قیمت‌گذاری و بررسی اخذ عوارض عبور خودروها براساس صدمه وارده به روسازی با استفاده از سامانه هوشمند (مطالعه موردی: محورهای اصفهان)

محسن ابوطالبی اصفهانی*، استادیار، دانشکده عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

مهرداد رضوانی، دانش آموخته کارشناس ارشد، دانشکده عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.aboutalebi.e@eng.ui.ac.ir

دریافت: ۹۷/۰۶/۱۰- پذیرش: ۹۷/۰۱۱/۰۵

صفحه ۷۹-۶۱

چکیده

مهم‌ترین سرمایه حمل‌ونقل زمینی که نقش مهمی در صنعت حمل‌ونقل، توسعه پایدار و رشد اقتصادی دارد، راه‌ها هستند. برای حفظ و بهبود آنها، شرایط تردد وسایل‌نقلیه، سیستم‌های کنترلی و مقررات حمل‌ونقل باید به طور صحیح و هماهنگ با یکدیگر عمل کنند. در این خصوص تطابق مقدار عوارض که باید هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری را پوشش دهد با مقدار خسارت وارد شده به سازه روسازی، اهمیت بسزایی دارد. بنابراین هدف این پژوهش ارزیابی عوارض دریافتی و تعیین هزینه عبور انواع وسایل نقلیه متناسب با میزان خسارت وارد شده به راه‌ها است. بدین منظور از داده‌های سیستم هوشمند تردد شمار و توزین در حال حرکت (WIM) نصب شده در محور اصفهان-مورچه خورت و اصفهان- نایین، استفاده شده است. بر اساس این اطلاعات و نحوه کلاس بندی خودروها، تعداد عبور هر کلاس در هر محور، شمارش شد. ضریب‌بار هم‌ارز هر کلاس با استفاده از ضریب‌بار هم‌ارز محورها محاسبه و با محاسبه ارزش سالیانه یکنواخت مسیر با در نظر گرفتن هزینه سرمایه گذاری اولیه و بدون آن و با بهره ۲۰٪، هزینه عبور هر کلاس در هر کیلومتر بدست آمد. عوارض یک کیلومتر از مسیر مشابه و درآمد حاصل برای هر کلاس نیز تعیین شد. نتایج حاکی از آن است که هیچ تناسبی بین خسارت وارده و عوارض دریافتی از هر کلاس وجود ندارد و خودروها با کمترین آسیب رسانی به روسازی، بیشترین عوارض را پرداخت می‌کنند. عوارض دریافتی پاسخگوی تمام هزینه‌ها نبوده و فقط هزینه‌های بهره‌بردای را در صورت دریافت، تامین می‌کند. همچنین استفاده از سیستم WIM جهت کنترل بارها و توزیع آن روی محورهای باربرها با توجه به اطلاعات کسب شده و وضعیت موجود راه‌ها، ضروری است که وضعیت محور اصفهان-نایین گواه برآن است. بنابراین بایستی درخصوص عوارض دریافتی دیدگاه‌ها کاملاً تغییر کند و علاوه بر تطابق با میزان خسارت وارده، با توجه به نوع راه و مقدار تردد تعیین شود.

واژه‌های کلیدی: عوارض عبور، صدمه راه، تردد شمار، WIM، سامانه هوشمند

۱-مقدمه

سرمایه ملی راههای کشور با طول ۲۱۵ هزار کیلومتر، بالغ بر ۷۰ میلیارد دلار تخمین زده می‌شود. این سرمایه عظیم نیاز به نگهداری داشته که در شرایط عادی، تامین ٦٪ مبلغ فوق یعنی ٤/۲ میلیارد دلار برای حفظ آن ضروری است. در این راستا سالیانه بخش عمده‌ای از بودجه عمرانی سازمان‌های ذی‌ربط، صرف ترمیم، بهسازی، حفظ و نگهداری راه‌ها می‌شود. اگر در ساخت راه‌ها یارانه کافی توسط دولت تامین گردد برای حفظ و نگهداری راهها با توجه به محدویت‌ها، لازم است به فکر منابع پایدار بود که از جمله آنها می‌توان به عوارض عبور و مرور اشاره کرد (سایت شهروند، ۱۳۹۵). اگر روسازی راه‌ها به طور اصولی و صحیح نگهداری و بهره‌برداری نشود، در برابر عوامل جوی و فرساینده آمد و شد خودروها، مقاومت نکرده و سرعت تخریب آن زیاد و در نتیجه باعث از دست رفتن سرمایه‌گذاری اولیه می‌شود. برای

تأمین هزینه‌های چرخه عمر راه یا بخشی از آن که شامل برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، نگهداری، تعمیر و بازسازی است از بودجه دولت یا کاربران راه (به‌صورت عوارض) استفاده می‌شود. از این رو تعریف استفاده از راه باید به صورتی باشد که نه تنها باعث آسیب به آن نشود بلکه استفاده‌کننده بتواند مسیر خود را در ایمنی و آسایش کامل، طی نماید. بنابراین به جهت پوشش هزینه‌های مربوطه، میزان عوارض دریافتی باید با توجه به حجم ترافیک، نوع راه، نوع وسایل نقلیه عبوری و اساسا میزان خسارت وارده به روسازی راه، محاسبه و متغیر باشد (پورمعلم و رضاپور، ۱۳۸۸؛ عامری و افتخارزاده، ۱۳۹۳). خسارت وارده به راه‌ها توسط هر خودرو تابعی از تعداد محور آن خودرو، وزن هر محور و آرایش چرخها و محورها است. بنابراین برای تعیین عوارض در راه‌های ساخته شده براساس خسارت وارده به روسازی، نیاز به تعیین پارامترهای مذکور می‌باشد. امروزه به‌کارگیری و توسعه سیستم‌های نوین یکی از نیازهای اساسی و مهم در صنعت حمل‌ونقل جاده‌ای کشور است. در بخش جاده‌ای، دو نوع از سیستم‌های هوشمندی که اطلاعات مهمی ازجمله تعداد، نوع، وزن وسایل نقلیه عبوری و سرعت را در اختیار قرار می‌دهند، سیستم‌های تردد شمار و توزین در حال حرکت (WIM)[1] می‌باشند. سیستم تردد شمار این امکان را می‌دهد که تعداد وسایل نقلیه عبوری از مقطعی از راه را به‌آسانی در اختیار داشت. همچنین سیستم WIM پارامترهایی مانند وزن، سرعت، نوع وسیله نقلیه و ... را بسته به نوع سیستم WIM تعیین می‌کند (تن زاده، ۱۳۹۲؛ صبا، علیمردان و اختیاری، ۱۳۹۲؛ فراست و ذکرالهی، ۱۳۹۳). این اطلاعات باعث می‌شود که هزینه استفاده از هر محوری متناسب با حجم عبوری و وزن وسایل نقلیه عبوری از آن تعیین گردد. با این دیدگاه اگر وزن هر وسیله نقلیه متناسب با وزن مجاز آن مسیر باشد، هزینه نگهداری از آن راه کاهش و طول عمر راه افزایش می‌یابد. همچنین وسایل نقلیه از راهی استفاده می‌کنند که شرایط ایمنی و شاخص‌های مطلوب خود را حفظ نموده است که باعث آرامش کاربران است. استفاده و بهره‌برداری از راه به مرور زمان باعث افت نشانه خدمت‌دهی و پارامترهای روسازی راه می‌گردد. با داشتن اطلاعاتی که از سیستم‌های هوشمند اخذ می‌شود، می‌توان عوارضی متناسب با نوع راه و پارامترهای وسیله نقلیه عبوری دریافت کرد که پاسخ‌گوی هزینه‌های تعمیر و نگهداری آن در طول عمر راه بوده و همچنین توجیه اقتصادی به لحاظ میزان سرمایه‌گذاری اولیه را، دارا باشد. با دریافت هزینه به تناسب خسارت وارده علاوه بر رعایت عدالت اجتماعی، هزینه‌های چرخه عمر راه نیز، تأمین گشته است. بنابراین هدف و پرسش اصلی این پژوهش ارزیابی و کفایت میزان عوارض اخذ شده در نمونه‌ای از راههای کشور با توجه به مقدار خسارت وارده از طرف هریک از انواع خودروها است. در این راستا پرسشهای دیگری نیز مطرح است. آیا عوارض اخذ شده متناسب با خسارت وارده توسط هر خودرو تعیین شده است؟ آیا عوارض دریافتی هزینه‌های سرمایه گذاری یا بهره‌برداری یک راه را تامین می‌کند؟ عوارض دریافتی پوشش دهنده چه بخشی از هزینه‌ها است؟ عوارض متناسب با هر خودرو چقدر است؟ آیا مقدار اخذ عوارض از ناوگان عمومی حمل مسافر(اتوبوس) در راستای تشویق استفاده از این ناوگان است؟ سیستم هوشمند تردد شمار و WIM چه نقشی می‌تواند در کنترل بارها داشته باشد؟

به منظور دست یابی به نتایج عملی‌تر دو محور از شبکه راه‌های استان اصفهان انتخاب شدند. در شبکه راه‌های استان اصفهان تا سال ۱۳۹۳، تنها سه مسیر دارای زیرساخت‌های کافی (وجود سیستم WIM) بوده است. در مسیرهای اصفهان – مورچه‌خورت و اصفهان – نائین، سیستم WIM و تردد شمار فعال بوده که به عنوان مسیرهای منتخب برای این پژوهش برگزیده شده‌اند. علاوه بر وجود سیستم‌های هوشمند در دو محور فوق، به لحاظ تردد وسایل نقلیه سنگین، این دو محور سهم قابل‌توجهی را در سطح راه‌های استان اصفهان دارا می‌باشند.

۲-پیشینه تحقیق

بررسی مطالعات پیشین برای پیش برد اهدف پژوهشی و عدم تکرار، بسیار حائز اهمیت است. بدین منظور با توجه به ماهیت پژوهش حاضر، مطالعات پیشین در سه زمینه خرابی، سیستم هوشمند WIM و عوارض عبور انجام شده است. در این ارتباط لازم است عوامل مذکور با یکدیگر و در شرایط راه‌های ایران، تلفیق و ارزیابی لازم صورت گیرد. همچنین تعمیم این عوامل از مطالعات سایر کشورها با توجه به وضعیت راه‌ها، شرایط آب و هوایی و اقلیمی و آیین نامه‌های

مقرراتی، الگوی درستی را ارایه نمی‌کند.

❖ محققین در تحقیقی که روی تأثیر وسایل نقلیه سنگین بر روسازی انجام داده‌اند، خاطر نشان کرده‌اند که میزان آسیبی که هر یک از وسایل نقلیه سنگین به روسازی راه وارد می‌کنند ناشی از سه عامل بار محوری، مشخصات محورها، لاستیک و مشخصات روسازی است (دودوو و تروپ، ۲۰۰۵).

