تحلیل و مدلسازی جریان ترافیکی تحت محدوده های سرعتی متغیر

چکیده

رابطه ای بین سرعت و تراکم را برای تحلیل جریان ترافیک در عملیات محدوده سرعت متفاوت برقرار کرده ایم. با استفاده از تحلیل آماری داده های راهنمایی از شبکه شاهراه انگلیس ,دریافتیم که نمونه کارکردی ترجیحی برای این حالت , دارای تراکم فشرده صریحی که منجر به القای سرعت صفر در ترافیک شود , نیست. استنتاج ما اینست که سرعت صفر بیشتر باعث القای تراکم فشرده در ترافیک می شود تا عکس آن , پس رابطه علیت بین سرعت و تراکم بر اساس شرایط موجود متفاوت است. ما روشی برای مدلسازی ترافیک بر اساس این دستاورد توسعه داده ایم. و آنرا برای تحلیل کنترل سرعت بعنوان ابزار مدیریت ترافیک بکار برده ایم و نشان می دهیم که می توان از این ابزار برای تخمین اثر مدیریت سرعت در ظرفیت جاده ای استفاده کرد.

کلیدواژگان: جریان ترافیک , مدلسازی ترافیکی , کنترل شاهراه ها , محدوده سرعت متغیر , سرعت-تراکم

1. مقدمه

محدوده های سرعت متغیر در شاهراه ها برای مدیریت جریان ترافیک و بهدف بهبود ظرفیت و در نتیجه بازده ترافیک استفاده می شوند. بمنظور اثرگذاری این کنترل سرعت بر جریان ترافیک , باید سرعت دارای تاثیری علیتی بر جریان ترافیکی باشد. این حالت با روشهای معمولتر مدلسازی ترافیک از این نظر متفاوت است که در آن از تراکم برای تعیین سرعت و در نتیجه جریان استفاده می شود ؛ پس با برخی مدلها که از روابط مختلف بین سرعت و تراکم بر اساس شرایط استفاده می کنند , مطابقت دارد.در مقاله جاری , به بررسی رابطه میان سرعت , جریان و شرایط تراکم می پردازیم که در آن سرعت یا تراکم کیفیتی اثرگذار می باشد – بطور نمونه تحت شرایط سرعت کنترل شده برای سرعت و شرایط کم تراکم برای تراکم.

توصیف جریان ترافیک در نقطه ای که بر اساس سه مقدار سرعت (v) , جریان (q) و تراکم (k) بر قرار است , بخوبی انجام شده. تحلیل تعاریف آنها در ترافیک هم جنس منجر به ایجاد فرمولی شده که به معادله بنیادی معروف است (گرینشیلد 1935) :

Q=kv (1)

که Q جریان بوده و بر حسب تعداد وسیله در واحد زمان سنجیده می شود , و k تراکم بر حسب تعداد وسایل بر طول جاده و v سرعت میانه فاصله (وردراپ 1952) و بر حسب طول بر واحد زمان اندازه گیری می شوند.

با پذیرش رابطه مدل این معادله بنیادی را می توان برای توصیف رابطه بین سرعت و تراکم بفرم زیر تقویت نمود :

V=f(k) (2)

جریان ترافیک را می توان بطور موثر بر اساس این روابط تحلیل نمود (مثل Wardrop, 1952; Lighthill

and Whitham, 1955; Leutzbach, 1988; Daganzo, 1997) . وقتی معادله 2 با فرم صریحی منتشر شود , هر یک از سه متغیر (سرعت , جرایلن و تراکم ) را می توان برای محاسبه مقادیر دو تای دیگر بکار برد برای مقادیر عاری از جریان وجریان متراکم q دارای ابها م می باشد. مدلهای درجه بالاتر توسعه داده شده که از رابطه 2 بعنوان رابطه تعادل جریانهای حالت پایدار استفاده می کنند که در آن سرعتهای ترافیک بمرور زمان رها می شوند(ژنگ و همکاران 2001). چندین نویسنده پیشنهاد کرده اند که روابط مختلف باید بر اساس شرایط اعمال شوند (مانند هال و همکاران 1992 و ژنگ 1999) ؛تنوع شرایط بر اساس تسریع یا کند شدن ترافیک ایجاد شده و در مقاله جاری شرایط را بر اساس محدوده سرعتهای رایج بررسی می کنیم. توسعه هر یک از این مدلها مورد بررسی قرار گرفته شده , هدف , توصیف جریان ترافیک برای طراحی وضعیتهای ترافیک جاری و توسعه فهم بیشتر ی از رفتار ترافیک بعنوان رسانه (میانه) و پاسخ خام آن به ابزار مدیریتی می باشد.

در حالی که معادله 1 بطور اکید از تعاریف کمی پیروی می کند , معادله 2 نشان دهنده مدلهای توصیفی رفتار ترافیکی می باشد.بر اساس معادله 2 می توان دو نتیجه گرفت : اولا انتخاب تابع f(.) فاقد عمومیت است و دوما از آنجایی که برای نمایش رابطه بین سرعت و تراکم بدون توجه به توسعه مدل پذیرفته شده استفاده می شود , نمی توان تاثیری را از علیت مربوطه آن بدست آورد. عنصر کلیدی این مدلسازی که در مقاله جاری بررسی کرده ایم , شناسایی رابطه علیتی بین متغیرها می باشد , این امر زمانی که از حدود سرعت متغیر بعنوان ابزار مدیریت ترافیک استفاده می شود , امری مهم بشمار می رود.

