

مقایسه آماری دو رویکرد گشت سیار و کنترل پاسگاهی در کشف تخلف اضافه بار (مطالعه موردی: معابر برون شهری استان اصفهان)

مقاله علمی - پژوهشی

*علی توکلی کاشانی (نویسنده مسئول)، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

محمد نجف پور درو، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

پریسا ساریان نژاد، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

معید ذهیون، رئیس اداره ایمنی و ترافیک، اداره کل راهداری و حمل و نقل جاده‌ای اصفهان، اصفهان، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Alitavakoli@just.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۰۷ - پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۰۵

صفحه ۱۴۰-۱۲۵

چکیده

تخلف اضافه بار ناوگان باری یکی از عوامل اصلی تشدید تخریب روسازی، افزایش هزینه‌های نگهداری و کاهش ایمنی شبکه راه‌ها است و انتخاب راهبرد مناسب کشف و اعمال قانون، نقش تعیین‌کننده‌ای در اثربخشی کنترل‌ها دارد. هدف این پژوهش، مقایسه آماری عملکرد دو رویکرد کنترل پاسگاهی با ایستگاه ثابت و گشت سیار در کشف تخلف اضافه بار با تمرکز بر مطالعه موردی معابر استان اصفهان و ارائه پیشنهادهای سیاستی برای بهبود تخصیص منابع نظارتی است. بدین منظور، داده‌های ثبت جرایم اضافه بار در ۱۵ پاسگاه طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۴ و داده‌های طرح باسکول سیار طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۳ گردآوری شد. برای مقایسه منصفانه، ۱۰ محور متناظر و متناوب برای این دو روش تعیین و شاخص تعداد جریمه در روز به عنوان معیار اصلی عملکرد محاسبه گردید. نتایج توصیفی نشان داد در تمامی محورهای متناظر، نرخ کشف روزانه در گشت سیار بیش از کنترل پاسگاهی است، به طوری که میانگین کشف تخلف روزانه در روش کنترل پاسگاهی ۲/۱۹ و در گشت سیار ۷/۳۲ برآورد شد و حتی کمینه گشت سیار از بیشینه روش کنترل پاسگاهی فراتر بود. آزمون‌های آماری و مقایسه زوجی نیز برتری گشت سیار را به صورت معنی‌دار تأیید کرد. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، حرکت به سمت افزایش سهم گشت‌های سیار در نظام نظارت جهت بهبود شاخص‌های کنترلی جهت مقابله با تخلف اضافه بار و کاهش آسیب‌های ناشی از آن در سطح شبکه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اضافه بار، کنترل پاسگاهی، گشت سیار، کشف تخلف، خرابی روسازی

۱- مقدمه

یا به صورت ناخواسته در فرایند بارگیری رخ دهد. اضافه بار با افزایش تنش‌های وارد بر روسازی، موجب تسریع پدیده‌هایی مانند ترک خوردگی، شیارشدگی و نشست می‌شود و در نتیجه عمر بهره‌برداری را کاهش می‌دهد. همچنین، مطابق قانون توان چهارم، با افزایش بار محوری، میزان تخریب روسازی به صورت تصاعدی و بسیار شدید افزایش می‌یابد، بنابراین عمر مفید راه‌ها به طور محسوسی کاهش یافته و هزینه‌های تعمیر و نگهداری

شبکه راه‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های حمل و نقل، نقش بنیادی در زنجیره فعالیت‌های اقتصادی، جابه‌جایی کالا و توسعه منطقه‌ای ایفا می‌کند. در این میان، حمل و نقل جاده‌ای بار به دلیل پوشش گسترده، انعطاف‌پذیری و دسترسی مناسب، سهم قابل توجهی از جابه‌جایی کالا را بر عهده دارد. یکی از چالش‌های رایج در مدیریت شبکه راه‌ها، تخلف اضافه بار است که می‌تواند به صورت هدفمند برای افزایش سود حمل

موثرتر از باسکول‌های دائمی ثابت، که به صورت مداوم کار می‌کنند، عمل کنند (Fekpe & Clayton, 1994). گشت سیار پلیس با بهره‌گیری از تجهیزات نظارتی و وزن‌کشی متحرک، امکان تشخیص و توقف کامیون‌های دارای اضافه‌بار در سطح شبکه جاده‌ای را فراهم می‌کند. این روش به دلیل انعطاف‌پذیری بالاتر، به‌ویژه در مناطق با تردد بالای وسایل نقلیه باری و مسیرهایی که به دلیل عدم وجود ایستگاه‌های ثابت، تخلفات اضافه‌بار در آن‌ها رایج‌تر است، اثربخشی بالایی دارد (Jinyu et al., 2020). این برتری به عواملی همچون پوشش مکانی پویا و کاهش فرصت دور زدن نسبت داده می‌شود (Brown et al., 2025; Jinyu et al., 2020). در این روش، رانندگان نمی‌توانند با پیش‌بینی محل ایستگاه‌های ثابت از نظارت قانونی اجتناب کنند که این ویژگی منجر به افزایش بازدارندگی می‌شود (Kim et al., 2017). در مقابل، ایستگاه‌های ثابت به‌ویژه آن‌هایی که به سامانه‌های توزین در حال حرکت پرسرعت (WIM) مجهز هستند، نیز اثربخشی قابل توجهی نشان داده‌اند. این سامانه‌ها امکان ارزیابی وزن وسایل نقلیه را بدون نیاز به توقف کامل فراهم می‌کنند و از تأخیرهای غیرضروری جلوگیری می‌نمایند (Han et al., 2012). برخی مطالعات گزارش کرده‌اند که این روش می‌تواند نرخ کامیون‌های دارای اضافه‌بار را تا ۲۷٪ در مجموع و تا ۹۱٪ برای سنگین‌ترین وسایل نقلیه کاهش دهد (Kwon et al., 2016). با این حال، سامانه‌های توزین در حال حرکت با چالش‌هایی مانند دقت پایین و محدودیت‌های اجرایی مواجه هستند که مانع از بهره‌گیری کامل از ظرفیت این فناوری شده است (Han et al., 2012).

امروزه رویکردهای جدید برای رفع محدودیت‌های کنترل سیار و ثابت، بر ادغام فناوری‌های هوشمند تکیه دارند (Jiang et al., 2014). در این رویکردها، نوآوری‌هایی مانند سامانه‌های توزین در حال حرکت، شبکه‌های حسگر اینترنت اشیاء و تحلیل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، امکان پایش لحظه‌ای و تخصیص پویای منابع را فراهم می‌کنند. این پیشرفت‌ها، اجرای قانون را از حالت صرفاً نقطه‌ای به سمت کنترل شبکه‌محور سوق می‌دهند (Arputhabalan et al., 2024; Ifourah et al., 2025). در مجموع، مطالعات نشان می‌دهند که ترکیب روش‌های کنترل پاسگاهی ثابت و نظارت سیار پلیس، بهینه‌سازی مسیرهای نظارتی و ادغام فناوری‌های هوشمند، موثرترین راهکارها برای بازدارندگی و برخورد با تخلفات اضافه‌بار در

روسازی به طور قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند (Aliakbari & Moridpoure, 2016).

