ارائه مدل اقتصادی تعیین نرخ عوارض وسایل نقلیه سنگین و نیمه‌سنگین تجاری در آزادراه‌های کشور با تأکید بر میزان خسارت وارده بر روسازی[1]

مقاله علمی – پژوهشی

*پریسا بازدار اردبیلی (نویسنده مسئول)، استادیار، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: p.bazdar@bhrc.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۲- پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۲

صفحه ۲۵۲-۲۳۳

چکیده

امروزه قیمت‌گذاری راه‌ها به یکی از اولویت‌های اصلی در سیاست‌های حمل‌ونقل جهانی تبدیل‌شده است. قیمت‌گذاری راه، راهکاری مؤثر برای تأمین منابع مالی توسعه و بهبود سیستم‌های حمل‌ونقل و نیز مدیریت تقاضا و کنترل ازدحام است. هدف اصلی این مقاله، ارائه مدل اقتصادی تعیین نرخ عوارض وسایل نقلیه سنگین و نیمه‌سنگین تجاری در آزادراه‌های کشور با تأکید بر میزان خسارت وارده بر روسازی است. بدین منظور با استفاده از رویکرد هزینه نهایی خارجی، نرخ عوارض این وسایل نقلیه محاسبه‌شده است. علاوه بر مدل اصلی، مدلی تعدیل‌یافته ارائه گردیده و نرخ عوارض بر اساس آن تعیین‌شده است. با توجه به رویکرد پیشنهادی به‌عنوان نمونه، نرخ عوارض در آزادراه تهران-قم محاسبه گردید. دو استراتژی برای تعیین نرخ عوارض استفاده شده است: (۱) پوشش کل هزینه‌های تحمیل‌شده (سناریوی گرداننده دولتی) و (۲) پوشش هزینه‌های زیرساخت به همراه حاشیه سود ۳۰ درصد (سناریوی گرداننده خصوصی). نتایج نشان داد درصورتی‌که هزینه‌های نهایی اولیه زیرساخت در محاسبه نرخ عوارض لحاظ نشوند، میزان انحراف نرخ عوارض محاسبه شده از مقادیر کنونی کمتر از سایر سناریوها است. نکته بسیار مهم، بیشتر بودن نرخ‌های محاسبه‌شده نسبت به مقادیر فعلی است. چنین موضوعی ممکن است در صورت اجرای مدل پیشنهادی با مخالفت شدید کاربران حمل‌ونقل مواجه شود؛ بنابراین اجرای تدریجی و فرهنگ‌سازی پیش‌نیاز اجرای مدل است.

واژه‌های کلیدی: مدل اقتصادی، نرخ عوارض، وسایل نقلیه سنگین و نیمه‌سنگین تجاری، آزادراه، مدل هزینه نهایی

۱- مقدمه

یکی از شاخص‌های اصلی توسعه اقتصادی کشورها، رشد و توسعه صنعت حمل‌ونقل است. تحولات شگرف دنیای امروز با استفاده از دانش فنی، فناوری‌های جدید و پیشرفته برای توسعه پایدار در تمام ابعاد زندگی بشری، ازجمله صنعت حمل‌ونقل، حرکت‌های تازه‌ای را به ارمغان آورده است. حمل‌ونقل جاده‌ای بیشترین سهم را در حمل کالا و جابجایی مسافر دارد. سالنامه حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، جابجایی سالانه حدود دو میلیارد مسافر و بیش از نیم میلیارد تن بار داخلی را در کشور با پهناوری ۱/۶۵ میلیون کیلومترمربع و طول راه‌های بیش از ۲۹۰ هزار کیلومتر (با احتساب راه‌های خاکی) گزارش می‌کند (سالنامه آماری حمل‌ونقل جاده‌ای و ۱۴۰۳). در اغلب کشورهای درحال‌توسعه، گام اساسی در تکمیل و ایجاد سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای ایمن و سریع، ایجاد منابع مالی قابل‌دسترس است. ازآنجاکه مالیات و منابع درآمد در این کشورها بسیار محدود است، ساخت و تکمیل شبکه راه‌ها ممکن است سالیان درازی به طول انجامد. نیازهای فوری تعمیرات، نگهداری و بهبود وضعیت راه‌های موجود، بخش عمده بودجه‌های عمرانی را به خود اختصاص می‌دهد؛ ازاین‌رو دولت‌ها در کشورهای درحال‌توسعه بودجه کمی برای ساخت راه‌های جدید دارند (بابائی، ۱۳۹۳).

تأمین منابع مالی برای احداث آزادراه‌ها خصوصاً برای بخش خصوصی زمانی جذاب خواهد بود که برگشت سرمایه در مدت‌زمان معینی تضمین شود. اخذ عوارض در آزادراه‌ها در کنار منافع مادی و معنوی حاصل از احداث آن‌ها (مانند کاهش مصرف سوخت یا کاهش هزینه‌های تصادفات)، مهم‌ترین منبع درآمد و منفعت برای سرمایه‌گذاری است. درصورتی‌که پیش از احداث آزادراه مطالعه دقیقی برای تعیین نرخ عوارض انجام نشود، ممکن است احداث آزادراه برای سرمایه‌گذار توجیه اقتصادی نداشته باشد. از طرف دیگر، افزایش نرخ عوارض برای رانندگان جذابیت نخواهد داشت و ممکن است راه احداث‌شده حداقل در سال‌های اول بهره‌برداری مورد استقبال قرار نگیرد (برادران و کاظم‌پورفرد، ۱۴۰۱).

بنابراین، امروزه تعیین نرخ عوارض راه‌ها یا قیمت‌گذاری راه‌ها به یکی از اولویت‌های کاری در رئوس سیاست‌های حمل‌ونقل در سراسر جهان تبدیل‌شده است. بیشتر کارشناسان و اقتصاددانان حمل‌ونقل و همچنین سیاستمداران متقاعد شده‌اند که قیمت‌گذاری راه، راهکار مؤثری برای کسب و جذب منابع مالی جهت توسعه و بهبود سیستم‌های حمل‌ونقل و نیز مدیریت تقاضا و کنترل ازدحام است.

بر اساس بند الف ماده ۵۹ قانون برنامه هفتم توسعه، وزارت راه و شهرسازی مکلف است جدول عوارض جبران خسارت واردشده به جاده‌ها را بر اساس میزان بارمحوری و میزان صدمه واردشده به جاده‌های کشور توسط انواع کامیون و کامیونت تهیه کند و پس از تأیید شورای عالی هماهنگی ترابری کشور به تصویب هیأت وزیران برساند (مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۳).

با توجه به اینکه قیمت‌گذاری راه‌ها عاملی بسیار تأثیرگذار در حمل‌ونقل جاده‌ای است و کلیدی‌ترین متغیر قیمت‌گذاری، نرخ عوارض (تعرفه یا قیمت) می‌باشد، پژوهش حاضر بسیار بااهمیت به نظر می‌رسد. نوآوری این مقاله، لحاظ هم‌زمان هزینه خسارت روسازی (بر اساس بارمحوری و پیمایش) در کنار سایر هزینه‌های نهایی اجتماعی (هزینه اولیه زیرساخت، هزینه نگهداری، هزینه گرمایش جهانی، هزینه تصادفات) در یک مدل یکپارچه برای آزادراه‌های ایران است. سؤال اصلی تحقیق آن است که آیا نرخ عوارض فعلی آزادراه، هزینه نهایی واقعی وسایل نقلیه سنگین را پوشش می‌دهد؟

توالی ارائه مطالب بدین‌صورت بود که پس از ارائه مقدمه، در بخش دوم، مطالعات مختلف صورت گرفته در داخل و خارج کشور موردبررسی قرارگرفته است. در ادامه مبانی نظری تعیین نرخ عوارض در آزادراه‌ها ارائه‌شده است. در بخش چهارم اهداف اخذ عوارض در آزادراه‌های کشور بررسی‌شده است. عوامل مؤثر بر میزان عوارض دریافتی با تأکید بر میزان خسارت وارده بر روسازی آزادراه‌های کشور از دیدگاه بخش دولتی و خصوصی در بخش پنجم تحلیل‌شده است. در بخش ششم به ارائه متدولوژی تحقیق پرداخته و یک مدل اقتصادی بر مبنای هزینه‌های نهایی خارجی برای تعیین نرخ عوارض ارائه گردیده است. مدل مذکور متشکل از عوامل هزینه‌ای متعددی بوده که در غالب کشورها جهت محاسبه نرخ عوارض استفاده می‌گردد. در بخش هفتم سعی شده است مدل ارائه‌شده در بخش ششم بار دیگر موردبررسی دقیق‌تر قرارگرفته و بر اساس شرایط موجود در ایران، مدلی اجرایی برای آزادراه تهران–قم ارائه گردد. نهایتاً، جمع‌بندی تحقیق و پیشنهادات ارائه‌شده است.

۲- پیشینه تحقیق

صفارزاده و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی و ارائه مدل قیمت‌گذاری عوارض آزادراه‌ها بر مبنای سهم تغییر وسیله، تغییر مسیر، تغییر زمان سفر و میزان تمایل به پرداخت کاربران پرداختند. نتایج نشان داد با افزایش قیمت، کاربران به سمت استفاده از مسیر رایگان تمایل پیدا می‌کنند و کاربران خودرو سواری به ناوگان حمل‌ونقل عمومی تغییر وسیله می‌دهند. همچنین کاربران با تعدد عبور بالا نسبت به قیمت‌ها حساس هستند(صفارزاده و همکاران و۱۴۰۱).

برادران و کاظم‌پورفرد (۱۴۰۱) به قیمت‌گذاری عوارض آزادراه‌ها با توسعه مدل‌های اقتصادی در شرایط عدم قطعیت پرداختند. دو مدل اقتصاد مهندسی برای تحلیل اقتصادی و تعیین نرخ عوارض تحت قطعیت و عدم قطعیت ارائه شد. نتایج نشان داد تعیین نرخ عوارض به‌صورت سنتی برای سرمایه‌گذار بخش خصوصی جذابیت ندارد (برادران و کاظم پورفرد و۱۴۰۱).

بابائی (۱۳۹۳) به مطالعه تطبیقی روش‌های تعرفه گذاری عوارض جاده‌ای در جهان و بررسی وضعیت قیمت‌گذاری آزادراه‌های عوارضی در ایران پرداخت. وی نتیجه گرفت نرخ

تعرفه به‌شدت به هدف موردنظر (مدیریت تقاضا یا تأمین بودجه نگهداری و توسعه) بستگی دارد (بابایی و۱۳۹۳).

بابائی و بمانا (۱۳۹۰) روش مناسب تعیین نرخ عوارض در ایران را به این صورت ارائه کردند که هزینه خرابی روسازی بر اساس ضریب بار هم‌ارز و سایر هزینه‌های جانبی بر اساس معادل سواری محاسبه گردد(بابائی و بمانا و ۱۳۹۰).

تاری و همکاران (۱۳۹٤) به قیمت‌گذاری یال‌های شریانی شبکه‌های حمل‌ونقل شهری با استفاده از برنامه‌ریزی دوسطحی و الگوریتم بهینه‌سازی گروه ذرات پرداختند. نتایج نشان داد تغییر نرخ عوارض مسیر، تأثیر مستقیم بر جریان ترافیکی شبکه و تغییر مسیر کاربران دارد(تاری و همکاران و ۱۳۹٤).

