

بررسی عوامل موثر از جمله ایمنی در انتخاب شکل تقاطع غیر همسطح

کامران اخباری^۱، علی زایرزاده^۲، مسعود نادرنژاد^۳

۱- کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت

۲- کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه تهران

۳- کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

در معابر شهری، تصادفات در تقاطعات بخش اعظمی از کل تصادفات را شامل می‌شود. پیچیدگی جابجایی وسایل نقلیه در تقاطعات موجب افزایش نقاط برخورد و لذا افزایش تصادفات جریان‌های مختلف ترافیکی می‌گردد. وقتی بهبود وضعیت یک تقاطع مد نظر قرار می‌گیرد، یکی از پیشنهادات برای افزایش کارایی تقاطع‌ها، ساخت تقاطع‌های غیرهمسطح می‌باشد. پس از اینکه شرایط لازم برای ساخت تقاطع غیرهمسطح احراز شد و توجیه اقتصادی پیدا کرد، برای ساخت تقاطع غیرهمسطح بایستی از بین انواع شکل‌ها یکی را انتخاب نمود. پروسه انتخاب نوع و شکل تقاطع غیرهمسطح، روند بسیار پیچیده‌ای است که پارامترها و شرایط گوناگونی در انتخاب نوع بهینه تقاطع غیرهمسطح دخیل می‌باشند. هدف از این مقاله بررسی عوامل مؤثر در ایمنی و تحلیل تصادفات در انواع شکل‌های تقاطع‌های غیرهمسطح می‌باشد که خود می‌تواند به عنوان بخشی از روند انتخاب نوع و شکل تقاطع غیر همسطح بکار گرفته شود.

کلید واژه: تقاطع غیر همسطح، تصادفات، ایمنی

با افزایش روزافزون وسایل نقلیه در شهرها و بوجود آمدن معضلی که از آن به ترافیک یاد می‌شود، اهمیت بررسی مشکلات ترافیک و ارائه راه حل‌هایی برای تغییر وضعیت آن یکی از دغدغه‌های اصلی شهرهای بزرگ است [۱]. تصادفات ترافیکی پیش‌آمد نامطلوب و اجتناب ناپذیر جریان ترافیک می‌باشند. تصادفات ترافیکی موجب هدر رفتن زمان، سرمایه و در نهایت عمر انسان‌ها می‌شوند. در معابر شهری، تصادفات در تقاطعات بخش اعظمی از کل تصادفات را شامل می‌شود. برای مثال براساس آمار ملی ایالات متحده آمریکا که در سال ۱۹۹۹ منتشر شده است، ۲۲/۹۸ درصد از کل تصادفات فوتی و ۴۴/۶۹ درصد از کل تصادفات مربوط به تقاطعات بوده است.

^۱ معاون فنی و برنامه‌ریزی سازمان ترافیک مشهد، ۷۲-۸۴۵۲۶۷۰-۰۵۱۱، پست الکترونیکی: Kami_Akhbari@yahoo.com

^۲ کارشناس ارشد سازمان ترافیک مشهد، ۷۲-۸۴۵۲۶۷۰-۰۵۱۱، پست الکترونیکی: Alizayerzadeh@yahoo.com

^۳ مسئول واحد مطالعات سازمان ترافیک مشهد، ۷۲-۸۴۵۲۶۷۰-۰۵۱۱، پست الکترونیکی: Masoud.Nadernejad@gmail.com

این اعداد و ارقام برای تصادفات جرحی به ۵۰ درصد نزدیک می‌شود و برای تصادفات خسارتی به بیش از ۴۲ درصد می‌رسد. اساساً علت اصلی بروز تصادفات در تقاطعات همگرا شدن مسیرهای مختلف در یک نقطه می‌باشد، که رانندگان را مجبور به تصمیم‌گیری می‌نماید. پیچیدگی جابجایی وسایل نقلیه در تقاطعات موجب افزایش نقاط برخورد و لذا افزایش تصادفات جریان‌های مختلف ترافیکی می‌گردد. اینکه جریان ترافیک عبوری از یک تقاطع در چه حدی است، یا تقاطع در چه منطقه‌ای به لحاظ قیمت زمین واقع است، همچنین مسأله ایمنی و ...، خصوصیات هستند که در تغییر وضعیت یک تقاطع همسطح به تقاطع غیرهمسطح موثر می‌باشند [۲].

