

# بررسی فنی و اقتصادی رویکردهای مرمت و بهسازی روسازی بر مصرف سوخت وسایل نقلیه

منصور فخری<sup>۱\*</sup>، ابراهیم شورمیج<sup>۲</sup>

۱- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- کارشناس ارشد مهندسی راه و ترابری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

fakhri@kntu.ac.ir\*

تاریخ دریافت: [۱۳۹۲/۱/۱۵]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۳/۳/۱]

**چکیده-** مصرف سوخت وسایل نقلیه، یکی از پارامترهای مهم در تحلیل هزینه‌های چرخه عمر روسازی است. عواملی مانند نوع وسیله نقلیه، وضعیت سطحی روسازی و... بر مصرف سوخت و هزینه‌های چرخه عمر روسازی تاثیرگذار است. هدف از این پژوهش، بررسی تاثیر رویکردهای مختلف نگهداری و بهسازی روسازی در دوره تحلیل ده سال، بر مصرف سوخت و هزینه‌های مصرف سوخت وسایل نقلیه با استفاده از نرم‌افزار HDM-4 است. به این منظور تاثیر رویکردهای مرمت و بهسازی بر هزینه‌های مصرف سوخت وسایل نقلیه در ۱۱۷۰ کیلومتر از راه‌های شریانی استان خوزستان، ارزیابی شد. در این پژوهش هر یک از رویکردهای مرمت و نگهداری روسازی، به صورت جداگانه به عنوان رویکرد نگهداری، در دوره طرح، مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفتند. در رویکرد نگهداری اساسی، فرض شد پس از اجرای عملیات بهسازی، مقدار IRI به ۱/۵ متر بر کیلومتر برسد که مطابق رده‌بندی HDM-4 در محدوده خوب قرار دارد. با توجه به نتایج، با در نظر گرفتن نگهداری روزمره (درزگیری و لکه‌گیری)، تغییری در کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه مشاهده نشد. ولی با اعمال نگهداری اساسی، مصرف سوخت وسایل نقلیه در دوره طرح روسازی کم شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که با اجرای نگهداری اساسی در زمان مناسب، صرفه‌جویی زیادی در مصرف سوخت وسایل نقلیه به دست می‌آید.

**واژگان کلیدی-** مصرف سوخت، وضعیت سطحی روسازی، مرمت و بهسازی روسازی، HDM-4.

## ۱- مقدمه

ارزیابی هزینه ساخت و نگهداری راه و هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه<sup>۱</sup> (VOC) در مدیریت روسازی راه، ضروری است. هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه شامل هزینه‌های

مصرف سوخت<sup>۲</sup>، تصادفات، مصرف روغن موتور، هزینه نگهداری و استهلاک وسایل نقلیه و ... است که بیشتر به-وسیله‌ی کاربران راه پرداخت می‌شود. مصرف سوخت

1 Vehicle Operating Costs

2 Fuel consumption costs

انجام شده در زمینه تاثیر وضعیت سطحی روسازی بر مصرف سوخت، آزمایش‌هایی است که در انستیتو ملی تحقیقات راه و ترافیک سوئد<sup>۱۱</sup> در زمینه تاثیر وضعیت سطحی روسازی بر مصرف سوخت وسایل نقلیه انجام شده است و نتایج این بررسی در ASTM STP 1031 در سال ۱۹۹۰ منتشر شده است. در این آزمایش از خودروی سواری مخصوصی با سرعت‌های ثابت ۵۰، ۶۰ و ۷۰ کیلومتر بر ساعت، بیش از ۲۰ آزمایش روی روسازی با ناهمواری مختلف انجام شد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد ارتباط روشنی بین مصرف سوخت و ناهمواری روسازی وجود دارد و روسازی‌های ناهموار ممکن است تا ۱۲٪ مصرف سوخت وسایل نقلیه را نسبت به روسازی‌های هموار افزایش دهند. همچنین در محدوده آزمایش انجام شده، مقدار مصرف سوخت وسایل نقلیه ممکن است حتی تا ۱۲٪ تحت تاثیر ویژگی‌های سطحی روسازی باشد [۳]. در هلند در زمینه مصرف سوخت، آزمایش‌هایی روی روسازی‌های مختلف با استفاده از خودرو سواری Volvo V70 به همراه دو مسافر با سرعت ثابت ۹۰ کیلومتر بر ساعت در مقطع مورد مطالعه، انجام شد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد، وضعیت سطحی روسازی راه به خصوص عوامل موثر بر ناهمواری روسازی (مثل کیفیت ساخت و نگهداری راه) بیشترین تاثیر را بر مصرف سوخت دارند و انتظار می‌رود تغییرات در مصرف سوخت در شرایط مختلف از نظر ناهمواری روسازی تا ۱۰٪ باشد [۴]. در آمریکا هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه سنگین قبل و بعد از انجام عملیات بهسازی روسازی بررسی شد. داده‌های به دست آمده، تا ۱۰٪ کاهش را در متوسط IRI<sup>۱۲</sup> بعد از انجام عملیات بهسازی نشان می‌دهند، همچنین کاهش IRI باعث کاهش مقدار مصرف سوخت وسایل نقلیه سنگین شد. مطابق نتایج، در شرایط ایده‌آل مصرف سوخت خودروهای