❖ حاجی بابایی و همکاران یک مدل ریاضی برای ادغام موقعیت تسهیلات باری و زیرساخت‌های روسازی ارائه کرده‌اند که در آن به بررسی خرابی ایجادشده در مسیرهای ترانزیتی پرداخته‌شده است و نتایج آن بیان‌گر وجود ترک‌های سازه‌ای و شیار شدگی در این مسیرها است (حاجی بابایی، بای و اویانگ، ۲۰۱٤)

❖ جلالی و همکاران در پژوهش خود به تخمین خرابی‌های وارد به جسم راه با استفاده از نرم‌افزار تحلیل روسازی کن‌لایر و متلب پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این پژوهش تهیه فهرستی از باربرها بر اساس شدت خرابی، تعیین ضریب "کامیون بر تن" برای انواع باربرها و درنهایت تعیین مقدار بهینه درصد عبوری انواع کلاس‌های وسایل نقلیه باری است (جلالی، ابطحی و دیباج، ۱۳۹۱)

❖ مارتین در زمینه خرابی راه و هزینه وارد شده به آن در استرالیا طی تحقیقی نشان داده است که با مد نظر قرار دادن رابطه استاتیکی بین هزینه تعمیر و نگهداری راه با متغیرهای وسایل نقلیه سنگین و چرخه عمر روسازی، ۵۵٪ تا ٦۵٪ هزینه‌های وارد شده ناشی از خرابی راه، مربوط به وسایل نقلیه سنگین است (مارتین، ۲۰۰۲).

❖ رخا و همکاران در یک مطالعه موردی به بررسی دقت سیستم WIM در ایالت ویرجینیا پرداختند که نتایج حاصل از این پژوهش نشان دهنده وجود دقت قابل قبول در وزن کشی وسایل نقلیه باری است در حالی که زمان زیادی در صف‌های باسکول ثابت هدر نرفته است (رخا، کاتز و الکیسی، ۲۰۰۳).

فراست و ذکر الهی در تحقیق خود به بررسی سیستم WIM در ایران پرداخته‌اند. در این پژوهش ابتدا به معرفی سیستم توزین در حال حرکت و در ادامه این سیستم را در محور اردستان-کاشان استان اصفهان تحلیل کرده‌اند. نکته جالب در این تحقیق نشان دادن میزان خطای دستگاه WIM است که داده‌ها و آمارهای ارسالی آن با واقعیت چه میزان اختلاف دارد. با در نظر گرفتن شرایط و خطاهای دستگاه، اطلاعات و داده‌ها پالایش‌شده و به‌منظور بررسی اضافه تناژ عبوری در محور اردستان-کاشان استفاده‌شده است. نتایج بیانگر تأثیر زیاد قوانین و مقررات در راه‌ها بر روی اضافه تناژ عبوری است (فراست و ذکرالهی، ۱۳۹۳).

❖ پور معلم و رضا پور سیستم WIM را برای مکان‌های با ترافیک بالا بسیار ایده ال دانسته‌اند و از محاسن این سیستم به تعیین عوارض عبور بر مبنای وزن وسیله نقلیه اشاره کردند از نتایج حاصله می‌توان این‌گونه یادکرد که با استفاده از سیستم WIM می‌توان عوارض متغیری را از هر وسیله نقلیه با وزن مختلف اخذ نمود که این امر گامی پررنگ در جهت گسترش عدالت اجتماعی است (پورمعلم و رضاپور، ۱۳۸۸).

❖ زیاری و همکاران در پژوهش به بررسی خسارت وارده براثر بارهای سنگین پرداخته‌اند. آنها در مدل انتخابی سه نوع مقطع و دو شاخص خستگی و گود افتادگی را برای تعیین عمر و معیار خرابی انتخاب کرده و از روابط انستیتو آسفالت برای تعیین عمر روسازی استفاده کردند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده هزینه عبور بارهای سنگین از بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها کمتر از راه‌های دوخطه است. بنابراین اگر محورهای سنگین از آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها عبور کنند از لحاظ اقتصادی بسیار مقرون به صرفه است و در واقع خسارت واردشده کمتر است (زیاری و همکاران، ۱۳۸۳).

❖ از دیگر مطالعات تحلیل هزینه در روسازی راه‌ها می‌توان به مطالعات سازمان حمل‌ونقل آریزونا در سال ۲۰۰٦ اشاره داشت که هزینه خسارت ناشی از وسایل نقلیه سنگین را به روسازی‌های خود ۲۱۰ میلیون دلار بر سال تخمین زده است (استراس و سمنس، ۲۰۰٦). همچنین در ایالت‌های ویرجینیا و کانزاس هزینه خسارت وارد به راه بر اساس هزینه به مسافت طی شده بیان‌شده است. به‌طوری‌که در ویرجینیا هزینه ۰/۰۳٦ دلار برای ESAL در هر مایل به‌عنوان خسارت به روسازی لحاظ شده است (شورای تحقیقات حمل و نقل ویرجینیا، ۲۰۰۸).

❖ در ایالت اوهایو میزان هزینه سالیانه ناشی از خسارت ESAL به روسازی و پل‌ها ۰/۰۵ دلار در هر مایل برآورد کرده‌اند درحالی‌که هزینه سالیانه تعمیر و نگهداری برای هر

مایل از روسازی و پل‌ها ۰/۰۰۸دلار در هر مایل در نظر گرفته‌شده است (کمپبل، ۲۰۰۹).

❖ لیندیسی در تحقیقات خود بر نقش قیمت‌گذاری راه‌ها و دریافت عوارض در مدیریت راه‌ها برای کاهش ازدحام تأکید داشته و سه روش را برای سرمایه‌گذاری در شبکه راه‌ها معرفی کرده است:

- ایجاد راه جدید که بیشتر در کشورهای درحال‌توسعه وجود دارد
- تجهیز کردن راه‌های موجود و به‌طورکلی بالا بردن ایمنی آن‌ها به‌منظور کاهش زمان سفر
- قیمت‌گذاری و دریافت عوارض بهینه متناسب با ظرفیت راه‌ها (لیندسی، ۲۰۱۲).

❖ پرری هزینه‌های ناشی از عبور وسایل نقلیه سنگین در شبکه راه‌ها با استفاده از میزان پیمایش و سوخت مصرفی آن‌ها، در قیمت سوخت اعمال کرده است که متناسب با هر وسیله نقلیه است. به‌عبارت‌دیگر عوارض دریافتی روی قیمت سوخت این وسایل لحاظ شده است (پرری، ۲۰۰۸).

❖ هولگوان- ورسا و ستین در مدلی که برای دریافت عوارض بهینه ارائه کردند هزینه بهینه شلوغی و ازدحام، هزینه بهینه محیط‌زیست و هزینه بهینه روسازی را ملاک عمل قراردادند تا مدل آن‌ها دارای قابلیت اطمینان بیشتری باشد و نتایج آن نسبت به آنچه در عمل رخ می‌دهد درصد خطای ناچیزی داشته باشد (هولگوان- ورسا و ستین، ۲۰۰۹).

❖ بروجردیان و همکاران او در تحقیق خود به جایگاه و اهمیت بکارگیری سیستم‌های هوشمند از جمله WIM پرداخته و به صورت موردی راه‌های استان همدان را در این خصوص مورد بررسی قرار دادند. آنها پیشنهاد کردند پس از جمع آوری اطلاعات و سپس با ورود، پردازش و تجزیه و تحلیل آنها در پایگاه اطلاعاتی مبتنی بر داده‌های مکانی GIS، اولویت بندی و مکان مناسب برای نصب و بکارگیری سامانه WIM تعیین شود (بروجردیان، الیاسی و درگاهی، ۱۳۹٤).

❖ در تحقیقی دیگر به اهمیت زیرساخت حمل و نقلی سالم و ایمن، قابل اعتماد و اقتصادی که اساس رشد اقتصادی توسعه و رفاه اجتماعی در هر کشور است، اشاره شده است. بیان شد عامل اصلی خرابی راه عبور وسایل نقلیه با بار بیشتر از حد مجاز است. سیستم WIM قابلیت کنترل بار وسایل نقلیه را داشته که می‌تواند در کاهش خرابیها موثر باشد. بدین منظور با استفاده از اطلاعات به دست آمده توسط سیستم توزین در حال حرکت، دوگونه روسازی یکی در حالت رعایت قوانین و دیگری در حالت داشتن اضافه بار، برای محور اراک- سلفچگان طراحی شده است. نتایج نشان می‌دهد کنترل اضافه تناژ تاثیر قابل‌توجهی در تعیین ضخامت روسازی دارد (ادیب فر، حسن پور و دیباج، ۱۳۹۱).

❖ وجود منابع مالی پایدار و قابل برنامه‌ریزی منجر به انجام به موقع تعمیر و نگهداری خواهد شد. در تحقیقاتی که بر روی این موضوع انجام شده نشان داده شده که انجام به موقع تعمیرات موجب افزایش ایمنی، ظرفیت و منافع مالی خواهد شد (احمدی نژاد، افندی‌زاده، و آتش‌خیر، ۱۳۹۰؛ ابطحی، تمنایی و کرمی هرستانی، ۱۳۸۸؛ آیتی و بهنود، ۱۳۸۸).

همانطور که ملاحظه می‌شود در خصوص تعیین عوارض و بررسی عوارض دریافتی در راه‌ها برای هر کیلومتر و هر کلاس از خودروها با توجه به خسارت وارده به روسازی، با استفاده از سامانه‌های هوشمند تردد شمار و WIM، تاکنون مطالعه خاصی صورت نگرفته یا مطالعات انجام شده بسیار محدود می‌باشند. بیشتر مطالعات داخلی روی مکان‌یابی سیستم‌های هوشمند و کاربردهای آنها متمرکز شده‌اند. لذا لزوم انجام پژوهشی در سطح مناسب، جهت دست‌یابی به عملکرد واقعی‌تری در شرایط بهره‌برداری در زمینه موضوعی فوق، محرز می‌باشد.

۳-مراحل، مبنای و نتایج تحقیق

مراحل انجام پژوهش در شکل ۱ ارایه شده است. انجام هر پژوهش نیازمند داده‌ها و اطلاعات اولیه است. لذا برای رسیدن به هدف، در این پژوهش سه نوع اطلاعات اولیه لازم است که عبارت‌اند از: اطلاعات سیستم WIM، تردد شمار و مشخصات و وضعیت راه‌های تحت مطالعه که از ارگان‌های ذی‌ربط جمع‌آوری‌شده است.