مهندس طراح بایستی با توجه به وزنی که به هر یک از پارامترهای فوق می‌دهد و میزان اهمیتی که هر یک از آنها در روند تصمیم‌گیری دارند، شکل مناسبی از انواع شکل‌های تقاطع‌های غیرهمسطح را انتخاب کند. در نظر گرفتن مسأله ایمنی و تصادفات با توجه به صرف هزینه درصد عمده‌ای از تولید ناخالص ملی به طور کلی آنقدر با اهمیت جلوه می‌کند که دولت‌های مختلف را بر آن می‌سازد که سیستمها و تمهیدات خاصی را برای اداره و مدیریت ایمنی راه‌ها بوجود آورند.

۲- تعریف مسأله و اهداف تحقیق

وقتی بهبود وضعیت یک تقاطع مد نظر قرار می‌گیرد، یکی از پیشنهادات برای افزایش کارایی تقاطع‌ها، ساخت تقاطع‌های غیرهمسطح می‌باشد. پس از اینکه شرایط لازم برای ساخت تقاطع غیرهمسطح احراز شد و توجیه اقتصادی پیدا کرد، برای ساخت تقاطع غیرهمسطح بایستی از بین انواع شکل‌ها یکی را انتخاب نمود.

پروسه انتخاب نوع و شکل تقاطع غیرهمسطح، روند بسیار پیچیده‌ای است که پارامترها و شرایط گوناگونی (از قبیل میزان تحصیل حریم، قیمت زمین مورد نظر، ظرفیت نوع خاص تقاطع غیرهمسطح که می‌تواند جوابگوی ترافیک باشد، هزینه ساخت، مسأله ایمنی، کنترل دسترسی‌ها و ...) در انتخاب نوع بهینه تقاطع غیرهمسطح دخیل می‌باشند. هدف از این مقاله بررسی عوامل مؤثر در ایمنی و تحلیل تصادفات در انواع شکل‌های تقاطع‌های غیرهمسطح می‌باشد که خود می‌تواند به عنوان بخشی از روند انتخاب نوع و شکل تقاطع غیر همسطح بکار گرفته شود.

۳- شرایط و خصوصیات لازم برای ساخت تقاطع غیرهمسطح

شرایط و خصوصیات لازم برای ساخت تقاطع غیرهمسطح را می‌توان در چند مقوله ذیل خلاصه کرد.

• پیش‌بینی‌های طراحی

به طور کلی زمانیکه لنگر رفت و آمد (یعنی حاصلضرب احجام ترافیک ساعتی روی دو امتداد تقاطع) از حدی تجاوز کند باید اقدام به ایجاد تقاطع غیر همسطح نمود.

در خارج از شهرها ممکن است این نوع تقاطع را برای رفت و آمدهای با شدت کمتر نیز به کار برد و آن زمانی است که یکی از مسیرها دارای اهمیت کمتری نسبت به مسیر دوم بوده و رفت و آمد از این مسیر مانعی برای ترافیک مسیر دوم باشد نظیر برخورد راه‌های فرعی و اصلی و خیابان‌ها و راه‌های مخصوص پیاده رو با مسیر اتوبان‌ها [۳]. اگر مسیر جریان‌های ترافیکی که بهم می‌رسند، به لحاظ عملکردی در سطوح متفاوتی باشند. مثلاً یکی شریانی اصلی درجه ۱ باشد و دیگری شریانی فرعی درجه ۲ یا ۳ و خواهیم با جریان ترافیک مسیر اصلی را مختل کنیم، ناچاریم از تقاطع غیر همسطح استفاده کنیم.

• حجم بالای ترافیک

وقتی ظرفیت تقاطع هم سطح جوابگوی ترافیک عبوری از تقاطع نباشد، مسلماً تراکم شدیدی از وسایل نقلیه بوجود می‌آید که از آن به گره ترافیکی یاد می‌شود. اگر راه‌حلهایی از قبیل تغییر زمان بندی چراغ‌ها و یا افزایش تعداد خطوط عبوری و ارایه راه‌حلهایی در این سطح مشکل را حل نکنند، در این صورت ساخت تقاطع غیر همسطح توجیه پیدا می‌کند [۴].