کنترل اضافه‌بار عموماً شامل دو مرحله کشف تخلف و برخورد قانونی است. انتخاب رویکرد مناسب برای مقابله با این موضوع اهمیت بالایی دارد. از روش‌های رایج کشف تخلف اضافه‌بار می‌توان به کنترل پاسگاهی و گشت سیار اشاره کرد. از منظر سیاست‌گذاری و مدیریت اجرایی، تصمیم‌گیری درباره انتخاب یا ترکیب این دو رویکرد به تخصیص بهینه منابع (نیروی انسانی، تجهیزات، بودجه و زمان) وابسته است و معمولاً بر اساس شاخص‌های کمی، به صورت آماری مقایسه می‌شود. بر این اساس، هدف اصلی پژوهش حاضر مقایسه آماری عملکرد دو رویکرد گشت سیار و کنترل پاسگاهی در کشف تخلف اضافه‌بار و ارائه پیشنهاد‌های سیاستی برای بهبود راهبردهای کنترلی است. در ادامه این پژوهش، ابتدا مروری بر ادبیات موضوع صورت می‌گیرد. سپس روش تحقیق و داده‌ها تشریح شده و نتایج تحلیل آماری بیان می‌شود و در پایان، جمع‌بندی مطالب صورت گرفته و پیشنهادات کاربردی جهت بهبود شاخص‌های کنترلی ارائه خواهد شد.

۲-پیشینه تحقیق

اضافه‌بار وسایل نقلیه یک مشکل پایدار جهانی است که ایمنی جاده‌ها را تضعیف می‌کند، فرسودگی زیرساخت‌ها را تسریع می‌بخشد و خطر تصادفات و هزینه‌های نگهداری را افزایش می‌دهد. وسایل نقلیه دارای اضافه‌بار به‌طور نامتناسبی در آسیب‌دیدگی روسازی نقش دارند و در بروز تصادفات شدید ترافیکی نیز مؤثر هستند. بنابراین، اجرای قاطع و مؤثر قوانین مربوطه، هم برای ایمنی عمومی و هم برای افزایش عمر مفید زیرساخت‌های حمل‌ونقل، ضروری است (Karim et al., 2014). با توجه به این اهمیت، موضوع کنترل و نظارت بر اضافه‌بار در اولویت‌های سیاست‌گذاری و عملیاتی قرار دارد و مطالعه حاضر نیز در همین راستا صورت گرفته است.

روش‌های کشف و اعمال قانون اضافه‌بار، عموماً در دو دسته اصلی گشت سیار و کنترل پاسگاهی با ایستگاه ثابت طبقه‌بندی می‌شوند. مطالعات تجربی به طور مداوم نشان می‌دهند که اجرای قانون از طریق گشت سیار، در مقایسه با کنترل پاسگاهی، به نرخ کشف تخلف بسیار بالاتری منجر می‌شود. به طور مشخص، شواهد حاکی از آن است که تیم‌های گشت می‌توانند تا ۳۰ برابر

تعداد جریمه‌های اضافه‌بار و نیز تعداد روزهای فعال، ثبت شده است. در مجموع، دوره فعالیت کل ۱۵ پاسگاه معادل با ۲۶۵۳۴ ایستگاه — روز بود که شامل ۱۱۳۵۰ روز کنترل فعال و کشف ۲۷۶۹۵ تخلف اضافه‌بار می‌شود.

۳-۱-۲- رویکرد گشت سیار

در رویکرد گشت سیار، پلیس با همکاری مسئولین اداره راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای استان به کمک باسکول سیار و به‌صورت مقطعی در نقاط مختلف جاده وزن ناوگان باری را کنترل می‌کند و در صورت مشاهده اضافه‌بار، راننده را جریمه می‌کند. شکل ۳ تصویری از کنترل و گشت سیار را نشان می‌دهد. در این پژوهش داده‌های طرح باسکول سیار طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۳ در ۲۵۱ روز فعالیت و در ۲۹ محل بررسی شد. برای هر محل اجرا، تعداد دفعات اجرای طرح در روز و تعداد جریمه اضافه‌بار ثبت شد. این داده‌ها در مجموع شامل ۱۹۲۹ مورد کشف تخلف اضافه‌بار است. معابر اجرای طرح گشت سیار که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است در شکل ۴ نشان داده شده است.

۳-۱-۳- نقاط مقایسه‌ای دو رویکرد کنترل اضافه بار

به‌منظور مقایسه منصفانه دو رویکرد کنترل پاسگاهی و گشت سیار، زوج‌های مقایسه‌ای بر اساس تطابق مکانی محورهای گشت سیار با پاسگاه‌های پلیس تعیین شد. به این صورت که از بین ۱۵ پاسگاه پلیس مورد بررسی، ۱۰ پاسگاه که دارای طرح گشت سیار متناظر در مسیرهای حوالی پاسگاه بوده‌اند انتخاب شدند. در ادامه برای هر یک از این ۱۰ پاسگاه، یک محور گشت سیار متناظر (در همان مسیر یا مسیر منتهی به پاسگاه) در نظر گرفته شد و این ۱۰ مورد به‌عنوان نقاط قابل مقایسه بین دو روش انتخاب شدند. در شکل ۵ موقعیت پاسگاه‌ها و محورهای گشت سیار متناظر آن‌ها در شبکه راه‌ها نمایش داده شده است.

جدول ۱، فهرست پاسگاه‌های منتخب و محور طرح گشت سیار متناظر را ارائه می‌کند.

ناوگان باری هستند (Lee & Chow, 2011). به عنوان نمونه، مطالعه چن و وو در چین نشان داد استقرار ایستگاه‌های ثابت در بزرگراه‌های اصلی و اجرای کنترل‌های سیار در مسیرهای فرعی و مناطق با خطر بالای تخلفات اضافه‌بار، میزان کشف تخلفات را افزایش می‌دهد (Wu & Chen, 2024). اجرای این راهکارها نه تنها موجب افزایش پایداری به مقررات حمل‌ونقل و کاهش تخلفات اضافه‌بار می‌شود، بلکه نقش مهمی در کاهش آسیب‌های زیرساختی، بهبود ایمنی راه‌ها و کاهش هزینه‌های ناشی از تخریب جاده‌ها و تصادفات مرتبط با بارگذاری غیرمجاز دارد. با توجه به فقدان مطالعه نظام‌مند در ایران در زمینه مقایسه آماری عملکرد گشت سیار و کنترل پاسگاهی با ایستگاه ثابت، پژوهش حاضر با هدف پر کردن این خلأ و کمک به تصمیم‌گیری اجرایی انجام می‌شود.

