات ناشی از حمل‌ونقل مواد خطرناک در جاده
تعهدات بین‌المللی	تأخیر در ترانزیت کالا و جرایم ناشی از آن - اختلال در کریدورهای بین‌المللی عبوری - کاهش درآمد ارزی کشور - گرایش به سایر کریدورهای بین‌المللی
حمل بار	کاهش درآمد راه‌آهن کشور - تأخیر در تأمین مواد اولیه صنایع - تأخیر در ارسال محصولات صنایع - پرداخت جرایم ناشی از تأخیرات - گرایش به حمل‌ونقل جاده‌ای - افزایش هزینه‌های انبارداری
جابه‌جایی مسافر	تبعات اجتماعی - کاهش درآمد راه‌آهن - پرداخت جرایم ناشی از تأخیرات - گرایش به حمل‌ونقل جاده‌ای
ترانزیت کالا	تأخیر در ترانزیت کالا و جرایم ناشی از آن - اختلال در کریدورهای بین‌المللی عبوری - کاهش درآمد ارزی کشور - گرایش به سایر کریدورهای بین‌المللی - کاهش درآمد راه‌آهن کشور
نواحی ریلی مجاور	کاهش درآمد راه‌آهن کشور - تسری اختلال به کل شبکه ریلی

بررسی وابستگی‌های شبکه ریلی استان یزد نشان می‌دهد

بررسی وابستگی‌های شبکه ریلی استان یزد نشان می‌دهد اختلال در این شبکه پیامدهایی را متوجه استان و در برخی موارد کشور خواهد نمود. مهمترین این پیامدها و به نوعی مهمترین وابستگی‌های شبکه ریلی استان یزد بر اساس جدول فوق حمل و نقل جاده‌ای در رتبه اول و سایر نواحی ریلی مجاور شبکه ریلی استان یزد در رتبه دوم به دست آمده است.

شبکه ریلی استان یزد

یکی از مهم‌ترین وابستگی‌های متقابل شبکه ریلی استان یزد، حمل‌ونقل جاده‌ای است. هرگونه اختلال در شبکه ریلی می‌تواند منجر به گرایش جابه‌جایی بار و مسافر به حمل‌ونقل جاده‌ای گردد و این گرایش در صورت ادامه تأثیر خود را

به صورت ایجاد ترافیک، کاهش سرعت ترافیک و تأخیر در سفرها و در نهایت اختلال و شکست در حمل و نقل جاده‌ای ارزیابی وابستگی‌های شبکه ریلی و تاثیرات آن

ماتریس تأثیر مهم‌ترین وابستگی‌ها و عوامل کلیدی مربوط به شبکه ریلی استان یزد به شرح جدول ۷ می‌باشد.

جدول ۷. ماتریس تأثیر عوامل کلیدی شبکه ریلی استان یزد (نگارنده)