وسایل نقلیه، مهم‌ترین بخش از هزینه‌های چرخه عمر<sup>۳</sup> روسازی است و به طور معمول بین ۲۰ تا ۴۰ درصد از کل هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه را تشکیل می‌دهد [۱]. بنابراین استفاده از راهکارهایی برای کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه، نقش مهمی در کاهش هزینه‌های چرخه عمر روسازی دارد. یک راهکار برای کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه، بهبود وضعیت سطحی روسازی<sup>۴</sup> با استفاده از گزینه‌های مرمت و بهسازی است. ناهمواری<sup>۵</sup>، مقاومت لغزندگی<sup>۶</sup> و خرابی‌های موجود در سطح روسازی از جمله مولفه‌های مربوط به وضعیت سطحی روسازی است. استفاده از رویکردهای نگهداری روسازی در زمان مناسب، علاوه بر بهبود وضعیت ظاهری روسازی، باعث کاهش هزینه‌های عملیاتی و مصرف سوخت وسایل نقلیه می‌شوند. به همین منظور در این پژوهش از نرم‌افزار HDM-4<sup>۷</sup> برای تحلیل مصرف سوخت و هزینه‌های مصرف سوخت وسایل نقلیه در شبکه راه‌های استان خوزستان در دوره طرح ۱۰ سال روسازی استفاده شده است. نرم‌افزار HDM-4 یکی از نرم‌افزارهای کاربردی در زمینه مدیریت، نگهداری و ارزیابی وضعیت روسازی می‌باشد که به وسیله بانک جهانی<sup>۸</sup> توسعه یافته است.

## ۲- پیشینه تحقیق

طبق گزارش انجمن اداره بزرگراه‌های آمریکا<sup>۹</sup> (AASHTO)، راه‌ها با وضعیت روسازی ضعیف، سالیانه حدود ۷۶/۸ میلیارد دلار هزینه اضافی به هزینه‌های حمل و نقل وارد می‌کنند. این هزینه‌ها به دلیل آثار متقابل<sup>۱۰</sup> بین وسایل نقلیه و روسازی راه است [۲]. از جمله مطالعات

3 Life cycle costs

4 Pavement surface condition

5 Roughness

6 Skid resistance

7 Highway Development and Management

8 World bank

9 American Association of State Highway Officials

10 Interaction

11 Swedish Road and Traffic Research Institute

12 International Roughness Index

کد شاخه	نام شاخه	تعداد قطعات همگن	طول شاخه
KZ01	اهواز- پل زال	۱۰	۳۲۵/۸
KZ02	اهواز- آبادان	۴	۱۹۹/۱
KZ03	اهواز- بهبهان	۱۴	۲۷۰/۸
KZ04	اهواز- سوسنگرد	۵	۷۶/۹
KZ05	اهواز- شلمچه	۳	۱۲۲/۸
KZ06	سه راهی هفتگل- دهدز	۵	۱۷۳/۱

### ۳-۲- ناوگان حمل و نقل

داده‌های ناوگان حمل و نقل شامل مشخصات وسایل نقلیه موجود در شبکه راه است. ترکیب ناوگان حمل و نقل و میزان تردد هر کدام از وسایل نقلیه، بر اساس آمار ترافیک مکانیزه آبان ماه سال ۱۳۸۷ راه‌های استان خوزستان است که از سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای گرفته شد. جدول ۲ اطلاعات مربوط به ناوگان حمل و نقل و مشخصات هر دسته از وسایل نقلیه است. در این پژوهش دوره طرح ۱۰ سال (از سال ۲۰۱۲ تا سال ۲۰۲۱) تعیین و محاسبات ترافیک نیز برای دوره طرح ۱۰ سال از شروع دوره طرح یعنی سال ۲۰۱۲ با استفاده از داده‌ها انجام شد. اطلاعات مربوط به محور استاندارد ۸/۲ تنی از آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران (نشریه شماره ۲۳۴) اخذ شده است. محاسبات مربوط به کیلومتر و ساعات کارکرد سالیانه بر اساس سالنامه آماری سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای سال ۱۳۸۹ است. با توجه به اینکه در هر دسته از وسایل نقلیه، خودروهای زیادی موجود است و در نظر گرفتن انواع خودروها در نرم‌افزار HDM-4 کار دشواری است به همین منظور در هر دسته از وسایل نقلیه یک خودرو به عنوان نماینده آن دسته انتخاب و مشخصات آن در نرم‌افزار وارد شد.