• حفظ ایمنی

بدلیل برخورد جریان‌های ترافیک به هنگام عبور از تقاطع، احتمال برخورد وسایل نقلیه وجود دارد. اگر این تصادفات در حد بالایی باشد و باز هم با روش‌های معمول نظیر بهبود وضعیت زمان بندی چراغ‌ها و ... آمار تصادفات همچنان نگران کننده باشد، یکی از راه‌حل‌ها، ساخت تقاطع بصورت غیرهمسطح می‌باشد که برخورد جریان‌های ترافیک را از بین ببریم یا حداقل شکل تصادفات را تغییر دهیم [۴].

• کاهش زمان‌های تأخیر

یکی از بزرگترین مشکلات تقاطع‌های همسطح وجود زمان‌های تأخیر می‌باشد. اگر بدلیل حجم بالای ترافیک و عدم ظرفیت تقاطع برای عبور وسایل نقلیه، زمان‌های تأخیر از حدی بیشتر شوند؛ با توجه به اهمیتی که زمان برای استفاده کنندگان سیستم دارد و اینکه هزینه این زمان‌های تأخیر چقدر می‌شود، ساخت تقاطع غیر همسطح می‌تواند راه حل مناسبی برای کاهش این زمان‌های تأخیر باشد به شرطی که توجیه اقتصادی برای سیستم داشته باشد.

۴- انواع تقاطع‌های غیر همسطح

پس از گذشت سال‌ها از ساخت نسل‌های اولیه تقاطع‌های غیرهمسطح که ساخت اولین آن به سال ۱۹۲۸ برمی‌گردد، طی دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ تقاطع‌های غیرهمسطح نیز مانند بقیه تکنولوژی‌ها رشد پیدا کرد تا عبور جریان ترافیک بیش از پیش تسهیل یابد. طی این پیشرفت ۶ نوع اصلی برای تقاطع‌های غیرهمسطح در نظر گرفته شد که هر کدام از آنها دارای مزیت‌ها و نقصان‌های مربوط به خود بودند. در اینجا به آنها پرداخته می‌شود [۲].

• لوزی شکل Diamond

این شکل از تقاطع‌های غیرهمسطح، ساده‌ترین آنها می‌باشد و برای اتصال یک مسیر اصلی و فرعی، هم در محدوده شهری و هم برون شهری از آن استفاده می‌شود. تقاطع لوزی شامل چهار رمپ قطری می‌باشد که در چهارگوش آن مشخص می‌باشد. جریان ترافیک می‌تواند با سرعت بالا وارد مسیر اصلی شود یا از آن خارج گردد، اما زمان حرکت گردش به چپ نسبت به گردش به راست به مراتب بیشتر است.

از مشکلات این شکل از تقاطع‌های غیر همسطح، می‌توان به ورود و خروج حرکت گردش به چپ در مسیر فرعی، از سمت چپ اشاره کرد که برای جاهایی که حجم گردش به چپ بالا باشد، مناسب نیست؛ ظرفیت سرویس دهی با نقاط انتهایی رمپ‌ها محدود می‌شود ولی برای حرکت مستقیم در مسیر اصلی امکان عبور جریان ترافیک با سرعت بالا وجود دارد. همچنین عدم توجه کافی به مسأله عابر پیاده و ندیدن گذرگاه ایمن و مناسبی برای عبور آنها از مشکلات دیگر این شکل از تقاطع‌های غیرهمسطح می‌باشد [۴].

• تقاطع شهری تک‌نقطه‌ای (SPUI) Single-Point Urban Interchange

این شکل از تقاطع‌های غیرهمسطح، به نسبت جدیدتر و از مزیت‌های اصلی آن، تصرف کمتر زمین می‌باشد و همین باعث می‌شود بیشتر در محدوده شهری مورد توجه قرار گیرد؛ هرچند بدلیل نیاز به ساخت پل‌های با دهانه بیشتر هزینه ساخت بیشتری می‌طلبد.

