

بررسی قابلیت اعتماد قطارهای باری شبکه راه آهن جمهوری اسلامی ایران

عابدین هادی نژاد لاجیمی^۱، کیوان سلیمی^۲

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران، hadinejhad_ab@rai.ir

۲- کارشناس ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، k.salimi@alumni.iut.ac.ir

چکیده

مدیریت صحیح شبکه حمل و نقل ریلی می‌تواند باعث افزایش استقبال صاحبان بار و کاهش هزینه گرداننده شود. یکی از شاخص‌های مهم در مدیریت شبکه راه آهن، میزان قابلیت اعتماد آن است. قابلیت اعتماد، توانایی شبکه ریلی را برای ارائه خدمات به صورت منظم و متداوم ارزیابی می‌کند. در این پژوهش اطلاعات حرکت قطارهای باری طی چهار سال گذشته جمع‌آوری شده و با ارائه شاخص‌های مناسب با شرایط شبکه، اقدام به اندازه‌گیری قابلیت اعتماد شده است. قابلیت اعتماد در سه حوزه مسیر، بلاک و ایستگاه بررسی شده و نقاط قوت و ضعف شبکه شناسایی شده است. شاخص $C_{v,TT}$ برای بررسی زمان سفر و شاخص PIR برای بررسی وقت‌شناسی قطارها معرفی و استفاده شده است. همچنین قابلیت اعتماد زمان اعزام قطارها در بازه‌های مختلف با شاخص OPT اندازه‌گیری شده است. در نهایت رابطه قابلیت اعتماد قطارهای باری با عواملی همچون وضعیت قطارهای مسافری، طول مسیر و بلاک، میزان بار، دو خط یا تک خط بودن، روش تراک‌بندی، نوع ایستگاه، عوامل توقف غیر برنامه‌ای و... بررسی شده است.

مقدمه

مفهوم قابلیت اعتماد در زمینه‌های مختلف مانند تولید کالا و ارائه خدمات کاربرد دارد. یکی از تعاریف کلی، قابلیت اعتماد را نشان‌دهنده میزان تغییرات خدمات ارائه شده توسط یک سامانه دانسته است. در صورتی که خدمات ارائه شده تفاوت زیادی با برنامه داشته باشد، سامانه از قابلیت اعتماد پایینی برخوردار است. راه آهن جمهوری اسلامی ایران برنامه زمان‌بندی حرکت قطارهای باری و مسافری را به صورت متداوم در اختیار گردانندگان قرار می‌دهد. همچنین در سال‌های اخیر توجه بیشتری به برنامه زمان‌بندی قطارهای باری شده است.

برای اندازه‌گیری قابلیت اعتماد سامانه‌های حمل و نقلی شاخص‌های فراوانی مطرح شده است. به منظور شناخت هرچه بهتر شاخص‌های اندازه‌گیری قابلیت اعتماد، شاخص‌ها به دو دسته کلی تقسیم شده. این دسته‌ها شامل شاخص‌های زمان سفر، شاخص‌های وفاداری به زمان‌بندی هستند.

ضریب $C_{v,TT}$ یک شاخص مربوط به زمان سفر است و برابر نسبت انحراف- معیار بر میانگین زمان سفر است. شاخص وقت‌شناسی بر اساس مسیر PIR، احتمال وقوع زمان سفر را در بازه قابل قبول برنامه اندازه‌گیری می‌کند. از این شاخص برای حوزه بلاک و ایستگاه استفاده شده است. همچنین از شاخص OPT برای بررسی قابلیت اعتماد زمان اعزام استفاده شده است. این شاخص برابر است با نسبت تعداد سفرهای سروقت بر تعداد کل سفرها.

مطالعه موردی

به منظور انجام این پژوهش اطلاعات قطارهای باری برنامه‌ای طی چهار سال گذشته جمع‌آوری گردیده است. در مجموع ۹۸ مسیر، ۷۰۸ بلاک، ۳۵۵ ایستگاه (که دارای زمان حرکت و توقف برنامه هستند) مورد بررسی قرار گرفتند. این اطلاعات شامل زمان سفر واقعی و برنامه، زمان توقف واقعی و برنامه و... و همچنین اطلاعات ساختاری شبکه ریلی شامل طول خط، روش تراک‌بندی، تک خط یا دوخط بودن و... هستند. برای اندازه‌گیری قابلیت اعتماد در زمان اعزام از شاخص OPT استفاده می‌شود. سفر سروقت سفری در نظر گرفته می‌شود که در بازه ± 2 ساعت از زمان برنامه-ریزی شده اعزام شود. قابلیت اعتماد زمان اعزام بهترین و ضعیف‌ترین مسیرها شناسایی گردید. با استفاده از شاخص $C_{v,TT}$ قابلیت اعتماد مسیرها اندازه‌گیری و رتبه بندی گردید. علاوه بر این زمان سفر آزاد و همچنین زمان سفر بیشینه هر مسیر اندازه‌گیری شد.