نواحی ریلی مجاور	ترانزیت کالا	جابه‌جایی مسافر	حمل بار	تهدات بین‌المللی	محیط‌زیست	حمل و نقل جاده‌ای	کارخانجات و صنایع کشور	کارخانجات و صنایع استان	شهرهای استان	ذوب آهن اصفهان	گندله ساری	معدن چادرملو	معدن چغارت	و عامل کلیدی وابستگی
۳			۳	۲	۵	۵	۲	۲	۳	۵			۱	معدن چغارت
۳			۳	۲	۵	۵	۳	۳	۴	۵	۹	۱		معدن چادرملو
۳			۳	۳	۷	۵	۳	۳	۳	۵	۱	۵		گندله‌سازی
۵			۵	۵	۲	۵	۵	۱	۱	۱	۳	۵	۷	ذوب آهن اصفهان
۲	۲	۳	۶	۲	۳	۷	۲	۷	۱	۲	۵	۵	۵	شهرهای استان
۳			۷	۲	۷	۷	۵	۱	۷		۲	۲	۲	کارخانجات و صنایع استان
۷			۳	۵	۳	۸	۱	۳	۲	۴	۲	۲	۲	کارخانجات و صنایع کشور
۳	۳	۳	۳	۵	۵	۱	۸	۷	۸	۵	۵	۵	۵	حمل و نقل جاده‌ای
۴		۴	۴		۱	۶	۲	۲	۷	۴	۲	۲	۲	محیط‌زیست
۵	۹	۳	۵	۱	۲	۷	۵	۲		۵	۵	۵	۵	تهدات بین‌المللی
۹	۸	۷	۱	۳	۷	۸	۳	۲	۵	۵	۵	۵	۵	حمل بار
۹	۳	۱	۵	۲	۳	۵	۲	۲	۸					جابه‌جایی مسافر
۸	۱	۳		۹	۳	۵	۲			۲	۲	۲	۲	ترانزیت کالا
۱	۸	۸	۳	۷	۵	۸	۴	۳	۷	۴	۴	۴	۴	نواحی ریلی مجاور
۶۵	۳۴	۳۲	۵۱	۴۸	۵۸	۸۲	۴۷	۳۸	۵۶	۴۷	۴۵	۴۳	۴۰	تأثیر جمع

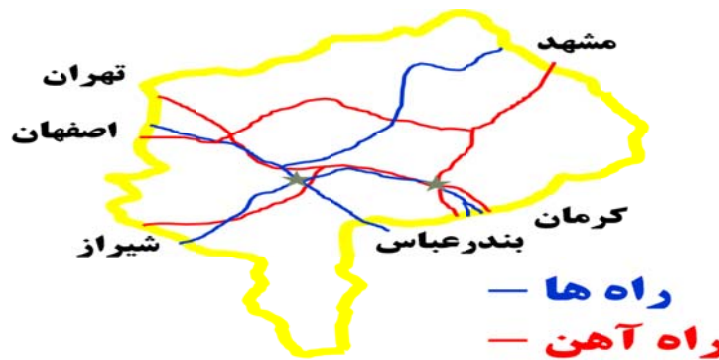
داده و به یکدیگر کمک کنند. ولی در صورت عملکرد نامناسب شبکه ریلی استان یزد (چه در حالت عادی و چه در زمان بحران)، اعتماد و اطمینان به این شبکه از بین رفته و گرایش همیشگی به سمت حمل و نقل جاده‌ای خواهد رفت و این بر خلاف مأموریت‌ها و اهداف سازمانی شبکه ریلی استان یزد خواهد بود.

باید در نظر داشت این وابستگی بسیار شدید می‌تواند هم به عنوان فرصت و هم به عنوان تهدیدی برای شبکه ریلی قلمداد شود. فرصت از آن نظر که با ایجاد و توسعه نقاط و مراکز حمل و نقل ترکیبی بین ریل و جاده (مثل بندر خشک پیشگامان)، در زمان بحران پوشش لازم را بین این دو بخش حمل و نقل

### سایر نواحی مجاور شبکه ریلی استان یزد

که در جدول ۸ می‌بینیم ۶۵ درصد در بخش تعداد واگن بارگیری، ۶۲ درصد کسب درآمد راه‌آهن کشور و ۱۲ درصد در بخش مسافر را شامل می‌شود و حدود ۴۴ درصد از خطوط ریلی کشور را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. این سهم بزرگ از عملکرد تهدیدی است که می‌بایست مدنظر باشد. یکی از اهداف اصلی شبکه ریلی استان یزد و شاید مهم‌ترین هدف این شبکه حفظ و تداوم عملکرد حداکثری باید باشد تا از این عواقب جلوگیری شود.