شعاع بیشتر حرکت گردش به چپ، امکان سرعت بالاتری را برای این حرکت در مقایسه با نوع قبلی بوجود می‌آورد ولی مشکل ورود و خروج حرکت گردش به چپ در مسیر فرعی، از سمت چپ و عبور عابر پیاده همچنان وجود دارد [۲]. با توجه به اینکه به ویژه در شهرها معمولاً یک مسیر از اولویت خاصی برخوردار است و سایر حرکات را می‌توان با چراغ راهنمایی فرماندهی و کنترل کرد، این تقاطع از مطلوبترین گزینه‌ها در محیط‌های شهری است.

• شیپوری Trumpet

این شکل از تقاطع‌های غیرهمسطح، برای اتصال سه مسیر متقاطع که بصورت T بهم پیوند خوردند، بکار می‌رود. بنابراین نمی‌توان در همه جا از آن استفاده کرد و صرفاً برای حل مشکلات سه راهی‌ها آنرا بکار می‌برند.

یکی از کاربردهای مهم این تقاطع معمولاً در راه‌هایی است که لازم است برای ورود از مسیر متقاطع به مسیر اصلی از رانندگان عوارض دریافت شود که در این نوع تقاطع امکان این امر به سهولت وجود دارد [۴].

• شبدری کامل Full Cloverleaf

این شکل از تقاطع‌های غیرهمسطح، بدلیل امکان انجام کلیه حرکات، بصورت مجزا و حل مشکل ورود و خروج حرکت گردش به چپ از سمت چپ و انجام این حرکات از سمت راست راه، ایمنی به مراتب بیشتری را از این جهت بوجود می‌آورد؛ هر چند مشکلاتی در طول قسمت تداخلی بوجود می‌آید و این مسایل به شدت بطول قسمت تداخلی ارتباط دارد.

مسأله زمین رمپ‌ها می‌تواند این طرح را در محدوده شهری غیراقتصادی کند. ولی اگر نگرانی برای تحصیل زمین وجود نداشته باشد، مانند محدوده برون شهری، این شکل از تقاطع‌های غیرهمسطح می‌تواند مناسب باشد [۳].

• نیمه‌شبدری Partial Cloverleaf

این شکل از تقاطع‌های غیرهمسطح، شبیه شبدری کامل است، بجز اینکه loop ramp حداکثر در سه طرف آن است. این حالت برای مواقعی بکار می‌رود که زمین لازم در همه گوشه‌ها موجود نباشد یا اینکه حجم ترافیک گردش به چپ در برخی تمایلات خیلی کمتر است و نیازی به ساخت آن نیست. این شکل از تقاطع‌های غیرهمسطح، بدلیل ورود حرکت گردش به چپ از سمت چپ در یک مسیر، از نظر ظرفیت و ایمنی در سطح پایینتری نسبت به شبدری کامل قرار دارد [۴].

• هدایت‌کننده Directional

بهترین شکل از تقاطع‌های غیرهمسطح، به لحاظ ظرفیت، است. این برتری به دلیل فاصله‌های طی شده کمتر برای حرکات گردشی، امکان سرعت بالا و حذف قسمت‌های تداخلی می‌باشد. اما همه این مزیت‌ها در مقابل هزینه ساخت بسیار زیاد آن قرار دارد. این شکل از تقاطع‌های غیرهمسطح، بدلیل ترکیب آن، نیازمند زمین زیاد و سازه‌های پیچیده‌ای در چند تراز مختلف است که به لحاظ طراحی و اجرا، ساخت چنین ترکیبی را مشکل می‌کند.

در این نوع تقاطع ارتباط به صورت مستقیم است و وسایل نقلیه با سرعت بسیار زیاد قادر به گردش به چپ یا به راست می‌باشند [۴]. با توجه به هزینه بسیار زیاد احداث پل‌های چند سطحی در این نوع تقاطع لذا ارتباطات مستقیم فقط در گردش به چپ‌های پر اهمیت تعبیه می‌شود و در سایر موارد از تقاطع شبدری استفاده می‌شود [۳].