شکل ۱. روند انجام پژوهش

۳-۱- سیستم‌های هوشمند WIM و تردد شمار

الف) سیستم WIM: برای کنترل وزن و بار محورهای خودروهای باربر، ایستگاه‌های پلیس بین‌راهی اقدام به توزین ماشین‌های سنگین عبوری می‌نماید و در صورت تجاوز بار از حد مجاز، وسیله نقلیه‌ی مزبور را جریمه و یا متوقف می‌نماید. در صورتی‌که جایگاه توزین، ظرفیت پذیرش تقاضای عبور را نداشته باشد صف تشکیل می‌شود. وجود این مشکل باعث می‌شود کنترل لازم صورت نگیرد و ماشین‌های بارکش در توزیع بار روی محورهای وسایل نقلیه دقت کافی نکنند. این امر باعث آسیب‌های جدی به روسازی و کاهش طول عمر مفید آن می‌گردد. بدین سبب متخصصان اقدام به طراحی سیستم WIM نموده که در حین حرکت و بدون توقف، وسایل نقلیه را توزین می‌کند. سیستم‌های WIM علاوه بر تعیین وزن محورها و وزن کل وسایل نقلیه عبوری، دارای امکان تعیین سرعت، تعیین حجم عبور و تفکیک نوع وسایل نقلیه (سبک، نیمه سنگین، سنگین) می‌باشند (فراست و ذکرالهی، ۱۳۹۳). در یک سیستم پیشرفته و کامل WIM درصورتی‌که وسیله نقلیه سنگین عبوری دارای بار محوری و وزن بیش‌ازحد مجاز باشد، سیستم به‌طور خودکار و با استفاده از فناوری ارتباط بی‌سیم پیغامی را به مرکز کنترل ارسال می‌کند تا مأموران مربوطه اعمال قانون کنند. از مزایای دیگر این سیستم می‌توان به موارد ۱) کمک به تعیین بارگذاری تک‌محوره معادل ۲) اعتبار سنجی دقت متدولوژی تخمین درصد ماشین‌های سنگین عبوری ۳) جلوگیری از اضافه‌بار وارد بر پل‌های متحرک ٤) تعیین توزیع بار عبوری بین خطوط ٥) بررسی و ارزیابی عملکرد روسازی و ارتباط بین بارگذاری و خرابی‌ها ٦) ارائه الگویی به‌منظور برآورد کردن میزان خسارت وارده به روسازی براثر عبور وسایل نقلیه با وزن غیرمجاز و دریافت عوارض و یا جریمه، اشاره کرد (فراست و ذکرالهی، ۱۳۹۳؛ پورمعلم و رضاپور، ۱۳۸۸؛ ادیب فر، حسن پور و دیباج، ۱۳۹۱). اطلاعات سیستم WIM در دو محور اصفهان – مورچه خورت و اصفهان – نایین با همکاری سازمان حمل و نقل و پایانه‌های استان اصفهان استخراج گردید. این اطلاعات به صورت OFFLINE و گزارش‌هایی که شرکت‌های طرف قرداد با سازمان حمل و نقل و پایانه‌ها تهیه می‌کنند به سازمان ارسال می‌شود. نمونه‌ای از این گزارش‌ها به صورت خام در جدول ۱ آورده شده است. برای دست یابی به نتیجه مطلوب داده‌های بدست آمده پردازش و صحت سنجی شدند. همچنین در سیستم WIM، ۱۳ کلاس خودرو تعریف شده که با ۵ کلاس سیستم تردد شمار تطابق یافتند.

جدول۱. گزارش خام اطلاعات سیستم WIM (سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای، ۱۳۹۳)

سرعت	خط عبوری	تعداد محور	وزن کل(کیلوگرم)	کلاس وسیله	طول کل محور	فاصله محور 1تا2	فاصله محور 2تا3	فاصله محور 3تا4	فاصله محور 4تا5	وزن محور 1	وزن محور 2	وزن محور 3	وزن محور4	وزن محور 5
89	1	5	47650	10	1065	342	137	442	144	6200	9740	9370	9290	13050
85	1	5	36880	9	962	371	347	128	116	6030	10620	6380	6780	7070
84	1	5	48980	10	990	322	133	423	112	5670	9250	9540	11810	12710
60	2	6	37780	13	1187	331	108	24	585	5360	8330	4280	10160	9650
76	1	5	44720	10	1176	345	136	542	153	6320	9270	8510	10780	9840
90	1	5	40670	10	1226	323	139	626	138	6440	8670	9010	8050	8500
60	2	5	33710	10	976	318	137	374	147	5240	3030	5550	10450	9440
65	1	5	47100	10	1012	344	139	381	148	7510	8930	9670	9510	11480
68	2	5	40500	10	1014	341	133	387	153	5270	7670	8010	9580	9970
83	1	5	36870	9	1104	379	463	139	123	6220	9410	7940	7150	6150
76	1	5	42890	9	1032	365	411	128	128	7450	14430	6840	6720	7450
76	1	5	44240	10	1190	337	137	576	140	6810	9190	8850	9530	9860
74	1	5	41940	9	1021	375	384	131	131	6300	11750	8050	8120	7720
77	1	5	47670	10	987	344	133	365	145	6950	7870	8670	11790	12390
141	1	2	1450	1	263	263	0	0	0	750	700	0	0	0
81	1	5	44350	10	1138	313	121	565	139	6970	8590	8650	10370	9770
83	1	5	47080	10	1201	339	137	582	143	7400	9170	9770	10400	10340
93	2	5	37450	9	1073	370	442	125	136	4940	10230	6660	7730	7890
76	1	5	43540	10	977	326	135	371	145	6420	8780	9230	9220	9890
79	1	5	46410	10	990	321	136	382	151	6280	9130	9380	10600	11020
85	1	5	45080	10	974	347	139	341	147	6630	7090	7570	11890	11900
85	1	5	47810	10	957	319	134	348	156	6110	8230	8450	12180	12840
140	1	3	18070	5	949	692	257	0	0	7820	6120	4130	0	0
75	1	5	48120	10	1182	340	137	560	145	6870	10850	10440	10300	9660
73	1	5	42480	9	1284	371	642	130	141	7060	14680	6620	7050	7070

ب) تردد شمار: داده‌های به‌دست‌آمده از تردد شمارها که به‌صورت پیوسته برای کل سال جمع‌آوری می‌شود، اطلاعات ارزشمندی است که می‌توان از آن‌ها برای محاسبه پارامترهای ترافیکی استفاده نمود. این سامانه، اطلاعاتی مانند تعداد خودروی عبوری، میانگین بیشترین و کمترین سرعت وسایل نقلیه، فواصل میان خودروها و در حالت‌های خاص دسته‌بندی وسایل نقلیه به کلاس‌های مختلف را به کاربر ارائه می‌دهد. تردد شماری که اکنون در سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای استفاده می‌شود از نوع تردد شمار ثابت حلقه‌ای القایی است که توانایی شمارش، طبقه‌بندی و ثبت سرعت خودروها را دارا است (صبا، ۱۳۹۲).

در این پژوهش داده‌های تردد شمار برای هر مسیر به صورت ماهانه جمع آوری و در نهایت به صورت گزارش سالیانه طبقه بندی گردیدند. برداشت اطلاعات سیستم‌های تردد شمار به لحاظ انطباق با داده‌های سیستم WIM بسیار با اهمیت می‌باشد زیرا در دو محور مورد مطالعه هر دو سیستم وجود دارد و با برداشت اطلاعات از سیستم WIM و ترددشمار، صحت سنجی خوبی به لحاظ تعداد وسایل نقلیه عبوری انجام گرفته است. لازم به توضیح است طبقه‌بندی وسایل نقلیه در سیستم تردد شمار و WIM متفاوت بوده که اطلاعات دو سیستم بر اساس طبقه بندی سیستم تردد شمار تطابق یافتند. در جدول ۲ گزارش سالیانه طبقه بندی شده از تردد شمارها به صورت اختصار برای محورهای بیان شده در سال ۱۳۹۳ آورده شده است (سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای، ۱۳۹۳).

جدول ۲. جمع بندی گزارش سیستم تردد شمار و WIM بر اساس طبقه‌بندی سیستم تردد شمار در سال ۱۳۹۳

(سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای، ۱۳۹۳)

کلاس خودو / نام محور	۱	۲	۳	٤	٥	تعداد کل وسایل نقلیه
اصفهان – نایین	١٤٤٤١٤٨	٩٩٤٠٩	٦٤٦٩٦	١٢١٦٢٩	١٥٤٥٤٣	١٨٨٤٤٢٥
نایین – اصفهان	١٥٣٦٤٨٧	١٥٤٠٧٢	١٥٥٨٦١	١٦٣٩٠٠	٢٣٤٠٣٦	٢٢٤٤٣٥٦
تردد متوسط	١٤٩٠٣١٨	١٢٦٧٤١	١١٠٢٧٩	١٤٢٧٦٥	١٩٤٢٩٠	٢٠٦٤٣٩١
اصفهان – مورچه خورت	٤٠٦٤٤٦٦	٥٥٢٧٨٩	٤٧٧٨٨٨	٢٤٠٧٦١	٦١٣٢٤٣	٥٩٤٩١٤٧
مورچه خورت – اصفهان	٣٧٩٤٥٠١	٥١٠٠٩٩	٤٤٧٤٧٤	١٧٢٦٧٩	٦٢٧٦٤٤	٥٥٥٢٣٩٧
تردد متوسط	٣٩٢٩٤٨٤	٥٣١٤٤٤	٤٦٢٦٨١	٢٠٦٧٢٠	٦٢٠٤٤٤	٥٧٥٠٧٧٣

۳-۲- طبقه‌بندی و کلاس‌بندی وسایل نقلیه

در خرابی روسازی‌ها نوع وسیله نقلیه، وزن محورها، آرایش چرخها و تعداد عبور هر محور حایز اهمیت است. از این رو باید وسایل نقلیه عبوری در شبکه راه‌ها را تقسیم‌بندی کرد و سپس پارامترهای فوق را به روش مناسب در محاسبه عوارض دخیل نمود. ضوابط حاکم بر عبور و مرور راه‌ها که شامل آرایش بارها، وزن‌های مجاز محوری و نحوه ترکیب بار در محورهای وسایل نقلیه باری به ترتیب مطابق اشکال ۲ و ۳ و جدول ٤ می‌باشد. در ایران طبقه‌بندی وسایل نقلیه طبق نشریه شماره ۲۳٤ مطابق شکل ۲ صورت گرفته است. این طبقه‌بندی برای انواع وسایل نقلیه در سیستم تردد شمار به پنج کلاس مجزا تقسیم‌شده‌اند که در جدول ۳ به همراه وزن متوسط محورها ارایه شده است (طباطبایی، ۱۳۹۰؛ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۹۰). در طراحی روسازی‌ها از مفهوم بار هم‌ارز استفاده می‌شود. بار هم‌ارز بیانگر خسارت وارد به روسازی به ازای عبور محور مورد مطالعه نسبت به خسارت وارده از عبور یک محور مبنا تعریف می‌گردد. محور مبنا معمولاً محور منفرد با وزن ۸/۲ تن است و سایر محورها مانند تاندم و تریدم با ضرایب بار هم‌ارز به آن تبدیل می‌شوند. به دلیل وجود انواع وسایل نقلیه در راه‌های کشور و تفاوت در مشخصات آن‌ها، برای تعیین خسارت هر یک به راه، از مفهوم بار هم‌ارز استفاده شده است (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۹۰؛ آشتو، ۲۰۰۱). در این پژوهش برای تعیین ضرایب بار هم‌ارز از نشریه ۲۳٤ و روش تجربی آشتو استفاده شده تا بتوان با تقریبی قابل‌قبول، کلیه وسایل نقلیه را به تعدادی محور استاندارد تبدیل نمود.