شبکه ریلی استان یزد یکی از معدود نواحی ریلی کشور است که با شش ناحیه ریلی دیگر در ارتباط بوده و عملکرد آنها را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. این نواحی هرمزگان، شرق (طبس)، جنوب شرق (زاهدان)، کرمان، اصفهان و قم می‌باشد. در صورت اختلال در شبکه ریلی استان یزد علاوه بر از دست رفتن عملکرد این شبکه، شبکه‌های ریلی مجاور نیز بخشی از عملکرد خود را از دست خواهند داد. مجموع عملکرد این نواحی (شبکه ریلی یزد و نواحی مجاور) همچنان



شکل ۲. وابستگی (همسایگی) شبکه ریلی و جاده‌ای استان یزد (نگارنده)

جدول ۸. مقایسه عملکرد نواحی مجاور شبکه ریلی یزد با کل کشور (سالنامه آماری راه‌آهن، ۱۳۹۹)

شاخص	واحد	اصفهان	یزد	کرمان	بندرعباس	شیراز	تهران	اصفهان	کل کشور	درصد
طول خطوط اصلی	کیلومتر	۷۰۶	۹۶۲	۵۴۹	۳۲۹	۱۲۲۷	۸۸۱	۵۳۷	۱۱۷۲۸	۴۴
تعداد مسافر	هزار نفر	۲۶۰	۱۸۶	۱۷۴	۴۲	۱۷۹	۶۰	۴۴۸	۱۱۱۰۳	۱۲
تعداد واگن بارگیری	دستگاه	۷۵۱۲۹	۱۱۸۸۰	۲۱۲۰۰	۳۴۳۸	۲۲۸۰۲	۹۰۰۰	۲۶۶۱	۸۰۸۳۲	۶۵
درآمد	میلیارد ریال	۶۸۵۰	۶۱۴۵	۷۴۵	۲۵۳	۶۶۱۵	۴۷۴۳	۱۴۵	۴۱۳۳۵	۶۲

وابستگی این معادن به این شبکه زیاد باشد اگرچه در حال حاضر نیز قسمتی از تولیدات آنها توسط حمل و نقل جاده‌ای جایجا می‌شوند ولیکن این وابستگی کاملاً مشهود می‌باشد. از طرفی تولیدات کارخانجات زنجیره فولاد (گندله سازی، ذوب آهن و ...) نیز توسط همین شبکه به بازار فروش حمل می‌شود. بنابراین چرخه فولاد به عنوان یکی از صنایع مهم و حیاتی کشور به طور قابل ملاحظه‌ای به شبکه ریلی کشور و بخصوص شبکه ریلی استان یزد وابسته است. اگرچه با توجه به اقدامات انجام شده بخصوص حمل قسمتی از

بنا بر آنچه گفته شد به‌طور کلی الگوی مدیریت بحران پیشنهادی می‌بایست کمترین اختلال و وقفه در خدمات‌رسانی شبکه ریلی را تضمین نموده و با اولویت قراردادن پیشگیری از ایجاد بحران، حفظ و تداوم کارکرد را به نحو مطمئنی تضمین نماید و پیامدهای ناشی از اختلال را نیز کنترل و محدود نماید.

### معادن و صنایع وابسته به فولاد

وجود معادن بزرگ سنگ آهن بخصوص از جمله چادرملو و چغارت که مواد معدنی تولیدی را بیشتر توسط شبکه ریلی به کارخانجات و مقاصد مربوطه حمل می‌کنند باعث شده تا

وابستگی‌ها در هر زیرساخت می‌تواند به عنوان یک تهدید قلمداد شود. شناسایی این وابستگی‌ها یکی از اقداماتی است که می‌بایست در تمامی مراحل چرخه مدیریت بحران (پیشگیری، آمادگی، مقابله و بازسازی) مدنظر بوده و برای مدیریت بحران و جلوگیری از ایجاد بحران‌های ثانویه تصمیمات لازم را اتخاذ و آنها را اجرایی نمود. در این پژوهش با توجه به انواع وابستگی‌های تعریف شده، شناسایی آنها انجام شد. وابستگی‌های شبکه ریلی استان یزد به تفکیک نوع آنها در جدول ۹ آمده است.