بروسویک بایر و فلوگل(۲۰۲۵) به بررسی تغییرات قیمت عوارض جاده‌ای با استفاده از تحلیل داده‌های تابلویی از ترجیحات آشکارشده پرداختند. یافته‌ها نشان داد اعمال عوارض در جاده‌های قبلاً رایگان، واکنش‌های رفتاری قوی‌تری نسبت به تنظیم نرخ در جاده‌های قبلاً عوارض دار ایجاد می‌کند(Brosvik Bayer, Flügel, 2025) .

هسیه(۲۰۲۲) به بررسی مقبولیت قیمت‌گذاری جاده‌ای و اثربخشی ارتباط تشویقی پرداخت و نشان داد که از طریق سناریوی عدالت، مقبولیت بهبود می‌یابد(Hsieh,2022).

سولاک(۲۰۲۲) نرخ عوارض جاده‌های ترکیه با بودجه عمومی و خصوصی را مقایسه کرد و نشان داد مشارکت عمومی-خصوصی منجر به عوارض بالاتر می‌شود(Solak,2022) .

چن و همکاران (۲۰۲۱) به تحلیل ظرفیت جاده و واگذاری تصمیم‌گیری قیمت حق امتیاز در پروژه‌های BOT پرداختند و نشان دادند اگر دولت قیمت و بخش خصوصی ظرفیت را تعیین کند، رفاه اجتماعی به حداکثر می‌رسد (Chen et al, 2021).

دانگ و همکاران (۲۰۱۲) مسئله تعیین نرخ عوارض در آزادراه‌ها را موردمطالعه قراردادند. بر اساس مطالعه آن‌ها، دو شیوه کلی برای تعیین نرخ عوارض استفاده می‌شود: (۱) پوشش هزینه‌های احداث و بهره‌برداری از آزادراه و (۲) کنترل شلوغی و ازدحام در آزادراه. روش پیشنهادی آن‌ها بر این اساس است که جمع درآمدهای حاصل از اخذ عوارض در یک بخش (یک ورود و یک خروجی در بزرگراه را یک بخش تشکیل می‌دهد) برابر هزینه‌های بخش مربوطه در یک دوره زمانی ثابت یک سال باشد. آن‌ها ارزش زمانی پول را در تحلیل خود وارد نکردند و اقتصادی بودن استفاده از بزرگراه را تنها در یک دوره بررسی کرده‌اند.

به‌طورکلی بیشتر تحقیقات پیرامون تعیین نرخ عوارض بر رویکرد استفاده از عوارض برای کاهش شلوغی و ازدحام در مسیرهاست (Dong et al ,2012).

گیبسون و کارنوال (۲۰۱۵) تأثیر نرخ عوارض در خیابان‌های درون‌شهری را بر کاهش شلوغی و آلایندگی محیط‌زیست بررسی کردند. آن‌ها بامطالعه شلوغی و میزان آلایندگی در محیط‌های شهری (مطالعه سیستم حمل‌ونقل شهر میلان ایتالیا) نشان دادند که یکی از اثرات مثبت تعیین نرخ عوارض در بزرگراه‌ها و محدوده ترافیک شهری کاهش ترافیک و آلایندگی هوا است(Gibson, 2015).

چن و همکاران (۲۰۱۵) راهبرد تعیین نرخ عوارض پویا و متغیر در طول زمان را در یک بزرگراه که خط ویژه دارد، پیشنهاد دادند. آن‌ها به‌منظور کنترل ترافیک و کاهش شلوغی در یک مسیری که در کنار خطوط عادی دارای خط ویژه نیز هست، راهکار تعیین نرخ عوارض که در طول زمان میزان تقاضا تغییر می‌کند را ارائه کردند. روش پیشنهاد تعیین نرخ عوارض بر اساس رویکرد کاهش شلوغی است و موضوع تحلیل اقتصادی میسر نیست(Chen et al,2015).

بنابراین بیشتر مطالعات داخلی، هزینه خسارت روسازی را به‌صورت مجزا یا در کنار تعداد محدودی از مؤلفه‌های هزینه بررسی کرده‌اند. همچنین مطالعات خارجی عمدتاً بر حمل‌ونقل درون‌شهری و مدیریت تراکم متمرکز بوده‌اند. نوآوری مطالعه حاضر، ارائه مدلی جامع و یکپارچه با لحاظ هم‌زمان هزینه خسارت روسازی (بر اساس بارمحوری و پیمایش) و سایر هزینه‌های نهایی اجتماعی برای آزادراه‌های بین‌شهری ایران است.

۳- مبانی نظری تعیین نرخ عوارض در آزادراه‌ها (قیمت‌گذاری راه)

تعیین نرخ عوارض یکی از پیچیده‌ترین مسائل در اقتصاد بخش عمومی است که ریشه در نظریه‌های عمیق فلسفی و اقتصادی دارد. عوارض به‌عنوان ابزاری برای تأمین مالی خدمات عمومی، تخصیص بهینه منابع و تصحیح شکست‌های بازار مطرح می‌شوند. مبانی نظری تعیین نرخ عوارض عمدتاً بر دو

اصل کلیدی استوار است: اصل توانایی پرداخت و اصل منفعت.

۳-۱- اصل منفعت[۲]

۳-۱-۱-مفهوم و مبانی

اصل منفعت بیان می‌کند که افراد باید به نسبت منافعی که از خدمات دولتی دریافت می‌کنند، مالیات یا عوارض بپردازند. این اصل بر اساس مفهوم رابطه متقابل بین شهروند و دولت استوار است و تلاش می‌کند مالیات‌ستانی را به قیمت‌گذاری بازار نزدیک کند (Rothbard, 2004, Suharwardy,2026).

بر اساس این دیدگاه، افرادی که بیشتر از کالاها و خدمات عمومی استفاده می‌کنند، باید سهم بیشتری از هزینه‌های آن را تقبل کنند.برای مثال، عوارض جاده‌ای بر اساس میزان استفاده از جاده‌ها یا عوارض آلودگی بر اساس حجم آلایندگی تولیدی تعیین می‌شود(Lindsey, Verhoef, 2006).

۳-۱-۲- نقدها و محدودیت‌ها

اصل منفعت با نقدهای جدی مواجه است:

اولاً، بسیاری از کالاهای عمومی مانند دفاع ملی، امنیت داخلی و قوه قضائیه دارای ویژگی‌های عدم رقابت و عدم قابلیت انحصار هستند. به‌عبارت‌دیگر، مصرف این کالاها توسط یک فرد، مانع مصرف دیگران نمی‌شود و نمی‌توان هیچ فردی را از منافع آن محروم ساخت. بنابراین، اندازه‌گیری منفعت هر فرد از این خدمات عملاً غیرممکن است (Suharwardy 2026).

ثانیاً، اصل منفعت نابرابری‌های اقتصادی را نادیده می‌گیرد. پرداخت مبلغ یکسان برای یک خدمت، برای فرد فقیر بار سنگین‌تری نسبت به فرد ثروتمند ایجاد می‌کند. به‌عبارت‌دیگر، این اصل می‌تواند منجر به پیامدهای پسارونده شود (Rothbard, 2004, Suharwardy,2026).

ثالثاً، از منظر مکتب اتریشی، اساساً تعیین نرخ عوارض بر اساس منفعت دریافت شده غیرممکن است، زیرا منافع ذهنی و غیرقابل‌اندازه‌گیری هستند. علاوه بر این، در صورت اخذ عوارض به‌صورت اجباری، دیگر نمی‌توان از منفعت داوطلبانه سخن گفت(Rothbard, 2004).

۳-۲-اصل توانایی پرداخت[۳]

۳-۲-۱-مفهو و مبانی

اصل توانایی پرداخت که ریشه در سنت فایده‌گرایی دارد، تصریح می‌کند که تعیین مالیات و عوارض باید متناسب با توان اقتصادی مؤدیان باشد، صرف‌نظر از میزان منافع مستقیمی که از خدمات دولتی دریافت می‌کنند (Suharwardy,2026, Monnier,2003).

این اصل بر ایده قربانی مساوی[۴] استوار است. جررمی بنتام[۵] و به دنبال او جان استوارت میل[۶] و هنری سیدگویک[۷] این اصل را بسط دادند. بر اساس این دیدگاه، مالیات باید به‌گونه‌ای وضع شود که همگان قربانی مساوی ازنظر مطلوبیت نهایی را متحمل شوند(Monnier,2003).

۳-۲-۲-دلالت‌های عملی

اصل توانایی پرداخت توجیه‌گر مالیات‌ستانی مترقی[۸]است؛ به این معنا که نرخ مالیات با افزایش درآمد، افزایش می‌یابد. این اصل همچنین مبنایی برای معافیت‌ها، کسورات و تسهیلات مالیاتی است که به‌منظور حفظ حداقل استانداردهای زندگی در نظر گرفته می‌شوند(Suharwardy,2026).

در کشورهای درحال‌توسعه با نابرابری‌های اقتصادی عمیق، اصل توانایی پرداخت به‌عنوان ابزاری برای تأمین عدالت توزیعی و کاهش شکاف طبقاتی مورد تأکید قرار می‌گیرد.

۳-۳- نظریه بهینه یابی مالیاتی: قاعده رمزی[۹]

۳-۳-۱- صورت‌بندی قاعده

فرانک رمزی[۱۰] در سال ۱۹۲۷ قاعده معروف خود را برای مالیات‌ستانی بهینه ارائه داد. قاعده رمزی بیان می‌کند که برای تأمین مالی کالاهای عمومی با حداقل هزینه اضافی[۱۱]، نرخ مالیات بر کالاهای مختلف باید نسبت معکوس با کشش قیمتی تقاضای آن‌ها داشته باشد. به عبارت ساده‌تر، کالاهایی که کشش تقاضای کمتری دارند (یعنی مصرف‌کنندگان کمترین واکنش را به تغییر قیمت نشان می‌دهند) باید نرخ مالیاتی بالاتری داشته باشند (Holcombe, 2002, Lohmann & Weiss, 2002).

۳-۳-۲- چالش‌های اجرایی و سیاسی

تحقیقات نشان داده است که اجرای قاعده رمزی با چالش‌های جدی مواجه است. رندال هولکمب[۱۲] استدلال می‌کند که اطلاعات لازم برای تعیین مالیات بر اساس قاعده رمزی مستقیماً قابل‌مشاهده نیست. این عدم شفافیت، بستری برای فعالیت‌های رانت جویی ایجاد می‌کند؛ گروه‌های ذینفع تلاش می‌کنند تا نرخ مالیات را به نفع خود تحت تأثیر قرار دهند. (Holcombe, 2002)

علاوه بر این، در فرآیندهای سیاسی دموکراتیک، سیاست‌گذاران انتخاباتی انگیزه دارند از قاعده رمزی منحرف شوند. سوزان لومان[۱۳] و دبورا وایس[۱۴] نشان داده‌اند که رقابت انتخاباتی، سیاست‌گذاران را به سمت کاهش نرخ مالیات بر کالاهای با دید بالا[۱۵] و افزایش نرخ مالیات بر کالاهای پنهان[۱۶] سوق می‌دهد، صرف‌نظر از کشش‌های قیمتی (Lohmann & Weiss, 2002).

