Archive of SID

ارایه مدل سرعت موج شوک در امواج گلوگاهی

مقاله پژوهشی

سید فرزین فائزی*، استادیار، گروه عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
فاطمه شاه حسینی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: farzin_faezi@yahoo.com

دریافت: ۹۷/۰۹/۰۲- پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۵
صفحه۲۸ -۲۱

چکیده

وقوع تصادفات و یا حوادث دیگر در جریان ترافیک یکی از عواملی است که روند ترافیک را برهم زده و مختل می‌کند. با به وجود آمدن یک حادثه، شوک و یا آشفتگی به صورت یک موج به جریان جاری ترافیک منتقل و باعث تغییر سرعت، چگالی و در نهایت ایجاد تاخیر می‌شود. هدف از این تحقیق، بررسی رفتار جریان تردد ترافیک و تغییرات آن در اثر ایجاد یک شوک و یا آشفتگی می‌باشد. در این تحقیق سه حادثه در بزرگراه صدر در محل تقاطع با شریعتی به صورت کامل فیلم‌برداری شده و پارامترهای حجم، طول صف، رشد صف، سرعت، تاخیر و چگالی برای هر سه محل محاسبه شدند. نتایج نشان داد نسبت تغییرات جریان تردد به تغییرات چگالی به عنوان پارامتر مستقل در مدل سرعت موج، تاثیرگذار هستند. در این تحقیق چهار مدل ارائه شد. بررسی مقادیر سطح معنی‌داری نشان داد که به جز مدل معکوس بقیه مدل‌ها دارای مقادیر مطلوبی می‌باشند. از سه مدل باقیمانده، مدل خطی به دلیل سادگی و بالاتر بودن ضریب F به عنوان مدل نهایی سرعت موج انتخاب شد. با استفاده از نتایج، اگر مشخصات یک مسیر معلوم باشد و آنگاه حادثه‌ای رخ دهد می‌توان پیش‌بینی نمود که حادثه تا چه نقطه‌ای اثر می‌گذارد. همچنین می‌توان جریان جاری به سمت محل حادثه را به مسیرهای دیگر هدایت نمود و از بار ترافیکی مسیر کم کرد.

واژه‌های کلیدی: سرعت موج، شوک، گلوگاه، مدل خطی، جریان ترافیک

۱-مقدمه

حمل‌ونقل زمینی به ویژه حمل‌ونقل جاده‌ای بیشترین میزان استفاده‌کننده در مقایسه با تسهیلات حمل‌ونقلی دیگر دارد. به همین دلیل رعایت اصولی به منظور ایجاد امنیت خاطر استفاده‌کنندگان از جاده‌ها، کاهش تصادفات و به تبع آن کاهش مرگ و میر، جراحت و هزینه افراد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از عوامل مهم در کاهش ایمنی جاده‌ای و افزایش تاخیر در جابجایی مسافر و کالا، بروز صف در ترافیک وسایل‌نقلیه است [صباغ‌زاده، ۱۳۷۸]. وقوع تصادف و یا حوادث دیگر در هر یک از رده‌های عملکردی شبکه خیابان‌ها عامل مهمی جهت به هم خوردن روند عادی ترافیک و مختل شدن آن می‌باشد. بروز یک تصادف باعث ایجاد آشفتگی در جریان ترافیک گشته که این آشفتگی به ادامه آن نیز سرایت کرده و باعث تغییر سرعت، چگالی و در نهایت ایجاد تاخیر می‌شود که تاثیر آن در مسیرهای اصلی بیش از پیش محسوس می‌باشد[Kang, 2014, Walter, et al. 2011]. از آنجایی که افزایش کارآیی یک سیستم حمل‌ونقل با کاهش زمان تاخیر در آن سیستم می‌باشد و با توجه به اینکه علت تاخیر می‌تواند وقوع برخی از حوادث همچون تصادفات باشد، لذا بررسی علل، چگونگی و میزان تاخیر بسیار مفید خواهد بود. با بررسی‌های انجام شده مشخص شد که میزان تحقیقات در این زمینه بسیار کم می‌باشد و این مساله به طور شایسته تحت تجزیه و تحلیل قرار نگرفته است[عبدی و همکاران، ۱۳۹۶].