۳- روش تحقیق

۳-۱-۳- پایگاه داده

به‌منظور مقایسه آماری دو رویکرد گشت سیار و کنترل پاسگاهی در کشف تخلف اضافه‌بار، در این پژوهش داده‌های ثبت‌شده تخلفات اضافه‌بار در هر دو رویکرد گردآوری شد.

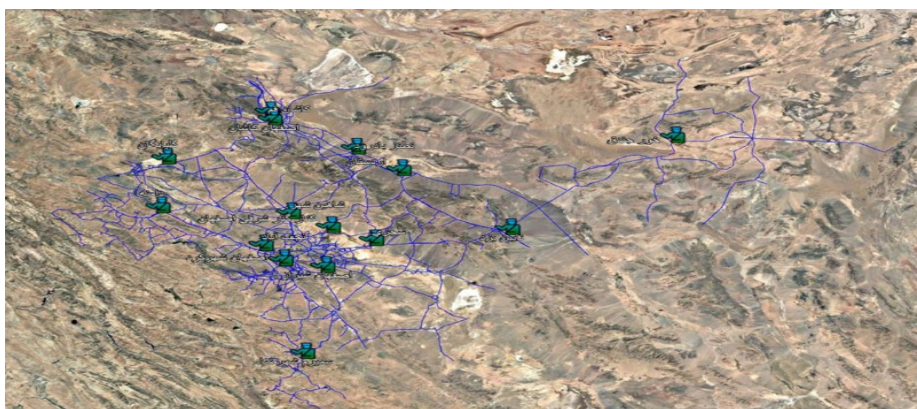
۳-۱-۱- رویکرد پاسگاه پلیس

در رویکرد کنترل پاسگاهی، پلیس در کنار جاده و در یک مکان ثابت، با استفاده از باسکول ثابت وزن ناوگان باری را اندازه‌گیری می‌کند. این روش برای بازرسی و پیشگیری از تخلفاتی مانند اضافه‌بار به‌کار می‌رود. شکل ۱ تصویری از پاسگاه پلیس با قابلیت توزین وزن ناوگان باری را نشان می‌دهد. در این پژوهش داده‌های مربوط به فعالیت ۱۵ پاسگاه پلیس در سطح معابر برون شهری استان اصفهان طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۴ بررسی شد.

همچنین شکل ۲ محل قرارگیری پاسگاه‌های پلیس در سطح معابر برون شهری استان اصفهان را نشان می‌دهد. در پایگاه داده مربوط به فعالیت هر پاسگاه، تاریخ اولین و آخرین جریمه،



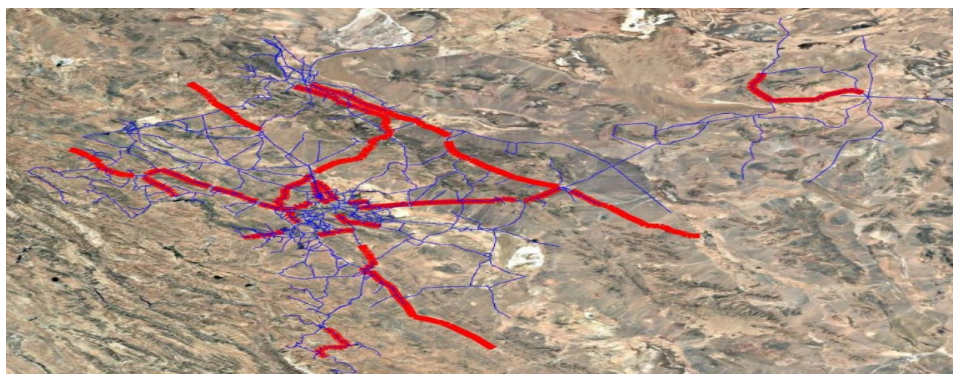
شکل ۱. پاسگاه پلیس



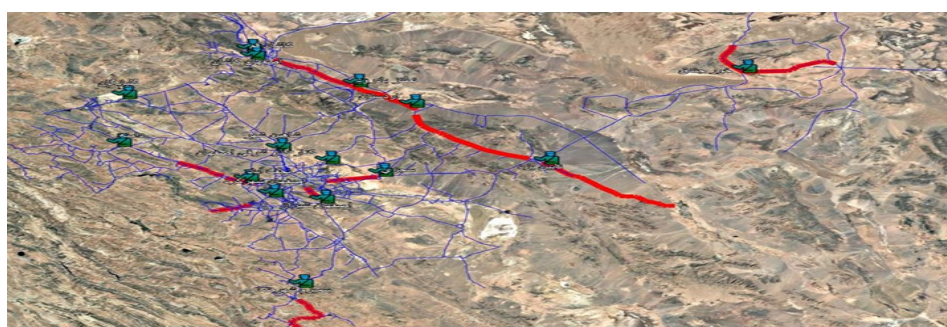
شکل ۲. محل قرارگیری پاسگاه‌های پلیس در سطح معابر برون‌شهری



شکل ۳. کنترل و گشت سیار



شکل ۴. معابر تحت پوشش طرح گشت سیار



شکل ۵. موقعیت پاسگاه‌ها و محورهای گشت سیار متناظر آن‌ها در شبکه راه‌ها

جدول ۱. فهرست پاسگاه‌های منتخب و محور طرح گشت سیار متناظر

ردیف	نام پاسگاه	محور طرح گشت سیار متناظر
۱	اصفهان شیراز	اصفهان بهارستان
۲	اصفهان شهرکرد	زرین شهر شهرکرد
۳	سجزی	اصفهان نائین
۴	نایین یزد	اردکان نایین
۵	نطنز بادرود	بزرگراه کاشان-اردستان
۶	سمیرم شهرضا	سمیرم-کمه
۷	دامنه	تیران به عسگران
۸	اردستان	اردستان نائین
۹	اصفهان کاشان	آزادراه کاشان- اصفهان
۱۰	خور جندق	خور جندق

۳-۲-آزمون‌های آماری

برای مقایسه آماری عملکرد دو رویکرد گشت سیار و کنترل پاسگاهی با ایستگاه ثابت در کشف تخلف اضافه‌بار، به‌منظور بررسی تفاوت شاخص‌های عملکرد به‌ویژه نرخ کشف تخلف بین این دو روش، از آزمون واریانس یک‌طرفه استفاده شده است. هدف این آزمون تعیین این موضوع است که آیا اختلاف میانگین‌های مشاهده‌شده در شاخص عملکرد دو رویکرد، صرفاً ناشی از نوسانات تصادفی داده‌هاست یا بیانگر وجود تفاوت معنادار آماری و تفاوت واقعی در نوع روش کنترل بر میزان کشف تخلف اضافه‌بار است. در این آزمون، فرض صفر (H_0) بیان می‌کند که میانگین شاخص عملکرد در هر دو روش برابر است و هرگونه اختلاف مشاهده‌شده نتیجه تغییرات طبیعی داده‌هاست. در مقابل، فرض مقابل (H_1) وجود تفاوت معنادار (حداقل یک میانگین متفاوت) را مطرح می‌سازد که در صورت تأیید، نشان‌دهنده اثرگذار بودن روش کنترل (گشت سیار در برابر کنترل پاسگاهی) بر عملکرد کشف تخلف خواهد بود. فرمول آماره آزمون به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$F = \frac{\sum_{j=1}^k n_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2 / (k-1)}{\sum_{j=1}^k (n_j - 1) s_j^2 / (N-k)} \quad (1)$$

