

تخمین هزینه‌نهایی استفاده از زیرساختار شبکه راه‌آهن ایران با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی

کیوان قصیری، استادیار، دانشکده راه‌آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
فرامرز جلیوند، دانشکده راه‌آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
E-mail: ghoseiri@iust.ac.ir

چکیده

در این تحقیق تخمین هزینه‌های نهایی مربوط به عملیات تعمیر و نگهداری جاری زیرساختار راه‌آهن ایران بررسی شده است. این شاخص مهم اقتصادی در بهره‌برداری از زیرساختار راه‌آهن، می‌تواند برای قیمت‌گذاری در دسترس به شبکه خطوط راه‌آهن کشور و محاسبه تعرفه حمل‌بار و مسافر مورد استفاده قرار گیرد. این تحقیق نشان داد که متغیرهای تناژ ناخالص عبوری، بیشینه شیب و فراز، و بیشینه سرعت خط اجزای اصلی مدل هزینه را تشکیل داده‌اند و بر پایه متوسط ۵ ساله آماره‌های نواحی ۱۲ گانه راه‌آهن در طی سالهای ۱۳۷۹-۱۳۸۳ و با این فرض که هزینه نهایی نسبت به طول خط تغییر نکند کشش هزینه نسبت به تناژ ناخالص بار عبوری از شبکه ۰/۱۶۱ و مقدار هزینه نهایی آن برابر ۰/۱۲ یورو به ازای هزار تن کیلومتر ناخالص بوده است. همچنین این مطالعه نشان داد که با افزایش تن کیلومتر ناخالص، مقدار هزینه نهایی کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: هزینه نهایی، زیرساختار راه‌آهن، تابع هزینه، کشش هزینه، تعمیرات، نگهداری جاری

۱. مقدمه

از اهداف این رویکرد است. برای خصوصی سازی راه‌آهن تاکنون فعالیتهای متعددی صورت گرفته است. یکی از بهترین راه‌حل‌ها در این رابطه، جداسازی بخش زیرساختار راه‌آهن و بهره‌برداری زیرساختار از هم‌ارایه شده است که در آن سعی می‌شود که بخش زیرساختار همچنان در مالکیت دولت باقی بماند، ولی بخش مربوط به بهره‌برداری زیرساختار به تدریج به بخش خصوصی واگذار شود. در این حالت بخش بهره‌برداری برای استفاده از زیرساختار باید هزینه (شارژ) دسترسی پرداخت کند. دو محدودیت اصلی در این راستا عبارتند از این که اولاً دولت در این واگذاری دچار خسارت نشود. (این ضرر هم مالی و هم ضرریست که کم شدن اعتماد عمومی ایجاد می‌کند) و ثانیاً و

یکی از تحلیل‌های مهم و در عین حال پیچیده اقتصادی، محاسبه هزینه‌های نهایی ناشی از تولید یک محصول یا ارائه یک خدمت است که مشخصه‌ای بسیار خوب برای ارزیابی اقتصادی هزینه‌هاست. مهم‌ترین کاربرد محاسبه هزینه‌های نهایی، قیمت‌گذاری برای محصولات یا امکانات یک شرکت است. رویکرد اساسی که این روش قیمت‌گذاری از آن برخوردار است، رویکرد حمایتی چشمگیری است که از مشتری به عمل می‌آورد چرا که قیمت‌گذاری بر پایه هزینه‌های نهایی تقریباً از همه انواع قیمت‌گذاری کمتر است. مهم‌ترین هدفی که قیمت‌گذاری بر پایه هزینه‌های نهایی دنبال می‌کند، کارآمد کردن هر چه بیشتر استفاده از امکانات تولید است و در واقع بر کردن ظرفیت‌های خالی تولید

هزینه تعمیرات و نگهداری زیرساختار، هزینه‌های تراکم، هزینه تأخیرات ناشی از یک قطار که بر قطارهای بعدی نیز وارد می‌شود، هزینه‌های کمیایی: هزینه ناشی از عدم توانایی برای تخصیص مسیر به دلیل اشغال بودن مسیر توسط قطار اضافی، هزینه‌های تصادفات، هزینه‌های ناشی از وقوع تصادفات که شامل هزینه‌های مالی و جانی و هزینه‌های محیطی که مربوط به هزینه‌های ناشی از آلودگی محیطی می‌شود [1].

همان گونه که پیش از این ذکر شد، در این تحقیق هزینه‌های نهایی مربوط به عملیات تعمیر و نگهداری جاری زیرساختار راه آهن ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۱ محاسبه هزینه‌های نهایی مربوط به استهلاک جاری زیرساختار راه آهن

رویکردهای متفاوتی برای محاسبه هزینه‌های نهایی ناشی از استفاده از زیرساختار وجود دارد. دو رویکرد مناسب در این ارتباط که تاکنون در بعضی کشورها مورد استفاده قرار گرفته‌اند به صورت زیرند:

- رویکرد اقتصاد سنجی: که در آن ابتدا تابع هزینه‌های متغیر کل مشخص می‌شود، سپس مشتق این تابع را نسبت به یک متغیر مناسب (عمدتاً تن کیلومتر ناخالص) برای به دست آوردن هزینه‌های نهایی مورد استفاده قرار می‌دهند.
- رویکرد مهندسی: که در آن هزینه‌های متغیر کل ناشی از همه وسایل نقلیه در حال حرکت در شبکه با استفاده از روابط مهندسی دقیق شناسایی می‌شود و نتیجه حاصله مبنای تعیین هزینه‌های نهایی در نظر گرفته می‌شود (برای مطالعه بیشتر رجوع کنید به [1]) با توجه به آن که در این تحقیق محاسبه هزینه نهایی از دیدگاه اقتصاد سنجی مورد نظر بوده است، در زیر به معرفی بیشتر آن پرداخته می‌شود.

۲-۱-۱ رویکرد اقتصادی برای محاسبه هزینه‌های نهایی استفاده از زیرساختار راه آهن

این رویکرد یک رویکرد چند مرحله‌ای است که در آن داده‌های جزئی شده مربوط به هزینه‌های مختلف زیرساختاری وارد مدل می‌شود و نهایتاً میزان هزینه‌های نهایی ناشی از استفاده مشخص می‌شود.