www.SID.ir

Archive of SID

از طرف دیگر چون در کشور عزیزمان ایران همانند بسیاری از کشورها، فرهنگ ترافیک، قوانین و اجرای قوانین ترافیکی متفاوت هستند لزوم بررسی این موضوع و مقایسه آن با تئوری‌های موج مشاهده می‌شود. در این مطالعه هدف آن است که جریان ترافیک در زمان وقوع یک راه‌بندان یا یک حادثه در مسیر بررسی شود و از چند جهت مورد ارزیابی قرار گیرد. ابتدا اینکه عکس‌العمل رانندگان در چنین لحظاتی چگونه است و آیا در چنین زمانی رانندگان تغییر خط می‌دهند و نظم خطوط دیگر را برهم می‌زنند. سپس به بررسی راهکارهایی برای اطلاع‌رسانی مناسب به رانندگان برای جلوگیری از صف‌های طولانی و بروز تصادفات احتمالی پرداخته می‌شود. در کنار این بررسی‌ها، تئوری صف نیز به اجمال مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

۲-پیشینه تحقیق

تئوری صف خصوصیات شکل‌گیری و پراکندگی صف در ترافیک را به واسطه فرمول‌های ریاضی مشخص می‌کند. هدف از مدل‌های صف ترافیک تهیه یک مفهوم جهت تخمین اندازه‌های مهم در عملکرد بزرگراه‌ها می‌باشد که شامل تاخیر و طول صف ترافیک است [Elefteriadou, Roess, and Mcshan,2011]. این تخمین‌ها جهت کنترل عملکرد ترافیک و طرح هندسی تقاطع لازم می‌باشند. مدل‌های صف بر اساس فرضیاتی مربوط به نوع ورود، خصوصیات خروجی و نظم صف تهیه شده‌اند[Mannering, Washburn,2016]. در بررسی صف و مدل‌های آن، منحنی‌های ورود و خروج وسایل نیز از جمله مسایل بسیار مهم و با اهمیت می‌باشد [Pipes 2015& Edie, Foote, 2011].

در مطالعه‌ای گلوگاه‌های موجود در آزادراهی بررسی و آنالیز شدند و دو راه برای آنالیز مشکل و مساله جریان ترافیک درون گلوگاه بیان شد؛ یکی به صورت مدلی ساده از یک گلوگاه به همراه یک صف استاندارد و دیگری مدل موج شوک که هر دو روش بررسی و با هم مقایسه شده‌اند. نتایج نشان داد در آنالیز موج شوک، جریان بالادست مقطع آزادراه در گلوگاه به وسیله یک تابع ریاضی با سرعت مرتبط است و همچنین سرعت ترافیک به وسیله یک تابع پیوسته با چگالی مرتبط است [Richard, 2009& Chin, 2015]. پارامتر دیگری که بین این روش‌ها اختلاف ایجاد می‌کند تاخیر می‌باشد. این پارامتر مشخصه بارز بین این دو روش می‌باشد. در تئوری صف تاخیر کل، زمانی است که وسایل متوقف هستند و هیچ حرکتی نمی‌کنند اما در موج شوک، صف یک حرکت واقعی دارد و تاخیر محاسبه شده نیز بیشتر از آن مقداری است که در عمل حس می‌شود. اگر تاخیر به عنوان اختلاف زمان عبور عادی و زمان عبور به همراه زمان تلف‌شده باشد، آنگاه از مقدار به دست آمده از موج شوک باید مقدار زمان عبور عادی کاسته شود[Arnott, 2015]. عامل دیگر، تغییر حالت جریان می‌باشد. در آنالیز خطی موج شوک یک نکته بسیار مهم نادیده گرفته می‌شود و آن زمانی است که جریان تغییر حالت می‌دهد. تبدیل و تغییر در حالت جریان شامل پیچیدگی‌هایی می‌باشد که آنالیز موج شوک قادر به خطی کردن آن‌ها نمی‌باشد [Wirasinghe,2011]. پژوهشگری تحقیقاتی در مورد صف و انحرافات عادی در زمانی که بعضی از خطوط آزادراه به مدت کوتاهی مسدود می‌شوند انجام داد. در این تحقیق تاثیر انحراف‌های عادی در وضعیت ترافیک خطوط مسدود شده در آزادراه‌های شهری با حجم زیاد در تگزاس بررسی شده است. اصل تحقیق، بررسی تاثیر تغییرات ترافیک در حجم ترافیک رمپ‌های خروجی و ورودی و همچنین ارتباط بین حریم راه و آزادراه در زمان مسدود بودن خط می‌باشد. از نتایجی که وی مشخص نمود این است که در هر محلی بعد از یک ساعت، رشد صف حاصل از انسداد خط به صورت قابل توجهی کاهش می‌یابد و همچنین در جایی که انتهای بالادست به یک حالت ایستا می‌رسد، صف نیز به یک حالت تعادل می‌رسد. همچنین با استفاده از تئوری موج شوک در جریان ترافیک مشخص شد که تغییر در حجم رمپ و اثرات ناشی از آن بر روی نرخ جریان آزادراه در صف با فرآیند ایستایی نرخ جریان آزادراه در صف که در هر نقطه مشاهده می‌شود سازگار است [Ullman,2014]. محققینی یک روش جدید برای تخمین تراکم ناشی از تصادفات در آزادراه‌های شهری را بررسی کردند. آن‌ها با تعیین یک دامنه زمان-مکان برای هر تصادف مرزهای تراکم ناشی از یک تصادف را بررسی کردند، همچنین تصادفات را به صورت منفرد و ترکیبی مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها با تبدیل بخش مورد مطالعه به قسمت‌های کوچک‌تر و محاسبه تاخیر ناشی از تصادف در هر قسمت، تاخیر کل ناشی از تصادف‌های منفرد و ترکیبی را محاسبه کردند. در پایان آن‌ها نتیجه گرفتند که در محدوده مطالعه شده حداکثر طول صف برابر ۷/۱ کیلومتر و حداکثر مدت تاخیر در