ضرایب بار هم ارز با توجه به مقطع روسازی دو محور تحت مطالعه، مشخصات آن (۱۵ سانتی‌متر آسفالت، ۱۵ سانتی متر اساس و ۳۰ سانتی متر زیراساس) و نوع راه با فرض SN برابر ۵ و Pt برابر ۳ در جدول ۵ برای محورهای هر کلاس از خودروها و نهایتاً برای هر کلاس، تعیین شده است.

نوع وسیله نقلیه	تعداد محور	آرایش چرخ‌ها	محور جلو		محور وسط		محور عقب		وزن کل (تن)
			نوع	وزن (تن)	نوع	وزن (تن)	نوع	وزن (تن)	
سواری	۲		ساده	۱			ساده	۱	۲
وانت	۲		ساده	۱			ساده	۲	۳
مینی بوس	۲		ساده	۴			ساده	۲	۶
اتوبوس	۲		ساده	۴			ساده	۴	۸
کامیون دو محور سبک	۲		ساده	۴			ساده	۶	۱۰
کامیون دو محور سنگین	۲		ساده	۶			ساده	۱۲	۱۸
کامیون سه محور	۳		ساده	۶			مرکب	۲۰	۲۶
تریلی ۴ محور	۴		ساده	۶	ساده	۱۰	ساده	۱۰+۱۰	۳۶
					ساده	۱۰	مرکب	۱۶	۳۲
تریلی پنج محور	۵		ساده	۶	مرکب	۱۶	مرکب	۱۸	۴۰
تریلی پنج محور	۵		ساده	۶	ساده	۱۰	مرکب	۲۴	۴۰

• اگر فاصله محورهای وسط یا عقب کمتر از ۲ متر باشد، محور مرکب در نظر گرفته می‌شود.
• از آنجاکه در آمار منتشره توسط سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، تعداد کامیون‌های دومحوری و سه محوری مجموعاً داده شده است، مهندسین مشاور باید با بررسی‌های محلی، درصد هر یک از این کامیون‌ها را تعیین کند.

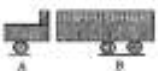
شکل۲. طبقه‌بندی وسایل نقلیه (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۹۰)

شکل ۳. انواع محورها با آرایش چرخ‌های مختلف (فخری، دولتعلی زاده و غنی زاده، ۱۳۹۳)

جدول۳. کلاس بندی و وزن متوسط محورهای وسایل نقلیه در سیستم تردد شمار (سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای، ۱۳۹۳)

کلاس وسایل نقلیه	مشخصات وسایل نقلیه	وزن متوسط محورهای عبوری (تن)
۱	سواری و وانت	۱/۵+۱
۲	کامیونت و کامیون‌های کوچک و مینی‌بوس	۱۲+۷
۳	کامیون‌های معمولی کمتر از ۱۰ متر و سه محورها	۲۲+٦
٤	اتوبوس	٦+۳
۵	تریلرها و باربرهای بالاتر از سه محور	۲۰+۱۸+٦

جدول ٤. وزن مجاز محورها و انواع وسایل نقلیه باری در سال ۹۳ (سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای، ۱۳۹۰)

نوع وسیله نقلیه باری		محدودیت ترکیب بار (تن)
کامیون ۲ محور ٦ چرخ سبک		A+B≤18 A≤8 , B≤13
کامیون ۲ محور ٦ چرخ سنگین		A+B≤20 A≤8 , B≤13
کامیون ۳ محور ۱۰ چرخ		A+B≤28 A≤8 , B≤22
تریلی ٤ محور ١٤ چرخ (فاصله بین دو محور عقب تریلر کمتر از ۲ متر)		A+B+C≤34 A≤8 , B≤13 , C≤22
تریلی ٤ محور ١٤ چرخ (فاصله بین دو محور عقب تریلر بیشتر از ۲ متر)		A+B+C≤38 A≤8 , B≤13 , C≤26
تریلی ۵ محور ۱۲ چرخ		A+B+C≤42 A≤8 , B≤13 , C≤24
تریلی ۵ محور ۱۸ چرخ		A+B+C≤44 A≤8 , B≤22 , C≤22

جدول ۵. ضرایب بار هم‌ارز برای انواع کلاس‌های وسایل نقلیه

کلاس وسایل نقلیه / ضریب کلاس خودرو	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ٤	کلاس ۵
ضرایب محورها (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۹۰)	۰/۰۰۲۲۱+۰/۰۰۰۳۸	۳/۵۲۳۲+۰/۵۷۷۵	۳/۷۰۰۰+۰/۳۲۳۰	۰/۳۲۳+۰/۰۲۰٦۱	۲/۷۳۱۰+۱/۹۳۰٤+۰/۳۲۳۰
ضریب هر کلاس خودرو	۰/۰۰۲۵۹	٤/۱۰۰۷	٤/۰۲۳۰	۰/۳٤۳٦۱	٤/۹۸٤٤

۳-۳- تحلیل و بررسی هزینه‌های راه در محورهای تحت مطالعه

بر اساس مقطع عرضی ارایه شده برای دو محور تحت مطالعه و قیمت‌های سال ۹۳، هزینه ساخت یک کیلومتر از راه دوخطه در دشت، ۷۰۰ میلیون تومان تعیین می‌شود که در طول آن هیچ‌گونه ابنیه خاص، شامل پل و تونل و ... در نظر گرفته نشده است. در راه‌ها علاوه بر هزینه ساخت اولیه، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و بهسازی نیز وجود دارند که به دو بخش تعمیرات کلی و دوره‌ای قابل‌تقسیم است. معمولاً در ایران تعمیرات کلی سالیانه ۱٪ تا ٦٪ از هزینه‌های ساخت اولیه راه را در بر می گیرد که به‌صورت خطی در سال‌های ابتدایی تا انتهایی عملکرد راه، افزایش می‌یابد (خادمی، خ. ۱۳۹۱؛ خبرگزاری مهر، گروه اقتصادی ۱۳۹۳، مقدس نژاد، ۱۳۷۸). بنابراین با توجه به جدول ۲ و مقدار تردد در محورهای تحت مطالعه و نظر کارشناسان سازمان راهداری، برای هزینه تعمیر و نگهداری مسیر اصفهان- مورچه‌خورت ۵٪ از هزینه ساخت و برای دو دوره بهسازی در سال چهارم و هفتم، ۱۰٪ هزینه ساخت، لحاظ شده است. همچنین برای هزینه تعمیر و نگهداری مسیر اصفهان- نایین ۲٪ از هزینه ساخت و برای یک دوره بهسازی در سال پنجم، ۱۰٪ هزینه ساخت، در نظر گرفته شد که تمام موارد به ارزش فعلی تبدیل شده است. هزینه راه از ابتدای ساخت، تا انتهای دوره

عملکرد، به‌صورت ارزش میانگین سالیانه با استفاده از روابط ۱ تا ۳ محاسبه و ارایه شده است (عامری و افتخارزاده، ۱۳۹۳). در جدول ٦ نحوه محاسبه هزینه ساخت، تعمیر و نگهداری راه با نرخ بهره ۲۰٪ برای یک دوره عملکرد ۱۰ ساله نشان داده‌شده است.

$$EUAC = CRF \times PV \quad (۱)$$

EUCA : ارزش یکنواخت سالیانه

CRF : ضریب بازگشت سرمایه

PV : ارزش فعلی

$$CRF = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N-1} \quad (۲)$$

i: نرخ سالیانه بهره به اعشار

N : تعداد سال‌های دوره تحلیل(عمر راه)

$$PV = \frac{C_{mt}}{(1+i)^N} \quad (۳)$$

C_{mt} : مجموع هزینه‌ها N سال بعد در آینده

جدول ٦. ارزش سالیانه یکنواخت با احتساب سرمایه اولیه و بدون سرمایه اولیه با نرخ بهره ۲۰٪ برای دوره عملکرد ۱۰ ساله