در مقاله جاری , به بررسی رابطه بین سرعت و تراکم می پردازیم (که د رآن detector occupancy (اشغال آشکارساز) بعنوان پراکسی استفاده شده است) . محدوده ای از کارکردهای مختلف سرعت-تراکم را بررسی کرده و نوع ترجیحی مشخصی را برای یکی از آنهایی که تراکم بطور مشخص منجر به سرعت صفر نمی شوند تعریف می کنیم. با اینحال , یاداور می شویم که ترافیک ایستگاهی به تراکم ماکزیمم خاصی رسیده که تراکم فشرده kj نامیده می شود . نشان می دهیم که تحت برخی شرایط مانند نمونه ذکر شده , سرعت تعیین کننده تراکم می باشد. از این مشاهده برای شناسایی اثرات حدود سرعت متغیر بعنوان ابزار مدیریت ترافیک بکار رفته در برخی محلهای شلوغ شاهراه های انگلیس استفاده می کنیم. این امر باعث شده تا بتوان روابط تراکم –سرعت را بصورت متفاوت بر اساس وجود یا عدم وجود کنترل سرعت تخمین زد با دستاورد تخمین ظرفیت جاده. دستاورد دیگر این امر برای روابط سرعت-تراکم بدون تراکم فشرده آنست که مطابق با حضور امواج شروع پایدار در ترافیک حجیم می باشد , و مورد مشاهده نیز قرار گرفته شده است (ژنگ 1999) .

1. مدلسازی جریان ترافیک

2.1 مقدمه

در این بخش , موضوعات مختلفی را در ارتباط با جریان ترافیک بررسی می کنیم. ابتدا به بررسی روشی می پردازیم که بوسیله آن مقادیر مورد استفاده معادله بنیادی 1 را اندازه گیری می کنیم. سپس محدوده ای از شکلهای کارکردی مختلفی را بررسی می کنیم که برای نمایش رابطه رسمی 2 بین سرعت و تراکم قابل استفاده می باشند: برای هر یک از این روابط انتخابی , ویژگی های خاصی را بررسی می کنیم. سپس با استفاده از داده های مشاهده شده به شناسایی تخمین آماری این مدلها پرداخته و روشی مناسب با ضوابط آماری بدست می آوریم.

2.2 ویژگی های مدلهای ترافیکی

ار آنجایی که معادله بنیادی 1 بر حسب تراکم ترافیک k بیان شده است , مدیریت مستقیم این مقدار می تواند مشکل باشد زیرا به مشاهده لحظه ای مقدار قابل توجهی از طول جاده نیاز دارد. روش عملی تر که کاربرد وسیعی دارد (هال 2001) براساس نسبت زمانی w که آشکارساز ثابتی بکار گرفته شده عمل کرده و detector occupancy (اشغال آشکارساز) نامیده می شود. پس در یک بخش همگن از جاده , نسبت ویژه w از طول جاده که بوسیله وسیله نقلیه اشغال شده بصورت زیر است

Ws=kl (3)

که l طول موثر میانه وسیله می باشد. با این فرض که سرعت ترافیک در طول این بخش از جاده ثابت است بطوریکه w=ws , میزان اشتغال wی آشکار سازی که برای تخمین بکار می رود :

K=w/l (4)

با توجه به این رابطه , تراکم متناسب با اشتغال میانه بوده ؛ پس گاهی ساده تر است سرعت را مستقیما بصورت تابعی از occupancy (اشغال) بیان کنیم تا تراکم , و در نتیجه v=f(w) . می رابطه بین جریان و تراکم بصورت زیر می باشد :

Q=f(w)w/l (5)

با اینحال یاداور می شویم که طول موثر میانه وسیله نقلیه ممکن است در ترافیک انشعابات مختلف شاهراه ها و بین حالات کنترل ترافیک متفاوت باشد (هیدکر و ادیسون 2008) و این امر بر تخمین جریان و ظرفیت بدست آمده از رابطه 5 اثرگذار است.

این شکل از رابطه بنیادی 5 بین جریان و occupancy را می توان برای تعیین چندین ویژگی از مدل ترافیکی استفاده نمود. در بافت جاری یاداوری می کنیم که اگر این رابطه در حوزه خود مقعر باشد (یعنی دارای انحنا منفی مشتق دوم q`` جریان بر حسب occupancy باشد ) آنگاه امواج شوک پایدار فقط بعنوان گذرهایی از occupancy کم به زیاد رخ می دهند؛ امواج شروع که شیب فضایی تراکم ترافیک در مسیر سفر منفی می باشند , منجر به رقیق سازی امواج می شوند (لیتیل و ویتام 1955) بطوریکه ترافیک فشرده از محدوده جریان پائین پراکنده می شود (انتشار می یابد) . با اینحال , اگر رابطه بنیادی دارای دامنه فرعی با انحنای مثبت باشد (یعنی q``>0 ) آنگاه ممکن است امواج شروع پایدار در زمانی که ترافیک از منطقه occupancy دامنه فرعی به منطقه با occupancy کمتر تسریع می شود , بوجود آیند(مانند مرگان 2002). مناطق از این نوه در توابع سرعت-تراکمی رخ می دهند که دارای مقدار تراکم منتهی به سرعت صفر نباشند: مدلهایی که دارای این انحنای مثبت هستند مطابق با پدیدیه امواج شروع پایدار می باشند البته بدون اینکه الزاما مکانیزمی برای وقوع آن ارائه دهند.

همزمان با کاهش تراکم ترافیک و در نتیجه occupancy به سمت صفر , فرصتهای تعامل بین وسایل نقلیه موجود در ترافیک کم شده و از اینرو وسایل میل دارند تا با سرعتهای عاری از جریان سفر کنند که در اینجا آنرا v0 می نامیم. از سوی دیگر , زمانی که باید ترافیک متوقف شود مانند سیگنال چراغ قرمز یا انسداد جاده , این امر در تراکم فشرده خاصی با مقدار مورد انتظار occupancy فشرده رخ می دهد که آنرا wj می نامیم. در مقاله جاری , فرض می کنیم که این مقدار سرعت عاری جریان و occupancy فشرده مشخص است , که از استدلال های ارائه شده در بالا نیز بارز است. با اینحال , یاداور می شویم که مسیر علیت بین استدلال دو حالات متفاوت است. به نظر می رسد استدلال منطقی وجود نداشته که سفر در سرعت عاری از جریان القاگر تراکم و occupancy ترافیک پائین باشد. اما سوال عکس این حالت یعنی اینکه ترایفک در تراکم فشرده قادر به حرکت به سرعت غیر صفر است یا نه , در پایان این مرحله باز (بدون پاسخ ) باقی مانده و یکی از سوالاتی است که بعدا به آن می پردازیم .