www.SID.ir

Archive of SID

حدود ۵۵ دقیقه بوده است. هم‌چنین تاخیر ناشی از حوادث به مدت حادثه بسیار حساس می‌باشد [Radwan, Al-Deek ,Garib,2008]. در تحقیقی چهار گلوگاه در آزادراه مطالعه شد و مشاهده شد که جریان در پایین‌دست گلوگاه‌ها کاهش یافته است. پس از بررسی و آنالیز مشخص شد که این امر ناشی از ناپایداری سرعت می‌باشد. کاهش جریان نیز به دلیل افزایش زمان عبور خودرو می‌باشد. روش مطالعه او شامل مقایسه نوارهای ویدیویی جریان ترافیک با تحلیل‌های جزیی اطلاعات ۳۰ ثانیه‌ای از دستگاه‌های بازرسی‌کننده بود. مهم‌ترین تحلیل وی شامل مقایسه جریان‌ها به طور متوسط در طول مدت زمان‌های ۱۲دقیقه‌ای قبل و بعد از تشکیل صف و مقایسه توزیع در خطوط در فواصل ۳۰ ثانیه‌ای بود. در مطالعه وی مشخص شد که در زمان مسدود شدن و یا تشکیل صف، باند سریع شلوغ‌ترین خط قبل و بعد از تشکیل صف بوده است[Banks,2013, Gazis, 2014]. در تحقیقی دیگر به بررسی استفاده از دیاگرام‌های ورودی-خروجی جهت تعیین افزایش مکانی-زمانی صف در بالادست یک گلوگاه پرداخته شد. آن‌ها اقدام به تهیه نمودارهایی نمودند که نشان می‌دهد هر وسیله در چه زمانی به صف می‌رسد و تعداد کل وسایلی که در زمان مشخصی به صف می‌رسند چه مقدار است [Lawson, Lovell, Daganzo, 2007]. در تحقیقی دیگر به بررسی جریان در گلوگاه‌ها پرداخته شد. تحقیقات نشان داد که متوسط نرخ خروج وسایل‌نقلیه از صف می‌تواند حدود ده درصد کمتر از جریان قبل از تشکیل صف باشد[Cassidy, Bertini,2013& Newell,2012]. در پژوهشی تغییرات جریان ترافیک در زمان وقوع حادثه در دو بزرگراه تهران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در جریان ترافیک با چگالی بالا روابط بین شاخص‌های ترافیک در ایران بسیار نزدیک به مدل گرینبرگ می‌باشد و برای جریان‌های با چگالی پایین مدل گرینشیلدز مناسب‌تر می‌باشد و در حالت کلی نیز مدل گرینشیلدز مناسب‌تر می‌باشد [Greenberg,2012; محمدی ، ۱۳۷۸، محمدیان، ۱۳۷۲].