۳-٤- قیمت‌گذاری بر اساس هزینه نهایی[۱۷]

۳-٤-۱- مبانی نظری

در زمینه عوارض زیرساختی به‌ویژه حمل‌ونقل، نظریه اقتصادی بر قیمت‌گذاری بر اساس هزینه نهایی تأکید دارد. این نظریه که به آرتور پیگو[۱۸] و فرانک نایت[۱۹] بازمی‌گردد، تصریح می‌کند که در صورت وجود ازدحام و تراکم، استفاده‌کنندگان باید هزینه‌های اضافی تحمیل‌شده بر دیگران را نیز پرداخت کنند . (Lindsey & Verhoef, 2006)

در شرایط ایده‌آل[۲۰] ، نرخ عوارض باید برابر با هزینه نهایی خارجی[۲۱] باشد. برای مثال، در جاده‌های شلوغ، هر خودروی اضافی موجب کندی حرکت دیگران و افزایش زمان سفر می‌شود. در نبود عوارض، این هزینه خارجی در تصمیم‌گیری راننده لحاظ نمی‌شود و منجر به تخصیص نابهینه منابع می‌گردد (Lindsey & Verhoef, 2006).

۳-٤-۲- مسائل مرتبه دوم[۲۲]

در شرایط واقعی که نمی‌توان تمامی جاده‌ها یا تمامی منابع آلاینده را به‌طور هم‌زمان قیمت‌گذاری کرد، قاعده ساده برابری قیمت با هزینه نهایی دیگر لزوماً بهینه نیست. در چنین شرایط مرتبه دومی[۲۳]، نرخ بهینه عوارض ممکن است کمتر یا بیشتر از هزینه نهایی خارجی باشد. این یافته برای سیاست‌گذاری در کشورهای درحال‌توسعه که با محدودیت‌های نهادی و اجرایی متعددی مواجه هستند، اهمیت ویژه‌ای دارد (Lindsey & Verhoef, 2006).

۳-٤-۳- قضیه خودتأمینی موهرینگ-هارویتز[۲۴]

موهرینگ و هارویتز (۱۹٦۲) قضیه مهمی را اثبات کردند که بر اساس آن، در شرایط بهینه، درآمدهای حاصل از عوارض ازدحام دقیقاً برابر با هزینه‌های سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های جاده‌ای است. این یافته ازلحاظ نظری نشان می‌دهد که عوارض می‌توانند منبع مالی پایداری برای تأمین و نگهداری زیرساخت‌ها باشند، به‌شرط آنکه به‌درستی طراحی شوند(Lindsey & Verhoef, 2006) .

۳-۵- عوارض و کارایی در مقابل عدالت

۳-۵-۱-عوارض کاربری[۲۵]

عوارض کاربری، هزینه‌هایی هستند که درازای استفاده از خدمات خاص اخذ می‌شوند. بر اساس مطالعات کیچن، مک‌میلان و شاه، عوارض کاربری در صورتی عادلانه، کارا و پاسخگو هستند که سه شرط زیر برقرار باشد:

۱- قابلیت شناسایی: بتوان دریافت‌کنندگان منفعت را به‌طور انفرادی شناسایی کرد.

۲- قابلیت انحصار: بتوان غیر استفاده‌کنندگان را از مصرف خدمات محروم ساخت.

۳- ارتباط با استفاده: مبلغ عوارض متناسب با میزان استفاده باشد(Kitchen, McMillan & Shah, 2019).

این نویسندگان تأکید می‌کنند که درآمدهای حاصل از عوارض نباید برای یارانه دادن به سایر خدمات عمومی استفاده شود، زیرا این امر موجب به هم خوردن نسبت منفعت به هزینه و کاهش کارایی می‌شود (Kitchen, McMillan & Shah, 2019).

۳-۵-۲- تعارض کارایی و عدالت

یکی از چالش‌های اساسی در تعیین نرخ عوارض، تعارض میان کارایی و عدالت است. عوارض بر اساس هزینه نهایی (که معمولاً منجر به نرخ‌های یکسان برای همه استفاده‌کنندگان می‌شود) ازنظر کارایی مطلوب است، اما می‌تواند ماهیت پسارونده داشته باشد و به اقشار کم‌درآمد آسیب برساند. در مقابل، اعمال نرخ‌های مترقی بر اساس توانایی پرداخت، اگرچه ازنظر عدالت توزیعی موجه است، ممکن است کارایی

اقتصادی را کاهش دهد و انگیزه‌های مشارکت اقتصادی را تضعیف کند(Suharwardy,2026).

در عمل، نظام‌های مالیاتی موفق ترکیبی از این اصول را به کار می‌گیرند. به‌عنوان‌مثال، نظام مالیاتی هند عمدتاً بر اصل توانایی پرداخت استوار است، اما نشانه‌هایی از اصل منفعت در مالیات‌های غیرمستقیم مانند GST دیده می‌شود (Suharwardy, 2026). این رویکرد ترکیبی نشان می‌دهد که تعیین نرخ عوارض نه یک مسئله صرفاً فنی، بلکه یک مسئله عمیقاً هنجاری و سیاسی است که مستلزم مصالحه میان ارزش‌های متعارض کارایی، عدالت و آزادی است.

جدول زیر خلاصه‌ای از اصول اصلی و کاربردهای مبانی نظری تعیین نرخ عوارض را ارائه می‌دهد.

جدول۱. اصول و کاربردهای مبانی نظری تعیین نرخ عوارض

اصل نظری	مبنای اصلی	کاربرد پیشنهادی	محدودیت اصلی
اصل منفعت	رابطه متقابل دولت و شهروند	عوارض اختصاصی (جاده‌ها، پل‌ها)	عدم کارایی برای کالاهای عمومی محض
اصل توانایی پرداخت	عدالت توزیعی و قربانی مساوی	مالیات‌های عمومی و مترقی	کاهش انگیزه‌های کارایی اقتصادی
قاعده رمزی	حداقل هزینه اضافی	مالیات‌های غیرمستقیم بر کالاها	نیاز به اطلاعات دقیق و آسیب‌پذیری در برابر رانت جویی
قیمت‌گذاری هزینه نهایی	تصحیح شکست بازار و پیامدهای خارجی	عوارض ازدحام، عوارض آلودگی	نیاز به پوشش هم‌زمان تمامی منابع

بررسی مبانی نظری تعیین نرخ عوارض نشان می‌دهد که هیچ اصل واحد و جهان‌شمولی برای تعیین نرخ بهینه وجود ندارد. انتخاب چارچوب نظری مناسب به عوامل متعددی ازجمله نوع کالا یا خدمت، ساختار نهادی، اهداف توزیعی و محدودیت‌های اجرایی بستگی دارد.

٤-بررسی اهداف اخذ عوارض در آزادراه‌ها

عوارض آزادراه‌ها به‌عنوان یک ابزار سیاست‌گذاری حمل‌ونقل، دو هدف اصلی را دنبال می‌کند: تأمین مالی پروژه‌های زیرساختی و مدیریت تقاضای سفر از طریق کاهش تراکم. بااین‌حال، پیاده‌سازی این سیاست با چالش‌های حقوقی، سیاسی و اجتماعی متعددی مواجه است که مهم‌ترین آن‌ها مسئله عدالت اجتماعی می‌باشد (Farias, Zhu & Mardan,2024) .

٤-١- اهداف اصلی تعیین عوارض در آزادراه‌ها

٤-١-١- تأمین مالی زیرساخت‌ها

یکی از مهم‌ترین دلایل وضع عوارض، ایجاد جریان درآمدی برای تأمین هزینه‌های ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از آزادراه‌هاست. با کاهش درآمدهای مالیاتی ناشی از سوخت (به دلیل افزایش بهره‌وری خودروها و استقبال از خودروهای برقی)، عوارض جاده‌ای به منبعی حیاتی برای تأمین مالی پروژه‌های جدید تبدیل‌شده است (Farias, Zhu & Mardan,2024) .

عوارض از طریق مکانیسم‌های مختلفی تأمین مالی می‌شود:

روش‌های سنتی دولتی: تأمین بودجه از محل مالیات‌ها و عوارض مستقیم

مشارکت عمومی-خصوصی(PPP): در این مدل، بخش خصوصی هزینه‌های اولیه را تأمین کرده و از طریق درآمد عوارض، سرمایه خود را بازمی‌گرداند. از ٤١ طرح عوارض پویا در ایالات‌متحده، ۱۵ مورد (۳۷ درصد) از طریق مشارکت عمومی-خصوصی اجراشده‌اند (Farias, Zhu & Mardan,2024) .

علاوه بر درآمد مستقیم عوارض، مدل‌های نوین تأمین مالی شامل کسب درآمدهای غیر عوارضی نیز می‌شود. مطالعه‌ای بر روی آزادراه ترانس سوماترای اندونزی نشان داد که تجاری‌سازی دارایی‌های حاشیه آزادراه (مانند اجاره زمین برای تبلیغات، احداث نیروگاه‌های خورشیدی، برج‌های مخابراتی و تأسیسات خدماتی رفاهی) می‌تواند منبع درآمد قابل‌توجهی برای پوشش هزینه‌های نگهداری ایجاد کند (Susanti et al., 2023).

٤-١-٢-مدیریت تراکم و کاهش هزینه‌های اجتماعی

هدف دوم و به همان اندازه مهم، استفاده از عوارض به‌عنوان ابزاری برای مدیریت تقاضای سفر و کاهش تراکم

است(Farias, Zhu & Mardan,2024). تراکم ترافیک هزینه‌های سنگین اقتصادی (اتلاف زمان مفید) و زیست‌محیطی (آلودگی محلی و جهانی) بر جامعه تحمیل می‌کند. عوارض پویا[۲۶] مدرن‌ترین رویکرد در این زمینه است. در این روش، نرخ عوارض به‌صورت لحظه‌ای و بر اساس سطح تراکم تغییر می‌کند تا سرعت جریان ترافیک در خطوط عوارضی در سطح مطلوب (معمولاً بالای ۴۵ تا ۵۰ مایل در ساعت) حفظ شود(Farias, Zhu & Mardan,2024). اولین آزادراه با عوارض پویا در سال ۱۹۹۸ در سن دیگو افتتاح شد و تا نوامبر ۲۰۲۲، تعداد این مسیرها در ایالات‌متحده به ۴۱ مورد رسیده است(Farias, Zhu & Mardan,2024). یک مدل بهینه‌یابی غیرخطی نشان می‌دهد که نرخ بهینه عوارض باید منعکس‌کننده هزینه‌های اجتماعی یکپارچه باشد که شامل موارد زیر است:

- هزینه‌های خارجی تراکم
- هزینه‌های فرسایش روسازی
- انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی
- هزینه‌های عملیاتی سفر
- هزینه زمان سفر کاربران (Fuentes, Cantillo & López-Ospina, 2022)

۴-۲- پیامدها و مشکلات تعیین نرخ عوارض

۴-۲-۱- نگرانی‌های مربوط به عدالت اجتماعی

جدال‌برانگیزترین موضوع در بحث عوارض آزادراه‌ها، مسئله عدالت است. منتقدان، خطوط عوارضی را "خطوط لکسوس" می‌نامند و معتقدند این سیاست به نفع ثروتمندان عمل می‌کند و دسترسی افراد کم‌درآمد را محدود می‌سازد (Farias, Zhu & Mardan,2024). این نگرانی‌ها در سیاست‌گذاری به‌قدری جدی است که بسیاری از پروژه‌ها برای پاسخ به آن، مکانیسم‌های جبرانی مانند ارائه یارانه به گروه‌های آسیب‌پذیر یا سرمایه‌گذاری مجدد درآمد عوارض در جوامع محلی را در نظر می‌گیرند(Farias, Zhu & Mardan,2024).