به طور کلی مراحل مختلف در این رویکرد به صورت زیرند:

مهم‌تر این که بخش خصوصی رغبتی برای این کار داشته باشد. قیمت گذاری بر اساس هزینه‌های نهایی روشی مناسب برای این منظور است. در واقع با این روش، تنها هزینه‌های مستقیم تحمیلی بر زیرساختار (مثل هزینه‌های تعمیرات و نگهداری جاری زیر ساختار) که به دلیل استفاده بخش خصوصی از زیرساختار به وجود می‌آیند، از بخش بهره بردار اخذ می‌شود. این قیمت به مراتب کمتر از قیمتی است که با دیگر روش‌های قیمت‌گذاری بر مبنای هزینه مثل قیمت‌گذاری هزینه میانگین (حاصل تقسیم کلیه هزینه‌ها بر میزان استفاده) به دست می‌آید. در همین رابطه اتحادیه اروپا در جهت سیاست آزاد سازی صنعت راه آهن از انحصار دولتی کشورهای عضو، دستورالعمل مفصلی تحت عنوان 2001/14/EC ارایه کرده است. در بند ۷ این دستورالعمل چنین بیان شده است:

«پرداختهای بخش خصوصی به راه آهن برای استفاده از زیرساختار باید بر اساس هزینه‌هایی باشد که مستقیماً در نتیجه عملیات مربوط به استفاده قطارها از زیر ساختار راه آهن حاصل می‌شوند. (یعنی هزینه‌های نهایی ناشی از عملیات مربوط به استفاده قطارها از زیرساختار راه آهن) [2]. در این تحقیق با توجه به احساس نیاز به وجود روشی مناسب در قیمت گذاری دسترسی به زیر ساختار راه آهن که منافع مشتریان و شرکت راه آهن را تأمین کند، سعی شده است تا ضمن مرور و الگوگیری از مطالعات مشابه انجام شده در سایر کشورها، هزینه‌های نهایی استفاده از زیرساختار راه آهن ایران نیز محاسبه شود.

۲. هزینه‌های نهایی زیرساختار راه آهن

تعریف عمومی هزینه‌های نهایی (MC) در اقتصاد عبارتست از:

$$MC = \Delta C / \Delta Q \quad (1)$$

که در آن:

Q میزان محصول (محصول می‌تواند کالا یا خدمت باشد)، ΔQ تغییر در میزان تولید محصول، C هزینه کل ناشی از تولید Q واحد از محصول، و ΔC تغییر در هزینه کل ناشی از ΔQ تغییر در میزان محصول را نشان می‌دهند. بر طبق این تعریف هزینه‌های نهایی استفاده از زیرساختار شبکه راه آهن، هزینه‌های افزوده شده ناشی از عبور یک قطار اضافی از شبکه راه آهن در نظر گرفته شده است. هزینه‌های ناشی از استفاده یک قطار اضافی از زیر ساختار می‌توانند به پنج نوع مهم تقسیم شوند: هزینه‌های استهلاک جاری،

$$MC = \frac{\partial C}{\partial tkm} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln tkm} \frac{C}{tkm} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln U} \frac{C}{tkm} \quad (2)$$

$$= \beta^u \frac{C}{tkm}$$

همان گونه که در بالا ذکر شد فرض شده است که هزینه نهایی نسبت به طول خط تغییر نکند، از این رو MC به عنوان هزینه نهایی ناشی از افزایش میزان استفاده برای طول خط، ثابت قلمداد می شود. بنابراین برای محاسبه هزینه های نهایی برای هر بخش از خطوط راه آهن داریم:

$$MC_i = \beta^u_i \frac{\hat{C}_i}{tkm_i} \quad (3)$$

\hat{C}_i هزینه تخمینی استفاده از زیرساختار و β^u_i کشش هزینه های زیرساختاری نسبت به میزان تناژ عبوری است که با استفاده از مشتق گیری از تابع هزینه نسبت به میزان تناژ عبوری محاسبه می شود و نهایتاً برای محاسبه متوسط هزینه نهایی کل داریم:

$$MC = \sum_i \frac{tkm_i}{\sum_i tkm_i} MC_i \quad (4)$$

۳. داده های راه آهن ایران

اطلاعات موجود براساس تقسیم بندی شبکه راه آهن ایران به ۱۲ ناحیه (ناحیه زاهدان به دلیل عدم وجود اطلاعات مالی حذف شده است)، و استخراج داده های لازم با مراجعه به سالنامه های آماری راه آهن و گزارشات اعتبارات تعمیرات و نگهداری جاری نواحی موجود در اداره کل خط شرکت راه آهن حاصل شده است. جدول ۱ فهرستی از اطلاعات گردآوری شده برای هر یک از نواحی و جدول ۲ خلاصه متوسط ۵ ساله آمارهای مربوط به متغیرهای توضیحی مندرج در جدول ۱ را برای کل شبکه راه آهن ایران در طی سالهای ۱۳۷۹-۱۳۸۳ را به قیمتهای ثابت سال ۱۳۷۸ نشان می دهد. (برای اطلاعات بیشتر به [۹] و [۱۰] مراجعه شود).

۴. مدل هزینه حاشیه ای استفاده از زیرساختار راه

آهن ایران

برای محاسبه هزینه های نهایی استفاده از زیرساختار راه آهن ایران از رویکرد اقتصادسنجی استفاده می کنیم. همان گونه که پیش از این نیز بیان شد مراحل مختلف در این رویکرد به طور کلی به این صورت اند که ابتدا باید یک تابع هزینه برای استفاده از زیرساختار (هزینه های جاری) که تعیین کننده هزینه های متغیر کوتاه مدت

اولین مرحله در این رویکرد، تعریف اجزای هزینه ای متناسب با هزینه های نهایی است. در واقع در این مرحله باید متغیرهای توضیحی مربوط به هزینه های متغیر شناسایی شوند. از مهم ترین متغیرهای توضیحی برای هزینه های متغیر مربوط به زیر ساختار راه آهن می توان به تناژ عبوری، طول خط و تن کیلومتر ناخالص اشاره کرد.