سال	ارزش درهر سال (تومان)	هزینه تعمیر و نگهداری (تومان)	هزینه تعمیر و نگهداری (تومان)	هزینه بهسازی (تومان)	ارزش پول در آینده (اصفهان-مورچه خورت)		ارزش پول در آینده (اصفهان-نائین)	
					با سرمایه اولیه	بدون سرمایه اولیه	با سرمایه اولیه	بدون سرمایه اولیه
۰	۷۰۰۰۰۰۰۰۰	۲ %هزینه اولیه	۵ %هزینه اولیه		٤٣٣٤٢١٥٤٩٦	۰	٤٣٣٤٢١٥٤٩٦	۰
۱	۸٤۰۰۰۰۰۰۰	۱٤۰۰۰۰۰۰	۳٥۰۰۰۰۰۰		۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۷۲۲۳٦۹۲٥	۷۲۲۳٦۹۲٥
۲	۱۰۰۸۰۰۰۰۰۰	۱٦۸۰۰۰۰۰	٤۲۰۰۰۰۰۰		۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۷۲۲۳٦۹۲٥	۷۲۲۳٦۹۲٥
۳	۱۲۰۹٦۰۰۰۰۰	۳۰۲٤۰۰۰۰	٥۰٤۰۰۰۰۰		۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۷۲۲۳٦۹۲٥	۷۲۲۳٦۹۲٥
٤	۱٤٥۱٥۲۰۰۰۰	۲٤۱۹۲۰۰۰	٦۰٤۸۰۰۰۰	۱٤٥۱٥۲۰۰۰	۳۲٥۷٤٤۳۱۲	۳۲٥۷٤٤۳۱۲	۷۲۲۳٦۹۲٥	۷۲۲۳٦۹۲٥
٥	۱۷٤۱۸۲٤۰۰۰	۲۹۰۳۰٤۰۰	۷۲٥۷٦۰۰۰	۱۷٤۱۸۲٤۰۰	۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۲٤٦٤۱۹۳۲٥	۲٤٦٤۱۹۳۲٥
٦	۲۰۹۰۱۸۸۸۰۰	۳٤۸۳٦٤۸۰	۸۷۰۹۱۲۰۰		۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۷۲۲۳٦۹۲٥	۷۲۲۳٦۹۲٥
۷	۲٥۰۸۲۲٦٥٦۰	٤۱۸۰۳۷۷٦	۱۰٤٥۰۹٤٤۰	۲٥۰۸۲۲٦٥٦	٤۳۱٤۱٤۹٦۸	٤۳۱٤۱٤۹٦۸	۷۲۲۳٦۹۲٥	۷۲۲۳٦۹۲٥
۸	۳۰۰۹۸۷۱۸۷۲	٥۰۱٦٤٥۳۱	۱۲٥٤۱۱۳۲۸		۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۷۲۲۳٦۹۲٥	۷۲۲۳٦۹۲٥
۹	۳٦۱۱۸٤٦۲٤٦	٦۰۱۹۷٤۳۷	۱٥۰٤۹۳٥۹٤		۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۷۲۲۳٦۹۲٥	۷۲۲۳٦۹۲٥
۱۰	٤۳۳٤۲۱٥٤۹٦	۷۲۲۳٦۹۲٥	۱۸۰٥۹۲۳۱۲		۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۱۸۰٥۹۲۳۱۲	۷۲۲۳٦۹۲٥	۷۲۲۳٦۹۲٥
مجموع (تومان)					٦٥۳٦۱۱۳۲۷٥	۲۲۰۱۸۹۷۷۷۹	٥۲۳۰۷٦۷۱٤٥	۸۹٦٥٥۱٦٤۹
ارزش سالیانه یکنواخت (تومان)					۲٥۱۷۸۹۱۰۲/٦	۸٤۸۲۳۱۷۳/۸	۲۰۱٥۰۳٥۷۱/۰	۳٤٥۳۷٦٤۱/۲

۳-٤- هزینه عبور هر کلاس از وسایل نقلیه در محورهای تحت مطالعه

برای محاسبه هزینه عبور وسایل نقلیه در طول یک کیلومتر از راه، ابتدا هزینه یک محور مبنا باید محاسبه گردد. محاسبه هزینه عبور یک محور مبنا، از تقسیم ارزش میانگین سالیانه یک کیلومتر راه (که در بخش قبل محاسبه شد) به تعداد کل محورهای مبنای عبوری در آن سال بدست می‌آید. بدین ترتیب هزینه عبور بر اساس خسارت وارد شده بدست می‌آید زیرا مبنای استخراج ضرایب بار هم‌ارز خسارت ناشی عبور محور مورد نظر به محور مبنا است. برای داشتن میانگین بهتر، متوسط تردد رفت و برگشت ارایه شده در جدول ۲ مبنای محاسبه قرار داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود خودروهای سواری و وانت علی‌رغم تعداد بالا (۳۹۲۹٤۸٤ و۱٤۹۰۳۱۸)، محور معادل هم‌ارز بسیار ناچیزی دارند و در واقع می‌توان گفت سهم این وسایل نقلیه در خرابی روسازی مقداری ناچیزی است. برای مقایسه بهتر، این هزینه‌ها با احتساب سرمایه اولیه و بدون آن محاسبه شده است. در نهایت هزینه عبور هر کلاس وسیله نقلیه در یک کیلومتر راه و از آنجا درآمد کل هر کلاس عبوری بدست آمده است. محاسبات فوق در جدول ۷ و ۸ برای دو محور مورد مطالعه ارایه شده است. اطلاعات حاصل برای تمام محورها را می‌توان در نرم‌افزار ArcGIS وارد کرده و محاسبات فوق را انجام داد که در شکل ٤ نقشه مسیرهای استان اصفهان و نمونه‌ای از اطلاعات وارد شده در محیط GIS را نشان می‌دهد.

جدول ۷. هزینه عبور کلاس‌های مختلف وسایل نقلیه در محور اصفهان – مورچه‌خورت سال ۱۳۹۳

ردیف	کلاس وسایل نقلیه، (جدول ۳)	۱	۲	۳	٤	۵
۱	متوسط تعداد وسایل نقلیه، (جدول ۲)	۳۹۲۹٤۸٤	۵۳۱٤٤٤	٤٦۲٦۸۱	۲۰٦۷۲۰	٦۲۰٤٤٤
۲	ضریب بار هم‌ارز، (جدول ۵)	۰/۰۰۲۵۹	٤/۱۰۰۷	٤/۰۲۳۰	۰/۳٤۳٦	٤/۹۸٤٤
۳	تعداد محور مبنای عبوری، (ردیف۲×ردیف۱)	۱۰۱۷۷	۲۱۷۹۲۹۲	۱۸٦۱۳٦٦	۷۱۰۳۰	۳۰۹۲۵٤۱
٤	تعداد کل محور مبنای عبوری، (مجموع ردیف ۳)	۷۲۱٤٤۰۷				
۵	ارزش سالیانه یکنواخت یک کیلومتر راه، (تومان) (جدول ٦، با احتساب سرمایه اولیه)	۲۵۱۷۸۹۱۰۲/٦				
٦	هزینه عبور یک محور مبنا در یک کیلومتر راه، (تومان) (ردیف۵/ردیف٤)	۳٤/۹				
۷	هزینه عبور هرکلاس وسیله نقلیه دریک کیلومترراه (تومان)، (ردیف٦×ردیف۲)	۰/۰۹۰	۱٤۳/۱۱۸	۱٤۰/٤۰٦	۱۱/۹۹۲	۱۷۳/۹٦۰
۸	هزینه کل هر کلاس عبوری، (تومان) (ردیف۱×ردیف۷)	۳۵۵۱۹۸/۸	۷٦۰۵۹۲۰۱/۷	٦٤۹٦۳۲۸۱/۵	۲٤۷۹۰٤۵/۸	۱۰۷۹۳۲۳۷٤/۸
۹	ارزش سالیانه یکنواخت یک کیلومتر راه، (تومان) (جدول ٦، بدون احتساب سرمایه اولیه)	۸٤۸۲۳۱۷۳/۸				
۱۰	هزینه عبور یک محور مبنا در یک کیلومتر راه، (تومان) (ردیف۹/ردیف٤)	۱۱/۸				
۱۱	هزینه عبور هرکلاس وسیله نقلیه دریک کیلومتر راه، (تومان) (ردیف۱۰×ردیف۲)	۰/۰۳۰	٤۸/۲۱٤	٤۷/۳۰۰	٤/۰٤۰	۵۸/٦۰٤
۱۲	هزینه کل هر کلاس عبوری، (تومان) (ردیف۱×ردیف۱۱)	۱۱۹٦٦۰/۰	۲۵٦۲۲۹٦۲/۸	۲۱۸۸٤۹٤۸/۹	۸۳۵۱٤۵/۵	۳٦۳٦۰٤۵۵/٦

شکل ٤. نقشه راه‌های استان اصفهان و تعداد وسایل نقلیه باری درراه‌های استان اصفهان در محیط GIS

جدول ۸. هزینه عبور کلاس‌های مختلف وسایل نقلیه در محور اصفهان – نائین سال ۱۳۹۳

ردیف	کلاس وسایل نقلیه، (جدول ۳)	۱	۲	۳	٤	٥
۱	متوسط تعداد وسایل نقلیه، (جدول ۲)	۱٤۹۰۳۱۸	۱۲٦۷٤۱	۱۱۰۲۷۹	۱٤۲۷٦٥	۱۹٤۲۹۰
۲	ضریب بار هم‌ارز، (جدول ٥)	۰/۰۰۲٥۹	٤/۱۰۰۷	٤/۰۲۳۰	۰/۳٤۳٦	٤/۹۸٤٤
۳	تعداد محور مبنای عبوری، (ردیف۲×ردیف۱)	۳۸٦۰	٥۱۹۷۲۷	٤٤۳٦٥۲	٤۹۰٥٥	۹٦۸٤۱۹
٤	تعداد کل محور مبنای عبوری، (مجموع ردیف ۳)	۱۹۸٤۷۱۳				
٥	ارزش سالیانه یکنواخت یک کیلومتر راه، (تومان) (جدول ٦، با احتساب سرمایه اولیه)	۲۰۱٥۰۳٥۷۱				
٦	هزینه عبور یک محور مبنا در یک کیلومتر راه، (تومان) (ردیف٥/ردیف٤)	۱۰۱/٥				
۷	هزینه عبور هر کلاس وسیله نقلیه دریک کیلومتر راه، (تومان) (ردیف٦×ردیف۲)	۰/۲٦۳	٤۱٦/۳۳٥	٤۰۸/٤٤٦	۳٤/۸۸٦	٥۰٦/۰٥٥
۸	هزینه کل هر کلاس عبوری، (تومان)، (ردیف۱×ردیف۷)	۳۹۱۸۸۹/٤	٥۲۷٦٦۷۰۸/٤	٤٥۰٤۳۰٤۳/٥	٤۹۸۰٤۹٤/۰	۹۸۳۲۱٤۳٥/۷
۹	ارزش سالیانه یکنواخت یک کیلومتر راه، (تومان) (جدول ٦، بدون احتساب سرمایه اولیه)	۳٤٥۳۷٦٤۱/۲				
۱۰	هزینه عبور یک محور مبنا در یک کیلومتر راه، (تومان) (ردیف۹/ردیف٤)	۱۷/٤				
۱۱	هزینه عبور هر کلاس وسیله نقلیه دریک کیلومتر راه، (تومان) (ردیف۱۰×ردیف۲)	۰/۰٤٥	۷۱/۳٦۰	۷۰/۰۰۸	٥/۹۷۹	۸٦/۷۳۸
۱۲	درآمد کل هر کلاس عبوری، (تومان)، (ردیف۱×ردیف۱۱)	٦۷۱٦۹/۷	۹۰٤٤۱۹٥/۳	۷۷۲۰۳٦۱/۸	۸٥۳٦٥٤/۹	۱٦۸٥۲۲٥۹/٥