سنگین در روسازی هموار ۵/۴٪ به ازای هر کیلومتر، کمتر از روسازی ناهموار قبل از اجرای بهسازی روسازی است [۵].

### ۳- نرم‌افزار HDM-4

این نرم‌افزار به منظور تحلیل، به یک سری داده‌های ورودی نیاز دارد؛ داده‌های ورودی به چهار قسمت اصلی شامل شبکه راه‌ها<sup>۱۳</sup>، ناوگان حمل و نقل<sup>۱۴</sup>، استانداردهای مرمت و بهسازی<sup>۱۵</sup> و پیکربندی<sup>۱۶</sup> HDM-4 (تعریف معیارهای استاندارد برای هر کدام از متغیرهای موجود در نرم‌افزار) تقسیم می‌شود. داده‌های ورودی در این پژوهش مربوط به شبکه راه‌های شریانی استان خوزستان است.

### ۳-۱- شبکه راه

شبکه راه‌ها از واحدهای اساسی تحلیل در نرم‌افزار HDM-4 محسوب می‌شوند و شامل چندین شاخه<sup>۱۷</sup> و هر شاخه شامل قطعات همگنی<sup>۱۸</sup> از راه به لحاظ شرایط روسازی و ترافیک است. در این بررسی، برداشت داده‌های مربوط به شبکه راه‌های استان خوزستان به وسیله‌ی شرکت مادر تخصصی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک انجام شد. پس از بررسی، شبکه راه‌ها به ۶ شاخه اصلی و از لحاظ نوع راه و ترافیک، به ۴۱ قطعه همگن تقسیم شد. به هر کدام از شاخه‌ها یک کد اختصاری اختصاص داده شد (KZ مخفف استان خوزستان است). جدول ۱ مشخصات مربوط به شاخه‌ها، تعداد قطعات همگن و طول هر شاخه را نشان می‌دهد.

جدول (۱) مشخصات شبکه راه‌های استان خوزستان

کد شاخه	نام شاخه	تعداد قطعات همگن	طول شاخه

- 13 Road networks
- 14 Vehicle fleets
- 15 Work standards
- 16 Configuration
- 17 Branch
- 18 Sections

جدول (۲) مشخصات ناوگان حمل و نقل

نوع وسیله نقلیه	خودروی انتخابی	تعداد محور	تعداد چرخ	وزن ناخالص (تن)	محور استاندارد ۸/۲ تنی	کیلومتر سالیانه	ساعات کارکرد سالیانه
خودروی شخصی	Pride saba	۲	۴	۱	۰/۰۰۰۷۶	۲۰۰۰۰	۲۸۶
وانت	Mazda B2000i	۲	۴	۲/۵	۰/۰۰۳۹۸	۲۰۰۰۰	۲۸۶
مینی بوس	Iveco PY-6700	۲	۶	۶/۵	۰/۰۳۶۸	۱۷۰۰۰	۲۴۲
اتوبوس	Volvo B12	۲	۶	۹	۰/۳۱۸۴	۱۸۰۰۰۰	۲۵۷۱
کامیونت	Renault Midlum 4*2	۲	۶	۵/۱	۰/۰۷۶۸	۲۴۰۰۰۰	۳۴۲۸
کامیون ۲ محور	Volvo FM11(4*2)	۲	۶	۱۹/۵	۶/۴۱	۲۴۰۰۰۰	۳۴۲۸
کامیون ۳ محور	Volvo FH12(6*4)	۳	۱۰	۲۶	۳/۴۱	۲۴۰۰۰۰	۳۴۲۸
کامیون ۵ محور	Volvo FH12(6*4)+Trailer	۵	۱۸	۴۰	۳/۸۷	۲۴۰۰۰۰	۳۴۲۸

### ۳-۳- رویکردهای مرمت و نگهداری

بخش مهمی از داده‌های ورودی به نرم‌افزار HDM-4، گزینه‌های مرمت و نگهداری روسازی است. در این نرم‌افزار، هر استاندارد نگهداری متشکل از چند فعالیت ترمیم و نگهداری و معیار مداخله (برای تعیین زمان اجرای هر فعالیت ترمیم و نگهداری) است. رویکردهای مرمت و نگهداری معرفی شده به نرم‌افزار HDM-4، شامل رویکردهای نگهداری روزمره و نگهداری اساسی است. این رویکردها به صورت مستقل در نظر گرفته شده‌اند. رویکردهای مرمت و نگهداری تعریف شده در نرم‌افزار HDM-4 مطابق جدول ۳ است.