که در این رابطه:

K - تعداد گروه‌ها

N- تعداد کل مشاهدات

$\bar{x}_j$ و s_j^2 به‌ترتیب میانگین و واریانس نمونه‌ای گروه j هستند. در این مطالعه، گروه‌های مورد مقایسه شامل دو رویکرد گشت سیار و کنترل پاسگاهی با ایستگاه ثابت بوده‌اند و برای هر گروه، شاخص‌های آماری نظیر میانگین سرعت، انحراف معیار، صدک‌های V50 و V85 و فاصله اطمینان ۹۵٪ محاسبه شده‌اند. آزمون واریانس با استفاده از این داده‌ها اجرا شده تا مشخص شود آیا تفاوت‌های مشاهده‌شده در عملکرد کشف تخلف میان

دو رویکرد، از نظر آماری معنادار هستند یا خیر. بنابراین در صورت معنادار بودن نتایج آزمون (یعنی رد فرض صفر)، می‌توان نتیجه گرفت که نوع روش کنترل (گشت سیار در برابر کنترل پاسگاهی) تأثیر قابل توجهی بر عملکرد کشف تخلف اضافه‌بار داشته و موجب تفاوت معنادار در شاخص‌های مورد بررسی شده است. این تحلیل، پایه‌ای برای ارزیابی اثربخشی رویکردهای کنترلی و تصمیم‌سازی در تخصیص منابع و سیاستگذاری کنترل اضافه‌بار فراهم می‌سازد.

۴-نتایج

در این بخش، ابتدا نتایج آمار توصیفی به‌صورت جداول و نمودارها ارائه می‌شود تا تصویری روشن از الگوی کشف تخلف اضافه‌بار در دو رویکرد کنترل پاسگاهی و گشت سیار به‌دست آید. سپس، با تکیه بر آمار استنباطی و اجرای آزمون‌های مقایسه زوجی، تفاوت عملکرد دو رویکرد از نظر آماری بررسی می‌شود.

۴-۱-آمار توصیفی

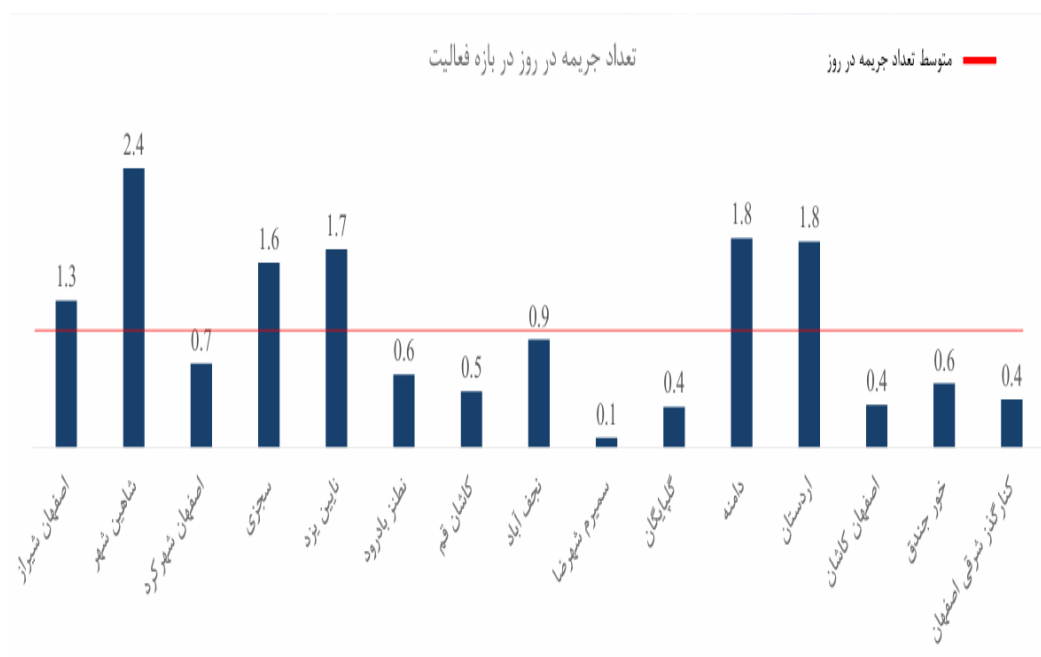
جدول ۲ خلاصه‌ای از فعالیت ۱۵ پاسگاه کنترل اضافه‌بار را ارائه می‌کند و برای هر پاسگاه، علاوه بر تعداد جریمه‌های اضافه‌بار به‌عنوان خروجی عملکرد، شاخص‌های مرتبط با دامنه زمانی داده‌ها شامل تاریخ اولین و آخرین جریمه، بازه فعالیت (روز) و روزهای فعال را گزارش می‌دهد. مجموعاً در این مجموعه، ۲۷۶۹۵ جریمه اضافه‌بار ثبت شده است. طبق پایگاه‌داده موجود میزان فعالیت پاسگاه‌ها معادل ۲۶۵۳۴ ایستگاه - روز و ۱۱۳۵۰ روز کنترل فعال بوده است. در این جدول ناهمگونی قابل توجهی در میان پاسگاه‌ها مشاهده می‌شود، به‌گونه‌ای که تعداد جریمه‌ها و میزان روزهای فعال بین پاسگاه‌ها بسیار متفاوت است. این موضوع ضرورت استفاده از شاخص‌های نرخ‌محور و تحلیل‌های استنباطی را برای مقایسه منصفانه‌تر عملکرد دو رویکرد تقویت می‌کند.