دومین مرحله در این رویکرد شناسایی یک تابع هزینه مناسب است که برطبق آن هزینه های متغیر استفاده از زیر ساختار به متغیرهای توضیحی شرح داده شده در مرحله قبل وابسته می شود. برای انجام این کار می توان از توابع هزینه ای موجود بهره گیری و با اصلاحات و ساده سازیهایی که برای بهبود این توابع در جهت اهداف مشخصه انجام می شود تابع مناسبی را به دست آورد. این ساده سازیها بیشتر دلایلی آماری دارند، به این ترتیب که با استفاده از داده های نمونه ای که در نتیجه تقسیم بندی شبکه به بخش های مجزا و استخراج داده های مربوطه حاصل شده اند، ابتدا مدل کلی را با استفاده از نتایج رگرسیونی برای کل شبکه در نظر می گیریم، سپس با تحلیل های آماری متغیرهای توضیحی اساسی شناسایی شده و از بقیه متغیرها صرف نظر می شوند، تابع حاصل به عنوان تابع هزینه متغیر برای شبکه مورد نظر در نظر گرفته می شود. شایان یادآوری است که برای محاسبه هزینه های نهایی، این نوع توابع هزینه، عمدتاً از نوع لگاریتم خطی انتخاب می شوند، زیرا با مشتق گیری از تابع لگاریتم خطی نسبت به هر یک از متغیرهای توضیحی، کشش هزینه نسبت به آن متغیر به راحتی قابل محاسبه است.

سومین مرحله، مشتق گیری از این تابع برای به دست آوردن تابع کشش هزینه است. با به دست آوردن این تابع، محاسبه تابع هزینه حاشیه ای، امکان پذیر می شود.

چهارمین مرحله، بکارگیری تابع هزینه نهایی در بخش های مختلف شبکه راه آهن و به دست آوردن هزینه نهایی برای هر بخش است. آنگاه با میانگین گیری از این نتایج، هزینه نهایی کل شبکه راه آهن محاسبه می شود.

با در نظر گرفتن توضیحات فوق جانسون و نیلسون روشی مناسب برای محاسبه هزینه نهایی پیشنهاد کرده اند [4]. بر اساس این روش هزینه نهایی استفاده از زیرساختار راه آهن نسبت به میزان بهره برداری (U) که در اینجا تن کیلومتر عبوری (Tkm) در نظر گرفته می شود و با این فرض که هزینه نهایی نسبت به طول خط تغییر نکند، به صورت زیر محاسبه می شود:

$r500_i$ قوسهای با شعاع کمتر از ۵۰۰ متر در بخش i (به عنوان درصدی از طول خط)

$steig10_i$ شیب‌های بالاتر از ۱۰ در هزار در بخش i (به عنوان درصدی از طول خط)

$tunnel_i$ طول تونلها در بخش i (به عنوان درصدی از طول خط)

$w-l_i$ طول سوزنها در بخش i بر حسب متر

$alter_i$ ریل‌های کهنه تر از ۱۵ سال در بخش i (به عنوان درصدی از طول خط)

فرم تابعی دیگری که در مطالعات جانسون و نیلسون در رابطه با محاسبه هزینه نهایی راه آهن کشور سوئد [6] و کشورهای سوئد و فنلاند [4] در نظر گرفته شده است، بر اساس تابع هزینه‌ای لگاریتمی Berndt و Christensen [7] است.

این فرم تابعی به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \ln C_{ijt} = & \alpha + \beta_y y_{ijt} + \beta_u u_{ijt} + \beta_{yy} y_{ijt}^2 \\ & + \beta_{uu} u_{ijt}^2 + \beta_{yu} y_{ijt} u_{ijt} + \sum_{k=1}^K \beta_k P_{kt} + \\ & \sum_{k=1}^K \gamma_{ky} y_{ijt} P_{kt} + \sum_{k=1}^K \gamma_{ku} u_{ijt} P_{kt} \\ & + \frac{1}{2} \left[\sum_{k=1}^K \sum_{h=1}^K \gamma_{kh} P_{kt} P_{ht} \right] + z_{ijt} \beta_z + \varepsilon_{ijt} \\ = & x'_{ijt} \beta + \varepsilon_{ijt} \end{aligned} \quad (6)$$

که در آن:

C_{ijt} هزینه نگهداری،

P_{kt} قیمت نهایی

برای فاکتور k که به عنوان فاکتور ورودی مطرح می باشد، نظیر:

نرخ ساعتی کار نیروی انسانی،

نرخ ساعتی استفاده از ماشین آلات،

نرخ مواد و ... ،

Y_{ijt} طول خط،

U_{ijt} سطح استفاده (وزن ناخالص)

Z_{ijt} یک کمیت برای متغیرهای تکنیکی خط (تعداد سوزنها،

تعداد تونلها و ...)، $k=1, \dots, K$ و $P_{kt} = \ln P_{kt}$

و $u_{ijt} = \ln U_{ijt}$ و $y_{ijt} = \ln Y_{ijt}$ متغیری مستقل و

بیانگر خطاست.

استفاده از زیرساختار باشد را مشخص کرد. برای این کار متناسب با تقسیم بندی شبکه راه آهن با استفاده از اطلاعات مربوطه و تحلیل‌های رگرسیونی اقدام به تعیین تابع هزینه متغیر می‌کنیم. با مشخص شدن این تابع می‌توان با استفاده از مشتق گیری از آن نسبت به یک متغیر مناسب (تن- کیلومتر ناخالص عبوری) تابع مربوط به هزینه نهایی را محاسبه کرد. با استفاده از این تابع، هزینه‌های نهایی را برای هر بخش از شبکه خطوط راه آهن تعیین می‌کنیم و در نهایت هزینه نهایی کل را با میانگین گیری از هزینه‌های نهایی همه بخش‌ها با استفاده از متغیر وزنی مناسب (تن کیلومتر ناخالص هر بخش تقسیم بر تن کیلومتر ناخالص کل) محاسبه می‌کنیم.