### ۳-۴- داده‌های آب و هوا

رده‌بندی مناطق آب و هوایی در نرم‌افزار HDM-4 بر اساس مولفه‌های دما و رطوبت است. در این پژوهش، اطلاعات آب و هوا مربوط به ایستگاه هواشناسی اهواز است که از سایت اداره کل هواشناسی استان خوزستان گرفته شده است. با مقایسه داده‌های آب و هوا با استانداردهای

نرم‌افزار، استان خوزستان از لحاظ موقعیت آب و هوایی در منطقه گرم و خشک قرار می‌گیرد.

جدول (۳) رویکردهای مرمت و بهسازی در HDM-4

نوع مداخله	کد اختصاری در HDM-4	نوع رویکرد تعمیر و نگهداری
عکس‌العملی	KZ1R: Routine Maintenance	نگهداری روزمره (درزگیری و لکه‌گیری)
عکس‌العملی	KZ2R: Single surface dressing	روکش نازک یک لایه‌ای
عکس‌العملی	KZ3R: 50 mm Overlay	روکش ۵ سانتی‌متر
عکس‌العملی	KZ4R: 100 mm Overlay	روکش ۱۰ سانتی‌متر
عکس‌العملی	KZ5R: Reconstruction	بازسازی روسازی

## ۴- ناهمواری

ناهمواری، یک شاخص مهم برای بیان وضعیت روسازی راه است و به بی‌نظمی‌های سطح روسازی در محدوده طول موج بین ۰/۵ تا ۵۰ متر گفته می‌شود. ناهمواری روسازی به سبب افزایش مقاومت غلتشی، باعث اتلاف انرژی در سیستم تعلیق وسیله نقلیه می‌شود که نقش مهمی در افزایش هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه و هزینه‌های مرتبط با حمل و نقل دارد [۶].

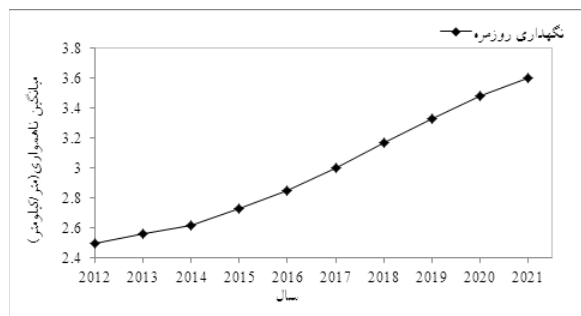
در این پژوهش، هر کدام از رویکردهای جدول ۳ به صورت جداگانه به عنوان رویکرد نگهداری روسازی در دوره طرح ده ساله در نظر گرفته شد. ناهمواری، پس از اجرای گزینه‌های بهسازی روسازی، ۱.۵ متر بر کیلومتر در نظر گرفته شد که مطابق رده‌بندی HDM-4 در محدوده خوب قرار دارد. با توجه به تعدد قطعات، نتایج تحلیل برای قطعه کمربندی رامهرمز ارائه شده است. این قطعه به طول ۶/۴ کیلومتر در شاخه اهواز- بهبهان قرار دارد.

### ۴-۱- نگهداری روزمره (درزگیری و لکه‌گیری)

شکل ۱، ناهمواری روسازی را با در نظر گرفتن نگهداری روزمره (درزگیری و لکه‌گیری) به عنوان تنها رویکرد نگهداری، در دوره طرح روسازی، نشان می‌دهد.

در رویکرد نگهداری روزمره، به تشخیص نرم‌افزار در سال‌های ۲۰۱۹، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ نگهداری روزمره از نوع درزگیری اعمال شده است و هزینه اجرای آن ۱۵۳۵۵۷۴۰۰ ریال است. با توجه به شکل ۱، مقدار IRI در دوره طرح در حال افزایش است به طوری که IRI از ۲/۵ متر بر کیلومتر در ابتدای دوره طرح به ۳/۶ متر بر کیلومتر در انتهای دوره طرح رسیده است. به عبارت دیگر رویکرد نگهداری روزمره تاثیری در کاهش ناهمواری در دوره طرح روسازی نداشته است. مطابق شکل ۱ در رویکرد نگهداری روزمره روند افزایش ناهمواری در هر سال تقریباً یکسان است و روند خطی دارد. بنابراین رویکرد نگهداری روزمره، باعث بهبود

شاخص IRI نشده است و مقدار این شاخص در سال‌های دوره طرح در حال افزایش است.



شکل (۱) تاثیر رویکرد نگهداری روزمره بر ناهمواری روسازی در محور کمربندی رامهرمز

### ۴-۲- روکش نازک یک لایه‌ای

شکل ۲ ناهمواری روسازی را با در نظر گرفتن روکش نازک به عنوان تنها رویکرد نگهداری در دوره طرح ۱۰ سال روسازی نشان می‌دهد.