2.3 روشهای مدلسازی

رابط مدل سرعت-occupancy v=f(w) را می توان از مشاهدات جفتی سرعت و occupancy بصورت زیر تخمین زد :

 (6)

که  جزء خطای سرعت تخمین زده می باشد. پروسه های آماری را می توان برای تخمین پارامترهای مدل داده شده برای f(.) بدست آورد و این امر عموما به توزیع آماری پذیرفته شده برای جزء خطای € بستگی دارد. این نوع فرموله سازی از این موضوع پشتیبانی کرده که سرعت ترافیک بوسیله تراکم تعیین می شود (که در اینجا هم بوسیله occupancy نمایش داده شده است) , و امکان انحراف مشاهدات مجزای سرعت از مقادیر نمونه مرتبط با occupancy رایج نیز تشخیص داده می شود.

دیدگاه دیگر آنست که ترافیک , تراکم خاصی را در نظر داشته و از اینرو occupancy به سرعت رایج وابسته می باشد. پس بعنوان مثال در شرایط ترافیک کم , رانندگان می توانند از خطی پیروی کنند (و در نتیجه تراکم و occupancy ) که برای آنها راحت بوده و بتوانند با سرعت رایج رانندگی کنند. این باعث شده تا فرموله سازی مدل آماری بصورت زیر باشد :

 (7)

که  جزء خطای occupancy تخمین زده می باشد. در این حالت , شکل تابع g(.) معکوس f(.) می باشد.

در تناسب هریک از مدلهای 7 یا 6 معیار پذیرفته شده در تحقیق جاری احتمال ماکزیمم بر اساس توزیع آمری جزء خطا می باشد. لگاریتم توزیع نرمال پذیرفته شده برای کمیتهای پیوسته مانند سرعت و occupancy با علایم مشخص , مناسب بوده و پارامترهایی را برای نمایش میانه و واریانس داده فراهم می کند. متغیر x دارای لگاریتم توزیع ترمال با پارامترهای u و a می باشد اگر  دارای توزیع نرمالی با میانه u و واریانس A2 باشد.پس تابع تراکم احتمال متغیر x با لگاریتم توزیعی نرمال بصورت زیر است

 (8)

این تابع همچنین مشخص کننده میزان احتمال مشاهده X توسط پارامترهای (u,a) می باشد و لگاریتم آن (احتمال لگاریتمی ) را می توان برای کل مشاهدات جمع کرده تا احتمال لگاریتم پیوندی حاصل شده و ابزار مفیدی برای کارایی مدل آماری بدست آید.

پارامترهای این توزیع را می توان برای به حداکثر رسانی لگاریتم احتمال آنها تخمین زد با حل کردن حاصل حداقل درجه دوی زیر

(9)

و سپس پارامتر a را بصورت زیر تخمین می زنیم:

(10)

از نسبت احتمال زیر (واشنگتن و همکاران 2003) برای تایید واریاسیونهای مدل استفاده می کنیم. این تست , توسعه آمار به مدل را بوسیله معرفی پارامترهای V از مجموعه Ө به مجموعه توسعه یافته Ө+ تست می کند :

 (11)

2.4 مدلهای ترافیک

چندین شکل مختلف در نوشتجات برای تابع f(.) بین occupancy و سرعت و تابع معکوس آن یعنی g(.) پیشنهاد شده است . دریک و همکاران (1967) محدوده ای از نمونه های احتمالی را بررسی کرده اند. که شامل رابطه خطی گرینشیلد (1935) هم می باشد :

 (12)

که بعنوان مزیت راحتی تحلیلی و فرمول دقیق برای هر یک از پنج روابط دو متغیره بین سرعت , جراین و occupancy هم در نظر گرفته میشود. دریک و همکاران اینرا به رابطه خطی تکه ای توسعه داده و روابط گرینبرگ و اندوود را بررسی کرده اند که در ادامه آنها را توصیف می کنیم ,رابطه دریک عبارت است از  و دارای زیردامنه های هر یک از انحنای مثبت و منفی f`` می باشد.

اندروود (1961) رابطه بین سرعت و تراکم را مدل کرده و اصولا به هدف استفاده در شرایط عاری از جریان استفاده شده است. این امر می تواند بر حسب occupancy بصورت زیر بیان شود:

(13)

که wm occupancy ناشی از جریان ماکزیمم  با سرعت متناظر  می باشد. این مدل دارای سرعت عاری از جریان v0 می باشد ولی هیچ مقدار occupancy وجود نداشته که باعث ایجاد سرعت 0 شود بطوریکه احتمال دارد ترافیک قادر به حرکت در سرعت غیر صفر در تراکم فشرده باشد. بر اساس این مدل , مشتق دوم جریان بر حسب occupancy عبارت است :

(14)

پس رابطه بنیادی بین جریان q و occupancy w دارای انحنای منفی در زیردامنه [0,2wm) می باشد و برای مقادیر بزرگتر occupancy مثبت است. پس بر اساس این مدل , موج شروع پایداری می تواند زمانی ایجاد شود که ترافیک از منطقه ای با occupancy بیش از 2wm به منطقه با occupancy کمتر شتاب گیرد. محدوده سرعتهای ممکن برای این موج شروع با قرار گرفتن اولین مشتق q` بین  با w=2wm تا  با w=1 تعیین می شود.