علاوه بر این، از دیدگاه کاربران، عوارض ممکن است ناعادلانه تلقی شود. پژوهشی نشان می‌دهد که اگر کاربر احساس کند عوارضی که می‌پردازد بیش از "هزینه خارجی" (خسارتی است که به دیگران وارد می‌کند منهای خسارتی که از دیگران می‌بیند) باشد، آن عوارض را ناعادلانه ارزیابی می‌کند (Glazer, Niskanen, 2005).

۴-۲-۲- اثرات توزیعی درآمد

برخلاف تصور رایج که عوارض لزوماً به ضرر اقشار کم‌درآمد است، برخی مطالعات قدیمی‌تر نشان می‌دهند که اگر درآمد حاصل از عوارض به‌درستی باز توزیع شود (مثلاً از طریق کاهش سایر مالیات‌های تحریف‌کننده یا بهبود حمل‌ونقل عمومی)، تقریباً همه گروه‌های درآمدی می‌توانند از آن منتفع شوند(Small, 1983). مدل‌های اقتصادی نشان می‌دهند که در شرایط وجود مالیات‌های تحریف‌کننده (مانند مالیات بر درآمد)، استفاده از درآمد عوارض برای کاهش آن مالیات‌ها می‌تواند منجر به سود دوگانه شود و حتی ممکن است عوارض بهینه بالاتر از سطح "پیگووی" (مطلوب صرفاً برای رفع تراکم) تعیین گردد(De Borger, Proost,2015).

۴-۲-۳-چالش‌های پذیرش عمومی

یکی از موانع اصلی پیاده‌سازی عوارض، مقاومت عمومی است. مطالعه‌ای در تورنتو نشان داد که حتی باوجود حمایت دانشگاهیان، دولت استانی هرگونه اجرای عوارض را رد کرد. همچنین در دبی، برنامه‌های اخیر برای عوارض پویا با استقبال عمومی مواجه نشده است (Farias, Zhu & Mardan,2024) .

۴-۳-بحث

عوارض آزادراه‌ها یک ابزار دو لبه است.

۱- از منظر کارایی: عوارض پویا ابزاری اثبات‌شده برای کاهش تراکم، کاهش آلودگی هوا و بهبود ایمنی است (Farias, Zhu & Mardan,2024). همچنین مدل‌های قیمت‌گذاری بر اساس ارزش زمان[۲۷] می‌توانند رفاه اجتماعی را از طریق تفکیک کاربران باارزش‌های زمانی متفاوت افزایش دهند(Lindsay, 2009).

۲- از منظر عدالت: بدون طراحی مکانیسم‌های جبرانی، این سیاست می‌تواند ناعادلانه تلقی شود و دسترسی گروه‌های کم‌درآمد را محدود کند.

نتیجه نهایی: موفقیت یک طرح عوارض، صرفاً به طراحی فنی آن بستگی ندارد، بلکه به بسته سیاستی همراه شامل نحوه هزینه کرد درآمدها (باز توزیع، یارانه حمل‌ونقل عمومی) و توجه به عدالت اجتماعی وابسته است.

۵-بررسی عوامل مؤثر بر میزان عوارض دریافتی با تأکید بر میزان خسارت وارده بر روسازی

۵-۱- بررسی عوامل مؤثر بر میزان عوارض دریافتی از دیدگاه بخش خصوصی

عوارض دریافتی تابعی از مخارج مدیریت، عملیات، نگهداری زیرساخت راه‌ها و به‌طورکلی هزینه‌های که با شبکه راه مرتبط هستند، می‌باشد. هزینه‌های مرتبط با زیرساخت راه به دودسته اصلی هزینه سرمایه‌ای یا همان هزینه‌های اولیه و هزینه‌های جاری یا هزینه‌های سالیانه تقسیم می‌شوند. رویکرد استاندارد برای تحلیل این هزینه‌ها، هزینه‌یابی چرخه حیات[۲۸] است که کل هزینه‌های یک‌راه را از زمان ساخت تا پایان عمر مفید آن برآورد می‌کند (Transportation Research Board, 2007, Frangopol, 2004).

۵-۱-۱- هزینه‌های زیرساخت اولیه (هزینه سرمایه‌ای)

این هزینه‌ها شامل مخارج یک‌باره برای احداث یک‌راه جدید یا بازسازی اساسی[۲۹] آن است. طبق گزارش شهر ادمونتون، هزینه اولیه ساخت یک کیلومتر راه محلی شهری حدود ۱,۵ میلیون دلار برآورد می‌شود(City of Edmonton,2024). داده‌های به‌روزتری از شهر آروادا در کلرادو (۲۰۲٤) نشان می‌دهد که هزینه بازسازی یک راه (که مشابه هزینه ساخت اولیه است) بین ۳۷۰،۰۰۰ تا ۵۵۰،۰۰۰ دلار به ازای هر مایل-لاین متغیر است(City of Arvada, 2024). این هزینه‌ها معمولاً شامل موارد زیر می‌شود:

زیرسازی و روسازی: آماده‌سازی بستر، لایه‌های اساس، زیراساس و آسفالت یا بتن.

سازه‌ها: ساخت پل‌ها، زیرگذرها، روگذرها و دیوارهای حائل(Transportation Research Board, 2007)

تجهیزات جانبی: نصب چراغ‌های راهنمایی، روشنایی معابر، علائم و تابلوهای راهنمایی و رانندگی، حفاظ‌های فلزی (گاردریل) و سیستم‌های زهکشی (CEPT University, 2025).

۵-۱-۲ هزینه‌های سالیانه (هزینه‌های جاری و نگهداری)

هزینه‌های سالیانه بخش قابل‌توجهی از کل هزینه چرخه حیات یک راه را تشکیل می‌دهند و شامل سه زیرمجموعه اصلی هستند:

-هزینه عملیاتی

این هزینه‌ها برای استفاده روزانه از راه و ارائه خدمات به کاربران پرداخت می‌شود (CEPT University,2025).

هزینه برق: برای روشنایی معابر و تجهیزات کنترل ترافیک.

هزینه سوخت: برای خودروهای امدادی و راهداری.

هزینه حقوق و نیروی انسانی: برای پرسنل اداره و نظارت بر راه.

-هزینه نگهداری جاری[۳۰]

نگهداری جاری شامل فعالیت‌های مکرر و روزمره برای حفظ وضعیت موجود راه است:

تمیزکاری: نظافت سطح راه، جمع‌آوری زباله و شستشوی جداول

نگهداری از فضای سبز: چمن‌زنی و هرس درختان حاشیه راه

نگهداری تجهیزات: تعمیر چراغ‌های معیوب، تابلوها و حفاظ‌ها

نگهداری زمستانه: برف‌روبی و نمک‌پاشی (در مناطق سردسیر) (CEPT University,2025) .

-هزینه ترمیم و بازسازی دوره‌ای

این هزینه‌ها در فواصل زمانی مشخص (مثلاً هر ۵ تا ۲۵ سال یک‌بار) برای جلوگیری از خرابی کامل راه انجام می‌شود (City of Arvada, 2024, CEPT University,2025) .

نگهداری پیشگیرانه: آب‌بندی درزها، روکش‌های نازک آسفالت (مثل میکروسرفیسینگ) که هزینه کمتری دارد. میانگین هزینه آن ٦،۰۰۰ تا ۹۰،۰۰۰ دلار به ازای هر مایل-لاین است(City of Edmonton,2024) .

ترمیم اساسی: روکش ضخیم آسفالت یا تعمیرات سازه‌ای که هزینه آن ۱۳٤،۰۰۰ تا ۱۹۸،۰۰۰ دلار به ازای هر مایل-لاین است (City of Edmonton,2024) .

شهر ادمونتون تخمین می‌زند که هزینه عملیات و نگهداری عادی یک راه در طول عمر ۵۰ ساله آن حدود ٦۰۰،۰۰۰ دلار و هزینه‌ترمیم و بازسازی دوره‌ای آن حدود ۱,۹ میلیون دلار است (City of Edmonton,2024).

بنابراین هزینه‌های ساخت بسته به تورم، موقعیت جغرافیایی و نوع راه (شهری، برون‌شهری، آزادراه) متفاوت است. تحقیقات نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در نگهداری پیشگیرانه به‌مراتب به‌صرفه‌تر است.

به ازای هر ۱ دلار هزینه برای نگهداری پیشگیرانه در زمان مناسب، بین ٤ تا ٥ دلار در هزینه‌های آتی بازسازی اساسی صرفه‌جویی می‌شود (City of Edmonton,2024).

۵-۲- بررسی عوامل مؤثر بر میزان عوارض دریافتی از دیدگاه بخش دولتی

وقتی عوامل مؤثر بر میزان عوارض دریافتی را از دیدگاه بخش دولتی بررسی می‌شود، علاوه بر موارد ذکرشده در قسمت قبل که به‌عنوان هزینه‌های داخلی راه‌ها (هزینه‌های طراحی، ساخت و توسعه، مدیریت، نگهداری و تعمیرات و بازسازی) بود، بایستی عوامل و هزینه‌های اجتماعی را هم لحاظ گردد. طبیعی است درصورتی‌که سرمایه‌گذار ساخت و توسعه و نگهداری راه‌ها بخش دولتی باشد، همه مسائل و موارد ذکرشده در بند قبل (عوامل مؤثر بر میزان عوامل دریافتی از دیدگاه بخش خصوصی) برای آن مترتب است.

از دیدگاه بخش دولتی و بر اساس اصول اقتصادی هزینه گذاری بر مبنای هزینه نهایی اجتماعی[۳۱]، هدف از دریافت عوارض، جبران خسارت‌های واردشده توسط هر کاربر به جامعه است. هزینه‌های اجتماعی، هزینه‌هایی هستند که استفاده‌کنندگان از راه مستقیماً آن‌ها را متحمل نمی‌شوند بلکه بر کل جامعه تحمیل می‌کنند. هزینه‌های اجتماعی به هزینه‌هایی اطلاق می‌شود که خود کسانی که از فعالیت حمل‌ونقل (عرضه و تقاضاکنندگان) سود می‌برند، پرداخت نمی‌کنند، بلکه این هزینه‌ها به اشخاص سوم تحمیل می‌شوند؛ بنابراین دولت‌ها بایستی در این زمینه مداخله کنند و این هزینه‌ها را از صاحبان خصوصی راه‌ها در غالب مالیات مطالبه نمایند که طبیعتاً این مالیات‌ها در عوارض دریافتی از مصرف‌کننده نهایی تأثیرگذار خواهد بود. ازجمله هزینه‌های اجتماعی می‌توان به هزینه‌های محیطی، آلودگی هوا، تصادفات رانندگی، هزینه‌های ترافیک بالا و ارزش زمان‌های تأخیری اشاره نمود. در زیر به بررسی چهار عامل اصلی بر اساس منابع معتبر می‌پردازیم.

-هزینه‌های زیربنایی

این هزینه به فرسودگی و استهلاک جاده‌ها در اثر تردد وسایل نقلیه گفته می‌شود. دولت‌ها باید هزینه نگهداری و بازسازی راه‌ها را تأمین کنند. ازآنجایی‌که خودروهای سنگین سهم بسیار بیشتری در تخریب جاده‌ها دارند، عوارض باید متناسب با این آسیب باشد(ECMT ,1998).

-هزینه تراکم

این هزینه زمانی ایجاد می‌شود که یک کاربر اضافی، سرعت و زمان سفر دیگران را افزایش داده و موجب اتلاف وقت و سوخت شود. دولت باید با دریافت عوارض در ساعات شلوغی، مانع از سفرهای غیرضروری شود. مطالعات نشان می‌دهد که هزینه تراکم بزرگ‌ترین بخش از هزینه‌های تحمیل‌شده توسط خودروهاست (Nash, Matthews,2005).