تولیدات توسط شبکه حمل و نقل جاده‌ای و نیز دیوهای مواد اولیه و انبارهای تولیدات، این وابستگی تاحدی کم شده ولیکن در صورت طولانی شدن اختلال و شکست در شبکه ریلی استان و کشور قطعاً بحران‌های ثانویه ایجاد خواهد شد.

## ۵- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از بخش ۴ می‌توان مهمترین اولویت شبکه ریلی استان یزد و وابستگی‌های آن را بدین صورت شناسایی و ارزیابی نمود.

جدول ۹. وابستگی‌های شبکه ریلی استان یزد (نگارنده)

وابستگی	نوع وابستگی	ردیف	وابستگی	نوع وابستگی	ردیف
مرکز کنترل	سایبری	۱۲	نواحی ریلی مجاور	فیزیکی	۱
ارتباط نواحی		۱۳	سنگ آهن مرکزی		۲
علایم و ارتباطات		۱۴	معدن چادرملو		۳
اطلاعات و سامانه‌ها		۱۵	ذوب آهن اصفهان		۴
نواحی ریلی مجاور	جغرافیایی	۱۶	گندله سازی		۵
شهرهای استان		۱۷	مسافران عبوری		۶
کارخانجات و صنایع مجاور		۱۸	بار عبوری		۷
مراکز طبقه بندی شده مجاور		۱۹	مسافران استان		۸
صنایع کشور	منطقی	۲۰	حمل و نقل جاده ای		۹
محیط زیست		۲۱	صنایع استان		۱۰
استانهای همجوار		۲۲	ترانزیت کالا		۱۱
تعهدات بین المللی		۲۳			

کاهش خسارات ناشی از بحران در این شبکه به عنوان هدف اصلی مدیریت بحران را می‌توان با حفظ تداوم کارکرد این شبکه تضمین نمود. یادآور می‌شود حفظ تداوم کارکرد شبکه ریلی استان یزد منوط به تهیه طرحهای موردنیاز (طرح پاسخ، طرح تداوم کارکرد و ...) بوده و آمادگی شبکه ریلی می‌بایست با آموزش و نیز برگزاری رزمایش طرحهای مذکور به نحو موثری ارتقاء یابد. برخی راهکارها و اقدامات نیز می‌بایست در راستای حذف و مدیریت وابستگی‌ها انجام پذیرد که در قسمت راهکارها و پیشنهادات آورده شده است. ذکر این نکته ضروری است که شبکه ریلی استان یزد به عنوان یک زیرساخت مهم، علاوه بر وظیفه ای که در شرایط عادی دارد، در شرایط بحرانی نیز بایستی علاوه بر تداوم خدمت رسانی بر اساس حداقل کارکرد ضروری، در جهت تسهیل مدیریت بحران نیز عملکرد خود را به نحو احسن به انجام برساند. در شرایط بحرانی، حمل و نقل تجهیزات و اقلام امدادی و نیز جابجایی مصدومان و آسیب دیدگان و سایر وظایف مشخص شده نیز به وظایف عادی این شبکه اضافه می‌شود. مهم‌ترین

بدیهی است می‌توان این وابستگی‌ها را به صورت جزئی تر مورد بررسی قرار داد به عنوان مثال می‌توان صنایع استان را در دسته های مختلف و یا به ریز صنایع و کارخانجات وابسته شناسایی کرد ولیکن در این پژوهش به همین مقدار بسنده شده است. بسیاری از وابستگی‌ها به‌ناچار به شبکه ریلی تحمیل می‌شوند و برخی نیز بدون توجه به اثرات آنها بر شبکه ایجاد می‌شوند، ولیکن می‌توان با برخی اقدامات و راهبردها، وابستگی‌های شبکه موجود را کاهش و یا برای کاهش پیامدهای ناشی از بحران مدیریت و بهینه نمود. در این پژوهش وابستگی‌های شبکه ریلی بر اساس پیامدهای اختلال در این شبکه و تاثیرات آنها ارزیابی شده است. با توجه به ماتریس تاثیر و نظر نخبگان، حمل و نقل جاده ای، سایر نواحی ریلی مجاور شبکه ریلی استان یزد و چرخه فولاد بیشترین تاثیر را از این شبکه می‌پذیرند. باتوجهبه وابستگی‌های زیاد و نقش محوری شبکه ریلی استان یزد در کشور، به نظر می‌رسد یکی از اولویت‌های مدیریت بحران در شبکه ریلی استان یزد حفظ تداوم کارکرد باشد. جلوگیری از ایجاد بحران‌های ثانویه و