گرینبرگ (1959) رابط بین سرعت و occupancy را مدل کرده که برای استفاده در تراکم های بالا در نظر گرفته شده است. و می توان آنرا بر حسب occupancy بصورت زیر بیان کرد :

(15)

در این مدل , vm سرعتی است که به جریان ماکزیمم  می رسد و در زمان w=wj/e رخ می دهد. این مدل دارای تراکم فشرده صریح wj می باشد ولی با صفر شدن occupancy , هیچ محدوده ای بر سرعت وجود ندارد. بهمین خاطر , با اینکه این مدل شاید برای نمایش شرایط فشردگی مناسب باشد , برای شرایط عاری از جریان مناسب نیست. بر اساس این مدل مشتق دوم جریان بر حسب occupancy عبارت است از :

 (16)

طوریکه رابطه بنیادی در دامنه خود مقعر می باشد. بر اساس این مدل , موج شوکهای پایدار فقط زمانی رخ می دند که ترافیک از منطقه ای با occupancy بزرگتر انتقال عبور کند , در نتیجه منجر به کاهش تندی سرعت می شود.

Edie (1961) مدل سرعت-تراکمی را توسعه داده که مطابق با مدل اندروود (13) در تراکم پائین و مدل گرینبرگ (15) در تراکم بالا می باشد. در فرم استاندارد این مدل , گذار بین این بخشها در نقط ماکزیمم جریان هموار شده است (یعنی با پیوستگی q و q` ) . بمنظور دستیابی به این هدف , پارامترهای دو بخش بصورت  و  با هم در ارتباط می باشند , طوریکه ظرفیت عبارت است از  . در تحقیق جاری , این مدل را بعنوان گزینه ای دیگر از مدل اندروود (13) می بینیم که در آن رابطه تراکم بالا از فرم گرینبرگ (15) پیروی می کند و از اینرو دارای تراکم فشرده مشخص و مقعر می باشد.

مدلهای دیگری توسعه داده شده اند که برای ارتباط سرعت و occupancy قابل استفاده می باشند ؛ که قاب توجه ترین آنها خانواده پارامتری دل کاستیلو بنتز (1995) می باشد و به شکلهای زیر می باشد :



این خانواده تقریب همواری را به شکل زیر ارائه می دهد



که نمودار بنیادی خطی دو جزئی را با مشخصه سه ضلعی ارائه می دهد. همه این مدلها دارای تراک فشرده مشخص wj/l بوده که به سرعت صفر رسیده و نمودار بنیادی آن معقر می باشد.

دو رابطه بین سرعت و occupancy که با جزئیات بیشتر در اینجا بحث شده اند پیوسته و غیر خطی می باشند.عیب این روش سخت بودن تحلیلی است که در آن فرمول بسته عموما برای محاسبه سرعت یا occupancy مقدار حاص جریان در دسترس نیست. بررسی روابط مشاهده شده (شکل 1) بین سرعت و occupancy در دیتاست استفاده شده در تحلیل جاری نشان دهنده انحنای مثبت می باشد ولی دارای شواهد کمی برای ناپیوستگی در سرعت با تغییر occupancy می باشد. دو رابطه سرعت-تراکمی که بررسی کردیم دارای انحنای مبت f``>0 در محدوده occupancy می باشند و آنرا برای نمایش داده های بکار رفته در این تحقیق مناسب می نمایند. این تحلیل می تواند برای دیگر روابط بین سرعت و occupancy نیز بکار رود ولی تمرکز تحقیق جاری بیشتر بر مسیر علیت بین occupancy و سرعت می باشد تا اشکال خاص این رابطه .



شکل 1. مشاهدات occupancy و سرعت در مسیر 1

1. داده های ترافیک

3.1 مقدمه

داده های بکار رفته در بررسی جاری از سیستم midas (آژانس بزرگراه 1994) برگرفته شده و با سیستم ثبت داده هالوگان نیز در ارتباط می باشند. که اندازه گیری های بین تقاطع 10 و 16 در 188 کیلو متری شاهراه اربیتال لندن m25 در انگلیس را اندازه گیری می کنند. در این بخش , جاده دارای چهار خط (باند) در هر مسیر بوده و تا 85000 وسیله در روز در هر مسیر حرکت می کند. خطوط رانندگی بترتیب از یک (نزدیکترین کنار جاده ) تا چهار (میانه) شماره گذاری شده اند. طبق قوانین جاده وسایل نقلیه سبقت گیرنده باید از سمت راست وسیله مورد نظر سبقت بگیرند و سریعترین زمان امن به باند خود برگردند (واحد حمل و نقل 2007) . در بیشتر شرایط , عبور ماشینهای سنگین و تریلرکش ها از خط سمت راست ممنوع شده است (یعنی خط 4 در تحقیق جاری) .

تحت شرایط معمولی , حد سرعت ملی 70 mph اعمال می شود. با اینحال , حدود سرعت اجباری را می توان در این بخش از شاهراه m25 تا مقادیر 60 و 50 mph اعمال نمود تا جراین ترافیک را در شرایط شلوغ مدیریت نمود و مقدار 40mph را می توان در ترافیک های کند با پیشرفت صف اعمال نمود : این حدود کاهش داده شده توسط رادارهای سرعت سنج با دوربینهای خودکار اعمال می شوند.

سیستم midas دارای آشکار سازهایی بوده که به فاصله تقریبی 500m در طول بزرگراه و بصورت دوربینهای مجزا برای هر خط نصب شده اند. این سیستم داده هایی را ثبت می کند که در فواصل 1 دقیقه ای جمع آوری شده اند , هر آیتم ثبت شده عبارت است از :

جریان تعداد وسایلی که از جلوی آشکار ساز در آن دقیقه عبور کرده اند

سرعت میانه سرعت بر حسب km/h از وسایلی که از جلوی آشکار ساز عبور کرده اند. و

Occupancy نسبت زمانی که آشکار ساز بکار گرفته شده است .

داده های بکار رفته در تحلیل جاری نشانگر همه ثبتهای موجود در چهارشنبه 1 می 2002 در موقعیت کد 4757 در جهت عقربه های ساعت بزرگراه می باشند. تحلیل داده های متناظر از منطقه مشابه در چهارشنبه 15 می 2002 و ناحیه دیگر با کد 4747 بین همان دو تقاطع در چهارشنبه 1 می 2002 نیز دارای نتایج مشابهی با مقادیر گزارش شده بوده و یافته ها را تایید می کنند.