۳-روش تحقیق

برای رسیدن به نتایجی قابل قبول در این تحقیق، از مشاهدات میدانی صورت گرفته شده استفاده شده است. آمار استخراج شده شامل دو دسته می‌باشند: دسته اول آماری هستند که به طول مسیر مورد بررسی بستگی دارند و دسته دوم آماری که به طول مسیر وابسته نمی‌باشند. در دسته اول پارامترهایی همچون سرعت، چگالی و محل انتهای صف وجود دارد. این گروه از آمار به واسطه تطابق فیلم ضبط شده و بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌های محلی استخراج شده است. به عبارت دیگر آمار مثلاً سرعت در یک محدوده از مسیر مشخص در فیلم به صورت زمانی برداشت شده است و بعداً با حضور در محل، فاصله‌ها با توجه به خطوط خط‌کشی شده و دماغه‌ها و پایه‌های چراغ‌های روشنایی خیابانی که در فیلم مشخص شده برداشت شده است. گروه دوم آمار پارامترهایی همچون خروجی وسایل‌نقلیه از مقطع تصادف و همچنین ورودی وسایل‌نقلیه به محدوده تصادف که نیاز به پارامتر فاصله ندارند را در برمی‌گیرد. این پارامترها که شامل جریان ورودی و خروجی می‌باشد که به راحتی از فیلم‌ها استخراج شده‌اند.

۳-۱- استخراج و برداشت پارامترها

در این تحقیق سه حادثه به صورت ویدئویی ضبط شده و مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. جهت برداشت تعداد وسایل‌نقلیه واردشونده و خارج‌شونده، دو محل ابتدا و انتهای محل حادثه باید تحت نظر قرار بگیرند که با توجه به تغییر محل انتهای صف وسایل‌نقلیه ورودی و عدم توانایی دوربین در پوشش کامل محدوده، محل فیلم‌برداری متغیر است. به عبارت دیگر با توجه به این نکته که فقط از یک دوربین می‌توان استفاده کرد و ممکن است طول کل صف در دید نباشد بنابراین نیاز به حرکت دوربین در زمان‌های متناوب می‌باشد که باعث افزایش دقت آمارگیری گردیده و با تکرار شمارش و شمارش به صورت خط‌های مجزا، میزان خطا کاهش یافته است. برداشت‌ها به صورت دو یا سه دقیقه‌ای می‌باشد که در نهایت جهت ترسیم منحنی‌های ورودی-خروجی به برداشت‌های پنج دقیقه‌ای تبدیل شده است. جهت بررسی میزان تغییرات سرعت وسایل‌نقلیه درون صف به دو پارامتر نیاز می‌باشد: زمان و فاصله قابل ذکر است که سرعت به صورت متوسط تعیین می‌شود. نحوه تعیین سرعت به این گونه است که وسایل‌نقلیه شاخص درون محل حادثه انتخاب می‌شوند و از زمان ورود تا زمان خروج بررسی می‌شوند. از تقسیم دو پارامتر اختلاف زمان ورود و خروج به عنوان پارامتر زمان و فاصله بین دو محل که بعداً در محل برداشت می‌شود به عنوان پارامتر مکان، سرعت محاسبه می‌شود. قابل توجه است که وجود وسایل‌نقلیه شاخص مثلاً وسایلی با رنگهایی که در صف نادر هستند و یا وسایل‌نقلیه با مدل‌های نادر در تعیین این

www.SID.ir

Archive of SID

پارامتر بسیار مفید می‌باشند چرا که در حالت عادی دوربین، تشخیص وسایل در فاصله‌ای تقریباً دور از دقت پایینی برخوردار است. در هر دوره پنج دقیقه‌ای بین ۱۰ تا ۲۰ درصد وسایل‌نقلیه به صورت اتفاقی انتخاب شده و مورد بررسی واقع شده‌اند. با توجه به محدودیت تردد وسایل‌نقلیه سنگین (کامیون) در ساعات آمارگیری، در نمونه جمع‌آوری شده وسایل‌نقلیه سنگین دیده نشده است.