۴-۱ تابع هزینه متغیر استفاده از زیر ساختار راه آهن

ایران

شناسایی تابع هزینه یکی از مهم‌ترین و در عین حال مشکل‌ترین مراحل در تحلیل رویکرد اقتصاد سنجی محسوب می شود. با توجه به این که تاکنون تابع هزینه‌ای مناسبی برای استفاده از زیرساختار راه آهن ایران ایجاد نشده است، ناگزیر ابتدا باید اقدام به شناسایی این تابع کرد. برای این کار سعی شده است که از توابع هزینه‌ای کشورهای مشابهی که دارای سابقه در محاسبه هزینه‌های حاشیه‌ای در زیرساختار راه آهن هستند، الهام گرفته و مدلی مناسب را برای زیرساختار راه آهن ایران ارائه کرد.

فرم تابعی که برای محاسبه هزینه‌های زیرساختاری راه آهن اتریش در نظر گرفته شده است، به صورت زیر است [5]:

$$\begin{aligned} \log(K_i) = & \alpha_0 + \alpha_1 \log(\text{ton}_i) + \\ & \alpha_2 \log(\text{km}_i) + \alpha_3 \log(\text{bh_km}_i) + \alpha_4 r500_i \\ & + \alpha_5 \log(w_l_i) + \alpha_6 \log(\text{ton}_i) \log(\text{bh_km}_i) \\ & + \alpha_7 \log(\text{ton}_i) \text{steig}10_i + \\ & \alpha_8 \log(\text{ton}_i) \text{tunnel}_i + \alpha_9 \log(\text{km}_i) \text{HN}_i + \varepsilon_i. \end{aligned} \quad (5)$$

K_i هزینه‌های تعمیرات و نگهداری مربوط به بخش خطی i

ton_i تنهای ناخالص عبوری از بخش خطی i

km_i طول بخش خطی i

HN برای خطوط اصلی صفر و برای خطوط فرعی یک

$\text{bh} - \text{km}_i$ طول ریل‌های ایستگاهی بخش خطی i

تحلیل واریانس و تخمین ضرایب را برای بهترین ۴ مدل برازش شده نمایش می‌دهند.

از مدل‌های یادشده، مدل‌های شماره ۱، ۲، ۳ از شرایط خوبی برخوردارند، که در میان آنها مدل شماره ۳ به دلیل P-value کمتر به عنوان بهترین انتخاب در نظر گرفته می‌شود:

$$\ln(C_i) = 20.102 + 0.161 \ln(\text{ton}_i) + 0.497 \ln(\text{steig}_i) + 0.608 \ln(\text{speed}_i) - 0.044 \ln(\text{km}_i) \ln(\text{bridge}_i) \quad (8)$$

۴-۲ محاسبه هزینه‌های نهایی استفاده از زیرساختار راه آهن ایران

همان‌گونه که پیش از این نیز اشاره شد، بنا به تعریف هزینه نهایی برای هر بخش از راه آهن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$MC_i = \beta_i'' \frac{\hat{C}_i}{tkm_i} \quad (9)$$

که در آن:

\hat{C}_i هزینه زیرساختاری تخمینی است که با استفاده از تابع رگرسیونی به دست می‌آید و β_i'' کشش هزینه‌های زیرساختاری نسبت به میزان تناژ عبوری با استفاده از مشتق‌گیری همین تابع نسبت به میزان تناژ عبوری محاسبه می‌شود که در این حالت مقدار آن برابر است با:

$$\beta_i'' = \frac{\partial \ln C_i}{\partial \ln \text{ton}_i} = 0.161 \quad (10)$$

در جدول مربوطه مقادیر مربوط به میزان استفاده به صورت میزان تناژ عبوری (tkm_i)، نتایج حاصل از محاسبه هزینه‌های زیرساختاری تخمینی (\hat{C}_i)، کشش هزینه‌های زیرساختاری نسبت به میزان استفاده (β_i'') و هزینه‌های نهایی تخمینی برای هر بخش خطی آورده شده است:

به دست ندادن کشش منفی نسبت به میزان استفاده یکی از عمل‌های اصلی در انتخاب توابع هزینه‌ای است، زیرا کشش منفی نشان دهنده هزینه نهایی منفی است، چیزی که در عمل هیچگاه رخ نمی‌دهد، به همین دلیل به دست ندادن کشش منفی نسبت به میزان استفاده، در جستجوی توابع مناسب برای تخمین هزینه‌های

برای به دست آوردن تابعی مناسب با هدف محاسبه هزینه نهایی و با در نظر گرفتن فرم تابعی که در کشورهای مطرح (سوئد، فنلاند و اتریش) استفاده شده‌اند و اطلاعات موجود برای راه آهن ایران، اقدام به جستجو برای رسیدن به فرم تابعی مناسب شد.

معیار این جستجو به این صورت بود که اولاً تابع مورد نظر در پیش بینی هزینه مناسب باشد، که برای این منظور تحلیل‌های آماری و رگرسیونی مورد استفاده قرار می‌گیرند و ثانیاً و مهم‌تر در این جا این که هدفی را که محاسبه این تابع در پی آن است، یعنی محاسبه هزینه‌های نهایی محقق شود، که به دست دادن کشش هزینه‌ای مثبت و کوچک‌تر از یک منظور مورد نظر است. با وارد کردن اطلاعات به دست آمده از راه آهن ایران و انجام تحلیل‌های آماری فرم تابعی که برای زیرساختار راه آهن ایران در نظر گرفته شده است، به صورت زیر است:

$$\ln C_i = \alpha_0 + \beta_1 \ln(\text{ton}_i) + \beta_2 \ln(\text{km}_i) + \beta_3 \ln(\text{steig}_i) + \beta_4 \ln(\text{speed}_i) + \beta_5 \ln(\text{bridge}_i) + \beta_6 \ln(\text{km}_i) \ln(\text{bridge}_i) + \varepsilon_i \quad (7)$$

همان‌گونه که پیش از این نیز اشاره شد، متغیرهای توضیحی در آن به صورت زیراند:

$$\begin{aligned} C_i &= \text{هزینه متغیر زیرساختاری بخش } i, \\ \text{ton}_i &= \text{تناژ ناخالص عبوری از بخش } i, \\ \text{km}_i &= \text{کیلومتر تناژ بخش } i, \\ \text{steig}_i &= \text{حداکثر شیب و فراز در بخش } i, \\ \text{speed}_i &= \text{حداکثر سرعت در بخش } i, \\ \text{bridge}_i &= \text{مترناژ پلها در بخش } i \text{ و} \\ \varepsilon_i &= \text{میزان خطا در تخمین هزینه‌های بخش } i. \end{aligned}$$

با توجه به اطلاعات در دسترس، این تابع تنها هزینه‌های تعمیرات و نگهداری جاری را در نظر می‌گیرد و سرمایه‌گذاریهایی جایگزینی زیرساختار راه آهن در آن در نظر گرفته نمی‌شود.