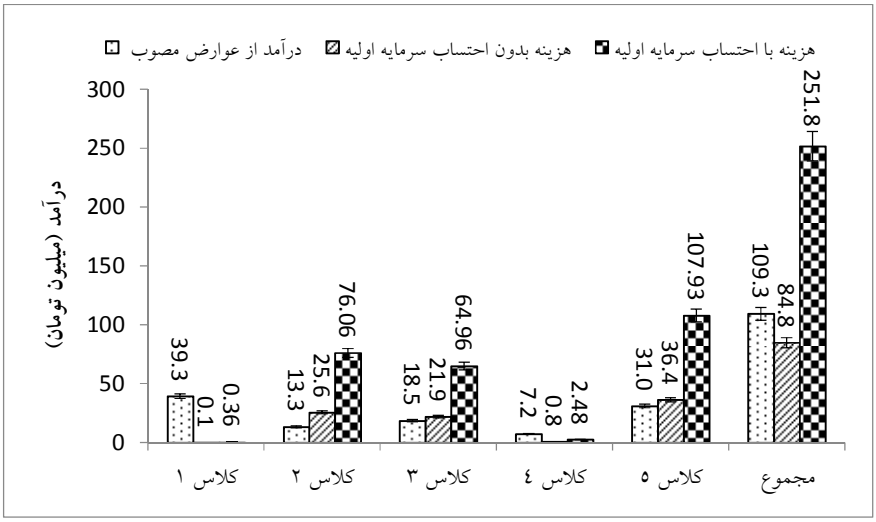
۳-٥-درآمد حاصل از عوارض عبور وسایل نقلیه در محورهای تحت مطالعه

برای تعیین درآمد حاصل از عوارض مصوب در مسیرهای فوق با توجه به اینکه هیچ گونه اخذ عوارضی در مسیرهای تحت مطالعه صورت نمی‌گیرد لازم است عوارض از مسیر مشابه تخمین زده شود. با بررسی‌های بعمل آمده مسیر مشابه، مسیر قم-کاشان انتخاب شد. نرخ عوارض دریافتی در مسیر قم-کاشان در سال ۱۳۹۳ در جدول ۹ ارایه شده است (سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای، ۱۳۹۳). از آنجا که این مسیر ۱۰٤ کیلومتر است به راحتی عوارض هر کیلومتر با کمی اغماض قابل محاسبه است. بر اساس اطلاعات جدول ۲ و عوارض یک کیلومتر از مسیر، می‌توان در آمد حاصل از دریافت عوارض را براساس نرخ مصوب در مسیرهای تحت مطالعه، بدست آورد. جدول ۹ نتایج حاصل از این برآورد را نشان می‌دهد. همچنین می‌توان با استفاده از اطلاعات جداول ۷، ۸ و ۹ به مقایسه درآمد کل ناشی از دریافت عوارض با نرخ مصوب و روش بیان شده در این پژوهش با احتساب سرمایه اولیه و بدون آن برای محورهای اصفهان- مورچه‌خورت و اصفهان- نایین پرداخت که نتایج آن در اشکال ٥ و ٦ ارایه شده است.

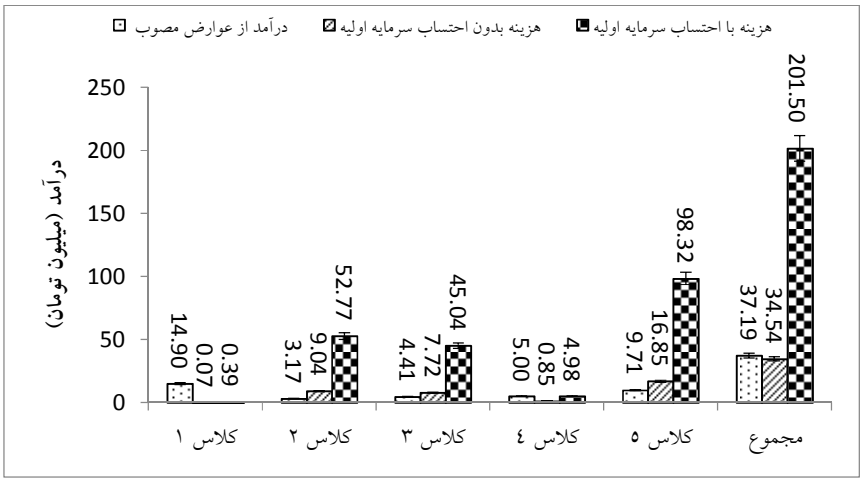
همان‌طور که از شکل ٥ و ٦ مشخص است، با نرخ عوارض دریافتی، عمده درآمد از خودروهای کلاس ۱ حاصل می‌شود. این در حالی است که کلاس ۱ کمترین آسیب را به راه وارد می‌کند (ضریب بار هم ارز حداقل در مقایسه با ضریب بار هم ارز سایر کلاس‌ها (جدول ٥)). به عبارت دیگر بین آسیب وارد شده به راه و هزینه پرداختی تناسبی وجود ندارد. بنابراین اگر درآمد یک کیلومتر از راه برای هر نوع کلاس از خودروها نسبت به درآمد کلاس ۱ به روش جدول ۹ و روش توصیه شده در این پژوهش (جداول ۷ و ۸) سنجیده شود، این عدم تناسب بیشتر آشکار می‌شود. این نسبت در شکل ۷ ارایه شده است.

جدول۹. عوارض یک کیلومتر از مسیر و درآمد حاصل در محورهای تحت مطالعه

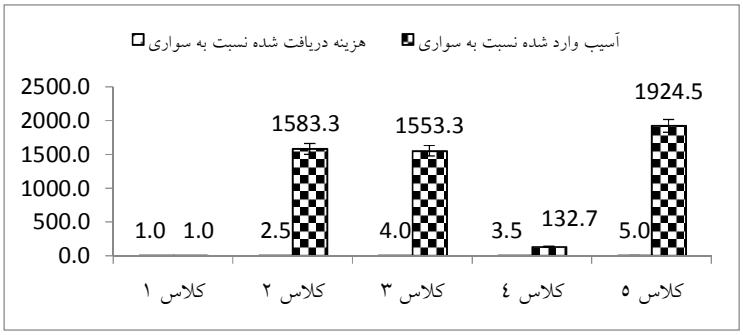
ردیف	کلاس خودرو / اقلام	۱	۲	۳	٤	٥	
۱	عوارض قم-کاشان، (تومان)	۱۰۰۰	۲۵۰۰	٤۰۰۰	۳۵۰۰	٥۰۰۰	(سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای، ۱۳۹۳)
۲	عوارض یک کیلومتر، (تومان)	۱۰	۲۵	٤۰	۳۵	٥۰	
۳	تعداد وسایل نقلیه، (جدول ۲)	۳۹۲۹٤۸٤	٥۳۱٤٤٤	٤٦۲٦۸۱	۲۰٦۷۲۰	٦۲۰٤٤٤	اصفهان-مورچه خورت
٤	درآمد کل هر کلاس، (تومان) (ردیف۲×ردیف۳)	۳۹۲۹٤۸٤۰	۱۳۲۸٦۱۰۰	۱۸٥۰۷۲٤۰	۷۲۳٥۲۰۰	۳۱۰۲۲۲۰۰	
٥	جمع کل درآمد، (تومان)	۱۰۹۳٤٥٥۸۰					
٦	تعداد وسایل نقلیه، (جدول ۲)	۱٤۹۰۳۱۸	۱۲٦۷٤۱	۱۱۰۲۷۹	۱٤۲۷٦٥	۱۹٤۲۹۰	اصفهان-نایین
۷	درآمد کل هر کلاس، (تومان) (ردیف۲×ردیف٦)	۱٤۹۰۳۱۸۰	۳۱٦۸٥۲٥	٤٤۱۱۱٦۰	٤۹۹٦۷۷٥	۹۷۱٤٥۰۰	
۸	جمع کل درآمد، (تومان)	۳۷۱۹٤۱٤۰					



شکل۵. مقایسه درآمد و هزینه ناشی از دریافت عوارض با نرخ مصوب و روش بیان‌شده در این پژوهش (محور اصفهان-مورچه خورت)



شکل٦. مقایسه درآمد و هزینه ناشی از دریافت عوارض با نرخ مصوب و روش بیان‌شده در این پژوهش (محور اصفهان-نایین)



شکل۷. مقایسه هزینه و میزان آسیب واردشده به راه نسبت به خودروهای کلاس یک با نرخ مصوب

٤-وضعیت راه در محور اصفهان – نائین

سازمان راهداری استان اصفهان در سال ۱۳۹۳ گزارش کاملی از وضعیت راه‌های استان ارائه کرده که با شاخص‌های کیفی بیان‌شده است. این شاخص‌های کیفی با استفاده از تعریف محدوده PCI و PSI مطابق جدول ۱۰ تهیه شده است (مقدس نژاد، ۱۳۷۸). برای درک بهتر هر یک از شاخص‌های کیفی، سازمان حمل‌ونقل و راهداری تعاریف زیر را ارائه داشته است (معاونت راهداری، ۱۳۹۳):

۱. قطعه سالم: قطعه‌ای که جدیداً بهسازی شده و فاقد هرگونه خرابی اعم از ظاهری یا چشمی... باشند.

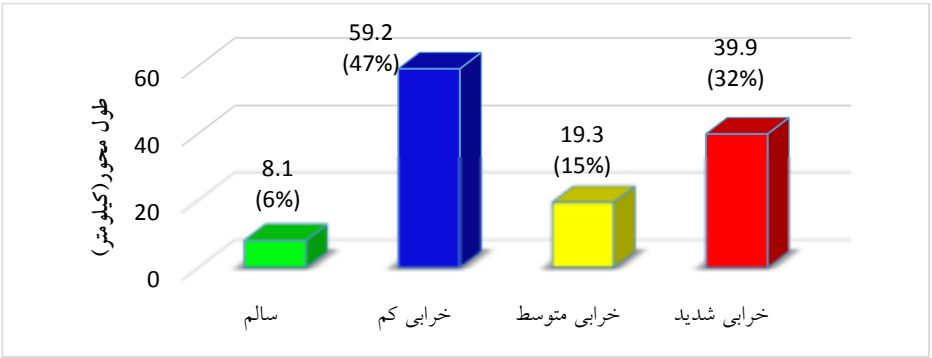
۲. قطعه با خرابی کم: خرابی در حد ترک‌خوردگی به مقدار حداکثر ۳۰٪ سطح که می‌توان با عملیات درزگیری نسبت به اصلاح و بهسازی آن اقدام نمود.

۳. قطعه با خرابی متوسط: خرابی موجود در محور علاوه بر ترک‌خوردگی شامل خرابی‌های موضعی با سطوح محدود بوده که می‌توان با عملیات لکه‌گیری (حداکثر ۳۰٪) و درزگیری نسبت به اصلاح و بهسازی آن اقدام نمود.

٤. قطعه با خرابی شدید: سطوح خرابی بیش از ۳۰٪ کل سطح محور بوده و می‌بایست نسبت به بهسازی و اصلاح اساسی و کلی اقدام نمود.