جدول ۲. خلاصه فعالیت پاسگاه‌ها

ردیف	نام پاسگاه	تعداد جرمه اضافه بار	تاریخ اولین جرمه	تاریخ آخرین جرمه	بازه فعالیت (روز)	روزهای فعال
۱	اصفهان شیراز	2374	1399/01/06	1404/02/08	1860	916
۲	شاهین شهر	4532	1399/01/06	1404/02/08	1860	1283
۳	اصفهان شهرکرد	1353	1399/01/09	1404/02/07	1856	778
۴	سجری	2971	1399/01/20	1404/02/08	1846	1129
۵	نابین یزد	3214	1399/01/06	1404/02/08	1860	1019
۶	نطنز بادرود	1173	1399/01/17	1404/02/07	1848	711
۷	کاشان قم	901	1399/01/10	1404/02/07	1855	593
۸	نجف آباد	1741	1399/01/06	1404/02/08	1860	828
۹	سمیرم شهرضا	142	1399/02/10	1403/12/25	1781	129
۱۰	گلپایگان	645	1399/01/24	1404/02/08	1842	459
۱۱	دامنه	3356	1399/01/25	1404/02/08	1841	1150
۱۲	اردستان	3316	1399/01/16	1404/02/08	1850	1041
۱۳	اصفهان کاشان	670	1399/01/17	1404/01/23	1833	484
۱۴	خور جندق	1011	1399/02/07	1404/02/07	1827	631
۱۵	کنارگذر شرقی اصفهان	296	1402/02/21	1404/02/05	715	199

شکل ۶ میانگین تعداد جرمه در روز طی بازه فعالیت در میان ۱۵ پاسگاه با ایستگاه ثابت به صورت نمودار ستونی نمایش می‌دهد. این شاخص (تعداد جرمه در روز) امکان مقایسه منصفانه‌تری بین ایستگاه‌ها فراهم می‌کند، زیرا نتایج به جای مقدار تجمعی، بر مبنای نرخ روزانه گزارش می‌شود. مطابق این نمودار، شدت کشف و ثبت تخلف در پاسگاه‌ها یکنواخت نیست، به‌طوری که شاهین شهر با ۲/۴ جرمه در روز بالاترین و

سمیرم-شهرضا با ۰/۱ جرمه در روز پایین‌ترین مقدار را دارد. بنابراین، نتایج شکل ۶ تأیید می‌کند که تفاوت بین پاسگاه‌ها صرفاً ناشی از شمارش تجمعی نیست و حتی پس از تعدیل زمانی نیز اختلاف محسوسی در ثبت تخلف مشاهده می‌شود، که می‌تواند در تفسیرهای بعدی و مقایسه‌های آماری بین رویکردها نقش تعیین‌کننده داشته باشد.



شکل ۶. میانگین تعداد جرمه در روز طی بازه فعالیت در میان ۱۵ پاسگاه

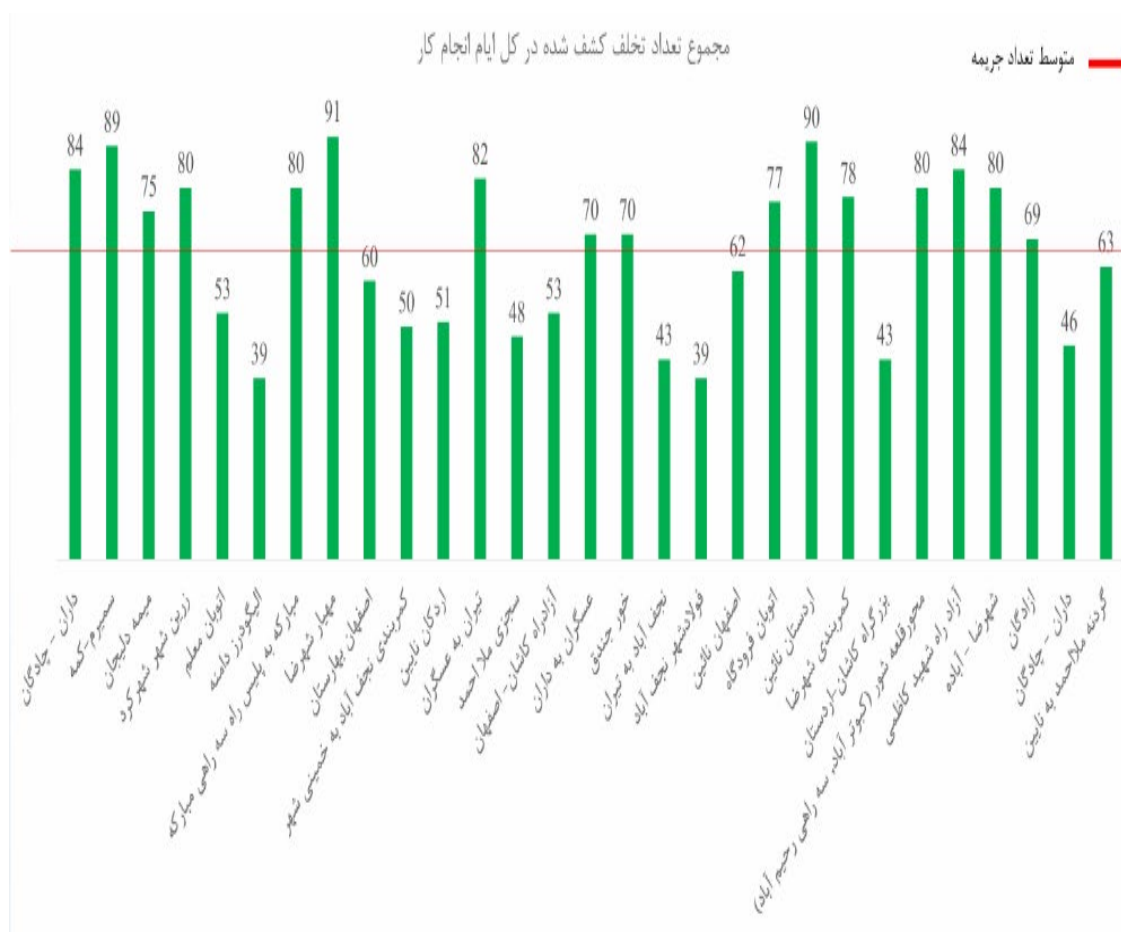
— نجف آباد هر کدام «۳۹ مورد» مشاهده می شود. از سوی دیگر، بازه تکرار طرح گشت سیار عمدتاً بین ۷ تا ۱۱ روز تغییر می کند که بیانگر یکنواخت نبودن شدت حضور گشت در نقاط مختلف است. مشاهده موارد تکرار شونده در یک محور (مانند ثبت محور داران—چادگان در دو ردیف) نشان دهنده اجرای طرح در نقاط متفاوتی از آن محور است. این نتایج به صورت خلاصه در جدول ۳ ارائه شده اند. همچنین الگوی پراکندگی مشاهدات نیز در شکل ۷ قابل مشاهده است، به طوری که در نمودار مجموع تخلقات کشف شده در کل ایام انجام کار، برخی محورها بالاتر از خط میانگین قرار گرفته اند.