با در نظر گرفتن این فرم کلی و وارد کردن داده‌های مربوط به نواحی مختلف راه آهن ایران و انجام تحلیل‌های رگرسیونی، متغیرهای نامناسب مرحله به مرحله از مدل حذف می‌شوند تا این که در نهایت یک تابع مناسب به عنوان تابع هزینه حاصل شده است. جدول‌های ۳، ۴ و ۵ به ترتیب خلاصه عملیات آماری،

قصیری و جلیوند

حاشیه ای در نواحی مختلف به دست می‌آید، که به این ترتیب امکان مشخص کردن قیمت در هر ناحیه امکان پذیر است، در این حالت تنها میزان وزن ناخالص هر قطار و کیلومتری که هر قطار در هر ناحیه طی می‌کند، مورد نیاز است. همان طور که از جدول ۶ و نمودار ۱ مشخص است، هرچه میزان استفاده بیشتر باشد، مقدار هزینه نهایی تخمینی نیز کمتر خواهد شد:

زیرساختاری، معیار مهمی در انتخاب فرم تابعی مطلوب است، معیاری که ما نیز در تخمین تابع هزینه‌ای از آن استفاده کردیم، چنان که با داده به دست آمده از راه آهن ایران فرم تابعی ارایه شده در این جا نسبت به دیگر گونه‌های تابعی تا حد زیادی این شرط را تامین می‌کند. همان طور که از جدول فوق مشاهده می‌شود، مقادیر مختلف برای هزینه

جدول ۱. اطلاعات گردآوری شده برای هر ناحیه

| متغیر | توضیح |
|------------|---|
| C_i | میلیون ریال هزینه متغیر زیرساختار بخش i |
| ton_i | میلیون تن ناخالص عبوری از بخش i |
| km_i | کیلومتر بخش i |
| $steig_i$ | حداکثر شیب و فراز در هزار در بخش i |
| $speed_i$ | حداکثر سرعت بر حسب کیلومتر در ساعت در بخش i |
| $bridge_i$ | متر از پلها در بخش i |

جدول ۲. خلاصه متوسط ۵ ساله آمارهای نواحی ۱۲ گانه شبکه راه آهن ایران در طی سالهای ۱۳۷۹-۱۳۸۳

| <i>Bridge</i> | <i>speed</i> | <i>Steig</i> | <i>km</i> | <i>ton</i> | <i>C</i> | |
|---------------|--------------|--------------|-----------|------------|----------|----------------|
| ۲۱۴۷۴/۳ | ۱۱۰/۸ | ۱۶/۲۵ | ۶۱۱/۶ | ۷۰۲۸/۷ | ۲۹۹۸۶/۵ | میانگین |
| ۹۴۶۳۲ | ۱۴۰ | ۲۹ | ۱۱۵۰ | ۲۳۲۶۷/۶ | ۴۷۰۸۵/۹ | بیشینه |
| ۶۸۶۵ | ۶۰ | ۵ | ۲۱۵ | ۱۵۵۵/۳ | ۱۵۶۴۸/۹ | کمینه |
| ۲۴۲۰۰/۹ | ۲۶/۸ | ۶/۵ | ۲۸۱/۷ | ۶۲۶۷/۳ | ۹۹۶۵/۵ | خطای استاندارد |
| ۲۵۷۶۹۲ | - | - | ۷۳۳۹ | ۸۴۳۴۴/۳ | ۳۵۹۸۳۸/۱ | مجموع کل |

جدول ۳. خلاصه عملیات آماری

| Model Summary | | | | |
|---------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| 1 | .783 ^a | .614 | .150 | .3074091082 |
| 2 | .783 ^b | .614 | .292 | .2806264479 |
| 3 | .765 ^c | .586 | .349 | .2691238424 |
| 4 | .726 ^d | .527 | .349 | .2690353442 |
| 5 | .658 ^e | .433 | .308 | .2775111608 |
| 6 | .580 ^f | .336 | .270 | .2849446006 |

a. Predictors: (Constant), Ln(km)Ln(brige), Ln(steig), Ln(speed), Ln(ton), Ln(km), Ln(bridge)

b. Predictors: (Constant), Ln(km)Ln(brige), Ln(steig), Ln(speed), Ln(ton), Ln(bridge)

c. Predictors: (Constant), Ln(km)Ln(brige), Ln(steig), Ln(speed), Ln(ton)

d. Predictors: (Constant), Ln(km)Ln(brige), Ln(steig), Ln(speed)

e. Predictors: (Constant), Ln(km)Ln(brige), Ln(steig)

f. Predictors: (Constant), Ln(km)Ln(brige)

جدول ۴. جدول تحلیل واریانس

| ANOVA ^g | | | | | | |
|--------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|-------------------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .751 | 6 | .125 | 1.324 | .388 ^a |
| | Residual | .473 | 5 | .095 | | |
| | Total | 1.223 | 11 | | | |
| 2 | Regression | .751 | 5 | .150 | 1.907 | .227 ^b |
| | Residual | .473 | 6 | .079 | | |
| | Total | 1.223 | 11 | | | |
| 3 | Regression | .716 | 4 | .179 | 2.473 | .140 ^c |
| | Residual | .507 | 7 | .072 | | |
| | Total | 1.223 | 11 | | | |
| 4 | Regression | .644 | 3 | .215 | 2.968 | .097 ^d |
| | Residual | .579 | 8 | .072 | | |
| | Total | 1.223 | 11 | | | |
| 5 | Regression | .530 | 2 | .265 | 3.443 | .078 ^e |
| | Residual | .693 | 9 | .077 | | |
| | Total | 1.223 | 11 | | | |
| 6 | Regression | .412 | 1 | .412 | 5.069 | .048 ^f |
| | Residual | .812 | 10 | .081 | | |
| | Total | 1.223 | 11 | | | |