جدول۱۰. شاخص‌های وضعیت روسازی (مقدس نژاد، ۱۳۷۸؛ معاونت راهداری، ۱۳۹۳)

وضعیت کیفی ازنظر راهداری استان اصفهان	شاخص PCI	شاخص PSI
سالم	۷٦-۱۰۰	۳/۷٦-۵/۰۰
خرابی کم	۵۱-۷۵	۲/۵۱-۳/۷۵
خرابی متوسط	۲٦-۵۰	۱/۲٦-۲/۵۰
خرابی شدید	۰-۲۵	۰/۰۰-۱/۲۵



شکل ۸ وضعیت روسازی محور اصفهان-نائین به طول ۱۳٦ کیلومتر در سال ۱۳۹۳ (معاونت راهداری، ۱۳۹۳)

بررسی وضعیت کنونی روسازی در محور اصفهان – نائین و بالعکس با توجه به اطلاعات قابل دسترس، به طول ۱۲٦ کیلومتر در سال ۱۳۹۳ در شکل ۸ نشان داده‌شده است. همان‌طور که از نمودار مشخص است، تنها در این محور ۱۲٦ کیلومتری، ٦٪ از راه دارای وضعیت مطلوب است و این پیامد عدم تعمیر، نگهداری و بهسازی کافی است. زیرا با توجه به تردد سنگین در محور فوق نیاز به تعمیر، نگهداری و بهسازی مستمر آن محرز است. مسئولین به این امر واقف بوده اما نبود بودجه کافی منجر به شرایط بهره‌برداری کنونی شده است. نکته مهم دیگری که توجه به آن حایز اهمیت است این است که علاوه بر کنترل کل بار مجاز وسایل نقلیه، بایستی مطابق جدول ٤ توزیع بار روی محورهای عبور هم کنترل، و در صورت اضافه بار از تردد آنها جلوگیری شود. در این راستا عملکرد روش قدیمی در برخورد با وسایل نقلیه دارای اضافه بار محوری ضعیف است و به دلیل اتلاف زمان زیاد برای وزن‌کشی محورهای هر وسیله نقلیه باری، عملاً کنترل و برخورد با متخلفین غیرممکن است و فقط اقدام به کنترل وزن کل وسایل نقلیه باربر می‌شود.

۵-نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق تعیین عوارض بهینه عبور بر اساس میزان خرابی وارد به روسازی است. برای دست‌یابی به این مهم، وضعیت راه‌ها و تردد وسایل نقلیه در مسیرهای اصفهان-مورچه‌خورت و اصفهان- نایین با سامانه هوشمند بررسی شد تا با داشتن اطلاعات دقیق، نتایج کاربردی و عملی‌تری به دست آید. درنهایت نتایج حاصل از این پژوهش شامل موارد زیر است:

۱- سامانه هوشمند تردد شمار و WIM و تطابق داده‌های آنها با یکدیگر اطلاعات مفیدی را در خصوص تردد کلاس‌های مختلف وسایل نقلیه ارایه می‌کند. همچنین کنترل برآوردهای ترافیکی مسیر در طراحی با آنچه که در واقعیت اتفاق می‌افتد و ارزیابی روشهای مطالعات و فرضیات آنها امکان پذیر می‌شود. علاوه بر این براساس کلاس‌بندی خودروها و ترافیک موجود و آنچه که در طرح روسازی لحاظ شده، پیش بینی و مدیریت آینده روسازی مسیر، با احتمال بیشتری صورت می‌گیرد. بدست آوردن داده‌های واقعی توزیع ترافیک روی خطوط مسیر و توزیع وزنهای مجاز خودروها روی محورهای آنها، از مزایای دیگر است که تجربه آن برای طراحی بهتر سازه راه‌ها، بسیار حایز اهمیت است.

۲- خسارت وارده به روسازی‌ها در مقایسه با محور هم‌ارز ۸/۲ تنی با ضرایب بار هم‌ارز بیان می‌شود. کلاس‌بندی وسایل‌نقلیه، تعیین وزن متوسط محورها، تعیین ضرایب بار هم‌ارز هر محور و نهایتا ضریب بار هم‌ارز هر کلاس از خودروها معیار مناسبی از خسارت وارده به روسازی را نمایش می‌دهد. جدول ۵ نشان می‌دهد خسارت وارده از طرف خودروهای کلاس ۲، ۳ و ۵ بیش از ٤ برابر محور مبنا است. این در حالی است که خسارت وارده از طرف خودروهای سواری بسیار ناچیز است.

۳- محاسبه هزینه عبور یک محور مبنا در یک کیلومتر راه و از آنجا هزینه هر کلاس، با استفاده از ارزش سالیانه یکنواخت با احتساب سرمایه اولیه و بدون آن (جدول ٦) برای دو محور تحت مطالعه براساس خسارت وارده به روسازی توسط کلاس‌های مختلف وسایل نقلیه منجر به محاسبه هزینه عبور واقعی هر کلاس از وسایل نقلیه شده است (جداول ۷ و ۸). نتایج فوق نشان می‌دهد در عوارض دریافتی از خودروها باید اختلاف قابل توجهی وجود داشته باشد.

٤- مقایسه هزینه کل هر کلاس عبوری (جداول ۷ و ۸) و درآمد ناشی از عوارض دریافتی (جدول ۹) که در نمودار ۵ و ٦ ارایه شده نشان می‌دهد که با احتساب سرمایه اولیه، درآمدها پاسخگوی هزینه‌ها نیست به صورتی که در محور اصفهان-مورچه‌خورت اختلاف ۲۳۰ درصدی و در محور اصفهان-نایین اختلاف ٥٤۰ درصدی وجود دارد. یعنی بایستی درخصوص عوارض دریافتی دیدگاه‌ها کاملا تغییر کند و نسبت به ایجاد درآمد پایدار از عوارض به منظور افزایش بیشتر سرمایه‌گذاری در راه‌ها، اهتمام نمود. همچنین در محور اصفهان-نایین که تردد کمتری مشاهده شده این اختلاف فاحش بوده و نشان می‌دهد برای جبران هزینه‌ها، عوارض دریافتی علاوه بر تطابق با میزان خسارت وارده از طرف هر خودرو، باید با توجه به نوع راه و مقدار تردد آن تغییر کند.

۵- مقایسه هزینه کل هر کلاس عبوری (جداول ۷ و ۸) و درآمد ناشی از عوارض دریافتی (جدول ۹) که در نمودار ۵

و ٦ ارایه شده نشان می‌دهد که بدون احتساب سرمایه اولیه، درآمدها با اندکی سود پاسخگوی هزینه‌های بهره‌برداری می‌باشد. البته شرط برقراری چنین حالتی این است که دولت بایستی همیشه هزینه ساخت راه‌ها را تقبل نموده و بهره‌بردار با توجه به عوارض دریافتی، بهره‌برداری را مدیریت کند. چنین روندی با توجه به شرایط کشور امکان پذیر نیست زیرا همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود دولت امکان تامین هزینه‌های تعمیر، نگهداری و بهسازی مسیرهای موجود را هم ندارد و فقط ٦٪ مسیر اصفهان–نایین سالم بوده و ٤٧ درصد در وضعیت خرابی شدید و متوسط قرار دارد. بنابراین هزینه‌های میانگین سالیانه راه‌ها تأمین نمی‌گردد و به‌تبع آن بهسازی و نگهداری از راه به موقع انجام نپذیرفته که نتیجه آن کاهش عمر راه‌ها است. به نظر می‌رسد ارتقاء راه‌ها و دریافت عوارض از آنها می‌تواند شرایط پایداری را برای استفاده کننده و بهره‌بردار ایجاد کند.

٦- شکل ۵ و ٦ نشان می‌دهد درآمد حاصل از عبور اتوبوسها در محور اصفهان–نایین به نسبت، متعادل بوده ولی در محور اصفهان–مورچه خورت بیشتر از هزینه‌ها است. در صورتی که بخواهیم در جهت سیاستهای تشویقی استفاده از حمل و نقل عمومی پیش رویم، عوارض دریافتی از اتوبوس‌های باید کاهش یابد. البته عوارض دریافتی از خودروهای سواری در جهت کاهش استفاده از سواری است.

۷- مقایسه هزینه و میزان آسیب واردشده به راه نسبت به خودروهای کلاس ۱ با نرخ مصوب(شکل ۷) نشان می‌دهد که این دو هیچ نسبت منطقی با یکدیگر ندارند. بر اساس یافته‌های این پژوهش آسیب وارده توسط وسایل نقلیه سنگین که شامل کلاس ۲، ۳ و ۵ است، بیش از ۱۵۰۰ برابر یک خودرو سواری است درحالی‌که نسبت عوارض پرداختی آنها تنها به ترتیب ۲/۵، ٤ و ۵ برابر بیشتر از خودرو سواری است و در عمل هزینه‌های وسایل نقلیه باری از خودروهای سواری و اتوبوس‌ها اخذ می‌شود. این عدم تناسب در واقع عدم وجود عدالت اجتماعی است.

۸- نتایج حاکی از آن است که اضافه بار محوری نسبت به جدول ٤ برای یک دوره یک هفته‌ای برای خودروهای کلاس ۲، ۳ و ۵ به ترتیب ۸، ۱۱ و ١٤ درصد بوده که قابل توجه است. این مسئله ناشی از کمبود امکانات پلیس در کنترل وزن محورهاست. اطلاع رسانی و کنترل بار محورها به روش WIM و بدون اتلاف وقت و همچنین گسترش آن در تمام مسیرها، قابلیت بازدارندگی داشته که منجر به رعایت بار مجاز محورها توسط شرکت‌های حمل و نقلی می‌شود. بنابراین با توجه به آسیب دیدگی سازه روسازی به نسبت توان چهارم وزن، خرابیهای ناشی از توزیع نامناسب بار محوری، به همین نسبت کاهش خواهد یافت. شاید یکی از علت‌های خرابی‌های زود هنگام در مسیر وسایل‌نقلیه سنگین، ناشی از این موضوع باشد.