در بخش آمار توصیفی، برای تبیین الگوی عملکرد گشت سیار در کشف تخلف اضافه بار، اطلاعات اجرای گشت در محورهای مختلف به تفکیک محل اجرا و با دو شاخص اصلی تعداد دفعات تکرار (روز) و تعداد جرمه اضافه بار ارائه شده است، به گونه ای که مجموع فعالیت گشت سیار ۲۵۱ روز و مجموع جرایم کشف و ثبت شده ۱۹۲۹ مورد گزارش شده است. نتایج موجود حاکی از پراکندگی قابل توجه در محورهای اجراست، به طوری که بیشترین تعداد جرمه در محور مهیار — شهرضا «۹۱ مورد» و اردستان — نایین «۹۰ مورد» ثبت شده، در حالی که کمترین مقدار در محورهایی مانند الیگودرز — دامنه و فولادشهر

جدول ۳. خلاصه فعالیت گشت سیار

ردیف	محل اجرا	تعداد دفعات تکرار (روز)	تعداد جرمه اضافه بار
۱	داران — چادگان	۷	۸۴
۲	سمیرم — کمه	۸	۸۹
۳	میمه دلیجان	۹	۷۵
۴	زرین شهر شهرکرد	۱۰	۸۰

ردیف	محل اجرا	تعداد دفعات تکرار (روز)	تعداد جریمه اضافه بار
۵	اتوبان معلم	۸	۵۳
۶	الیگودرز دامنه	۹	۳۹
۷	مبارکه به پلیس راه سه راهی مبارکه	۹	۸۰
۸	مهیاری شهرضا	۸	۹۱
۹	اصفهان بهارستان	۱۱	۶۰
۱۰	کمربندی نجف آباد به خمینی شهر	۸	۵۰
۱۱	اردکان ناین	۸	۵۱
۱۲	تیران به عسگران	۱۰	۸۲
۱۳	سگری ملا احمد	۸	۴۸
۱۴	آزادراه کاشان- اصفهان	۱۰	۵۳
۱۵	عسگران به داران	۷	۷۰
۱۶	خور جندق	۱۱	۷۰
۱۷	نجف آباد به تیران	۸	۴۳
۱۸	فولادشهر نجف آباد	۷	۳۹
۱۹	اصفهان نائین	۱۰	۶۲
۲۰	اتوبان فرودگاه	۸	۷۷
۲۱	اردستان نائین	۹	۹۰
۲۲	کمربندی شهرضا	۹	۷۸
۲۳	بزرگراه کاشان-اردستان	۷	۴۳
۲۴	محورقلعه شور	۸	۸۰
۲۵	آزاد راه شهید کاظمی	۱۰	۸۴
۲۶	شهرضا - آباده	۷	۸۰
۲۷	ازادگان	۸	۶۹
۲۸	داران - چادگان	۸	۴۶
۲۹	گردنه ملااحمد به ناین	۱۱	۶۳



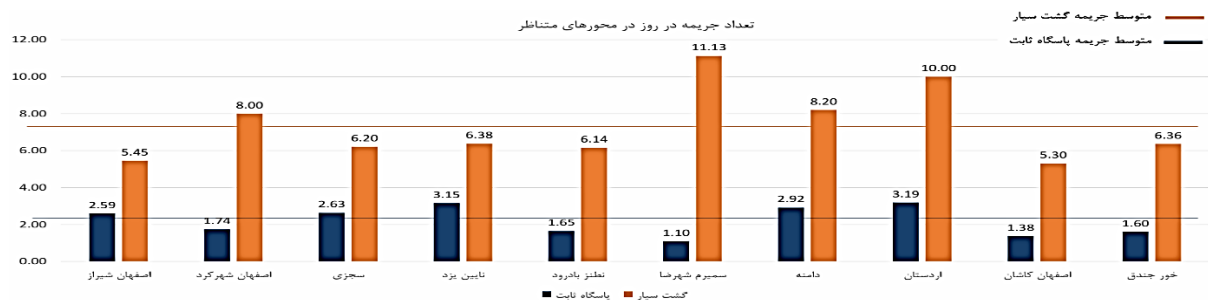
شکل ۷. مجموع تخلفات اضافه بار کشف شده در کل ایام انجام فعالیت

جریمه در روز را بین دو رویکرد به صورت فشرده نشان می دهد. در رویکرد پاسگاه ثابت دامنه تغییرات از ۱/۱۰ تا ۳/۱۹ بوده و میانه ۲/۱۷ با چارک های اول و سوم ۱/۵۵ و ۲/۹۸ گزارش شده است. در مقابل، در رویکرد گشت سیار دامنه تغییرات به طور محسوس بالاتر و گسترده تر است. نکته قابل توجه این نمودار آن است که مقدار کمینه گشت سیار در شاخص تعداد تخلفات کشف شده در روز (۵/۳۰) از بیشینه پاسگاه ثابت (۳/۱۹) بیشتر است. بنابراین، توزیع مقادیر دو رویکرد هم پوشانی ندارد و برتری گشت سیار در محورهای متناظر در شاخص جریمه در روز به صورت محسوس مشاهده می شود.

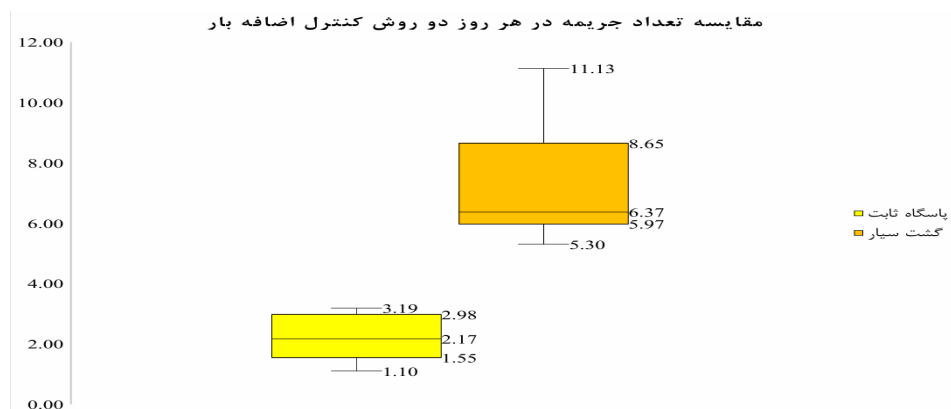
در مقایسه عملکرد کنترل پاسگاهی و گشت سیار در محورهای متناظر، شاخص تعداد جریمه در روز به عنوان معیار اصلی به کار گرفته شده است، به طوری که جدول ۴ مقادیر این شاخص را برای ۱۰ محور متناظر گزارش می کند و شکل ۸ همان نتایج را به صورت نمودار ستونی مقایسه ای نشان می دهد. بر اساس داده های این دو رویکرد، در تمام محورهای متناظر مقدار جریمه در روز برای گشت سیار بزرگ تر از پاسگاه ثابت است. برای نمونه در محور سمیرم - شهرضا مقدار پاسگاه ۱/۱۰ و گشت سیار ۱۱/۱۳، و در محور اردستان مقدار پاسگاه ۳/۱۹ و گشت سیار ۱۰/۰۰ گزارش شده است. در ادامه، همان گونه که در شکل ۹ مشاهده می شود، نمودار جعبه ای اختلاف توزیع