-تشکیل کمیته مشترک مدیریت بحران شبکه ریلی استان یزد و زیرساختهای وابسته آن بخصوص حمل و نقل جاده‌ای با توجه به تاثیرپذیری بالا.

-برگزاری رزمایش مشترک با زیرساختهای وابسته بخصوص حمل و نقل جاده‌ای و نواحی ریلی مجاور شبکه ریلی استان یزد.

-تهیه طرح‌ها و برنامه‌های موردنیاز مدیریت شبکه ریلی استان یزد بخصوص طرح پاسخ اضطراری و نیز طرح تداوم کارکرد و برگزاری دوره‌های آموزشی و نیز رزمایش‌های مرتبط.

مقوله وابستگی بخصوص در شبکه ریلی و زیرساخت‌های حمل‌ونقل می‌تواند موضوع پژوهش‌های بسیاری باشد. نمونه پژوهش‌های پیشنهادی این حوزه به شرح ذیل است:

-بررسی فاصله مناسب مراکز حیاتی، حساس و مهم و نیز کارخانه‌ها و صنایع حاشیه شبکه ریلی و تدوین ملاحظات موردنیاز برای مدیریت وابستگی‌های جغرافیایی.

-بررسی وابستگی‌های مهم احصاء شده در این پژوهش و ارائه راهکارها و دستورالعمل برای مدیریت آنها از جمله تقاطع‌های غیرهمسطح ریل و جاده به دلیل جذابیت زیاد برای اجرای تهدیدات و نیز تعداد بالا.

راهکارهای پیشنهادی برای مدیریت وابستگی‌های شبکه ریلی استان یزد، باتوجه به بررسی وابستگی‌های اجزای شبکه ریلی به شرح ذیل مطرح می‌شود:

-به‌کارگیری تمهیدات مناسب برای ایجاد و تقویت زیرساخت‌های لازم برای استفاده از حمل‌ونقل ترکیبی (بخصوص بین ریل و جاده) با توجه به وابستگی بسیار بالای شبکه ریلی و شبکه حمل و نقل جاده‌ای استان.

-بررسی و تحقیق در خصوص اصلاح قوانین و مقررات موجود به‌عنوان مثال عدم ایجاد تقاطع‌های غیرهمسطح جاده و ریل به دلیل وابستگی بالا و تعداد زیاد و یا اولویت عبور ریل از زیرگذر برای نیاز کمتر به دوره زمانی بازیابی و بازسازی.

-تهیه دستورالعمل‌های موردنیاز برای احداث و توسعه مراکز حیاتی و حساس و مهم و نیز کارخانه‌ها و مراکز صنعتی در حاشیه راه‌آهن و فاصله‌گذاری بهینه با خطوط و ایستگاه‌های شبکه ریلی و ایجاد حفاظ مناسب.

-اتصال معادن و کارخانه‌های بزرگ به شبکه ریلی با احداث خطوط فرعی به‌جای عبور شبکه ریلی از حاشیه آنها (همانند معادن سه چاهون و چادرملو).

## ۶- مراجع

شهری، دوفصلنامه مدیریت بحران، شماره چهارم، پاییز و زمستان.

-کلهر، رضا، میرزا ابراهیم طهرانی، مهناز ابطی و سیداحسان (۱۴۰۰)، ارزیابی و مدیریت ریسک با رویکرد حفاظت از زیرساخت، مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه جامع امام حسین علیه‌السلام.