a. Predictors: (Constant), Ln(km)Ln(brige), Ln(steig), Ln(speed), Ln(ton), Ln(km), Ln(bridge)

b. Predictors: (Constant), Ln(km)Ln(brige), Ln(steig), Ln(speed), Ln(ton), Ln(bridge)

c. Predictors: (Constant), Ln(km)Ln(brige), Ln(steig), Ln(speed), Ln(ton)

d. Predictors: (Constant), Ln(km)Ln(brige), Ln(steig), Ln(speed)

e. Predictors: (Constant), Ln(km)Ln(brige), Ln(steig)

f. Predictors: (Constant), Ln(km)Ln(brige)

g. Dependent Variable: Cost

جدول ۵. تخمین ضرایب، استاندارد خطاها، مقادیر t

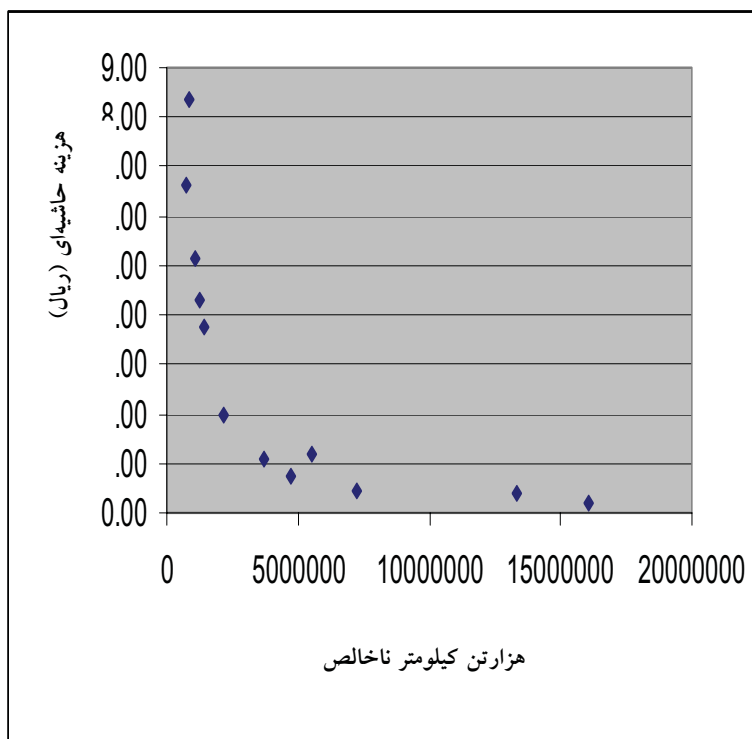
| Coefficients ^a | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 17.697 | 51.172 | | .346 | .744 |
| | Ln(ton) | .137 | .192 | .314 | .710 | .509 |
| | Ln(km) | .065 | 8.530 | .095 | .008 | .994 |
| | Ln(steig) | .524 | .377 | .692 | 1.389 | .223 |
| | Ln(speed) | .940 | 1.051 | .768 | .894 | .412 |
| | Ln(bridge) | .281 | 5.603 | .649 | .050 | .962 |
| | Ln(km)Ln(brige) | -.077 | .875 | -1.914 | -.087 | .934 |
| 2 | (Constant) | 18.083 | 4.517 | | 4.003 | .007 |
| | Ln(ton) | .136 | .172 | .313 | .793 | .458 |
| | Ln(steig) | .526 | .268 | .694 | 1.966 | .097 |
| | Ln(speed) | .946 | .691 | .773 | 1.369 | .220 |
| | Ln(bridge) | .239 | .361 | .551 | .662 | .533 |
| | Ln(km)Ln(brige) | -.070 | .042 | -1.748 | -1.653 | .149 |
| 3 | (Constant) | 20.102 | 3.193 | | 6.295 | .000 |
| | Ln(ton) | .161 | .161 | .369 | .997 | .352 |
| | Ln(steig) | .497 | .253 | .656 | 1.964 | .090 |
| | Ln(speed) | .608 | .448 | .497 | 1.359 | .216 |
| | Ln(km)Ln(brige) | -.044 | .017 | -1.109 | -2.680 | .032 |
| 4 | (Constant) | 22.657 | 1.906 | | 11.884 | .000 |
| | Ln(steig) | .349 | .205 | .461 | 1.703 | .127 |
| | Ln(speed) | .558 | .445 | .456 | 1.255 | .245 |
| | Ln(km)Ln(brige) | -.035 | .014 | -.877 | -2.564 | .033 |
| 5 | (Constant) | 24.838 | .810 | | 30.655 | .000 |
| | Ln(steig) | .236 | .190 | .312 | 1.242 | .246 |
| | Ln(km)Ln(brige) | -.023 | .010 | -.575 | -2.292 | .048 |
| 6 | (Constant) | 25.489 | .634 | | 40.194 | .000 |
| | Ln(km)Ln(brige) | -.023 | .010 | -.580 | -2.251 | .048 |

a. Dependent Variable: Cost

جدول ۶. میزان استفاده، هزینه‌های تخمینی، کثتش میزان استفاده و هزینه‌های نهایی ناشی از استفاده