رویکرد روکش نازک تک لایه، در سال ۲۰۱۸ به تشخیص نرم‌افزار اعمال شده است و هزینه اجرای آن ۱۳۳۶۳۴۶۲۰۰ ریال است. با توجه به شکل ۲، مقدار IRI از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۸ در حال افزایش است اما پس از اعمال روکش نازک یک لایه‌ای، IRI کاهش یافته و به ۱/۵ متر بر کیلومتر رسیده است و در پایان دوره طرح نیز ۱/۶ متر بر کیلومتر است. به عبارت دیگر، در سال‌های پس از اجرای روکش نازک، IRI از لحاظ رده‌بندی HDM-4 در محدوده خوب قرار دارد.

### ۴-۳- روکش ۵ سانتی‌متر

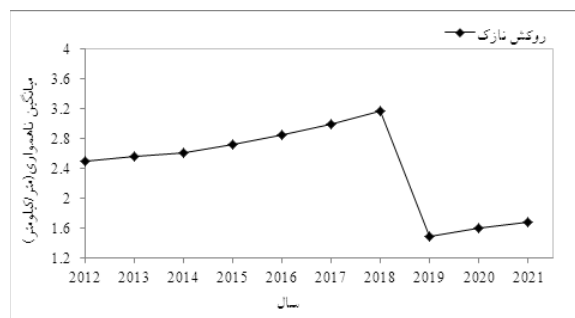
شکل ۳ ناهمواری روسازی را در دوره طرح با در نظر گرفتن روکش ۵ سانتی به عنوان تنها رویکرد نگهداری روسازی، نشان می‌دهد. مطابق شکل ۳ با وجود اینکه، رویکرد روکش در دوره طرح در نظر گرفته شده است ولی با این حال، ناهمواری روسازی از ۲/۵ متر بر کیلومتر در ابتدای دوره طرح به ۳/۶ متر بر کیلومتر در پایان دوره طرح رسیده است. علت این است که به دلیل نرسیدن وضعیت ظاهری روسازی به سطح مداخله، به تشخیص نرم‌افزار،

## ۵- مصرف سوخت وسایل نقلیه

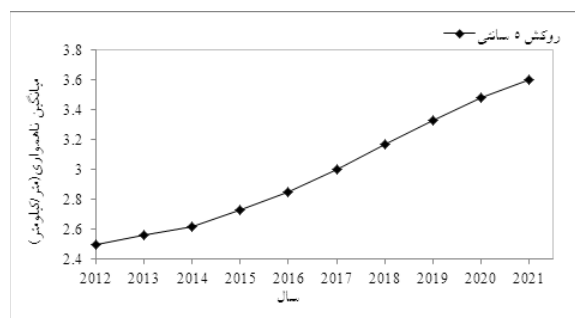
نمودارهای میزان مصرف سوخت وسایل نقلیه (خودروی سواری، وانت، مینی بوس، کامیونت، اتوبوس، کامیون دو محور سنگین، کامیون سه محور و کامیون پنج محور) برای هر کدام از رویکردها شامل نگهداری روزمره (درزگیری و لکه گیری)، روکش نازک تک لایه ای، روکش ۵ سانتی متر، روکش ۱۰ سانتی متر و بازسازی روسازی در شکل ۴ ترسیم شده است. نمودار A در شکل ۴ مصرف سوخت وسایل نقلیه، با در نظر گرفتن نگهداری روزمره، روکش ۵ و ۱۰ سانتی و بازسازی روسازی است. همان گونه که مشاهده می شود با در نظر گرفتن نگهداری روزمره به عنوان رویکرد نگهداری روسازی تغییری در مصرف سوخت وسایل نقلیه مشاهده نشد. به عبارت دیگر نگهداری روزمره تاثیری بر کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه نداشت. همچنین در محور کمربندی رامهرمز به دلیل مناسب بودن وضعیت روسازی به لحاظ خرابی و ناهمواری، به تشخیص نرم افزار رویکردهای روکش و بازسازی روسازی اعمال نشده است. بنابراین در این محور، نمودار مصرف سوخت وسایل نقلیه برای این رویکردها بر نمودار مصرف سوخت، برای حالتی که نگهداری روزمره اعمال شود هماهنگ است. بنابراین تغییری بر کاهش مصرف سوخت مانند رویکرد نگهداری روزمره مشاهده نشد.

همچنین نمودار B در شکل ۴ بیانگر مصرف سوخت وسایل نقلیه با در نظر گرفتن روکش نازک به عنوان رویکرد نگهداری روسازی است. همان گونه که در شکل ۴ مشاهده می شود با در نظر گرفتن روکش نازک به عنوان رویکرد نگهداری روسازی، با رسیدن روسازی به سطح مداخله این رویکرد در سال ۲۰۱۸ اعمال شد. پس از اعمال روکش نازک، مصرف سوخت وسایل نقلیه کاهش یافته است. بنابراین اعمال رویکردهای مناسب بهسازی روسازی در زمان مناسب بر کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه تاثیرگذار است.