- هزینه‌های زیست‌محیطی

هزینه نهایی زیست‌محیطی نشان می‌دهد که با انتشار هر واحد اضافی آلودگی در محیط، میزان خسارت واردشده به طبیعت و انسان‌ها (مانند هزینه‌های سلامت، کاهش محصولات کشاورزی یا آسیب به ساختمان‌ها) چه قدر افزایش می‌یابد. این هزینه شامل آلودگی هوا(CO_2)، (NO_x)، آلودگی صوتی و اثرات مخرب بر طبیعت است. دولت باید با اعمال عوارض، اصل "آلاینده می‌پردازد"را پیاده کند. باوجود اختلاف‌نظر در ارزش‌گذاری مسائلی مانند گرمایش زمین، پیشرفت قابل‌توجهی در روش‌های اندازه‌گیری این هزینه‌ها صورت گرفته است(Nash, Matthews,2005).

- هزینه تصادفات

این هزینه به خسارت‌ها و جراحات ناشی از تصادفاتی گفته می‌شود که توسط یک کاربر به دیگران تحمیل می‌شود (مانند خسارت به سرنشین خودروی دیگر). دولت باید سهم تصادفاتی را که هزینه آن‌ها مستقیماً توسط مقصر پرداخت نمی‌شود، از طریق عوارض جبران کند. بر اساس برخی مطالعات، هزینه تصادفات بزرگ‌ترین بخش از هزینه‌های اجتماعی حمل‌ونقل را تشکیل می‌دهد(Jansson,1993) .

بخش دولتی به دنبال دریافت عوارضی معادل مجموع این چهار هزینه نهایی است تا تعادل اقتصادی برقرار شود. نکته مهم این است که این هزینه‌ها به‌طور مستقل عمل نمی‌کنند و باید همبستگی بین آن‌ها در نظر گرفته شود (به‌عنوان‌مثال، کاهش تراکم ممکن است باعث افزایش سرعت و درنتیجه افزایش آلودگی صوتی شود).

٦-ارائه متدولوژی تحقیق

در این پژوهش، مدل بهینه قیمت‌گذاری راه‌ها متکی به هزینه‌های خارجی حمل‌ونقل می‌باشد. در تئوری، تعیین

عوارض استفاده از زیرساخت راه که به دنبال حداکثر نمودن کارایی اقتصادی است، بایستی بر مبنای هزینه‌های نهایی اجتماعی صورت پذیرد. لذا، نخست در این بخش نحوه محاسبه هریک از مؤلفه‌های هزینه نهایی بیان گردیده و مدل اقتصادی به‌منظور تعیین عوارض مناسب آزادراه‌های کشور برای وسایل نقلیه سنگین و نیمه سنگین تجاری با تأکید بر میزان خسارت وارده بر آزادراه‌های کشور ارائه می‌گردد. مؤلفه‌های هزینه نهایی اجتماعی به‌صورت رابطه زیر ارائه گردیده است:

MSC=MINFR+MECC+MEACC+MEEC (۱)

که در آن:

MINFR: هزینه نهایی زیرساخت(Bruzelius, 2004) (اولیه، و خسارت وارده بر جاده‌های کشور ناشی از حمل بار)

$$MINFR = ICC * MS_i \qquad ICC = IC/TT \qquad (۲)$$

ICC: مؤلفه هزینه ساخت به ازای معادل سواری

IC: هزینه اولیه هر کیلومتر ساخت آزادراه

TT: کل ترافیک برآوردی عبوری برحسب معادل سواری در طول عمر مفید آزادراه

MS_i: تعداد معادل سواری وسیله نقلیه نوعi

MECC: هزینه نهایی خارجی تراکم (Beziat ,Koing& Toilier, 2017)،

$$MECC = \frac{d\frac{VOT}{v(Q)}}{dQ} = -\frac{VOT}{v(Q)^2}.\frac{dv(Q)}{dQ} \qquad (۳)$$

VOT: ارزش زمان سفر (واحد پولی در ساعت وسیله نقلیه)

V(Q): تابع سرعت–جریان (کیلومتر بر ساعت)

Q: سطح کنونی ترافیک (وسیله نقلیه)

MECC: هزینه نهایی تصادف(Lindberg, 2006)،

$$MECC= (VSL) \times (N) \times (\partial R/\partial T) \qquad (٤)$$

VSL: ارزش آماری یک جان

N: تعداد متوفیان

$\partial R/\partial T$: مشتق تابع ریسک نسبت به ترافیک که همان اثر کشش ریسک است و نشان می‌دهد چگونه افزایش ترافیک ریسک تصادف را تغییر می‌دهد.

در این معادله، کشش ریسک (η) به‌صورت $\eta = (\partial R/\partial T) \times (T/R)$ تعریف می‌شود که در آن T حجم ترافیک و R ریسک پایه است. این معادله نشان می‌دهد که هزینه نهایی تنها به تعداد کشته‌ها وابسته نیست، بلکه به واکنش ریسک به ازای افزایش ترافیک (مانند شلوغی‌های منجر به‌تصادف) نیز بستگی دارد.

MEEC: هزینه نهایی زیست‌محیطی(هزینه‌های آلودگی هوا، هزینه‌های گرم شدن جهان، هزینه‌های آلودگی صوتی)(CORE Econ, 2023).

$$MEEC = \frac{\Delta EC}{\Delta Q} \qquad (۵)$$

ΔEC: تغییر در کل هزینه‌های زیست‌محیطی(مانند خسارت به سلامت، اکوسیستم، یا تغییرات اقلیمی)

ΔQ: تغییر در مقدار تولید یا انتشار آلاینده

۷–تعیین نرخ عوارض آزادراه تهران–قم با استفاده از مدل ارائه‌شده

آزادراه تهران–قم قدیمی‌ترین اتوبان در ایران است که با بودجه‌ی بخش دولتی ساخته‌شده است؛ اما، حفظ و نگهداری آن به‌قدری هزینه داشت که به بخش خصوصی واگذارشده تا بهتر و بیشتر از قبل به آن رسیدگی شود. بخش خصوصی برای تأمین هزینه‌های حفظ و نگهداری، عوارضی تهران–قم را تأسیس کرد؛ اما، رفته‌رفته دردسرهای عوارضی مانند ترافیک، همراه نداشتن پول نقد یا کارت‌بانک، قطع بودن سیستم‌ها و ... موجب شد که بخش خصوصی برای تغییر و تحول در نحوه‌ی دریافت عوارضی این آزادراه مهم اقدام کند.

به نظر می‌رسید که الکترونیکی شدن نحوه دریافت عوارضی تهران–قم، دردسرهای پیشین را حل کند؛ بنابراین، این طرح برای اولین بار در آغاز دهه‌ی ۱۳۹۰ در ایران بر روی آزادراه تهران قم اجرا شد. سال افتتاح آزادراه تهران–قم ۲۲آذرماه سال ۱۳۵۹ هجری شمسی است. این آزادراه به طول ۱۳۵ کیلومتر با ٤ خط از انتهای تقاطع بزرگراه‌های کاظمی و آزادگان در جنوب استان تهران آغاز می‌شود؛ سپس، به تقاطع آزادراه امیرکبیر و امام‌علی در شمال استان قم ختم می‌شود. در ضمن، آزادراه تهران– قم با نام آزادراه خلیج‌فارس نیز شناخته می‌شود.

با استفاده از رویکرد هزینه نهایی خارجی ارائه‌شده، نرخ عوارض وسایل نقلیه سنگین و نیمه سنگین تجاری در آزاد راه تهرن–قم با تأکید بر میزان خسارت وارده بر روسازی محاسبه‌شده است. علاوه بر مدل اصلی، مدلی تعدیل‌یافته از مدل پیشنهادی ارائه گردیده و از طریق آن نرخ عوارض تعیین‌شده است. لذا، دو مدل مورداستفاده جهت تعیین نرخ عوارض عبارت بودند از:

۷-۱-مدل دقیق تعیین نرخ عوارض وسایل نقلیه سنگین و نیمه سنگین تجاری در آزاد راه‌های کشور با تأکید بر میزان خسارت وارده بر روسازی

گفتنی است، درصورتی‌که کل مؤلفه‌های مدل پیشنهادی به‌صورت دقیق برای هرکدام از آزادراه‌های موردبررسی، محاسبه و برآورد گردد، نتایج مذکور دقیق بوده و نرخ عوارض دقیقاً برابر با میزان هزینه نهایی خارجی به همراه هزینه‌های اولیه ساخت آزادراه خواهد بود. بااین‌حال، ازیک‌طرف مدل ارائه‌شده متشکل از پارامترهای بسیار زیادی بوده و محاسبه دقیق آن‌ها نیازمند جمع‌آوری داده‌های مختلف و زیادی است. از طرف دیگر، برخی از داده‌های مدل در دسترس نبوده و جمع‌آوری آن‌ها نیاز به مطالعات میدانی مختلفی دارد. بنابراین، سعی خواهد شد مدلی پایه که تعدیل‌یافته مدل دقیق بوده، ارائه گردد و نرخ عوارض در یکی از آزادراه‌های نمونه کشور از طریق آن تعیین گردد.

۷-۲-مدل پایه (تعدیل‌یافته) نرخ عوارض وسایل نقلیه سنگین و نیمه سنگین تجاری در آزاد راه‌های کشور با تأکید بر میزان خسارت وارده بر روسازی

در مدل پایه که تعدیل‌یافته مدل دقیق ارائه‌شده است، برخی از مؤلفه‌های هزینه تحت بررسی قرار داده نشده و فقط به محاسبه مؤلفه‌های مهم پرداخته خواهد شد. مؤلفه‌هایی چون: هزینه‌های آلودگی صوتی و اثرات تراکم بیشتر مرتبط با حمل‌ونقل درون‌شهری بوده و کمتر در حمل‌ونقل بین‌شهری موردبررسی قرار می‌گیرند. غیر از آزادراه تهران-کرج که میزان ترافیک عبوری از آن بیش‌ازحد معمول می‌باشد، در سایر آزادراه‌ها تقریباً اثر تراکم یا وجود ندارد یا بسیار ناچیز می‌باشد و می‌توان از آن چشم‌پوشی نمود. همچنین اثرات آلاینده‌های هوا بر محصولات کشاورزی و سلامت افراد نیز نیازمند جمع‌آوری داده‌های بسیار زیادی است. مؤلفه‌های مذکور نیز در مدل تعدیلی موردتوجه قرار نمی‌گیرند.

با توجه به رویکرد پیشنهادی به‌عنوان نمونه نرخ عوارض در آزادراه تهران-قم محاسبه گردید.

دو استراتژی به‌صورت زیر جهت تعیین نرخ عوارض استفاده شدند که خروجی آن‌ها به شرح ادامه می‌باشد.

I. پوشش کل هزینه‌های تحمیل‌شده (گرداننده دولتی)

در این حالت، کل مؤلفه‌های هزینه که در مدل تعدیل‌یافته موردبررسی واقع شدند، محاسبه شدند.

II. پوشش هزینه‌های زیرساخت (گرداننده خصوصی)

در این استراتژی هدف بازیافت هزینه‌های مختلف که صرف زیرساخت می‌گردد به همراه حاشیه‌ی سود (در اینجا ۳۰ درصد) است.