۹- بررسی عوارض مسیر Greenfield Drive به Macarthur Boulevard به طول ۲۹ کیلومتر در ایالت کالیفرنیا نشان می‌دهد پرداخت مبلغ عوارض بستگی به ساعت و روز استفاده از بزرگراه، نحوه پرداخت و نوع وسیله (۲ محور، ۳ و ٤ محور، ۵ محور و بیشتر) دارد. در حالت عادی پرداخت عوارض برای سه نوع وسیله به ترتیب ۷/٦١ (۲۹۰۰۰ تومان)، ۱۵/۲۲ (۵۸۰۰۰ تومان) و ۳۰/٤٤ (۱۱٦۰۰۰ تومان) دلار است (د تول رودز، ۲۰۱٤). مقادیر فوق به ازای هر کیلومتر مسیر به ترتیب ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ هزار تومان محاسبه می‌شود. نکته قابل توجه این است که نسبت عوارض سواری به تریلر برابر٤ است که حتی از ایران هم کمتر است ولی مقدار عوارض به ازای هر کیلومتر برای سواری و تریلر به ترتیب ۱۰۰ و ۸۰ برابر ایران است (جدول ۹). احتمالا بالا بودن عوارض سواری به علت در نظر گرفتن مستعد بودن این قشر و ترغیب به استفاده از حمل و نقل عمومی است. همچنین مقادیر فوق نشان می‌دهد عوارض دریافتی در ایران بسیار ناچیز است و تبدیل شدن آن به مقادیر واقعی مثلا برای تریلر، ۵۰٦ تومان (بدترین حالت در جداول ۷ و ۸) هم هنوز، تا ٤۰۰۰ تومان به ازای هر کیلومتر خیلی فاصله دارد. البته بایستی در نظر داشت محاسبه و دریافت عوارض ٤۰۰۰ تومان با توجه به استاندارد تعمیر و نگهداری و سایر مسایل اقتصادی تعریف شده در آمریکا بدست آمده است و احتمالا کیفیت بالای راه‌ها، ناشی از داشتن بودجه پایدار از عوارض است که کشور ما تا این سطح فاصله زیادی دارد.

۱۰- پیشنهاد می‌شود در طی یک برنامه چند ساله با توجه به تجهیز راه‌های کشور به سیستم تردد شمار و WIM، عوارض دریافتی به عوارض واقعی تبدیل شوند. در حالت پیشرفته، با طراحی سامانه مناسب و پردازش اطلاعات دو سیستم هوشمند، دریافت عوارض مطابق وزن کل و وزن

محورهای‌های عبوری تک‌تک وسایل نقلیه و به صورت اتوماتیک باشد. بدین صورت علاوه بر حفظ سرمایه‌های ملی کشور پرداخت عوارض مطابق با منطق علمی و عدالت اجتماعی خواهد بود و منابع جهت گسترش راه‌های جدید و حفظ راه‌های موجود به حد کافی تامین خواهد شد.

۱۱- نکته دیگر قابل توجه در خصوص هزینه‌ها و درآمد ناشی از عبور وسایل نقلیه سنگین این است که اختلاف فاحش بین آنها و عدم دریافت هزینه واقعی از بخش حمل و نقل تجاری منجر شده که صاحبان کالاهای تجاری تمایل چندانی به استفاده از بخش ریلی نداشته باشند و از طرف دیگر هزینه کم غیر واقعی حمل، و تاثیر کم آن در تعیین قیمت کالاهای تجاری موجب شده دست‌اندر کاران سیاست گذاری حمل و نقل کشور درصدد توسعه سیستم ریلی کشور با جدیت تمام نباشند و هیچ انگیزه جابه‌جایی عبور بار از روی جاده به ریل، فراهم نشود. نتایج مطالعات دلیل بر تایید این نتیجه گیری است چراکه ۸۹ درصد بار کشور روی جاده‌ها جابجا می‌شود این درحالی است که در کشوری مثل آمریکا ۵۸٪ روی ریل و ٤۲٪ حمل و نقل زمینی، روی جاده‌ها هستند (زیاری و همکاران، ۱۳۸۳؛ مارتلند، لوئیس و کریمی، ۲۰۱۱). دریافت واقعی عوارض نوعی مدیریت غیرمستقیم در انتخاب مسیر و یا تغییر در مدل حمل بار ایجاد می‌کند.

٦- سپاسگزاری

بدینوسیله از مدیر عامل و پرسنل محترم سازمان راهداری استان اصفهان و اداره کل راه و شهرسازی استان اصفهان که در انجام این پژوهش یاری رساندند قدردانی و تشکر می‌شود.

۷-مراجع

-آیتی، الف. و بهنود، ح.، (۱۳۸۸)، "تاثیر افزایش سرعت ناشی از بهسازی راه‌های برون شهری برسودها و هزینه‌های اقتصادی"، مجله فنی مهندسی مدرس، شماره ۳٦.

-ابطحی، س. م.، تمنایی، م. و کرمی هرستانی، ع. (۱۳۸۸)، "ارائه متدولوژی تعیین تاثیر وضعیت روسازی راه‌ها بر ظرفیت تسهیلات تحت جریان ترافیکی پیوسته"، نهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران.

-احمدی نژاد، م.، افندی زاده، ش. و آتش خیر، الف. (۱۳۹۰)، "ارائه مدل بهینه سازی تعمیر ونگهداری شبکه راه با هدف افزایش ایمنی راه‌های برون شهری"، فصلنامه راهور، سال هشتم، شماره ۱۵.

-ادیب‌فر، ع. ر.، حسن پور، ش. و دیباج، س. م.، (۱۳۹۱)، "ارزیابی و تحلیل آثار اقتصادی سیستم های توزین در حال حرکت"، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، سال هفتم، شماره ۲۵.

-پورمعلم، ن. و رضاپور، م.، (۱۳۸۸)، "سیستم توزین متحرک وسایل نقلیه سنگین، دوفصلنامه فناوری حمل و نقل"، شماره ۱۳.

-تن‌زاده، ج. (۱۳۹۲). "طراحی ساختار روسازی راه، جلد اول"، چاپ دوم، انتشارات صانعی، تهران.

-جلالی، ف.، ابطحی، س. م. و دیباج، م. (۱۳۹۱)، "بررسی اثرات خودروهای سنگین بر خرابی راه‌های برون شهری"، دوازدهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.

-خادمی، خ.، (۱۳۹۱)، "هزینه ساخت جاده در ایران چقدر است؟"، http://www.persiankhodro.com.

-زیاری، ح.؛ نوبخت، ش.، بمانا، ک. و خبیری م. (۱۳۸۳)، "تعیین خسارت محورهای سنگین بر روسازی‌های آسفالتی"، دومین همایش قیر و آسفالت ایران، تهران.

-سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای، (۱۳۹۳)، "سالنامه آماری".

-سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای، (۱۳۹۳)،

"اطلاعات سیستم تردد شماری برخط".

سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای، (۱۳۹۰). "اصلاحیه مقررات حمل ونقل بار در راه‌ها".

-شکرچی‌زاده، م. (۱۳۹۵)، "هزینه نگهداری راه‌های کشور ٦ برابر شد".
http://shahrvand-newspaper.ir/News/Main/74506

-صبا، ع.، علیمردان، پ. و اختیاری، ا. (۱۳۹۲)، "سامانه تردد شمار برخط راه‌ها وکاربردهای آن دراقدامات زمستانی مرکز مدیریت راه‌های کشور"، ماهنامه راهبران، شماره ۷۱.

-طباطبایی، الف. (۱۳۹۰)، "روسازی‌راه"، چاپ نوزدهم، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

-عامری، م. و افتخارزاده، س. ف. (۱۳۹۳)، "مدیریت روسازی برای راه‌ها فرودگاه‌ها و پارکینگ‌ها"، جلد اول، چاپ چهارم، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

-فخری، م.، دولت‌علی‌زاده، م. و غنی‌زاده، ع. (۱۳۹۳)، "ارزیابی ضرایب بار هم ارز محوری بر اساس معیار خستگی لایه آسفالتی با استفاده از روش انرژی تلف‌شده و مقایسه با ضرایب پیشنهادی در آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران "، فصلنامه علمی-پژوهشی مهندسی حمل و نقل، سال پنجم، شماره سوم.

-فراست، م. و ذکرالهی، م. (۱۳۹۳)، "سیستم توزین در حال حرکت، آیا تکنولوژی مؤثر در ایران است؟"، نخستین همایش سیستم‌های حمل و نقل هوشمند جاده ای، تهران.

-معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، (۱۳۹۰)، "آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران. نشریه ۲۳٤"، وزارت راه و شهرسازی، پژوهشکده حمل و نقل، موسسه قیر و آسفالت ایران، تجدید نظر اول.

-معاونت راهداری، (۱۳۹۳)، " وضعیت رویه محورهای شریانی کشور"، اداره کل نگهداری راه و ابنیه، معاونت روسازی.

-مقدس‌نژاد، ف. (۱۳۷۸). "چارچوب سیستم مدیریت روسازی راه‌ها در ایران"، پژوهشکده حمل ونقل وزارت راه و شهرسازی.

-میرزا بروجردیان، الف.، الیاسی، م. ر. و درگاهی، م. م. (۱۳۹٤)، "مکان‌یابی استفاده از سامانه توزین در حال حرکت (Wim) با استفاده از GIS (مطالعه موردی استان همدان)"، فصلنامه راهور، سال دوازدهم، شماره ۳۰.

-وزارت راه و شهرسازی، (۱۳۹۳)، " نرخ عوارض آزادراهی "، از سایت خبرگزاری مهر، گروه اقتصادی (۱۳۹۳). "هزینه سالانه نگهداری از راه‌ها"،
..http://www.mehrnews.com/news/2418727

-AASHTO, (2001), "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures", Washington D.C., USA.

Campbell S. et al, (2009), "Impact of Permitted Trucking on Ohio's Transportation System and Economy", Ohio Department of Transportation, Columbus, OH.

Dodoo, N.A. and Thorpe, N. (2005), "A new approach for allocating pavement damage between heavy goods vehicles for road-user charging", Transport Policy, 12(5): pp. 419-430.

Hajibabai, L., Bai, Y. and Ouyang Y. (2014), "Joint optimization of freight facility location and pavement infrastructure rehabilitation under network traffic equilibrium", Transportation Research Part B: Methodological, 63: pp. 38-52.

Holguín-Veras, J. and Cetin, M. (2009), "Optimal tolls for multi-class traffic: Analytical formulations and policy implications", Transportation Research Part A: Policy and Practice, 43(4): pp. 445-467.

-http://www.thetollroads.com/tolls/calculator.

-Lindsey, R. (2012), "Road pricing and investment. Economics of transportation", 1(1): pp.49-63.

-Martland, C. D., Lewis, P. and Kreim, Y. (2011), "Productivity Improvements in the US Rail Freight Industry 1980-2010", MIT University.

-Martin, T.C. (2002), "Estimating heavy vehicle road wear costs for bituminous-surfaced arterial roads", Journal of transportation engineering, 128(2): pp.103-110.

-Parry, I.W. (2008), "How should heavy-duty trucks be taxed?", Journal of Urban Economics, 63(2): pp. 651-668.

-Rakha, H., Katz, B. and Al-Kaisy, A. (2003), "Field evaluation of weigh-in-motion screening on truck weigh station operations", in Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings. IEEE.

-Straus, S.H. and Semmens, J. (2006), "Estimating the cost of overweight vehicle travel on Arizona highways", Arizona Department of Transportation.

-Virginia Transportation Research Council, (2008), "A Review of the Current Overweight Permit Fee Structure in Virginia (HB 1551)". VTRC.