روکش ۵ سانتی متری به روسازی اعمال نشده است و ناهمواری در دوره طرح روسازی در حال افزایش است. بنابراین به دلیل اجرا نشدن روکش، هزینه اجرای این رویکرد در دوره طرح روسازی، صفر خواهد بود. با حالتی که هیچ گزینه نگهداری اعمال نشود، با هم یکسان است.



شکل (۲) تاثیر رویکرد روکش نازک بر ناهمواری روسازی در محور کمربندی رامهرمز



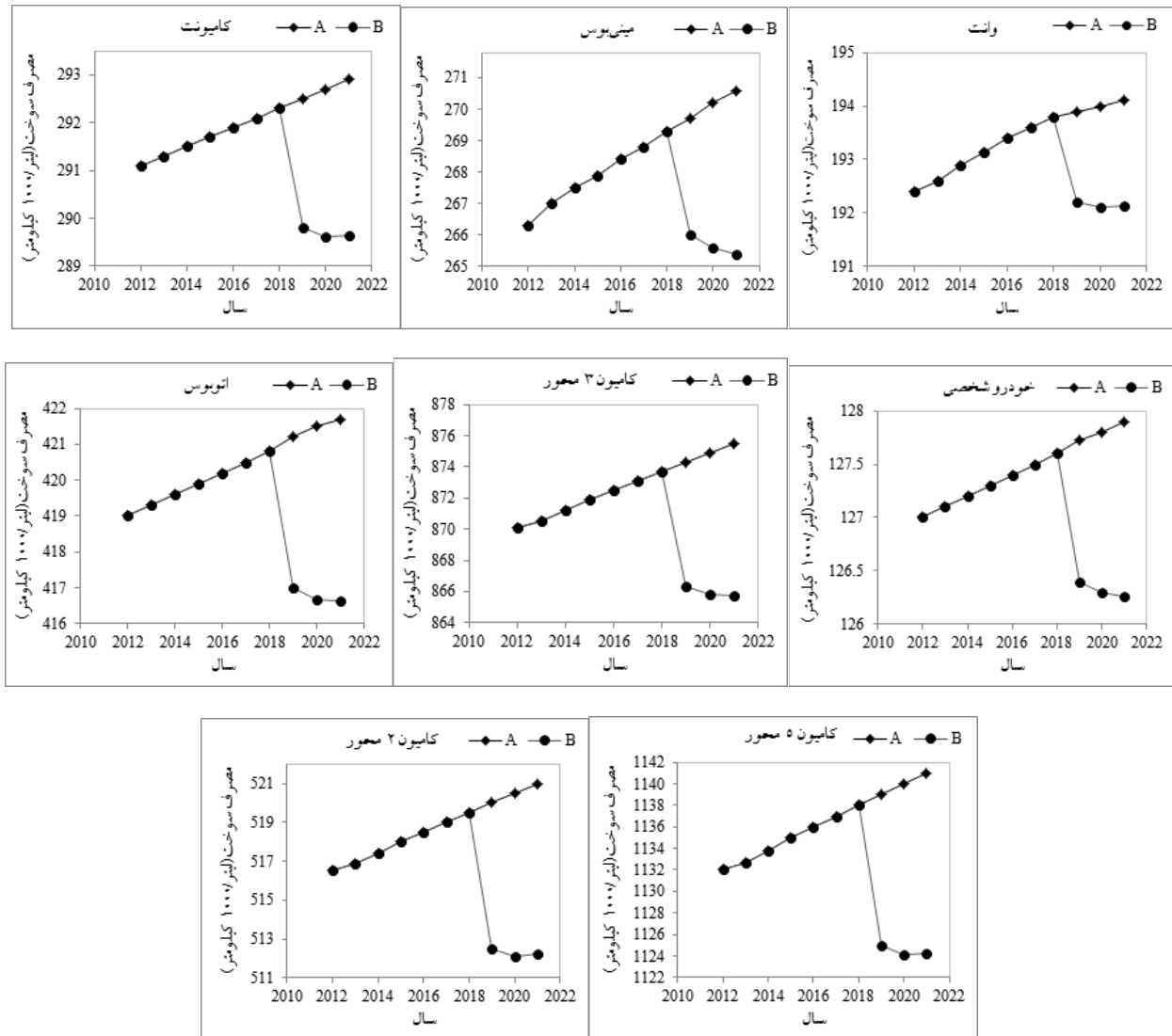
شکل (۳) تاثیر رویکرد روکش ۵ سانتی بر ناهمواری روسازی در محور کمربندی رامهرمز

## ۴-۴- روکش ۱۰ سانتی متر

نمودار ناهمواری روسازی برای این رویکرد در دوره طرح ۱۰ سال، به دلیل نرسیدن وضعیت روسازی به سطح مداخله، مشابه شکل ۳ است. بنابراین هزینه اجرای این رویکرد نیز در دوره طرح روسازی صفر خواهد بود.