جدول 1 : تعداد مشاهدات موجود تحلیل

|  |
| --- |
| حد سرعت (mph) خط |
|  |

توزیع مشاهدات موجود تحلیل در جدول 1 گزارش شده اند. بیش از 1000 دقیقه از روز مربوط به سرعت پیش فرض ملی 70 mph بوده است. در مقابل فقط 18 دقیقه از داده ها در شرایط کنترل سرعت 60mph ثبت شده اند. مشاهدات موجود در هر وضعیت کنترل در میان خطوط در محدوده سرعت 70mph تفاوت زیادی داشته اند و تقریبا نیمی از تعداد مربوط به خط 4 می باشن (در مقایسه با خط 1) : این امر ناشی از وضعیت چراغ راهنمایی می باشد مثل دیرتر روشن شدن در شب , در دسترس بودن بالای خطوط با شماره کمتر در مقایسه با خط 4 که برای دوره دیگر زمانی خالی بوده اند.

تحلیلهای اولیه داده نشان داد که رابطه بین سرعت و occupancy در همه موارد غیر خطی بوده و از روندی پیروی کرده که دارای انحنای مثبت می باشد. مثالی نمونه در شکل 1 نشان داده شده است که شامل همه مشاهدات occupancy و سرعت در خط 1 بوده و بوضوع غیر خطی بودن آن را نشان می دهد.از این دید فقط مدلهای غیر خطی اندوود (13) (خطوط متناسب شکل1 ) و ادی که در بخش 2.4 توصیف شدند , مورد بررسی بیشتر قرار گرفتند. مقایسه نتایج تناسب هر مدل با داده های هر چهار خط و داده های متاظر چهار مدل جداگانه برای هر خط نشان داده که تفاوت مهمی بین روابط خطوط متفاوت وجود دارد. در سایه این امر , همه مدلها بطور جداگانه برای ترافیک هر یک از چهار خط شاهراه توسعه داده شدند.

1. تحلیل و نتایج

4.1 مقدمه

حال به بررسی کاربرد تکنیکهای تحلیلی توصیف شده در بخش 2 برای داده های بخش 3 می پردازیم. روش انجام کار مدلسازی آماری خطی تعمیم یافته می باشد (مثل مک کولاق و نلدر 1989) . این روش معیار عینی برای امکان انتخاب بین اشکال مدل و در هر شکل برای مشخصه و مقادیر پارامتر را فراهم می کند. سپس مدل ترافیک ترجیحی بهمراه مقادیر پارامتر تخمین زده شده برای توصیف ویژگی های ترافیک مانند وضعیتهای مختلف بکار برده شد.

بر اساس روش مدلسازی تعمیم یافته خطی , فرض می شود متغیر وابسته با مجموعه ای از دیگر متغیرها(توصیفگرها) بهمراه مقادیر مورد انتظار محاسبه شده بعنوان تابع یکنواخت ترکیب خطی مقادیر آنها (معکوس تابع پیوند) دارای رابطه می باشد. وقتی تابع پیوند و توزیع آماری خطا تعیین شد , مقادیر ضرایب مرتبط با هر توصیفگر را می توان برای به حداکثر رسانی احتمال مشاهده مدل داده شده بدست آورد.

بر اساس بررسی های اولیه , مقادیر پارامترهای هر مدل بین خطوط متفاوت در نظر گرفته شده و بطور جداگانه متناسب شده اند. حال به مشخص کردن ترتیب انتخاب شکل مدل برای تابع سرعت-occupancy , تاثیر وضعیت کنترل سرعت بر پارامترهای توابع و موضوع علیت مدلسازی می پردازیم. وقتی هر مدل تا حد ممکن مورد پالایش قرار گرفت , اشکل بدست آمده بر اساس مقدار احتمال ماکزیمم بدست آمده مقایسه شده تا آیتم مورد نظری که باید تنظیم شود را مشخص کنیم.

4.2 انتخاب شکل مدل

گام اول مدلسازی بررسی انتهاب شکل مدل در میان مدلهای اندروود (13) و ادی می باشد , تفاوت آنها در آنست که منطقه occupancy بالا با استفاده از شکل گرینتبرگ (15) مدلسازی می شود. این دو مدل دارای اشکال مشابهی در occupancy کم می باشند و دارای سرعتهای عاری از جریان مشخص vo هستند. بررسی جاری بر منطقه occupancy بالا تمرکز دارد زیرا در مدیریت جاده های شلوغ و کنترل سرعت این منطقه دارای بیشتر اهمیت می باشد.

بر اساس چارچوب خطی تعمیم یافته , مدل اندروود (13) را می توان بشکل لگاریتم خطی بصورت زیر بیان نمود :

 (17)

که  . وقتی توزیع لگاریتم خطی برای جزء خطای € تعیین شد , این مدل را می توان براحتی بشکل زیر متناسب کرد

 (18)

که € دارای توزیع نرمال  می باشد : در این شکل , مدل می تواند بوسیله رگرسیون حداقل مربع معمولی برای به حداقل رسانی a2 تنظیم شود.

در زیردامنه ای که به مدل ادی اعمال می شود , مدل گرینبرگ (15) را می توان بوسیله تناسب مشاهده شده در v به لگلریتم w بر اساس رگرسیون زیر تخمین زد

 (19)

در این حالت , پارامترهای متناسب را می توان بصورت  تفسیر نمود. از دید شکل کدل , مقادیر پارامترها طوری تخیمن زده شده اند احتمال استفاده از آنها با بهینه ساز تک منظوره بر اساس توزیع نرمال-لگاریتمی جزء خطای € به حداکثر برسد.