جهت تعیین تاخیر همان‌گونه که ذکر شده حدوداً ۲۰ درصد وسایل‌نقلیه به صورت اتفاقی در زمان‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بدین منظور برداشت‌ها به صورت فواصل زمانی پنج دقیقه‌ای انجام شد. تاخیر بدین گونه محاسبه شده است که زمان عبور یک وسیله در حالت عادی از یک طول مشخص با زمان عبور همان نوع وسایل‌نقلیه در صف و در همان طول مشخص، مقایسه و میزان اختلاف آن‌ها محاسبه شده است. این مقدار در تعداد وسایل‌نقلیه موجود در پنج دقیقه مورد نظر ضرب شده تا تاخیر کل وسایل‌نقلیه در مدت زمانی مشخص شود. واحد تاخیر بر حسب دو پارامتر وسیله‌نقلیه-ساعت، وسیله‌نقلیه-دقیقه مشخص شده است. قابل ذکر است که جهت محاسبه تاخیر در هر دوره زمانی وسایلی انتخاب شده‌اند که در فاصله زمانی همان دوره وارد صف و از آن جهت خارج شده‌اند. جهت تعیین چگالی ابتدا یک کیلومتر از طول مسیر با استفاده از پایه‌های چراغ برق در ابتدا و انتها مشخص گردید. اما در مورد وسایل‌نقلیه، چون امکان اشتباه در شمارش و یا خستگی چشم و ... وجود داشت برداشت آمار در هر بازدید انجام گردید، یعنی چگالی هر خط جداگانه تعیین شده است و قابل ذکر است که وسایلی که به صورت مشخص در بین خطوط قرار گرفته‌اند به صورتی شمارش شده‌اند که به سمت خطی باشند که سطح بیشتری از آن را اشغال کرده باشند.

٤- بحث

در این تحقیق سه حادثه در بزرگراه صدر در محل تقاطع با شریعتی به صورت کامل ضبط شده و آمار آن استخراج گردیده است. اطلاعاتی که از فیلمبرداری استخراج شده است شامل تغییرات طول صف و در نتیجه سرعت موج شوک می‌باشد که برای هر سه حادثه ۱ تا ۳ اندازه‌گیری شدند. جداول ۱ تا ۳ بیان کننده طول صف‌ها در زمان‌های مختلف از محل حادثه شماره یک می‌باشد.

جدول ۱. حجم تجمعی ورود و خروج وسایل‌نقلیه به و از محل حادثه شماره ۱

حجم تجمعی خروج	حجم تجمعی ورود	زمان (دقیقه)
۰	۰	۰
۲۲۵	٤٧٥	۵
٤٩١	٦٩٣	۱۰
٧٦٥	۹۳۳	۱۵
۱۰۹۵	۱۲۲۳	۲۰
۱۵۵۲	۱۵۵۲	۲۵

جدول ۲. طول صف و رشد صف ناشی از حادثه شماره ۱

رشد صف ($\frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}}$)	طول صف (متر)	زمان (دقیقه)
۰	۰	۰
-۱/۷۲	۵۱٦	۵
۰/۱۳۳	٤٧٦	۱۰
۰/۳۹۳	۳۵۸	۱۵
۰/۱۸	۳۰٤	۲۰
۱/۰۱۳	۰	۲۵