۷-۳-محاسبه و برآورد هزینه‌های مختلف

در این بخش از مطالعه، مدل ارائه‌شده محاسبه و برآورد می‌گردد. بدین منظور هرکدام از ماجول‌های مدل تشریحی جداگانه بررسی و به‌صورت روشن و واضح ورودی‌ها، روابط و روش محاسبه میزان اثر و خروجی مدل تشریح می‌گردند. در ادامه به ترتیب زیر به بررسی زیر مدل‌ها پرداخته‌شده و ضرایب مرتبط ارائه می‌گردند:

I. هزینه نهایی زیرساخت

۱) هزینه نهایی اولیه

۲) هزینه نهایی زیرساخت (بهسازی و روکش مجدد آسفالت و نگهداری سالیانه(خسارت وارده بر جاده‌های کشور ناشی از حمل بار))

II. هزینه نهایی خارجی تراکم

III. هزینه نهایی تصادف

IV. هزینه نهایی زیست‌محیطی

۱) هزینه‌های نهایی آلودگی هوا

۲) هزینه‌های نهایی آلودگی صوتی

۳) هزینه‌های نهایی گرم شدن هوا

طبقه‌بندی زیر دسته‌های مختلف وسایل نقلیه را نشان می‌دهد که دارای نرخ عوارض مختلف در آزادراه‌های کشور می‌باشند. لذا بایستی با توجه به میزان اثرگذاری آن‌ها عوارض متفاوتی نیز لحاظ گردند.

-سواری

-وانت

-مینی‌بوس

-اتوبوس

-کامیون دو محور

-کامیون سه محور

-تریلی

در این مقاله وسایل نقلیه سنگین و نیمه سنگین تجاری که شامل: کامیون دو محور، کامیون سه محور و تریلی می‌باشد مدنظر است.

هزینه اولیه ساخت آزادراه

جهت محاسبه سهم وسایل نقلیه مختلف از هزینه اولیه ساخت هر کیلومتر آزادراه (احتساب عمر مفید ۳۰ سال) بایستی متوسط ترافیک سالیانه در طول ۳۰ سال برآورد گردیده و هزینه اولیه زیرساخت بر روی آن سرشکن گردد. با فرض نمودن داده‌های زیر و متوسط میزان ترافیک در سال ۱۴۰۴، می‌توان سهم هریک از وسایل نقلیه را از هزینه اولیه زیرساخت در یک کیلومتر از آزادراه محاسبه نمود. لازم به ذکر است ازآنجاکه محاسبه مؤلفه‌های هزینه مستقیماً با میزان ترافیک عبوری ارتباط دارد و داده‌های مذکور برای ۵ دسته وسایل نقلیه مختلف موجود می‌باشند، لذا نتایج محاسباتی (نرخ عوارض) بر اساس این مجموعه وسایل نقلیه تعیین خواهند گردید. ازآنجاکه هدف تعیین نرخ عوارض در سال ۱۴۰۴ می‌باشد، لذا ترافیک عبوری آزادراه در سال مذکور آورده شده است.

جدول۲. میزان داده‌های ترافیکی موجود سال ۱۴۰۴ آزادراه تهران-قم (متوسط روزانه)

محور استاندارد	ضرایب محور استاندارد	معادل سواری	ضرایب معادل سواری	داده‌های موجود	نوع وسیله نقلیه
۲۸۶	۰/۰۱	۲۸۵۹۵	۱	۲۸۵۹۵	سواری
۲۴۵	۰/۰۳	۲۷۰۴۳	۳/۳۱	۸۱۷۰	وانت
۲۲۷	۰/۰۳	۲۵۱۱۰	۳/۳۱	۷۵۸۶	مینی‌بوس
۲۴۱۶	۰/۶۹	۱۱۶۵۸	۳/۳۳	۳۵۰۱	کامیونت
۳۲۲۲	۰/۶۹	۱۵۵۴۸	۳/۳۳	۴۶۶۹	اتوبوس
۴۸۴۵	۱/۶۶	۱۱۳۸۰	۳/۹	۲۹۱۸	کامیون دو محور
۲۹۰۷	۱/۶۶	۲۹۲۹	۳/۹	۱۷۵۱	کامیون سه محور
۲۸۰۱	۲/۴	۵۴۸۵	۴/۷	۱۱۶۷	تریلر
–	–	۱۲۷۷۴۸	–	۵۸۳۵۷	جمع کل

منبع: سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای

سپس، با توجه به ضرایب معادل سواری و محور استاندارد، هر دسته از وسایل نقلیه برحسب معادل سواری و محور استاندارد بیان می‌گردند. حال با استفاده از داده‌های فوق و به‌کارگیری مدل مطروحه، سهم هریک از انواع وسایل نقلیه از هزینه اولیه ساخت در هر کیلومتر آزادراه در سال ۱۴۰۴ محاسبه می‌گردد. بدین منظور، نخست متوسط هزینه ساخت به ازای یک کیلومتر آزادراه یعنی ۲۰۰ میلیارد تومان با استفاده از روش «ارزش معادل یکنواخت سالانه» و نرخ بهره ۳۰ درصد، برای هرکدام از سال‌ها محاسبه می‌شود. مقدار حاصله برابر با ۶۰ میلیارد تومان خواهد شد. سپس مقدار مذکور به تعداد کل ترافیک عبوری تقسیم خواهد شد تا سهم هر کدام از وسایل نقلیه از هزینه اولیه ساخت محاسبه شود که عدد ۱۲۸۶ تومان به دست آمده است.

هزینه نهایی نگهداری سالیانه

در این بخش، متوسط هزینه نگهداری سالیانه به ازای هر کیلومتر معادل سواری محاسبه می‌گردد. بطور متوسط هزینه نگهدار سالیانه به ازای یک کیلومتر آزادراه ٤ درصد در نظر می‌گیرند معادل ۲٤۰۰ میلیون تومان می‌باشد. بدین ترتیب که نخست، هزینه نگهداری سالانه به ازاء یک کیلومتر بر کل ترافیک عبوری برحسب معادل سواری تقسیم می‌شود تا سهم هر سواری از هزینه نگهداری محاسبه شود. مقدار مذکور برای آزادراه تهران- قم برابر با ۵۱ تومان خواهد بود. ورودی‌های مدل مذکور در جدول زیر آورده شده‌اند. نهایتاً هزینه نهایی نگهداری زیرساخت به ازای یک کیلومتر از آزادراه تهران-قم برای انواع وسایل نقلیه محاسبه می‌گردد.

جدول ۳. متوسط هزینه نهایی نگهداری سالیانه برای انواع وسایل نقلیه در هر کیلومتر از آزادراه تهران-قم در سال ۱۴۰۴(برحسب تومان)

سواری	وانت	مینی‌بوس	کامیونت	اتوبوس	کامیون دو محور	کامیون سه محور	تریلی
۵۱	۱۶۸	۱۶۸	۱۶۹	۱۶۹	۱۹۸	۱۹۸	۲۳۹

هزینه نهایی آلودگی هوا

جهت محاسبه هزینه نهایی گرم شدن هوا، میزان CO_2 منتشرشده از فعالیت حمل‌ونقل و تولید سوخت مصرفی بایستی محاسبه گردد. بدین منظور، متوسط میزان انتشار CO_2 در هر کیلومتر و همچنین، متوسط میزان مصرف سوخت در هر کیلومتر از آزادراه و میزان CO_2 تولیدشده درنتیجه فرایندهای تولید سوخت برحسب گرم بر کیلوگرم بایستی برای انواع وسایل نقلیه جمع‌آوری و استخراج گردد. همچنین در مطالعه ازگلی و همکاران، به دلیل عدم وجود داده برای مالیات کربن در ایران، سهم ایران در انتشار گازهای گلخانه‌ای با کشورهای دیگر مقایسه شده و بر اساس مالیات کربن کشورهای مشابه ازنظر انتشار گازهای گلخانه‌ای، مالیات کربن در ایران نیز تخمین زده‌شده است. بر اساس اطلاعات ارائه‌شده در این پژوهش، سهم ایران از انتشار CO_2 در کل جهان ٪ ۱/۸ است که تقریباً مشابه با کشور استرالیا است. بر این اساس در این پژوهش مالیات کربن در ایران برابر با مقدار مالیات کربن در کشور استرالیا (۱۰ دلار بر تن معادل CO_2 در نظر گرفته‌شده است. در جدول ذیل هزینه نهایی گرم شدن هوا برای آزادراه تهران-قم محاسبه شد.

جدول٤. متوسط هزینه نهایی آلودگی هوا برای انواع وسایل نقلیه در هر کیلومتر از آزادراه تهران-قم در سال ۱۴۰۴ (برحسب تومان)

سواری	وانت	مینی‌بوس	کامیونت	اتوبوس	کامیون دو محور	کامیون سه محور	تریلی
۷۲	۲۳۸	۲۳۸	۲۳۹	۲۳۹	۲۷۶	۲۷۶	۳۳۸

هزینه‌های نهایی خارجی تصادف

یکی دیگر از مؤلفه‌های ا سا سی محا سبه هزینه نهایی، هزینه شدت تصادف ا ست که درنتیجه اضافه شدن وسیله نقلیه به آزادراه به وجود می‌آید. در مورد نحوه محاسبه هزینه نهایی ت صادف و پارامترهای ورودی آن به‌تف صیل تو ضیحاتی ارائه گردید. مدل تصادفات نیازمند اطلاعات و داده‌های ورودی متعددی ا ست. یک د سته از مهم‌ترین داده‌ها، اطلاعات آماری تصادف متشکل از: تعداد تصادفات، تعداد متوفیان و تعداد مجروحین تصادف برحسب انواع وسایل نقلیه در یک بازه زمانی در طول آزادراه است. با استفاده از داده‌های مذکور نرخ شدت تصادفات محاسبه می‌گردد. جدول شماره ۵، اطلاعات آماری مختلفی را در آزادراه تهران-قم در سال ۱۴۰۴ نشان می‌دهد. لازم به ذکر ا ست در سال ۱۴۰۴ و در آزادراه تهران قم کلاً ۱۳۷ نفر ک شته و ٦١٠٢ نفر مجروح شده‌اند. داده‌های مذکور مربوط به دو طرف آزادراه بوده و فرض می‌شود تصادفات در دو طرف آزادراه به‌صورت یکنواخت به وقوع پیوسته و فراوانی‌های مندرج در جدول زیر موجود باشند، خواهیم داشت. نتایج حاصل از محاسبه هزینه‌های نهایی تصادف در آزادراه تهران-قم به‌صورت زیر خواهد بود.

جدول۷. پارامترهای ورودی آزادراه تهران-قم جهت استفاده در مدل تصادف

	سواری	وانت	مینی‌بوس	کامیونت	اتوبوس	کامیون دو محور	کامیون سه محور	تریلر
کیلومتر وسیله نقلیه طی شده	۱٤۰۹۰۱۸٦۲٥	٤۰۲٥٧٦۷٥۰	۳۷۳۸۰۰۱٥۰	۱۷۲٥۱۱۷٧٥	۲۳۰۰٦٤۹٧٥	۱٤۳۷۸٤٤٥۰	۸٦۲۸۰٥۲٥	٥۷٥۰۳۹۲٥
تعداد مجروحین تصادف	۲۹۸۹	۸٥٤	۷۹۳	۳٦٦	٤۸۸	۳۰٥	۱۸۳	۱۲۲
تعداد متوفی تصادف	٦۷	۱۹	۱۷	۸	۱۱	۷	٥	۳

جهت محاسبه نرخ شدت تصادف (مجروح و متوفی) در هر کیلومتر، بایستی تعداد تصادفات (مجروحین و متوفیان) بر کیلومتر طی شده تقسیم شوند. بنابراین با توجه به داده‌های مرتبط به آزادراه تهران-قم و مدل ارائه‌شده، نتایج زیر به دست خواهند آمد.