مقادیر احتمال لگاریتمی حداکثر مدلهای اندروود برای هر خط بر اساس توزیع لگاریتم نرمال (8) محاسبه شده و در جدول 2 ذکر شده اند. اینها برای نمونه از 4 مدل ارائه شده اندکه در آن درجه مشخص سازی مدل به کنترل سرعت بتدریج افزایش می یابد. درهر حالت , میانه با استفاده از دو پارامتر معادله 18 تخمین زده شده است و واریانس بصورت پارامتر جداگانه ای تخمین زده شد. ستون اول نتایج برای مدل تکی متناسب با همه داده ها می باشد ( با دو پارامتر برای میانه و یکی برای واریانس ) . ستون دوم نتایج برای دو مدل 3 پارامتری جداگانه بوده , برای هر گروه از داده های متناظر با حالت بدون کنترل (بصورت {70} مشخص شده ), و وجود برخی کنترلها (60,50,40) از یک مورد نسبت داده شده است . ستون سوم حالات کنترلی (60,50) و کنترل حفاظت از صف را برای مدیریت سرعت بصورت بیشتری از هم جدا ساخته است. ستون آخر دارای مدل جداگانه ای برای هر یک از وضعیتهای کنترل سرعت می باشد.

سطر آخر جدول 2 نشان دهنده مقادیر ماکزیمم احتمال لگاریتم برای هر یک از این مدلها می باشد , برای وضعیتی که همه خطوط با هم مدل شده اند. افزایش احتمال لگاریتمی در زمانی که مدلها از هم جدا شده اند برای هر خط و هر سطح از توزیع در سرعت مقادیر تست نسبت احتمال متجاوز از 1400 , بیش از 700 بوده است. در مقابل , مقدار بحرانی تست آماری بر اساس تست نسبت احتمال در سطح شاخص .05 با 9 درجه آزادی , 16.9 بوده است. پس دریافتیم که مدل جداگانه ای برای هر یک ازز 5 خط ترافیک لازم است .

نتایج مربوطه برای مدل ادی در جدول 3 نمایش داده شده اند. این مدل متفاوت از مدل اندروود در occupancy بالا می باشد و از رابطه لگاریتمی معادله 15 بجای رابطه نمایی 13 استفاده می کند. در نتیجه این مدل دارای occupancy فشرده ذاتی بوده که منجر به توقف ترافیک می شود. در این حالت , بهبود احتمال استفاده از مدلهای جداگانه برای هر خط برای هر ترکیب از دسته های کنترل سرعت بیش از 500 بوده و تست آماری نسبت احتمال 11 را بیش از 1000 می کند که برای تنظیم بکارگیری 9 پارامتر مدل کافیست. بخاطر وضعیت همواری در نقطه نوار باریک (spline) w=wj/e بین دو بخش رابطه , مدل ادی بوسیلع تعداد پارامتر مشابهی با نمونه اندروود تعیین شده است.

مقایسه مقادیر احتمال جدول 2 و3 برای این دو مدل نشان می دهد که در هر ترکیب از خط و گروه سرعتی , مدل اندروود دارای مقدار احتمال بیشتری می باشد. تفاوت مقادیر , زمانی بیشتر بوده که هیچ اجازه ای برای حدود سرعت مختلف وجود نداشته بجز حالت بیش از 140 . در نتیجه , دریافتیم که مدل اندروود دارای توصیف بهتری از دیتاست m25 می باشد . این امر نشان می دهد که در منطقه با occupancy بالا , w>wm , رابطه توانی اندروود 14 که دارای هیچ occupancy فشرده ای نیست , توصیفی بهتر از داده ها فراهم می کند در مقایسه با رابطه لگاریتمی گرینبرگ 15 که دارای occupancy فشرده صریحی است . بر اساس ترجیح تجربی مدل ادی نسبت اندروود , می توان نتیجه گیری هایی را انجام داد. اولا , حتی در بالاترین occupancy ثبت شده , انتظار جریان ترافیک وجود دارد. در سایه این امر , نتیجه می گیریم که occupancy فشرده زمانی رخ می دهد که occupancy حاصل از ترافیک در زمان صفر شدن سرعت ناشی از انسداد , یوجود می آید , و بخودی خود منجر به توقف ترافیک نمی شود. این امر به نوبه خود از این ایده پشتیبانی کرده که در شرایط کنترل سرعت , ترافیک آن سرعت را پذیرفته و occupancy بر اساس همان سرعت ایجاد می شود.

تخمین پارامترهای تناسب برای مدل اندروود (13) برای هر خط متناظر با همه مشاهدات بدست آمده از آن خط درجدول 4 ارائه شده است که تخمین مربوطه ظرفیت q`` نیز برای خط بر اساس فرمول  برای این مدل در جدول ذکر شده است. مقادیر طول موثر وسیله نقلیه l در هر خط , در هیدکر و ادیسون محاسبه شده است(2008). این امر نشان دهنده تخمین سرعت عاری از جریان می باشد به استثنای تخمین های کاهشی خط 4 در ظرفیت wm . بهمراه تخمین طول موثر وسیله , این امر منجر به افزایش تخمین ظرفیت می شود که بصورت وسیله در هر واحد زمانی با افزایش تعداد خط اندازه گیری شده است.

4.3 اثر کنترل سرعت

حال به بررسی اثر کنترل سرعت بر رابطه occupancy-سرعت متناسب با داده ها می باشد. بخاطر ترجیح رابطه سرعت-occupancy اندروود که در بخش 4.2 دکر شد , بر جدول 2 تمرکز می کنیم. احتمالات لگاریتمی ناشی از تناسب مدل اندروود (13) که در جدول 2 ذکر شده اند , نشان می دهد برای هر خط , مهمترین بهبود احتمال لگاریتمی زمانی رخ داده که مدل جداگانه با داده های وضعیت کنترل سرعت با یکی از مقادیر 60 و 50و و40 در مقایسه با سرعت ملی 70mph , متناسب شده است. برای هر خط , بهبود احتمال لگاریتمی مرتبط با این پالایش مدل در محدوده بیش از 30 برای حالت توزیع بین 60mph و 50 mph تا بیش از 600 برای تفکیک حد سرعت ملی از سرعت های محدود شده بوده است .یاداوری می کنیم که بهبودهای تناسب مدل ادی از نظر الگو و بزرگی مشابه می باشند. حتی کوچکترین مقدار بهبود برای تنظیم مدل مکافی بوده که 3 پارامتر اضافی دیگر را ایجاد می کند و بهبود بحرانی در احتمال لگاریتمی بر اساس تست نسبت احتمال 11 , برابر با 3.91 می باشد (=7.82/2) .