-کلهر، رضا و زارعی، غلامرضا (۱۳۹۹)، شاخص‌های آمایش و مکان‌یابی اماکن و زیرساخت‌های حیاتی، مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه جامع امام حسین علیه‌السلام.

-Petit F., verner D., Brannegan D., Buehring W., Dickinson D., Guzeil K., Haffenden R., Phillips J., Peerenboom J., (2015). Analysis of critical infrastructure dependencies and interdependencies, risk and infrastructure science center- global security sciences division-Argonne national laboratory, June.

-نظام عملیاتی پدافند سایبری کشور، (۱۳۹۸). کمیته دائمی (شورای عالی)، پدافند غیرعامل کشور.

-فولادی، غضنفر، خراسانی، علیرضا، تاووپور، امیرحسین، ابراهیمی، نوزد، امره مهدی، حمزه مرند، جهانبخش، مرتضوی، سید حسین (۱۳۹۲). مقررات عمومی سیر و حرکت راه آهن، تهران، اداره کل روابط عمومی راه آهن جمهوری اسلامی ایران. -سند راهبردی پدافند غیرعامل شهری. (۱۳۹۷). کمیته دائمی (شورای عالی) پدافند غیرعامل کشور.

-غفارپور رضا موزن، فرید، زمانیان، سعید (۱۳۹۹). رویکردهای مدل‌سازی سیستم‌های زیرساخت دارای وابستگی از منظر تاب‌آوری، نشریه علمی علوم و فناوری‌های پدافند نوین، سال دوازدهم، شماره سوم، پاییز.

-نورالهی، حانیه، سلیمانی، عاطفه، برزگر، اکرم، علیدوستی، علی (۱۳۹۲). ارزیابی میزان حساسیت دارایی‌ها و پهنه‌های شهری با استفاده از تحلیل اندرکنشی با رویکرد برنامه‌ریزی

# **Evaluation of Rail Network Dependencies with Passive Defense Approach (Case Study: Yazd Province)**

*Saeed Rahimi Bafqi, M.A., Student, Faculty of Non-Action Defense, Imam Hossein University (AS), Tehran, Iran.*

*Reza Kalhor, Assistant Professor, Non-Action Defense Faculty and Research Institute, Imam Hossein University (AS), Tehran, Iran.*

*Mahnaz Mirza Ebrahim Tehrani, Assistant Professor, Science and Technology, Islamic Azad University North Branch, Tehran, Iran.*

*E-mail: s.rahimi53@gmail.com*

Received: February 2024- Accepted: June 2024

## **ABSTRACT**

Rail transport is one of the important and vital infrastructures of any country. Building rail transport infrastructure requires a relatively high cost; But this cost is justified against its advantages, including high safety, cost-effectiveness, environmental friendliness and suitable for mass transportation. On the other hand, the use of the rail network, in addition to creating dependence on this part of transportation, is also dependent on other infrastructures and its surrounding environment. These dependencies are more visible during the crisis and may, in addition to creating a crisis in the network itself, cause chain and cascade crises and increase the damages caused by the crisis. Also, the existence of these dependencies can be considered as a threat to the infrastructure and increase the possibility of infrastructure disruption. In this research, with the aim of identifying the dependencies of the railway network of Yazd province, by using the opinions of elites and conducting interviews, as well as surveying and evaluating these dependencies. The evaluation of the dependencies of the railway network of Yazd province as an important infrastructure in the province and the country has been carried out and the most important dependencies are the road transport of the province and in the next rank other rail areas adjacent to this network have been identified. According to the dependencies of this network, it seems that the continuity of operation in crisis conditions should be considered by crisis managers as one of the priorities of this network. In the end, based on the most important dependencies determined, suggestions for managing these dependencies have been proposed.

**Keywords:** Rail Network, Dependence, Infrastructure, Crisis Management, Passive Defense