www.SID.ir

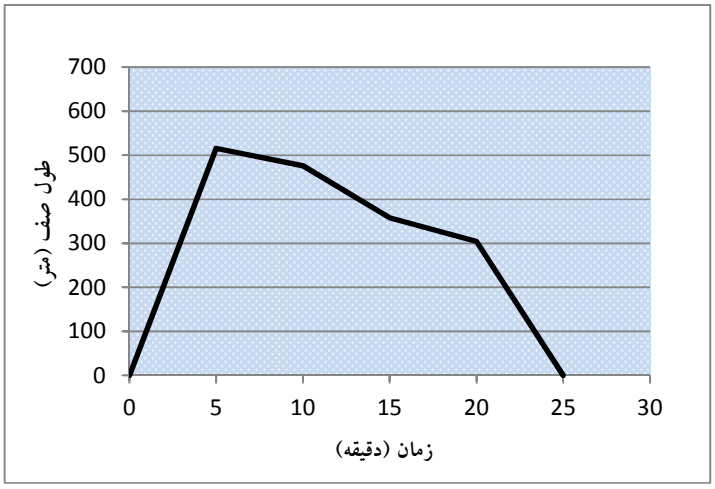
Archive of SID

جدول ۳. مقدار تاخیر وارد بر وسایل‌نقلیه در حادثه شماره ۱

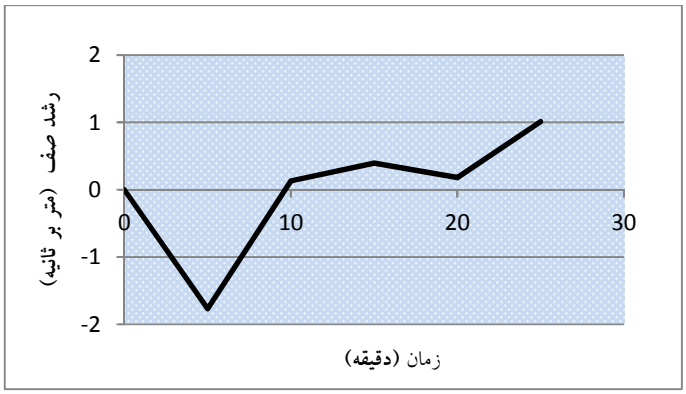
زمان (دقیقه)	تاخیر وارد بر وسایل‌نقلیه (ثانیه)	تاخیر کل وارد بر وسایل‌نقلیه (دقیقه)
۰	۰	۰
۵	۱۱۹	۹٤۲,۰۸
۱۰	۱۱۲	٤۰٦,۹۳
۱۵	۱۰۹	٤۳٦
۲۰	۷٦	۳٦۷,۳۳
۲۵	٤۷	۲۵۷,۷۲

٤-۱- سرعت موج شوک و طول صف

سرعت موج را می‌توان به صورت نسبت افزایش طول به افزایش زمان یا به عبارتی نسبت تغییرات طول به تغییرات زمان تعیین نمود. سرعت موج مثبت نشان می‌دهد که طول صف در حال کاهش است و اعداد منفی نشان‌دهنده رشد صف می‌باشند. در این تحقیق تغییرات طول صف و تغییرات رشد صف برای سه حادثه اندازه‌گیری شدند. شکل‌های ۱ و ۲ تغییرات طول صف و تغییرات رشد صف در حادثه شماره ۱ را نشان می‌دهند.



شکل ۱. نمودار تغییرات طول صف در حادثه شماره ۱



شکل ۲. نمودار سرعت رشد صف در حادثه شماره ۱

www.SID.ir

Archive of SID

٤-٢- ارائه مدل پیشنهادی سرعت موج

برای ارائه مدل سرعت موج، نسبت تغییرات جریان تردد به تغییرات چگالی به عنوان پارامتر مستقل تعریف گردید که طبق تعاریف ذکر شده سرعت موج به نسبت $\frac{\Delta q}{\Delta k}$ وابسته می‌باشد (رابطه ۱). با توجه به اینکه شرایط جریان ترافیک در دوره‌های پنج دقیقه‌ای متفاوت می‌باشد، لذا Δq و Δk بیانگر تغییرات یک دوره نسبت به دوره قبل از آن است. پس از وارد کردن اطلاعات موجود در جدول ورودی نرم‌افزار *SPSS*، برازش‌های مختلفی جهت تهیه مدل سرعت موج انجام شد.

$$U_w = \frac{\Delta q}{\Delta k} \qquad (۱)$$

در برازش مدل، اگر ضریب آزمون فیشر(F) مقادیر بزرگتری داشته باشد مدل نیز از مطلوبیت بیشتری برخوردار است. بنابراین در بررسی دو مدل که دارای سطح معنی‌داری(Sigf) یکسان هستند، مدلی ارجحیت دارد که F بزرگتری داشته باشد. مقدار ضریب تعیین (R^2) دارای مقادیر بین ۰ و ۱ می‌باشد که هر چه به یک نزدیک‌تر باشد مدل مطلوب‌تر است. جدول ٤ نشان‌دهنده نتایج کلی مدل‌های ارائه شده می‌باشد که در آن نوع برازش مدل ارائه شده است.