اگر بخواهیم ویژگی های انواع تقاطع های غیر همسطح را به طور خلاصه بیان کنیم، جدول (۱) بیانگر این ویژگی هاست:

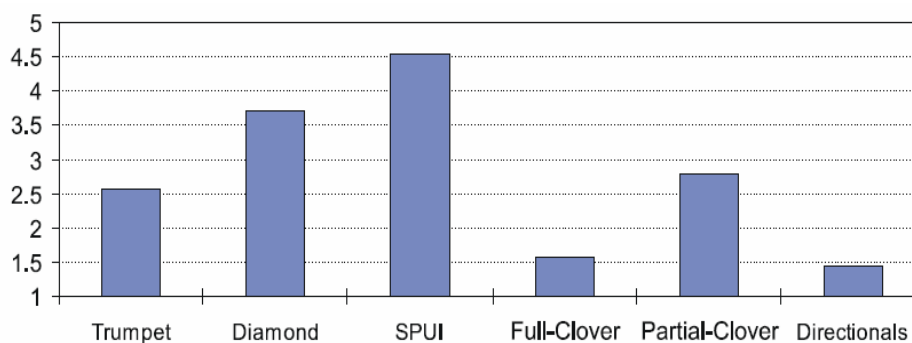
جدول (۱) ویژگی تقاطعات غیر همسطح [۲]

نوع تقاطع	نکات قابل توجه	میزان تحصیل حریم	ظرفیت	هزینه
Diamond	ساده ترین نوع تقاطع	کم	کم	کم
SPUI	مناسب برای شهرها، مشکل جانمایی محل عبور عابر پیاده	کم	متوسط	کم تا متوسط
Partial Cloverleaf	چیدمان لوپها باید با توجه به بزرگترین حجم گردش به چپ باشد	متوسط	متوسط	متوسط
Full Cloverleaf	توجه ویژه به نواحی تداخلی (weaving) از نظر ایمنی و ظرفیت	زیاد	متوسط	زیاد
Trumpet	در تقاطعات سه راهی	متوسط تا زیاد	متوسط	متوسط تا زیاد
Directional	گزینه مناسب برای اتصال یک آزادراه به آزادراه دیگر	خیلی زیاد	زیاد	خیلی زیاد

و اگر بخواهیم انواع تقاطع های غیر همسطح را بصورت موردی الویت بندی کنیم، شکل های زیر مشخص کننده رتبه آنهاست.

۵- اولویت بندی تقاطعات غیر همسطح بر اساس مشخصات اجرایی

• میزان تحصیل حریم (Right of Way Availability)

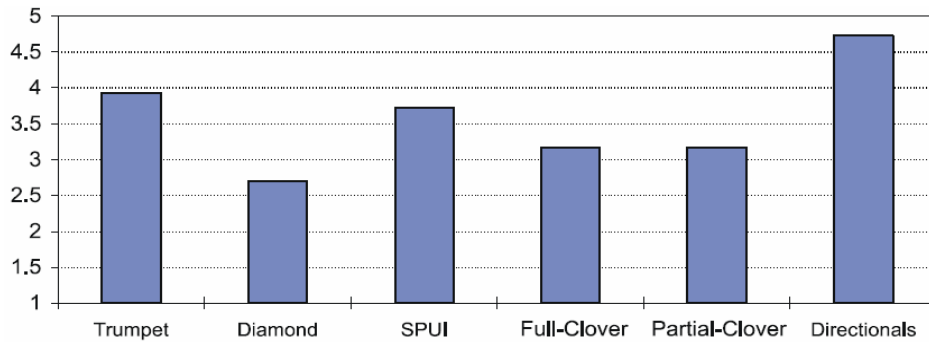


شکل (۱) رتبه بندی تقاطعات بر اساس تحصیل حریم

همانطور که در شکل (۱) مشاهده می شود به لحاظ میزان تصرف زمین، بهترین مورد تقاطع تک نقطه ای است یعنی برای احداث به کمترین میزان تحصیل حریم نیازمند است. پس از آن تقاطع لوزی و تقاطع نیمه شبدری قرار می گیرند و بدترین آنها هدایت کننده می باشد، که بیشترین میزان تصرف زمین را داشته است.