از زیرساختار نواحی مختلف خطی در سال ۱۳۸۳

| (MC_i) هزینه نهایی (ریال) | هزینه تخمینی (\hat{C}_i) (ریال) | میزان استفاده (tkm_i) | ناحیه | β_i |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| ۰/۳۸ | ۳۱۶۰۷۷۴۰۸۴۳/۵۳ | ۱۳۳۱۷۷۴۴۶۲۳ | تهران | ۱ |
| ۴/۳۲ | ۳۳۷۸۴۲۱۶۷۸۵/۰۵ | ۱۲۶۰۳۸۳۴۳ | اراک | ۲ |
| ۵/۱۶ | ۳۴۸۲۸۷۵۱۹۴۱/۶۶ | ۱۰۸۶۴۳۹۲۹۰ | لرستان | ۳ |
| ۱/۹۹ | ۲۶۵۰۶۰۶۷۳۷۸/۸۲ | ۲۱۴۱۵۰۰۴۱۶ | جنوب | ۴ |
| ۰/۷۶ | ۲۲۴۸۸۳۵۸۱۵۶/۴۶ | ۴۷۵۷۰۴۶۳۰۰ | شمال شرق | ۵ |
| ۱/۱۹ | ۴۰۷۵۷۲۷۰۳۲۰/۰۰ | ۵۵۰۱۶۴۰۸۷۲ | خراسان | ۶ |
| ۳/۷۵ | ۳۲۴۸۵۵۹۳۸۳۹/۳۵ | ۱۳۹۶۱۷۷۸۳۶ | شمال غرب | ۷ |
| ۶/۶۱ | ۲۹۸۲۱۲۲۴۰۳۴/۹۹ | ۷۲۶۳۱۱۵۵۷ | آذربایجان | ۸ |
| ۸/۳۷ | ۴۳۲۷۵۱۹۲۵۰۰/۰۴ | ۸۳۲۳۱۵۰۷۴ | شمال | ۹ |
| ۱/۰۷ | ۲۴۶۴۱۸۸۲۱۸۹/۰۳ | ۳۷۰۴۵۲۱۲۰۵ | اصفهان | ۱۰ |
| ۰/۴۷ | ۲۱۱۳۷۵۰۴۱۵/۴۱ | ۷۲۶۲۹۸۴۸۴۲ | جنوب شرق | ۱۱ |
| ۰/۲۰ | ۱۹۶۸۰۹۷۸۰۶۵/۰۹ | ۱۶۰۷۸۵۸۸۷۸۰ | هرمزگان | ۱۲ |



نمودار ۱. رابطه بین هزینه نهایی و میزان استفاده از زیر ساختار راه آهن ایران

جدول ۷. مقایسه کشتش مربوط به میزان استفاده در مطالعات مربوط به رویکرد اقتصادی

| مطالعه | کشور - سال - مرجع | تخمین کشتش هزینه تناژ ناخالص عبوری | ملاحظات |
|------------------------------|---------------------|------------------------------------|--|
| Johansson and Nilsson | سوئد - ۱۹۹۸ - [۶] | ۰/۲۸ - ۰/۱۳ | تنها در خطوط اصلی |
| Tervonen and Idström | فنلاند - ۲۰۰۲ - [۸] | ۰/۱۳ - ۰/۰۸ | در تمامی خطوط تنها با ملاحظه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات |
| | | ۰/۳۲ - ۰/۲۷ | در تمامی خطوط با ملاحظه هزینه‌های نگهداری تعمیرات و نوسازی |
| Johansson and Nilsson | سوئد - ۲۰۰۴ - [۴] | ۰/۱۶۹ | در تمامی خطوط تنها با ملاحظه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات |
| Johansson and Nilsson | فنلاند - ۲۰۰۴ - [۴] | ۰/۱۶۷ | در تمامی خطوط تنها با ملاحظه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات |
| Munduch et.al., | اتریش - ۲۰۰۲ - [۵] | ۰/۱۰۵ | در تمامی خطوط تنها با ملاحظه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات |
| پژوهش حاضر | ایران - ۲۰۰۴ | ۰/۱۶۱ | در تمامی خطوط تنها با ملاحظه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات |

جدول ۸. مقایسه میانگین هزینه‌های نهایی به ازای هزار تن کیلومتر ناخالص در مطالعات مربوط به رویکرد اقتصادی

| مطالعه | کشور - سال - مرجع | تخمین هزینه نهایی بر حسب یورو به ازای هر هزار تن کیلومتر ناخالص | ملاحظات |
|------------------------------|---------------------|---|--|
| Johansson and Nilsson | سوئد - ۱۹۹۸ - [۶] | ۰/۳۲ | تنها در خطوط اصلی |
| Tervonen and Idström | فنلاند - ۲۰۰۲ - [۸] | ۰/۱۴ | در تمامی خطوط تنها با ملاحظه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات |
| | | ۱/۲۳ | در تمامی خطوط با ملاحظه هزینه‌های نگهداری تعمیرات و نوسازی |
| Johansson and Nilsson | سوئد - ۲۰۰۴ - [۴] | ۰/۱۳ | در تمامی خطوط تنها با ملاحظه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات |
| Johansson and Nilsson | فنلاند - ۲۰۰۴ - [۴] | ۰/۲۴ | در تمامی خطوط تنها با ملاحظه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات |
| Munduch et.al., | اتریش - ۲۰۰۲ - [۵] | ۰/۵۵ | در تمامی خطوط تنها با ملاحظه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات |
| پژوهش حاضر | ایران - ۲۰۰۴ | ۰/۱۲ | در تمامی خطوط تنها با ملاحظه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات |

توجه ویژه‌ای به این مهم داشته باشند. همچنین لزوم انجام تحقیقاتی جامع در به دست آوردن توابع هزینه‌ای مناسب برای شرایط راه آهن ایران به عنوان یکی دیگر از نیازمندی‌های اساسی در پیش بینی هزینه‌های زیرساختاری و انجام برنامه‌ریزی‌های صحیح، هر چه بیشتر احساس می‌شود.

۶. منابع

1. Nash, C. and Matthews, B. (2002) "British rail infrastructure case study", Annex A4: Unification of accounts and marginal costs for transport efficiency, Leeds: University of Leeds.
2. European Union (2001) "Directive 2001/14/EC of the European Parliament and of the Council of 26 February 2001 on the Allocation of Railway Infrastructure Capacity and the Levying of Charges for the Use of Railway Infrastructure and Safety Certification", Brussels.
3. Thomas, J. (2002) "EU task force on rail infrastructure charging: summary findings on best practice in marginal cost pricing", Third Seminar of the Imprint - Europe Thematic Network: Implementing reform on transport pricing: constraints and solutions; learning from best practice, Brussels, 23rd - 24th October 2002.
4. Johansson, P. and Nilsson, J.E. (2004) "An economic analysis of track maintenance costs" Transport Policy, 11, pp. 277-286.
5. Munduch, G., Pfister, A., Sögner, L. and Stiassny, A. (2002) "Estimating marginal costs for the Austrian railway system", Working Paper No. 78, February, Vienna: University of Economics and Business Administration.
6. Johansson, P., Nilsson, J.E. (1998) "Marginalkostnad för banslitage", CTS/T and S Working Papers 7. (in Swedish language)
7. Berndt, E., Christensen, L. (1972) "The translog function and the substitution of equipment, structures and labor in US

جدول فوق نشان می‌دهد که در مطالعاتی که در آنها تابع هزینه تنها شامل هزینه‌های نگهداری است، هزینه‌های نهایی به ازای هر هزار تن کیلومتر ناخالص از ۰/۱۳ یورو (سوند) تا ۰/۵۵ یورو (اتریش) تغییر می‌کند. تنها مورد فنلاند در سال ۲۰۰۲ است که شامل هزینه‌های جایگزینی نیز می‌شود. در این مورد میانگین هزینه نهایی بسیار بزرگ‌تر از دیگر موارد یاد شده است. بنابراین مورد فنلاند نشان می‌دهد که هزینه‌های جایگزینی تأثیری مهم در هزینه‌های نهایی دارند.