4.4 علیت و جهت تاثیرات

حال به موضوعات مربوط به انتخاب مدل نمایی اندروود 13 به مدل occupancy فشرده می پردازیم و آنها را بهمراه بیشترین بهبود مشاهده شده در تناسب مدل با تمایز بین عملیات سرعت کنترل شده و ملی شاهراه بررسی می کنیم. این استدلال مرتبط با ماهیت occupancy فشرده و occupancy سرعت 0 در مدل اندروود نشان می دهد که در این حالت حداقل سرعت بصورت برونزاد تعیین شده است زیرا نمی تواند ناشی از occupancy بزرگراه می باشد. بررسی بهبود احتمال لگاریتمی مرتبط با تفکیک دسته های مختلف کنترل سرعت نشان می دهد که بیشترین بهبود مدل زمانی رخ می دهد که حالات کنترل شده سرعت (40و50و60) جدا از سرعت ملی 70mph بررسی شده اند. در نتیجه تخمین حالات کنترل سرعت وارون مدل اندروود را بررسی کرده ایم

 (20)

که سرعت v را بعنوان متغیر توصیفی در نظر می گیرد. و با به حداقل رسانی بر اساس پارامترها  متناسب می شود که حاصلجمع مربعات اختلاف ین مقادیر مشاهده شده و تخمینی در رابطه 20 می باشد. مدل تناسب دار بر اساس احتمال لگاریتمی توزیع نرمال لگاریتمی رابطه 8 ارزیابی شده است.

نتایج تخمین این مدل برای همه داده های خط 1 در شکل 2 در مقیاس occupancy در مقایسه با لگاریتم سرعت نشان داده شده است .و نشان دهنده تطابق خوبی با روند موجود بین occupancy و سرعت می باشد , با اینحال یاداوری می کنیم که پراکندگی حول تخمین مدل در سرعتهای کمتر , بیشتر می باشد. مقایسه های بین تمین مدل مجزا برای همه داده ها در مقایسه با تخمین جداگانه حد سرعت ملی (70mph) و همه سرعتهای کنترل شده (60,50,40) با هم در جدول 5 نشان داده شده است. تست آماری نسبت احتمال که دارای اهمیتی برجسته ای می باشد نشان می دهد جداسازی حد سرعت ملی و سرعتهای کنترل شده بخوبی قابل توجیه است. کوچکترین مقدار یعنی 37.18 برای خط 1 بمیزان زیادی از مقدار بحرانی سطح 5% شاخص با 3 درجه آزادی 7.82 بیشتر است در حالی که هر یک از مقادیر دیگر خطوط بیش از 400 می باشد. خطاهای استاندارد تمین sw در محدوده .019-0.07 نشان می دهد این مدل به تناسب منطقی خوبی برای occupancy مشاهده شده w دست می یابد که در شکل 2 هم دیده می شود.

هر دو مدل معمولی و وارونه اندروود بین سرعت occupancy بهمراه نتایجشان در شکل 2 و 5 نشان داده شده اند و استفاده از مدلهای جداگانه برای سرعت ملی و کنترل شده را حمایت می کنند.



شکل 2: مدل اندروود وارون متناسب با همه داده های خط 1

جدول 5 , مقایسه مدلهای اندروود وارون برای همه جریانها

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نسبت احتمال  | احتمال لگاریتمی  | خطای استاندارد sw  | wm | V0(km/h) | گروه سرعتی | خط |
|  |

استدلالات مربوط به رفتار ترافیکی در تراکم پائین و مشغول بودن کمتر آشکارساز , استفاده از مدل معمولی اندروود(13) را برای تخمین سرعت در حد سرعت ملی حمایت می کند و استدلال متناظری استفاده از حالت وارون مدل (20) را برای شرایط کنترل شده سرعت .

در نتیجه کاربرد بیشتر مدل وارون را با بررسی داده سرعت کنترل شده بررسی کرده ایم. نتایج در جدول 6 نمایش داده شده اند که نشان دهنده نسبتهای احتمال برای تست مدلهای جداگانه برای هر سرعت در محدوده کنترل شده در مقایسه با مدل جداگانه همه سرعتهای کنترل شده می باشد. تست آماری نسبت احتمال از 20 تجاوز می کند در مقایسه با مقدار بحرانی 5% شاخص در 6 درجه آزادی که برابر با 12.6 می باشد : در نتیجه دریافتیم که جداسازی بیشتنر بین مدلها بر اساس سرعت کنترل شده توجیه شده است. نتایج تخمین مدل اندروود وارون برای داده های خط 4 در حد سرعت 40mph در جدول 3 نشان داده شده است و یاداوری می کنیم که پراکندگی تخمین مدل در سرعتهای کمتر در 40mph بیش از جاهای دیگر بوده است .

مقادیر متناسب پارامتر برای مدل وارون سرعت کنترل شده در جدول 7 نمایش داده شده است بهمراه مقدار مدل شده ماکزیمم جریان در occupancy مشاهده شده برای هر خط. برای هر خظ , جریان ماکزیمم در سرعت 60mph در بیشتر occupancy مشاهده شده وجود داشته است ؛ در دیگر حدود سرعت , این مقدار در occupancy محدوده مشاهده شده وجود داشت. در خط 1و2 بیشتر جریان در حد سرعت 50mph وجود داشته است , و در خط 3و4 این مقدار حد سروع 60mph دیده شد. تخمین جریان ماکزیمم خط1-3 از مدل معمولی اندروود اعمال شده به همه حدود سرعت بیشتر بوده است که در جدول 4 قابل مشاهده می باشد و البته اندکی کمتر از خط 4 می باشد. مقادیر تخمین زده جریان ماکزیمم در خطوطی که سطوح کنترلی متفاوت بطور جداگانه مدل شده اند , کمتر و واقعی تر می باشند . این امر نشان می دهد که روابط متفاوت تحت هر یک از سطوح کنترل سرعت اعمال شده و از اینرو بر اهمیت مدلسازی جداگانه ترفیک برای هر خط تاکید دارد.