جدول۸. متوسط هزینه نهایی خارجی تصادف انواع وسایل نقلیه در هر کیلومتر از آزادراه تهران-قم در سال ۱۴۰۴ (برحسب تومان)

سواری	وانت	مینی‌بوس	کامیونت	اتوبوس	کامیون دو محور	کامیون سه محور	تریلی
۲/۴	۸	۸	۸	۸	۹	۹	۱۱

هزینه جبران خسارت برای هر وسیله نقلیه

لازم به ذکر است بر اساس مصوبه هیئت‌وزیران طی نامه شماره ۹۹۴۷۲/ت۶۴۱۵۵ه مورخ ۱۴۰۴/۰۶/۲۶ به پیشنهاد وزارت راه و شهرسازی و تأیید شورای عالی هماهنگی ترابری کشور و به استناد بند (الف) ماده (۵۹) قانون برنامه پنج‌ساله هفتم توسعه جمهوری اسلامی ایران، آیین‌نامه اجرایی فوق‌الذکر به شرح ذیل ابلاغ گردید.

بنابراین بدین‌صورت هزینه‌های مختلف مدل پیشنهادی محاسبه گردیدند. حال می‌توان با استفاده از نتایج محاسباتی رویه‌های مختلفی را جهت تعیین نرخ اخذ عوارض پیاده نمود. در ادامه به چند مورد از این رویه‌ها اشاره گردیده و نتایج آن‌ها در جداولی جداگانه آورده شده‌اند.

جدول ۹. جدول عوارض جبران خسارت واردشده به جاده‌های کشور ناشی از حمل بار بر اساس میزان بارمحوری و پیمایش در هر کیلومتر از آزادراه در سال ۱۴۰۴ (برحسب تومان)

کامیونت	کامیون دو محور	کامیون سه محور	تریلی
۴۵	۵۱	۳۶	۴۰

۴-۷-تعیین نرخ عوارض وسایل نقلیه سنگین و نیمه سنگین تجاری در آزادراه‌های کشور با تأکید بر میزان خسارت وارده بر روسازی آزادراه های کشور (گردانندہ دولتی)

در جدول شماره ۱۰ نرخ عوارض آزادراه تهران-قم در سال۱۴۰۴ (برحسب تومان) بر اساس گردانندہ دولتی ارائه شده است. در این حالت، هزینه اولیه زیر ساخت، هزینه نگهداری سالیانه، هزینه جبران خسارت واردشده به جاده‌های کشور، هزینه گرم شدن هوا، هزینه تصادفات آمده است.

جدول۱۰. نرخ عوارض آزادراه تهران-قم در سال۱۴۰۴ (برحسب تومان) بر اساس گردانندہ دولتی

	کامیونت	کامیون دو محور	کامیون سه محور	تریلی
هزینه اولیه زیرساخت	۱۲۸۶	۱۲۸۶	۱۲۸۶	۱۲۸۶
هزینه نگهداری سالیانه	۱۶۹	۱۹۸	۱۹۸	۲۳۹
هزینه جبران خسارت واردشده به جاده‌های کشور	۴۵	۵۱	۳۶	۴۰
هزینه آلودگی هوا	۲۳۹	۲۷۶	۲۷۶	۳۳۸
هزینه تصادفات	۸	۹	۹	۱۱
کل هزینه‌های یک کیلومتر از آزادراه با در نظر گرفتن هزینه اولیه زیرساخت	۱۷۴۷	۱۸۲۰	۱۸۰۵	۱۹۱۴
کل هزینه‌های یک کیلومتر از آزادراه بدون در نظر گرفتن هزینه اولیه زیرساخت	۴۶۱	۵۳۴	۵۱۹	۶۲۸
نرخ عوارض آزادراه (گردانندہ دولتی) با در نظر گرفتن هزینه اولیه زیرساخت	**۲۳۵۰۰۰**	**۲۴۵۰۰۰**	**۲۴۳۰۰۰**	**۲۵۸۰۰۰**
نرخ عوارض آزادراه (گردانندہ دولتی) بدون در نظر گرفتن هزینه اولیه زیرساخت	**۶۲۰۰۰**	**۷۲۰۰۰**	**۷۰۰۰۰**	**۸۴۰۰۰**

۷-۵-تعیین نرخ عوارض و سایل نقلیه سنگین و نیمه سنگین تجاری در آزادراه‌های ک شور با تأکید بر میزان خ سارت وارده بر روسازی آزادراه‌های کشور (گرداننده خصوصی)

در این اســـتراتژی هدف بازیافت هزینه‌های مختلف به‌علاوه حاشـــیه‌ی ســـودی اســـت که ســـرمایه‌گذار درازا احداث و نگهداری آزادراه حاضـــر به مشـــارکت اســـت. در این حالت هزینه اولیه زیر ساخت، هزینه نگهداری سالیانه، هزینه جبران خســـارت واردشـــده به جاده‌های کشـــور و میزان ســـود ۳۰ درصد جهت محاسبه نرخ عوارض در نظر گرفته می‌شود. در جدول زیر نتایج محا سباتی بر ا ساس فرض مذکور ن شان داده‌شده است.

جدول ۱۱. نرخ عوارض آزادراه تهران-قم در سال۱۴۰۴ (برحسب تومان) از دید گرداننده خصوصی

	کامیونت	کامیون دو محور	کامیون سه محور	تریلی
هزینه اولیه زیرساخت	۱۲۸۶	۱۲۸۶	۱۲۸۶	۱۲۸۶
هزینه نگهداری سالیانه	۱۶۹	۱۹۸	۱۹۸	۲۳۹
هزینه جبران خسارت واردشده به جاده‌های کشور	۴۵	۵۱	۳۶	۴۰
هزینه آلودگی هوا	۰	۰	۰	۰
هزینه تصادفات	۰	۰	۰	۰
کل هزینه‌های یک کیلومتر از آزادراه با در نظر گرفتن هزینه زیرساخت اولیه	۱۵۰۰	۱۵۳۵	۱۵۲۰	۱۵۶۵
کل هزینه‌های یک کیلومتر از آزادراه بدون در نظر گرفتن هزینه زیرساخت اولیه	۲۱۴	۲۴۹	۲۳۴	۲۷۹
نرخ عوارض آزادراه با در نظر گرفتن هزینه زیرساخت اولیه و حاشیه سود در نظر گرفته‌شده ۳۰ درصد	۲۶۳۰۰۰	۲۶۹۰۰۰	۲۶۶۰۰۰	۲۷۴۰۰۰
نرخ عوارض آزادراه بدون در نظر گرفتن هزینه اولیه زیرساخت و حاشیه سود در نظر گرفته‌شده ۳۰ درصد	۳۷۰۰۰	۴۴۰۰۰	۴۱۰۰۰	۴۸۰۰۰

بدین ترتیب نرخ عوارض بر ا ساس ا ستراتژی‌های مختلف را می‌توان محاسبه نمود.

۸- نتیجه‌گیری

امروزه قیمت‌گذاری راه‌ها به یکی از اولویت‌های کاری در رئوس سیاست‌های حمل‌ونقل در سراسر جهان تبدیل‌شده است. بیشتر کارشناسان و اقتصاددانان حمل‌ونقل و همچنین سیاست‌مداران متقاعد شده‌اند که قیمت‌گذاری راه، راهکار مؤثری برای کسب و جذب منابع مالی جهت توسعه و بهبود سیستم‌های حمل‌ونقل و همچنین مدیریت تقاضا و کنترل ازدحام روی راه‌ها است. تعیین نرخ عوارض به شارژ مستقیم رانندگان در مقابل استفاده از راه یا استفاده از بخش یا مسیر معینی از شبکه راه‌ها در زمان‌های معین اطلاق می‌شود.

به‌طورکلی در بیشتر کشورهای دنیا در سه دهه اخیر، قیمت‌گذاری راه‌ها به‌عنوان منبعی مکمل جهت تأمین اعتبارات و منابع مالی بخش حمل‌ونقل، کاهش هزینه‌های خارجی و درونی نمودن آن‌ها، همچنین مشوقی جهت همکاری و تعامل توأم بخش خصوصی و دولتی برای ساخت و توسعه راه‌های جدید، مدیریت تقاضا و کنترل ترافیک روی شبکه راه‌ها، مورد نگاهی ویژه قرارگرفته است.

هدف از پروژه انجام‌شده، ارائه مدل اقتصادی تعیین نرخ عوارض وسایل نقلیه سنگین و نیمه سنگین تجاری در آزادراه‌های کشور با تأکید بر میزان خسارت وارده بر روسازی آزادراه‌های کشور می‌باشد. بدین منظور بر اساس مفهوم هزینه نهایی خارجی حمل‌ونقل مدلی پیشنهاد گردید و نرخ عوارض وسایل نقلیه مختلف بر اساس آن تعیین گردید.

با استفاده از رویکرد هزینه نهایی خارجی ارائه‌شده، نرخ عوارض وسایل نقلیه سنگین و نیمه سنگین تجاری در آزادراه‌های کشور با تأکید بر میزان خسارت وارده بر روسازی آزادراه‌های کشور محاسبه‌شده است. علاوه بر مدل اصلی،

مدلی تعدیل‌یافته از مدل پیشنهادی ارائه گردیده و از طریق آن نرخ عوارض تعیین‌شده است. با توجه به رویکرد پیشنهادی به‌عنوان نمونه نرخ عوارض در آزادراه تهران–قم محاسبه گردید.

دو استراتژی به‌صورت زیر جهت تعیین نرخ عوارض استفاده شدند که خروجی آن‌ها عبارت‌اند از:

پوشش کل هزینه‌های تحمیل‌شده (گرداننده دولتی)

در این حالت، کل مؤلفه‌های هزینه که در مدل تعدیل‌یافته موردبررسی واقع شدند، محاسبه شدند.

پوشش هزینه‌های زیرساخت (گرداننده خصوصی)

در این استراتژی هدف بازیافت هزینه‌های مختلف که صرف زیرساخت می‌گردد به همراه حاشیه‌ی سود (در اینجا ۳۰ درصد) است.

بدین ترتیب نرخ عوارض با توجه به استراتژی‌های مختلف محاسبه گردید. نتایج محاسباتی نشان داد درصورتی‌که هزینه‌های نهایی اولیه زیرساخت در محاسبه نرخ عوارض لحاظ نشوند، میزان انحراف نرخ عوارض محاسبه شده از مقادیر کنونی کمتر از سایر سناریوها است. یکی از نکات قابل‌توجه در ارتباط با قیمت‌گذاری و تحقیقات مرتبط با آن باید گفت مهم‌ترین مسئله پیش‌رو، سیاست‌های کلان دولت در ارتباط با مدیریت راه‌ها و میزان پذیرش و مقبولیت قیمت‌گذاری در بین کاربران و مردم است. اگر مقوله قیمت‌گذاری در برنامه‌های دولت بتواند حامیانی داشته باشد و از پشتیبانی لازم برخوردار باشد، مسائل زیادی است که باید به آن‌ها پرداخت. بااین‌حال می‌توان تصور کرد که سه وجه اصلی مقوله قیمت‌گذاری عبارت‌اند از دولت، کاربران و مردم، متصدی و مجری قیمت‌گذاری. البته ممکن است متصدی و مجری قیمت‌گذاری خود دولت باشد؛ ولی با توجه سیاست‌ها و جهت‌گیری‌های نظام به‌سوی هر چه بیشتر خصوصی کردن ساختارها اقتصادی، گزینه بخش خصوصی محتمل‌تر است.