جدول ۴. مقایسه تعداد جریمه اضافه‌بار در روز بین کنترل پاسگاهی و گشت سیار در ۱۰ محور متناظر

ردیف	نام پاسگاه	متوسط جریمه در هر روز	محور	تعداد جریمه	متوسط جریمه در روز
۱	اصفهان شیراز	۲/۵۹	اصفهان بهارستان	۶۰	۵/۴۵
۲	اصفهان شهرکرد	۱/۷۴	زرین شهر شهرکرد	۸۰	۸/۰۰
۳	سجری	۲/۶۳	اصفهان نائین	۶۲	۶/۲۰
۴	نائین یزد	۳/۱۵	اردکان نائین	۵۱	۳
۵	نطنز بادرود	۱/۶۵	بزرگراه کاشان-اردستان	۴۳	۶/۱۴
۶	سمیرم شهرضا	۱/۱۰	سمیرم-کمه	۸۹	۱۱/۱۳
۷	دامنه	۲/۹۲	تیران به عسگران	۸۲	۸/۲۰
۸	اردستان	۳/۱۹	اردستان نائین	۹۰	۱۰/۰۰
۹	اصفهان کاشان	۱/۳۸	آزادراه کاشان- اصفهان	۵۳	۵/۳۰
۱۰	خور جندق	۱/۶۰	خور جندق	۷۰	۶/۳۶



شکل ۸. نمودار مقایسه‌ای تعداد جریمه اضافه‌بار در روز برای کنترل پاسگاهی و گشت سیار در محورهای متناظر



شکل ۹. نمودار جعبه‌ای مقایسه توزیع جریمه در روز در دو رویکرد کنترل پاسگاهی و گشت سیار

طبق جدول ۵، شاخص جریمه در روز مقدار مجموع، میانگین و میانه برای پاسگاه ثابت به ترتیب ۲۱/۹۵، ۲/۱۹، ۲/۱۷ و برای گشت سیار به ترتیب ۷۳/۱۶، ۷/۳۲، ۶/۳۷ گزارش شده است.

جدول ۵. مقایسه توصیفی عملکرد دو رویکرد بر مبنای شاخص جریمه در روز

شاخص	پاسگاه ثابت	گشت سیار
مجموع	۲۱/۹۵	۷۳/۱۶
میانگین	۲/۱۹	۷/۳۲
میانه	۲/۱۷	۶/۳۷

۴-۲- آمار استنباطی

اختلاف برابر ۵/۱۲۱- به دست آمد که منفی بودن آن نشان می‌دهد گشت سیار، به طور متوسط، روزانه حدود ۵/۱۲ تخلف اضافه‌بار بیش از پاسگاه ثابت متناظر کشف کرده است. همچنین، برآورد فاصله اطمینان ۹۵٪ برای اختلاف میانگین، مقادیر ۶/۶۵۴- تا ۳/۵۸۸- را نشان می‌دهد، از آنجا که این بازه به طور کامل منفی بوده و مقدار صفر را شامل نمی‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که اختلاف مشاهده‌شده از نظر آماری پایدار و معنادار است. مقدار آماره آزمون برابر ۷/۵۵۶- ست و چون مقدار p خیلی کمتر از ۰/۰۰۵ است، فرض صفر مبنی بر عدم تفاوت معنادار بین دو روش با اطمینان بالایی رد می‌شود. در نتیجه، نتایج آزمون نشان می‌دهد عملکرد گشت سیار در کشف روزانه تخلف اضافه‌بار به طور معناداری بهتر از کنترل پاسگاهی است. جدول ۶ آماره آزمون واریانس یک‌طرفه جهت بررسی فرض صفر را نشان می‌دهد.

در بخش آمار توصیفی مشاهده شد که در محورهای متناظر، میزان کشف تخلف اضافه‌بار توسط گشت سیار عموماً بیش از کنترل پاسگاهی است. با این حال، اتکا به نتایج توصیفی به تنهایی برای نتیجه‌گیری قطعی کافی نیست، زیرا بخشی از اختلاف‌های مشاهده‌شده ممکن است ناشی از نوسانات تصادفی داده‌ها باشد. از این رو، در این بخش با استفاده از آزمون‌های آمار استنباطی بررسی می‌شود که آیا برتری مشاهده شده گشت سیار نسبت به پاسگاه ثابت از نظر آماری معنادار است یا خیر.

برای بررسی معناداری اختلاف کشف روزانه تخلف اضافه‌بار بین دو رویکرد کنترل پاسگاهی و گشت سیار در محورهای متناظر، آزمون واریانس یک‌طرفه اجرا شد. در این آزمون، فرض صفر (H_0) بیان می‌کند که بین میانگین تعداد جریمه در روز در دو روش تفاوت معناداری وجود ندارد و فرض مقابل (H_1) بیانگر بیشتر بودن کشف گشت سیار است. مقدار میانگین

جدول ۶. آماره آزمون واریانس یک‌طرفه جهت بررسی فرض صفر

آزمون نمونه‌های زوجی														
زوج ۱		پاسگاه - گشت_سیار		۵۰/۱۲۱۰۰	۶۱۶۳۱۶/۲	۳۶۷۷۳/۰	تفاوت‌های زوجی		آماره t	درجات آزادی	سطح معناداری (دوطرفه)			
							بازه اطمینان ۹۵٪ اختلاف					خطای استاندارد میانگین	انحراف معیار	میانگین
							حد پایین	حد بالا						

۵- نتیجه گیری

و نشان داد برتری روش سیار نسبت به روش ثابت از نظر کارایی کشف تخلف، نه تنها در سطح تو صیفی بلکه در سطح استنباطی نیز قابل اتکا و پایدار است. بر مبنای نتایج به دست آمده، پیشنهاد می شود سیاست گذاری در حوزه کنترل اضافه بار به سمت تقویت کنترل های سیار حرکت کند؛ به این معنا که با تجهیز مناسب، تأمین نیروی انسانی کافی و برنامه ریزی عملیاتی مبتنی بر اولویت های شبکه، سهم و پوشش گشت های سیار افزایش یابد. در عین حال، ایستگاه های ثابت به عنوان ابزار مکمل بازدارندگی در نقاط کلیدی و پر تردد حفظ شده و نقش آن ها متناسب با شرایط شبکه بازتعریف شود. در نهایت، اتخاذ یک رویکرد ترکیبی برای تخصیص بهینه منابع و افزایش اثربخشی نظارت، به ویژه در محور هایی که احتمال دورزدن یا تغییر مسیر تردد بالاتر است، ضروری به نظر می رسد.

۶- سپاسگزاری

از اداره کل راهداری و حمل و نقل جاده ای استان اصفهان جهت همکاری صمیمانه در فرآیند گردآوری داده و اطلاعات ضروری برای انجام این مطالعه، تقدیر و تشکر به عمل می آید.