جدول 6 : مقایسه مدلهای اندروود وارون برای جریانهای کنترل سرعت

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نسبت احتمال  | احتمال لگاریتمی  | wm | V0(km/h) | سرعت (mph) | خط |
|  |



شکل 3: مدل وارون اندروود متناسب با داده های خط 4 برای حد سرعت 40mph

1. بحث و نتیجه گیری

کار گزارش شده در مقاله جاری روابط بین سرعت و occupancy در جاده های اصلی و نحوه تاثیر پذیری آن از کنترل سرعت را بررسی کرده است. فهم و مدلسازی لین امر در توسعه و پالایش ابزار مدیریت ترافیک حائز اهمیت است. تحلیل مشاهدات سرعت و تراکم در هر یک از 4خط شاهرگ m25 نشان می دهد روابط بین آنها بمیزان شاخصی در خطوط مختلف بزرگراه با هم تفاوت دارند , طوریکه هر خط باید بصورت جداگانه مدلسازی شود.

جدول 7 : تخمین ظرفیت q`` برای هر خط در مدل وارون اندروود در سرعتهای کنترل شده

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| سرعت در جریان ماکزیمم (km/h)  | ماکزیمم جریان در occupancy مشاهده شده (وسیله/ساعت) |  |  |  | سرعت(mph)  | خط |
|  |

بررسی فرم این رابطه استفاده از رابطه نمایی اندروود را حمایت می کند که دارای تراکم فشرده نمی باشد. این امر پیشنهاد می کند که حتی در بیشترین تراکم ثبت شده , ترافیک می تواند در جریان باشد. در سایه این امر , نتیجه گرفتیم که تراکم فشرده زمانی ایجاد می شود که تراکم بخاطر صفر شدن سرعت ناشی از انسداد ایجاد شده و این تراکم بالا خود منجر به توقف ترافیک نمی شود. و از این ایده پشتیانی می شود , که در برخی شرایط وقتی سرعت کنترل شده باشد , ترافیک تراکمی را بر اساس آن سرعت بخود می گیرد.

یکی از نتایج پذیرش روابط اندروود بین سرعت و occupancy آنست که روابط بنیادی بین جریان و occupancy دارای انحنای مثبت در مقادیر بیش از دوبرابر جریان ماکزیمم می باشند. این انحنای مثبت منجر به امکان گذار از سرعت کم و تراکم بالا به سرعتهای بالاتر و تراکم های کمتری می شود که پایداری بیشتری دارند. امواج شروع پایدار از این نوع , در عمل مشاهده شده اند : بهمراه موج شوکهای معمولی (گذار از تراکم پائین به بالا) که دارای سرعت مشابهی می باشند , منطقه پایداری از تراکم بالارا تشکیل داده که در طول جاده به سمت بالا و بشکل موجهای حرکت-توقف ایجاد می شوند. پس پایه ای برای مدلسازی وضضعیت ترافیک توقف-حرکت ایجاد شده که در معمولا در حاده های اصلی با تراکم بالا دیده می شود.

تخمین آماری روابط مدل اندروود بین سرعت و occupancy با استفاده از مشاهدات جداگانه در هر خط نشان می دهد که روابط متفاوتی بر اساس وضعیت کنترل سرعت بدست می آید. پس دریافتیم که رفتار راننده و از اینرو کارایی ترافیک بر اساس وضعیت کنترل , متفاوت است.

بر اساس این یافته ها , نتیجه می گیریم که استفاده از روابطی که در آن سرعت , متغیر توصیفی جریان و occupancy می باشد , زمانی قالب توجیه بوده که کنترل سرعت اعمال شده باشد. این امر ایجاد روشهایی از مدلسازی را لازم می داند که در آن شکل و جهت تاثیر و نیز پارامترهای روابط بر اساس وضعیت کنترل سرعت در جاده متفاوت باشند خطوط استدلالی ایجاد شده ر مقاله جاری و روش مدلسازی حاصل , مستقل از محل جاده و نحوه کارکرد آن می باشد و در از همین رو دارای استفاده عمومی می باشند.

تخمین ظرفیت بر حسب وسیله بر واحد زمان هر خط جاده با استفاده از داده های occupancy به طول موثر میانه وسایل در آشکار ساز بستگی دارد که در ترکیبات مختلف خط و وضعیت سرعت متفاوت می باشد. استفاده از مقادیر مناسب بهمراه مدلهای تخمین زده شده سرعت , جریان و occupancy منجر به تخمین ظرفیت هر خط در وضعیتهای کنترلی متفاوت می شود. بر اساس این موضوع , ظرفیت تخمین زده شده هر خط 1 تا 3 زمانی افزایش می یابد که کنترل سرعت وجود داشته باشد , و د ارای بیشترین مقدار پشتیبانی شده در داده های جاری یعنی 50-60mph باشد. این افزایش ظرفیت می تواند منجر به کاهش تراکم و در نتیجه کاهش زمان سفر شود. روش مدلسازی جاری توصیفی از نحوه اعمال کنترل سرعت را ارائه داده که قادر به القای occupancy بیشتری در جاده شده و در نتیجه جریان شاهرگها را افزایش می دهد.

نتایج تحقیق جاری به سه روش متفاوت با جریان ترافیک جاده های اصلی شلوغ مرتبط می باشند. که عبارتند از ماهیت ذاتی جراین ترافیک در این شرایط , روشی که بر اساس آن مدل تشکیل و استفاده شده است , و یافته های بعدی مدیریت این ترافیک . در حالی که این یافته ها بر تحلیل ترافیک بر بخشهای کنترل شده شاهراه m25 انگلیس تکیه داشته اند , ماهیت آنها ارائه گر اطلاعاتی درزمینه مدلسازی ترافیک در پشتیبانی از توسعه کلی مدیریت ترافیک می باشند.