۵. نتیجه‌گیری

این مقاله تحلیلی اقتصادی از هزینه‌های تعمیرات و نگهداری زیرساختار راه آهن ایران را با هدف به دست آوردن هزینه‌های نهایی استفاده از زیرساختار ارایه می‌کند. تحلیل بر پایه داده‌های سال ۱۳۸۳ که به تفکیک نواحی ۱۲ گانه راه آهن ایران تهیه شده، انجام پذیرفته است. بر پایه نتایج حاصل، هزینه نهایی ناشی از استفاده کل شبکه راه آهن ایران برای سال ۱۳۸۳ برابر ۱/۰۱۱ ریال به ازای یک تن کیلومتر ناخالص و یا به عبارتی ۱۰۰۱ ریال به ازای هزار تن کیلومتر ناخالص محاسبه شد. البته این اعداد به تفکیک نواحی مختلف نیز محاسبه شده‌اند که در آنها ناحیه شمال با هزینه ۸/۳۷ و ناحیه هرمزگان با هزینه ۰/۲۰ به ترتیب بیشترین و کمترین هزینه‌های نهایی را به ازای عبور یک تن کیلومتر ناخالص به دست دادند.

محاسبه هزینه‌های نهایی و بکارگیری آن یک پروژه زمان‌بر و درعین حال نیازمند صرف هزینه‌های زیادی است، مهم‌ترین هزینه در این بخش هزینه‌های مربوط به ایجاد پایگاههای داده‌ای دقیق و بهنگام است چنان که دقت در نتایج حاصل ارتباط مستقیمی به دقت و جزئی بودن اطلاعات مربوطه دارد، به این ترتیب مهم‌ترین پیشنهادی که در خاتمه این تحقیق می‌توان به آن اشاره کرد، این است که با توجه به سیاستهای دولت ایران مبنی بر آزادسازی صنعت راه آهن از انحصار دولتی، به عنوان اولین و مهم‌ترین اقدام در این مسیر توجه هر بیشتر به ساماندهی سیستمهای اطلاعاتی و ثبت‌های مالی و تغییر رویکرد جمع‌آوری و ثبت اطلاعات از رویکرد ناحیه‌ای به رویکرد بلاکی شود که در آن برای به دست آوردن اطلاعات جزئی شده که نه تنها در محاسبه هزینه‌های نهایی بلکه در بسیاری موارد دیگر منشاء سودمندی فراوان خواهد شد، دست اندرکاران امر می‌توانند

۹. سالنامه‌های آماری شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران
(www.rail.ir)

manufacturing, 1929–1968", *Journal of Econometrics*, 1, pp. 81–114.

۱۰. گزارشات عملکرد واحد برنامه ریزی و کنترل پروژه اداره کل خط راه آهن جمهوری اسلامی ایران: "اعتبارات تعمیرات و نگهداری جاری زیرساختار نواحی مختلف راه آهن".

8. Tervonen, J. T. Idström, T. (2004) "Marginal rail infrastructure costs in Finland 1997 – 2002", Helsinki: Finnish Rail Administration, Publication A 6..

Estimating Marginal Costs for the Infrastructure of Iranian Railway Network using an Econometric Approach

K. Ghoseiri, Assistant Professor, Department of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

F. Jalilvand, B.Sc. Graduate, Department of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

E-mail: ghosieri@iust.ac.ir

ABSTRACT

The additional costs generated when an additional train uses the Railway infrastructure is defined as the marginal cost of usage of the network. This index can be divided into five main types: use-related infrastructure wear and tear costs, congestion costs, scarcity costs, external accident costs and environmental costs. Wear and tear of railway track is caused by a combination of usage-related and environmental-related damage. Use-related wear and tear costs are that proportion of the inspection, maintenance and renewal costs which result from trains using, and hence causing damage to, the track.

The main goal for this research is estimating the marginal costs for utilizing the Infrastructure of Iranian Railway Network. As an important economical index in rail operations, the marginal cost can be applied to determine infrastructure access charge as well as the freight and passenger tariffs in Iranian railway transportation. In this research, we focus on use-related wear and tear costs for Railway infrastructure marginal cost. This research identifies the variables transported grass-ton, maximum track slope, and maximum line speed as the principal cost determinant and based on the five years averaging of track maintenance cost observations of the twelve Iranian rail sections during the years from 2000 to 2004 cost elasticity with respect to grass-tons is 0.161 and the marginal cost equals to 0.12 Euro per thousands grass-tons. In this research it is assumed that marginal cost doesn't change with increase in length of lines.

This paper is organized as follows: section 1 presents an introduction to marginal cost and its role on the privatization as well as access pricing of the networked infrastructures. Section 2 reviews models and approaches to estimate marginal cost. In this section, a definition for marginal cost of utilization of the railway infrastructure network is presented. Section 3 illustrates the data structure that is used for modeling the Iranian railway network. The identified model and causal variables contributing in the Marginal cost estimation of Iranian railway network is presented in section 4 of the paper. This section includes a comprehensive review of the cost functions adopted by Austria, Sweden, and Finland Railways. Pitfalls and strengths of the fun cost functions are investigated and results for Iranian Railway network is compared with those of the selected countries.

Section 5 concludes the paper and consist of some suggestion for further researches.

Keywords: Marginal cost, railway infrastructure, cost function; cost elasticity, wear and tear costs.