## ۴-۵- بازسازی روسازی

نمودار ناهمواری روسازی در دوره طرح، با در نظر گرفتن این رویکرد، مشابه شکل ۳ است و هزینه اجرای بازسازی روسازی برابر صفر است.



شکل (۴) نمودار مصرف سوخت وسایل نقلیه برای رویکردهای مختلف نگهداری روسازی

## ۶- مقایسه تاثیر رویکردهای مرمت و نگهداری

### بر هزینه‌های مصرف سوخت وسایل نقلیه

همان گونه که در شکل ۴ مشاهده شد پس از اعمال روش نازک تک لایه‌ای مصرف سوخت وسایل نقلیه کاهش یافت. جدول ۴ هزینه اجرای رویکردهای نگهداری روسازی و صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از اجرای آن را برای کل وسایل نقلیه موجود در محور کمربندی رامهرمز، نسبت به نگهداری روزمره در دوره تحلیل ۱۰ سال نشان می‌دهد.

همان گونه که در نمودارهای شکل ۴ مشاهده می‌شود یکی از موارد مهم در کاهش هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه پس از اعمال رویکردهای نگهداری، انتخاب رویکردهای نگهداری، با توجه به شرایط موجود روسازی محور می‌باشد. به عنوان نمونه در نظر گرفتن رویکرد بازسازی روسازی با توجه به وضعیت سطحی مناسب محور کمربندی رامهرمز، گزینه نگهداری درستی نیست.

قابل ملاحظه است. این صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از کاهش مصرف سوخت، به دلیل بهبود وضعیت ظاهری و ناهمواری روسازی است.



شکل (۵) هزینه اجرای رویکردهای مرمت و بهسازی



شکل (۶) صرفه‌جویی حاصل از کاهش مصرف سوخت

در محور کمربندی رامهرمز صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه در اثر اعمال دوکش نازک تک لایه‌ای بیشتر است. چون با در نظر گرفتن این رویکرد به عنوان رویکرد نگهداری اساسی، با رسیدن

جدول (۴) صرفه‌جویی اقتصادی در مصرف سوخت

رویکردهای مرمت و نگهداری	هزینه اجرا (میلیارد ریال)	صرفه‌جویی در مصرف سوخت در دوره طرح (میلیارد ریال)
نگهداری روزمره	۰/۱۵	-
روکش نازک تک لایه	۱/۳۴	۶/۳۰
روکش ۵ سانتی‌متر	۰/۰۰	۰/۰۰
روکش ۱۰ سانتی‌متر	۰/۰۰	۰/۰۰
بازسازی روسازی	۰/۰۰	۰/۰۰

شکل ۵ نمودار هزینه اجرا رویکردهای مرمت و نگهداری روسازی و شکل ۶ صرفه‌جویی اقتصادی حاصل از کاهش مصرف سوخت کل وسایل موجود در محور کمربندی رامهرمز را در دوره طرح ۱۰ سال نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۵ و ۶ در رویکرد دوکش نازک، هزینه اجرا ۱/۳ میلیارد ریال و صرفه‌جویی اقتصادی حاصل از کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه ۶/۳ میلیارد ریال می‌باشد. بنابراین در این محور با اجرای به موقع دوکش نازک، صرفه‌جویی اقتصادی حاصل از کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه تقریباً ۵ برابر هزینه اجرای دوکش نازک می‌باشد. در سایر رویکردها به دلیل نرسیدن خرابی‌های روسازی به سطح مداخله، این رویکردها اجرا نشده است و کاهشی در مصرف سوخت وسایل نقلیه نخواهیم داشت.

با توجه به نتایج، برای رویکردهای در نظر گرفته شده، هزینه اجرای نگهداری اساسی بسیار بیشتر از نگهداری روزمره است ولی صرفه‌جویی اقتصادی حاصل از کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه در اثر اجرای به موقع نگهداری اساسی نسبت به نگهداری روزمره در دوره طرح روسازی



صرفه‌جویی اقتصادی در هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه در دراز مدت باعث جبران هزینه‌های اولیه مرمت و بهسازی روسازی می‌شود. همان گونه که در محور کمربندی رامهرمز مشاهده شد هزینه اجرای روکش نازک در دوره طرح روسازی تقریباً یک پنجم صرفه‌جویی اقتصادی حاصل از کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه است.