• ظرفیت (Capacity)

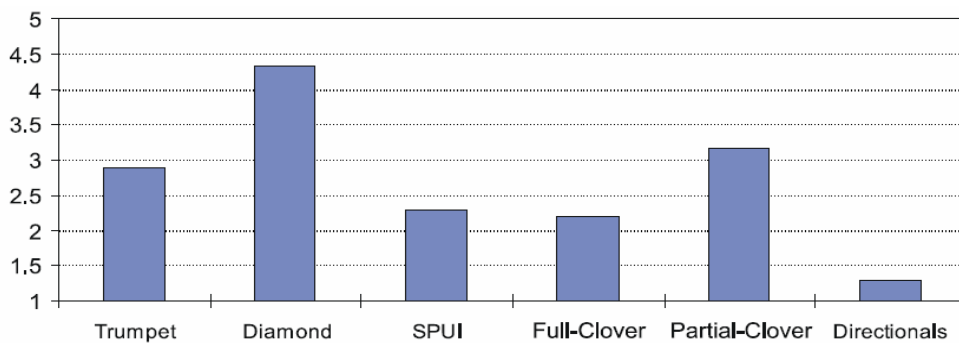
مطابق شکل (۲) از لحاظ قابلیت عبور ظرفیتی، تقاطع هدایت کننده بیشترین امتیاز را داراست و از بقیه عملکرد بهتری دارد. پس از آن تقاطع شیپوری و تقاطع تک نقطه‌ای قرار می‌گیرند و تقاطع لوزی کمترین امتیاز را کسب کرده است.



شکل (۲) رتبه بندی تقاطعات بر اساس ظرفیت

• هزینه ساخت (Construction Cost)

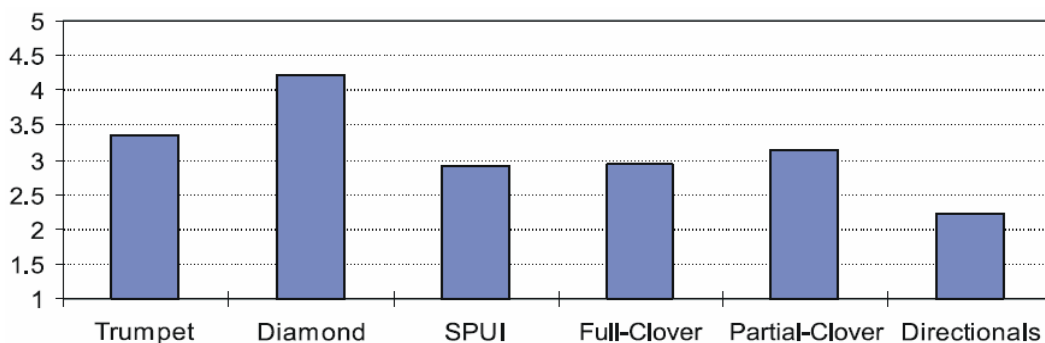
از نظر هزینه ساخت همانطور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، تقاطع لوزی کمترین هزینه ساخت را دارد و بیشترین امتیاز را کسب کرده است، تقاطع نیمه‌شبدری در رده دوم و تقاطع شیپوری در رده سوم است. تقاطع هدایت کننده همانطور که قابل پیش بین هم بود بیشترین هزینه ساخت را دارد و کمترین امتیاز را گرفته است و از این نظر گزینه مناسبی نیست. ضمن اینکه مناطق مختلف ممکن است در هزینه های اجرایی با هم متفاوت باشند [۲].



شکل (۳) رتبه بندی تقاطعات بر اساس هزینه ساخت

• هزینه نگهداری (Maintenance Cost)

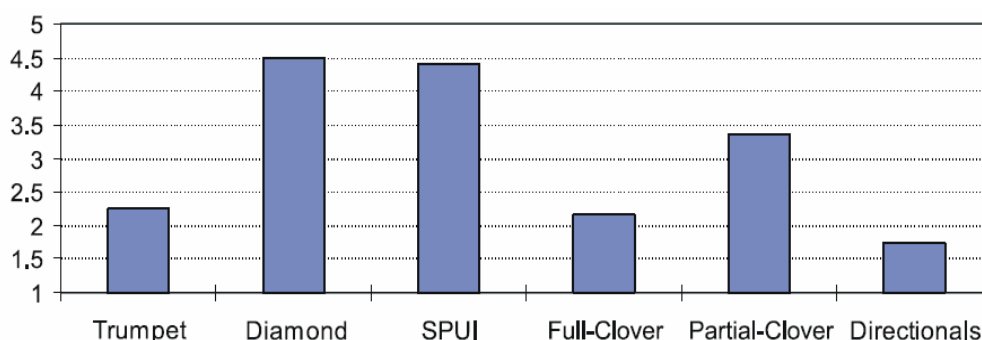
بر اساس شکل (۴) می‌توان اظهار داشت که با اختلاف زیادی تقاطع لوزی از نظر هزینه نگهداری گزینه مناسبتری است و برعکس تقاطع هدایت کننده کمترین امتیاز را گرفته و از همه پرهزینه‌تر است. تقاطع شیپوری و تقاطع نیمه‌شبدری هم بعد از تقاطع لوزی گزینه‌های برتر هستند.