نکته بسیار مهم که از نتایج حاصله از پروژه به‌دست‌آمده است، بیشتر بودن مقادیر نرخ عوارض محاسبه‌شده برای آزادراه کشور (تهران–قم) است. چنین موضوعی ممکن است در صورت پیاده‌سازی مدل پیشنهادی و اجرائی نمودن آن با مخالفت شدید کاربران حمل‌ونقل مواجه شود. لذا، توجه به این مبحث می‌تواند یکی از مسائل ویژه طلقی گردد که در صورت اجرایی نمودن پروژه ممکن است، اتفاق بیفتد و لذا طراحی و تدوین ساختار و بررسی مقبولیت آن بایستی موردبررسی قرار گیرد. بدین منظور بایستی بهبودهایی از قبیل: ارائه خدمات مناسب‌تر و ... در سیستم حمل‌ونقل به وجود آید و فرهنگ‌سازی لازم دراین‌باره به انجام برسد.

۹–پی‌نوشت‌ها

۱– مقاله مذکور بخشی از پروژه تحقیقاتی تحت عنوان "ارائه مدل اقتصادی تعیین نرخ عوارض وسایل نقلیه سنگین و نیمه‌سنگین تجاری در آزادراه‌های کشور با تأکید بر میزان خسارت وارده بر روسازی آزادراه‌های کشور" است که در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به انجام رسیده است.

2-The Benefit Principle
3-The Ability to Pay Principle
4-equal sacrifice
5-Jeremy Bentham
6-John Stuart Mill
7-Henry Sidgwick
8-progressive
9-Ramsey Rule
10-Frank Ramsey
11-excess burden
12-Randall G. Holcombe
13-Susanne Lohmann
14-Deborah M. Weiss
15-visible
16-hidden
17-Marginal Cost Pricing
18-Arthur Pigou
19-Frank Knight
20-first-best
21-marginal external cost
22-Second-Best Issues
23-second-best
24-Mohring-Harwitz
25-User Fees/Charges
26-Dynamic Pricing
27-Value Pricing
28-Life Cycle Costing (LCCA)
29-Reconstruction
30-Routine Maintenance
31-Marginal Social Cost Pricing

۱۰-مراجع

-بابائی، علی و بمانا، کیوان (۱۳۹۰). بررسی روش‌های تعرفه گذاری حمل‌ونقل و ارائه مدل تعیین و تخصیص عوارض آزادراه‌ها در ایران، دهمین *کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک*، تهران.

-برادران، وحید و کاظم‌پورفرد، امیررضا (۱۴۰۱). قیمت‌گذاری عوارض آزادراه‌ها با توسعه مدل‌های اقتصادی در شرایط عدم قطعیت، دوره ۱۹، شماره ۳ ، شماره پیاپی ۷۲، شهریور، ۱۰۴-۸۳.

-صفارزاد، محمود، رضائی، حمید و زانیامجیدی، محمد (۱۴۰۱). بررسی و ارائه مدل قیمت‌گذاری عوارض آزادراه‌ها بر مبنای سهم تغییر وسیله،تغییر مسیر، تغییر زمان سفر و میزان تمایل به پرداخت کاربران (نمونه موردی: آزادراه تهران_ساوه)، *فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل‌ونقل*، سال نوزدهم، دوره اول، شماره ۷۲ ، پاییز ۱۴۰، ۱۸-۱.

- بابائی، علی (۱۳۹۳). مطالعه تطبیقی روش‌های تعرفه گذاری عوارض جاده‌ای در جهان و بررسی وضعیت قیمت‌گذاری آزادراه‌های عوارضی در ایران،مجله مهندسی مکانیک و ارتعاشات، دوره ۵، شماره ۱، بهار، ۴۰-۳۵.

- دفتر فناوری اطلاعات و سامانه‌های هوشمند (۱۴۰۳). سالنامه آماری حمل‌ونقل جاده‌ای، سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای.

-مجلس شورای اسلامی. (۱۴۰۳). قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۷_ ۱۴۰۳).

-Brosvik Bayer , S., Flügel, S.(2025), Introduction vs. price change of road toll - a panel data analysis of revealed preferences, *Research in Transportation Economics,* Volume 112, 101592.

-Bruzelius, N. (2004). Measuring the marginal cost of road use: An international survey. Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI).

-CEPT University. (2025). PUT23344 - Urban Transport Cost Assessment Framework. *Student Portfolio.*

-Chen, Z., Ye, H., Liu, B. and Xue, W., (2021). Analysis of road capacity and franchise price decision delegation in toll road BOT project. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,* Vol. 146, 102213.

-Chen, X., Zhu, Z. and Zhang, L., (2015). Simulation-based optimization of mixed road pricing policies in a large real-world network. *Transportation Research Procardia,* Vol. 8, 215-226.

- City of Arvada, CO. (2024). Understanding the Pavement Program. Retrieved from arvadaco.gov.

-City of Edmonton. (2024). Development Impact on Infrastructure. Retrieved from edmonton.ca.

-CORE Econ. (2023). 10.2 The external effects of pollution: Private and social costs and benefits. *The Economy.*

-De Borger, B., & Proost, S. (2015). On revenue recycling and the welfare effects of second-best congestion pricing in a monocentric city. *Journal of Urban Economics,* 89, 32–47.

-Dong, B. Guo, G. and Wang, Y. (2012). Highway toll pricing. *Uropean Journal of Operational Research,* Vol. 220, 744–751.

-ECMT (1998). Efficient Transport for Europe .

-Farias, A. V., Zhu, S., & Mardan, A. (2024). An overview of dynamic pricing toll roads in the United States: Pricing algorithms, operation strategies, equity concerns, and funding mechanism. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives,* 24, 100816.

-Frangopol, D. M., et al. (2004). evelopment of life cycle costing fram ework for highway bridges in Myanmar. *Journal of Structural Engineering,* 30(4), 235-245.

-Fuentes, R., Cantillo, V., & López-Ospina, H. (2022). A road pricing model involving social costs and infrastructure financing policies. *Applied Mathematical Modelling,* 105, 729–750.

-Gibson, M. and Carnovale, M. (2015). The effects of road pricing on driver behavior and air pollution. *Journal of Urban Economics,* Vol. 89, 62–73.

-Glazer, A., & Niskanen, E. (2005). When users of congested roads may view tolls as unjust. *European Transport / Trasporti Europei,* XI(31), 6–14.

- Hensher, D.A.(2019). Editorial: road pricing reform – another attempt at getting started. Case Stud. Transport. Pol. 7 (4), 677–678.

-Hsieh, H.(2022). Road pricing acceptability and persuasive communication effectiveness, *Transport Policy,* Vol.125,179-191.

-Holcombe, R. G. (2002). The Ramsey Rule Reconsidered. *Public Finance Review,* 30(6), 562–578.

-Jansson, J. O. (1993). Government and Transport Infrastructure – Pricing .

-Kitchen, H., McMillan, M., & Shah, A. (2019). Charges and User Fees. In Local Public Finance and Economics, *Springer International Publishing,* 363-403.

-Kono, T., Mitsuhiro, Y., & Yoshida, J. (n.d.). Simultaneous optimization of multiple taxes on car use and tolls considering the marginal cost of public funds in Japan. *Elsevier.*

-Lindsey, R., & Verhoef, E. T. (2006). Basic economic principles of road pricing: From theory to applications. *Research in Transportation Economics,* 13, 106–114.

-Lindsay, R. (2009). Optimal highway design and user welfare under value pricing. *Journal of Urban Economics,* 66(2), 116–124.

-Lindberg, G. (2006). Valuation and pricing of traffic safety [Doctoral dissertation, Örebro University]. Örebro Studies in Economics, 13.

-Loertscher, S., & Niedermayer, A. (2012). Fee-Setting Mechanisms: On Optimal Pricing by Intermediaries and Indirect Taxation. *Microeconomics: Production.*

-Lohmann, S., & Weiss, D. M. (2002). Hidden Taxes and Representative Government: The Political Economy of the Ramsey Rule. *Public Finance Review,* 30(6), 579–611.

-Monnier, J.-M. (2003). La formation des conceptions de la justice fiscale dans la pensée économique anglo-saxonne. *HAL*.

-Nash, C., & Matthews, B. (Eds.) (2005). Measuring the Marginal Social Cost of Transport .

-Odeck, J. (2019). Estimating and predicting the operational costs of road tolls: An econometric assessment using panel data, *Transportation Research Part A: Policy and Practice ,*Vol. 130, December 2019, 466-478.

-Rothbard, M. N. (2004). The Benefit Principle. In Power and Market: Government and the Economy*, Mises Institute.* 104-108.

-Small, K. A. (1983). The incidence of congestion tolls on urban highways. *Journal of Urban Economics,* 13(1), 90–111.

-Susanti, B., Kadarsa, E., Foralisa, M., & Juliantina, I. (2023). Non-toll revenue potential to increase funding sources for toll road maintenance. *Construction Economics and Building,* 23(1).

-Suharwardy, N. S. (2026). Ability to Pay vs Benefit Principle: Determining True Basis of Taxation in India. *TaxGuru.*

-Solak, A. (2022). Toll roads in Turkey: Private versus public, Case Studies on Transport Policy, Vol. 10, Issue 2, June, 1110-1117.

-Transportation Research Board. (2007). Estimation of Representative Capital and Maintenance Costs for Canadian Roads. Transportation Research Record: *Journal of the Transportation Research Board,* (1991).

-Vu, Khuong (2025). Electronic toll collection (ETC) on highways: Global trends, Vietnam's experience, and policy lessons, *Telecommunications Policy,* Vol. 49, Issue 1, March 2025, 102892.

Economic Model for Determining Toll Rates for Heavy and semi-heavy Commercial Vehicles on Iranian Freeways with Emphasis on the Amount of Damage to the Pavement

Parisa Badar Ardebili, *Assistant Professor, Housing & Urban Development Research Center, Tehran, Iran.*

E-mail: p.bazadar@bhrc.ac.ir

Received: February 2026- Accepted: May 2026

ABSTRACT

Road pricing has become one of the main priorities in global transport policies. Road pricing is an effective solution for providing financial resources for the development and improvement of transport systems, as well as demand management and congestion control. The main objective of this paper is to present an economic model for determining the toll rates for heavy and semi-heavy commercial vehicles on the country's freeways, with an emphasis on the amount of damage caused to the pavement. For this purpose, the toll rates for these vehicles have been calculated using the external marginal cost approach. In addition to the original model, an adjusted model has been presented and the toll rates have been determined based on it. Considering the proposed approach as an example, the toll rates on the Tehran-Qom freeway were calculated. Two strategies have been used to determine the toll rates: (1) covering the total costs imposed (state operator scenario) and (2) covering infrastructure costs with a 30% profit margin (private operator scenario). The results showed that if the initial marginal costs of the infrastructure are not included in the calculation of the toll rates, the deviation of the calculated toll rates from the current values is less than in other scenarios. A very important point is that the calculated rates are higher than the current values. Such an issue may encounter strong opposition from transport users if the proposed model is implemented; therefore, gradual implementation and culture building are prerequisites for implementing the model.

Keywords: Economic Model, Toll Rate, Commercial Heavy and Medium-Heavy Vehicles, Freeway, Marginal Cost Model