در این پژوهش، با توجه به نقش تعیین کننده اضافه بار در افزایش تخریب روسازی، تشدید هزینه های نگهداری و پیامدهای ایمنی، ضرورت استقرار سازوکارهای کارآمد کنترل و اعمال قانون به عنوان یک مسئله کلیدی مطرح شد. در همین چارچوب، دو رویکرد کنترل پاسگاهی با ایستگاه ثابت و گشت سیار بررسی و مقایسه گردید. به طور کلی کنترل پاسگاهی مبتنی بر استقرار در نقاط معین شبکه و انجام پایش مستمر تردد ناوگان است، در حالی که گشت سیار با انعطاف مکانی، امکان افزایش پوشش نظارتی و مواجهه مؤثرتر با تغییر مسیرهای تردد و دورزدن کنترل را فراهم می کند. برای ارزیابی تجربی، داده های عملکردی پاسگاه های ثابت طی سال های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۴ و داده های اجرای گشت سیار طی سال های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۳ گردآوری شد و به منظور مقایسه منصفانه، محورهای متناظر بین دو روش تعیین گردید. یافته های توصیفی نشان داد حجم جریمه های ثبت شده و به ویژه شاخص تعداد جریمه در روز در روش سیار به طور معناداری بیشتر از روش کنترل پاسگاهی است، به گونه ای که در تمامی محورهای متناظر، عملکرد روزانه گشت سیار برتر بوده و حتی کمینه مقدار این شاخص در روش سیار از بیشینه مقدار آن در روش ثابت فراتر گزارش شده است. همچنین مقایسه زوجی اختلاف عملکرد دو روش را تأیید کرد

۷- مراجع

-Fekpe, E. S., & Clayton, A. (1994). Quantitative assessment of effect of enforcement intensity on violation rates of vehicle weight and dimension regulations. *Transportation Planning and Technology*, 18(2), 143-153.
-Han, L. D., Ko, S.-S., Gu, Z., & Jeong, M. K. (2012). Adaptive weigh-in-motion algorithms for truck weight enforcement. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 24, 256-269.
-Ifourah, Y., Pouyap, L. T., Boudjit, S., Bouzebrane, S., Balla, A., & Boussaha, R. (2025). Towards a Secure Modular Drone-Based Hardware Architecture for IoT-Enabled Traffic Safety in Intelligent Transportation Systems. *2025 12th IFIP International*

-Aliakbari, M., & Moridpoure, S. (2016). Management of truck loading weight: a critical review of the literature and recommended remedies. *MATEC Web of Conferences*.
-Arputhabalan, J. J., Balachandar, M., Asaithambi, T., Balakrishnan, E., Ponshanmugakumar, A., & Gunaseelan, B. (2024). Microcontroller-Based Auto Lock Ignition System for Vehicle Overload Prevention. *2024 International Conference on Communication, Computing and Internet of Things (IC3IoT)*.
-Brown, M., Martin, A., Li, X., Leddy, D., & Walton, J. (2025). Illegal Weigh Station Bypassing. *Transportation Research Record*, 2679(1), 1861-1872.

analysis using Big Data. *Proceedings of the 9th International Conference on Information Management and Engineering*.

-Kwon, S., Choi, Y.-h., & Lee, S. (2016). Evaluation of overweight enforcement system using the high-speed Weigh-In-Motion in Korea expressway. In *Maintenance, Monitoring, Safety, Risk and Resilience of Bridges and Bridge Networks*, 318-318. CRC Press.

-Lee, J., & Chow, G. (2011). Operation analysis of the electronic screening system at a commercial vehicle weigh station. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 15(2), 91-103.

-Wu, J., & Chen, J. (2024). Design of Overloaded Truck Control Solution Based on Highway Overloading Detection Stations and Points. In *CICTP 2024*, 3615-3625.

Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS).

-Jiang, Y., Xing, Y. L., Zhang, C. X., Wang, B., & Du, L. L. (2014). Freight vehicles regulatory assistance system based on internet of things. *Applied Mechanics and Materials*, 587, 1871-1874.

-Jinyu, J., Xu, Z., & Zhongzhen, Y. (2020). Locating control stations for mobile monitoring of overloaded trucks on rural highways. *IEEE Access*, 8, 65821-65829.

-Karim, M. R., Ibrahim, N. I., Saifizul, A. A., & Yamanaka, H. (2014). Effectiveness of vehicle weight enforcement in a developing country using weigh-in-motion sorting system considering vehicle by-pass and enforcement capability. *IATSS Research*, 37(2), 124-129.

-Kim, T.-H., Kim, S.-J., & Ok, H. (2017). A study on the cargo vehicle traffic patterns

Statistical Comparison of Two Approaches-Mobile Patrol and Checkpoint Control-in Detecting Overloading Violations

(Case Study: Intercity Roads in Isfahan Province)

Ali Tavakoli Kashani, Associate Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran and Road Safety Research Center, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Mohammad Najafpour Doro, Ph.D., School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Parisa Sarebannejad, M.Sc., Student, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Moeid Zabihyon, Head of the Safety and Traffic Department, Isfahan Provincial Directorate General of Road Maintenance and Transportation, Isfahan, Iran.

E-mail: alitavakoli@iust.ac.ir

Received: March 2026- Accepted: August 2026

ABSTRACT

Overloading violations by freight vehicles are among the major causes of accelerated pavement deterioration, increased maintenance costs, and reduced road network safety. Selecting an appropriate detection and enforcement strategy therefore plays a decisive role in improving the effectiveness of control measures. This study statistically compares the performance of two enforcement approaches—fixed roadside weighing stations and mobile patrol weighing—in detecting overloading violations. Focusing on selected road corridors in Isfahan Province, Iran, the study also provides policy recommendations for improving the allocation of monitoring resources. Records of overloading citations issued at 15 fixed roadside stations during 2020–2025 (1399–1404) and data from a mobile weighbridge program during 2020–2024 (1399–1403) were collected. To ensure a fair comparison, ten matched and comparable corridors were selected, and the number of citations issued per day was calculated as the primary performance indicator. The descriptive results showed that the daily detection rate of mobile patrols was higher than that of fixed roadside stations across all matched corridors. The mean number of daily detections was estimated at 2.19 for fixed roadside stations and 7.32 for mobile patrols. Moreover, the minimum detection rate of the mobile approach exceeded the maximum rate observed for the fixed approach. Statistical analysis using paired comparisons confirmed that mobile patrols performed significantly better than fixed roadside stations. Based on these findings, increasing the share of mobile patrol weighing within the enforcement system is recommended to improve monitoring performance, reduce overloading violations, and mitigate the resulting damage to the road network.

Keywords: Overloading, Fixed Roadside Enforcement, Mobile Patrol Enforcement, Violation Detection, Pavement Deterioration