شکل (۴) رتبه بندی تقاطعات بر اساس هزینه نگهداری

• ایجاد دسترسی به کاربری‌های مجاور

اما از نظر توانایی ایجاد دسترسی به کاربری‌های مجاور دو تقاطع لوزی و تقاطع تک‌نقطه‌ای بهترین گزینه‌ها هستند و تقاطع هدایت‌کننده کمترین دسترسی را در اختیار کاربرانی که می‌خواهند به کاربری‌های مجاور بروند، برقرار می‌کند. مطابق شکل (۵) تقاطع نیمه‌شبدری در رده سوم قرار گرفته است و دو تقاطع شیپوری و تقاطع شبدری کامل با اختلاف کمی در رده‌های بعدی هستند.



شکل (۵) رتبه بندی تقاطعات بر اساس سهولت دسترسی به کاربری‌های مجاور

۶- بررسی تصادفات و ایمنی در تقاطع‌های غیر همسطح

آمار تصادفات و بطور کلی مسایل ایمنی در تقاطع‌های غیر هم سطح نسبت به تقاطع‌های هم سطح بدلیل کاهش نقاط برخورد، مسلماً در سطح بالاتری قرار دارد. اما در خود تقاطع‌های غیرهم سطح نیز در سه موقعیت احتمال تصادف نسبت به جاهای دیگر بیشتر است که عبارتند از رمپ‌ها، خطوط افزایش و کاهش سرعت و مقاطع تداخلی [۵].

• آمار تصادفات

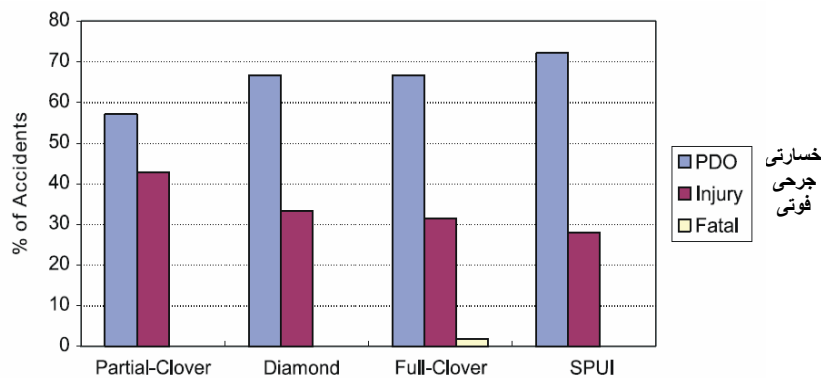
آمار ارائه شده توسط پلیس ایالت ویرجینیا، در طول سه سال تصادفات رخ داده را در محدوده ۵۰ متری تقاطعات غیرهمسطح، مورد بررسی قرار داده و این آمار بر حسب اطلاعات داده شده تقسیم بندی می‌گردد [۲]. اصلی‌ترین قسمتهای این دسته بندی عبارتند از وضعیت آب و هوایی و روسازی، زمان وقوع تصادف، نوع تصادف شامل جلو-عقب (rear-end)، پهلو به پهلو (sideswipe) و ...، شدت تصادف از قبیل فوتی (fatality)، جرحی (injury) و خسارتی (property damage) و محل تصادف.

• آنالیز آمار تصادفات

آمار تصادفات برای ۲ تقاطع لوزی شکل، ۲ تقاطع SPUI، ۳ تقاطع نیمه‌شبدری و ۳ تقاطع شبدری کامل، مورد آنالیز قرار گرفت و آمار تصادفات برای تقاطع‌های غیرهمسطح فوق بر حسب موارد سه‌گانه زیر تقسیم بندی گردید و نتایج ذیل بدست آمد.