برای حوزه بلاک از شاخص PIR استفاده شده است. بازه قابل قبول در چند حالت ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصدی از زمان حرکت برنامه در نظر گرفته شده است. از آنجا که زودتر رسیدن قطار به انتهای بلاک موردی مطلوب است، لذا تأجیل در طول مسیر همچنان به عنوان عملکرد برنامه شناخته شده است و تنها تأخیر در زمان سفر باعث کاهش قابلیت اعتماد بلاک می‌شود. عملکرد بلاک‌ها بر اساس تناژ عبوری رتبه بندی گردیدند. همچنین در حوزه از شاخص PIR استفاده گردید و با تغییر بازه قابل قبول قابلیت اعتماد زمان توقف برنامه تمامی ایستگاه‌ها بررسی گردید.

ماه	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
سال												
1398	0.41	0.34	0.40	0.39	0.39	0.36	0.34	0.37	0.37	0.37	0.36	0.42
1399	0.36	0.31	0.36	0.42	0.44	0.45	0.45	0.39	0.40	0.40	0.40	0.35
1400	0.37	0.36	0.31	0.38	0.37	0.33	0.30	0.28	0.30	0.28	0.26	0.24
1401	0.25	0.21	0.25	0.25	0.26	0.25	0.23	0.27	0.34	0.29	0.25	0.29

مقادیر $C_{v,TT}$ به تفکیک ماه و سال

تحلیل و تفسیر موضوع

با بررسی قابلیت اعتماد در حوزه اعزام، بیشترین میزان تأخیر در محدوده ساعت ۱۲ شب اتفاق افتاده است و پیشنهاد می‌شود اعزام در این محدوده ساعت انجام نشود. زمان اعزام با برنامه یکی از سیاست‌های جدید چند سال اخیر راه آهن بوده است، و بهبود عملکرد در این حوزه با گذر زمان قابل مشاهده است. این بهبود در حوزه مسیر نیز مشخص است. هرچند باید در نظر داشت که با گذر زمان تعداد مسیرهای برنامه‌ای کمتر شده است و اکنون تمرکز بیشتری روی خطوط برنامه‌ای فعال وجود دارد. قابلیت اعتماد حوزه مسیر با افزایش طول مسیر و تعداد ایستگاه بین مسیر کاهش می‌یابد. در حوزه بلاک با افزایش مقدار تناژ عبوری، قابلیت اعتماد بلاک تغییر معناداری نمی‌کند. اما قابلیت اعتماد بلاک‌های دوخط و دارای سیستم کنترل اتوماتیک قطار ATC نسبت به مابقی بلاک‌ها بسیار چشمگیر است. در حوزه ایستگاه میانگین زمان توقف برنامه و واقعی در طول چهار سال گذشته کاهش داشته است. عملکرد ایستگاه‌های نوع ۲ و ۳ بهتر از ایستگاه‌های گار و نوع ۱ بوده است. از آنجا که بیشتر توقف‌های برنامه‌ای در ایستگاه‌های گار و نوع ۱ انجام می‌شوند، این موضوع امری طبیعی و قابل پیش‌بینی است.

نتیجه‌گیری

افزایش بهره‌وری سامانه حمل و نقل ریلی باعث ترغیب صاحبان بار و کاهش هزینه‌های گرداننده می‌گردد. لذا این موضوع به یکی از اهداف اصلی مدیران راه آهن و پژوهشگران بدل گشته است. با بررسی مستمر قابلیت اعتماد می‌توان نقاط ضعف و قوت شبکه ریلی را شناسایی کرده و در جهت بهبود برنامه‌ها اقدام برداشت. در این پژوهش سعی شد که بررسی همه جانبه‌ای از قابلیت اعتماد شبکه راه آهن انجام گردد. همچنین شاخص‌هایی معرفی شده به راحتی قابل فهم بوده و امکان مقایسه با یکدیگر را دارند. همچنین با توجه به ویژگی‌های شبکه ریلی ایران بهترین عملکرد را از خود نشان می‌دهند.

مراجع

[۱] C. W. Palmqvist and I. Kristofferson, "A Methodology for Monitoring Rail Punctuality Improvements," in IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems, vol. 3, pp. 388-396, (2022).

[۲] Wardman, M., Batley, R. The demand impacts of train punctuality in great britain: systematic review, meta-analysis and some new econometric insights. Transportation 49, 555-589 (2022).

[۳] Lee, W. H., Yen, L. H. & Chou, C. M. "A delay root cause discovery and timetable adjustment model for enhancing the punctuality of railway services", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 73, pp. 49-64, (2016).