جدول ٤. خلاصه مدل‌های تهیه شده و ضرایب اطمینان و تشخیص آن‌ها

نوع برازش	مدل به دست آمده	*Sigf*	*F*	*D.F*	R^2
خطی	U_w=۰/۸۷۸٦ $\frac{\Delta q}{\Delta k}$ −۰/۰٥٦٤	۰/۰۰	۲۷۹/۹۳	۲۳	۰/۹۲٤
درجه دوم	U_w= −۰/۰۱٥۷$\left(\frac{\Delta q}{\Delta k}\right)^2$ −۰/۹۲٦۳ $\frac{\Delta q}{\Delta k}$ −۰/۰۱٦۲	۰/۰۰	۱۳٦/۸٦	۲۲	۰/۹۲٦
درجه سوم	U_w=−۰/۰۱۲٥$\left(\frac{\Delta q}{\Delta k}\right)^3$ −۰/۰٥۹۹ $\left(\frac{\Delta q}{\Delta k}\right)^2$ +۰/۰۸٤۰٥$\frac{\Delta q}{\Delta k}$ + ۰/۰۰۸۳	۰/۰۰	۹۲/۰۳	۲۱	۰/۹۲۹
معکوس	U_w=−۰/۰۸۹۲ − $\left(\frac{\Delta k}{\Delta q}\right)$۰/۰۰۲۱	۰/۸۷۱	۰/۰۳	۲۳	۰/۰۰۱

بررسی مقادیر Sigf در جدول فوق مشخص می‌کند که به جز مدل معکوس بقیه مدل‌ها دارای مقادیر مطلوبی می‌باشند. بنابراین در این مرحله مدل معکوس از بین پیشنهادها حذف می‌شود. در مرحله بعد در بین ستون F مشخص می‌شود که مدل خطی مقدار مطلوب‌تری دارد. در ستون‌های D.F و R.sq، سه مدل بالا تقریباً شرایط یکسانی دارند که اگر سادگی مدل را نیز به شرایط انتخاب مدل اضافه کنیم آنگاه می‌توان گفت که مدل خطی دارای شرایط بهتری می‌باشد. با توجه به مدل‌های تهیه شده مدل سرعت موج به صورت رابطه ۲ پیشنهاد می‌شود:

$$U_w = 0.8786\frac{\Delta q}{\Delta k} - 0.0564 \qquad (۲)$$

که در آن:

U_w: سرعت موج شوک بر حسب کیلومتر بر ساعت

Δq : تغییرات جریان تردد بر حسب وسیله‌نقلیه در ساعت

ΔK : تغییرات چگالی بر حسب وسیله‌نقلیه در یک کیلومتر در یک خط است.

٥- نتیجه‌گیری

بررسی رفتار ترافیک در گلوگاه‌ها یکی از مهم‌ترین کاربردهای آنالیز موج در ترافیک می‌باشد. گلوگاه محلی است که ظرفیت در آن محل کمتر از ظرفیت پائین دست و بالادست می‌باشد. تا زمانی که جریان ورودی به گلوگاه کمتر از ظرفیت گلوگاه باشد جریان حالت عادی خود را طی می‌کند اما زمانی که جریان ورودی بیشتر از ظرفیت مقطع می شود آنگاه به علت افزایش تراکم سرعت جریان کاهش می یابد به حدی که ممکن است بعضی از وسایل‌نقلیه کاهش سرعت شان تا سرعت صفر

www.SID.ir

Archive of SID

نیز برسد. با افزایش جریان ورودی سرعت موج ایجاد شده کاهش می‌یابد، زمانی که جریان افزایش می‌یابد سرعت موجی که به گلوگاه می رسد کاهش یافته و به صفر می رسد، در این زمان موج به صورت پس گرا به بالادست حرکت می کند و پس از گذشت مدتی که جریان ترافیک به سمت جلو مجدداً شروع به حرکت می‌کند و گلوگاه به تعادل نزدیک می‌شود موج شوک همچنان ادامه خواهد داشت تا جریان به حالت عادی و طرح برسد. با استفاده از آنالیز شوک در ترافیک علاوه بر تعیین سرعت موج می توان طول صف ناشی از شوک و میزان تاخیر را تعیین و محاسبه نمود. اگر مشخصات یک مسیر معلوم باشد و آنگاه حادثه‌ای رخ دهد می‌توان پیش‌بینی نمود که حادثه تا چه نقطه‌ای اثر می‌گذارد و آیا بر نقاط حساس مجاور خود اثر خواهد گذاشت یا خیر. با دانستن این مطلب می‌توان جریان جاری به سمت محل حادثه را به مسیرهای دیگر هدایت نمود و از بار ترافیکی مسیر کم کرد. از طرف دیگر می‌توان زمان خاتمه حادثه را پیش‌بینی نمود و جریان منحرف شده به مسیرهای دیگر را دوباره به مسیر اصلی بازگرداند. استفاده از این موضوع در تحلیل‌های تئوری همانند میزان تاخیر نیز قابل تامل می‌باشد.