۵. با توجه به نتایج به دست آمده از مصرف سوخت وسایل نقلیه، در محور کمربندی رامهرمز مقدار صرفه‌جویی اقتصادی حاصل از اعمال روکش نازک بیشتر از سایر گزینه‌ها است.

۶. انتخاب رویکردهای مرمت و نگهداری باید با توجه به شرایط، وضعیت روسازی و شدت خرابی‌های روسازی محور باشد تا بتوان رویکرد بهتری را اعمال کرد.

۷. با در نظر گرفتن رویکردهای مناسب مرمت و نگهداری با توجه به وضعیت سطحی روسازی، علاوه بر اجرای گزینه مناسب نگهداری، صرفه‌جویی زیادی در هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه از جمله مصرف سوخت به دست می‌آید.

## ۸- مراجع

[۱] فخری؛ منصور؛ حدود شاخص بین‌المللی ناهمواری (IRI) برای راه‌های ایران؛ کتاب راهنما؛ پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۸۹، صفحه‌های ۲۷۵ تا ۲۸۶.

[2] Zaabar, Imen, Effect of pavement conditions on vehicle operating costs including fuel consumption, vehicle durability and damage to transported goods, Michigan State University, Ph.D. dissertation, 2010.

[3] Sandberg, Ulf S.I., Road macro- and megatexture influence on fuel consumption, ASTM STP 1031 page 460-479, 1990.

[4] E. Beuving, T. De Jonghe, D. Goos, T. Lindahl, A. Stawiarski., Environmental impacts and fuel efficiency of road pavements, industry report, joint EAPA/Eurobitume task group fuel efficiency, 2004.

[5] Federal Highway Administration., Westrack track roughness, fuel consumption and maintenance costs, report numbers FHWA-RD-00-052, pp 29-31, 2000.

[6] Mclean. John, foley., Graham, Road surface characteristics and condition: effects on road users,

خرابی‌ها به سطح مداخله، زودتر از سایر رویکردها نظیر بازسازی روسازی وارد عمل می‌شود و از زمانی که این رویکرد در نظر گرفته می‌شود مصرف سوخت وسایل نقلیه کاسته می‌شود و بازه زمانی که روسازی در شرایط مطلوب قرار دارد، بیشتر است و کاهش بیشتری در مصرف سوخت خودروها خواهیم داشت. در سایر رویکردهای نگهداری اساسی، مانند بازسازی روسازی، به زمان زیادی نیاز است تا خرابی‌های روسازی به سطح مداخله برسند بنابراین ممکن است بازسازی در پایان دوره طرح روسازی اعمال شود و یا در دوره طرح روسازی نیاز به اعمال آن نباشد. بنابراین روند رشد خرابی‌ها تا زمان اعمال رویکرد ادامه می‌یابد و در مصرف سوخت وسایل نقلیه کاهش رخ نمی‌دهد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد با اجرای نگهداری اساسی در زمان مناسب، صرفه‌جویی زیادی در مصرف سوخت از طریق بهبود کیفیت سواری و مشخصات سطحی روسازی به دست می‌آید.

## ۷- نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان می‌دهند:

۱. مصرف سوخت وسایل نقلیه با وضعیت سطحی روسازی رابطه مستقیم دارد. به عبارت دیگر، بهبود وضعیت سطحی روسازی سبب کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه می‌شود.

۲. اجرای رویکرد نگهداری روزمره (درزگیری و لکه‌گیری) تاثیری بر کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه در دوره طرح روسازی ندارد.

۳. میزان کاهش مصرف سوخت، پس از اجرای رویکرد نگهداری اساسی برای وسایل نقلیه مختلف متفاوت است. مطابق نتایج به دست آمده، پس از انجام عملیات بهسازی روسازی، کاهش مصرف سوخت برای وسایل نقلیه سنگین و دیزلی بیشتر است.

۴. گرچه هزینه مربوط به اجرای عملیات نگهداری اساسی بیشتر از هزینه اجرای نگهداری روزمره است ولی

[۸] معاونت برنامه‌ریزی - دفتر فناوری اطلاعات؛ فهرست بهای واحد پایه رشته راه؛ باند فرودگاه و زیرسازی راه‌آهن رسته راه و ترابری سال ۱۳۸۸؛ سازمان برنامه و بودجه، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، ۱۳۸۸.

[۹] وزارت راه و شهرسازی؛ موسسه قیر و آسفالت ایران پژوهشکده حمل و نقل؛ آیین نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران نشریه شماره ۲۳۴؛ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، تجدید نظر اول، ۱۳۹۰

ARRB transport research, research report ARR314, 1988.

[۷] معاونت برنامه‌ریزی - دفتر فناوری اطلاعات؛ سالنامه آماری سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای ۱۳۸۹؛ سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، معاونت برنامه‌ریزی، ۱۳۹۰.