٦- مراجع

-عبدی، ع.، صالحی کلام، ا.، صفارزاده، م.، مهدیزاده، غ.، (١٣٩٦)، "تحلیل ترافیک حرکت- توقف در زنجیره وسایل‌نقلیه عبوری مبتنی بر تئوری نامتقارنی"، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، جلد ٤٧ ، شماره ١، ص. ٥٩-٧١.

-صباغ‌زاده، م.، (١٣٨٧)، "بررسی عملکرد جریان ترافیک در زمان ایجاد موج شوک"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

-محمدی، م.، (١٣٨٧)،"تحلیل ظرفیت و بررسی عملکرد ترافیک در حالات ویژه آزادراه‌ها"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد حمل‌ونقل، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

-محمدیان، ا.، (١٣٧٢)، "بررسی روابط بین سرعت، چگالی و جریان تردد ترافیک در آزادراه‌ها"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد حمل‌ونقل، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

-Arnott R. (2015),"Property of Dynamic Traffic Equilibrium Involving Bottlenecks, Including a Paradox and Metering", Transportation Science, Vol. 27, No.2, pp.148-160.

-Banks, J.H. (2013), "The Two-Capacity phenomenon; Some Theoritical Issues", Transportation Research Record [T.R.B], No.1320, pp. 234-241.

-Gazis, D. (2014), "The Moving and Phantom Bottlenecks Transportation Science", Vol.26, No.3, pp.223-229.

-Cassidy, M.J., Bertini R.L. (2013),"Some Traffic Features at FreeWay Bottlenecks", Transportation Research, Part B, No.89, pp.25-42.

-Chin, H.C. (2015), "Reexamination of The Analysis of FreeWay Bottlenecks", ITE Journal, pp.30-35.

-Edie, L.C., Foote R.S. (2011), "Effect of Shockwaves on Tunnel Traffic Flow", Proceeding Research Record, HRB, National Research Record Council, Washington D.C., Vol.45, pp.492-505.

-Elefteriadou, L., Roess R.P., and R.Mcshan W. (2011),"Probabilistic Nature of Breakdown at FreeWay Merg Junction", Transportation Research Record [T.R.B], No.1484, pp.80-89.

-Greenberg, H. (2011), "An Analaysis of Traffic Flow", Operation Research, Vol.7, No.4, pp.79-85.

-Kang, Y. (2014), "Delay, stop and queue estimation for uniform and random traffic arrivals at fixed-time signalized intersections", Blacksburg, Virginia.

-Lawson, T.W., Lovell D.J., and Daganzo C.F. (2007),"Using input-Qutput Diagram to Determine Spatial and Temporal Extents of a Queue Upstream of a Bottleneck", Transportation Research Record [T.R.B], No.1572, pp.140-147.

-Mannering, F.L, Washburn, S.S, (2016), "Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis", 6th Edition, Jon Wily and Son, NewYork.

-Newell G. F. (2012), "A Moving Bottleneck", Transportation Research, Part B. Vol.32, No8, pp.531-537.

-Pipes L.A. (2015), "Car Following Models and The Fundamental Diagram of Road Traffic", Transportation Research, Vol.44, No.3, pp.21-29.

-Radwan A.E., Al-Deek H., and Garib A, (2008), "New Method for Estimating FreeWay incident

www.SID.ir

Archive of SID

FreeWay Bottlenecks", Transportation Research Record [T.R.B]. No. 1360, pp.38-41.

-Wirasinghe, S.C. 2011,"Determination of Traffic Delays Fram Shockwave Analysis", Transportation Research, Vol.67, pp.343-348.

Congestion", Transportation Research Record [T.R.B], No.1494, pp.30-39.

-Richard, P, I. (2009), "Shock wave on The HighWay", Operation Research, Vol.51, No.2, pp.42-51.

-Ullman, G.L. (2014), "Queuing and Natural Diversion at Short Term FreeWay Work Zone lane Closures", Transportation Research Record [T.R.B], No. 1529, pp.19-26.

-Walter C.H., M. Poe C., and A. Skowronek D. (2011), "Recapturing Capacity by Removing

www.SID.ir