- شدت تصادف (property damage, injury, fatality)
- محل تصادف (Collision location) و
- نوع تصادف (sideswipe, rear-end,...)

• توزیع تصادفات بر حسب شدت تصادف



شکل (۶) رتبه بندی تقاطعات بر اساس نوع تصادفات

شکل (۶) فوق نشان می دهد که با کاهش تصادفات خسارتی، شدت تصادفات بیشتر شده و باعث مجروح شدن سرنشینان وسیله نقلیه و افزایش تصادفات جرحی (نیمه‌شبدری) می‌شود [۲].

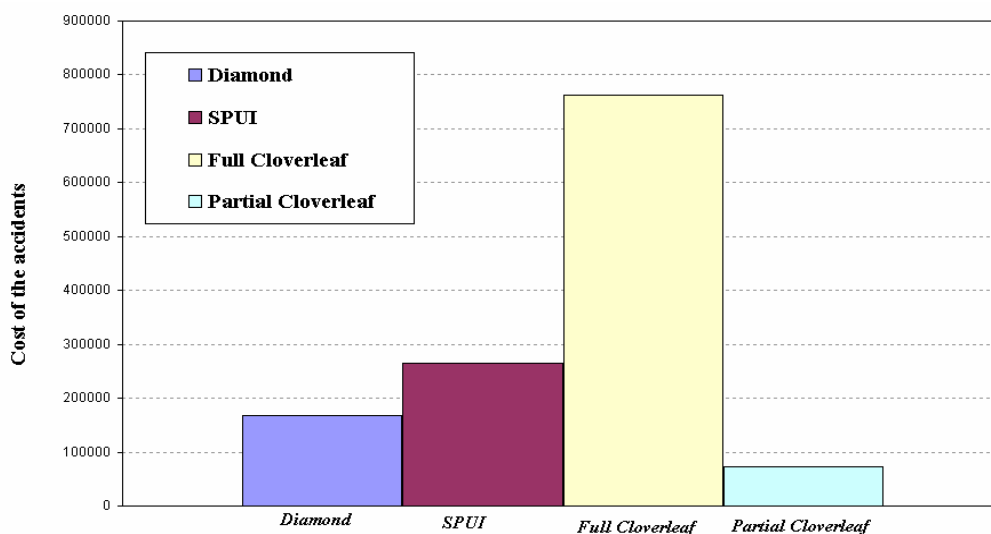
• هزینه تصادفات

هرچند مجروح شدن افراد و خسارت وسیله نقلیه در شرایط گوناگون هزینه های متفاوتی دارد، اما اگر مقیاسی برای آنها فرض شود، می توان نتیجه بهتری برای بررسی تقاطع‌های غیرهمسطح از نظر شدت تصادف بدست آورد. در آمریکا هزینه هر تصادف خسارتی (PDO) \$ ۶,۰۰۰، جرحی (Injury) \$ ۳۲,۲۰۰ و فوتی (Fatality) \$ ۷۹۰,۰۰۰ در نظر گرفته می‌شود.

جدول (۲) تأثیر اقتصادی تصادفات [۲]

Interchange Type	Number Studied	PDO	Injury	Fatality	Total
Diamond	2	28	14	0	42
SPUI	2	44	17	0	61
Full Cloverleaf	3	36	17	1	54
Partial Cloverleaf	3	12	9	0	21
Total	10	120	57	1	178
Cost	10	\$720,000	\$1,835,400	\$790,000	\$3,345,400
% of Total Cost		21.5%	54.9%	23.6%	100%

همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود در چهار نوع تقاطع مورد بررسی از نظر نوع تصادفات، با آنکه از ده تصادف گزارش شده، فقط یک تصادف فوتی بوده است ولی سهم اقتصادی آن در مجموع حدود ۲۴ درصد شده است که به دلیل هزینه بسیار بالای تصادفات فوتی است که بر جامعه وارد می‌شود. هزینه یک تصادف فوتی تقریباً ۲۵ برابر یک تصادف جرحی و ۱۳۰ برابر تصادف خسارتی است. با فرض هزینه‌های فوق در شکل (۷) مشاهده می‌شود از این نظر تقاطع شبدری کامل در وضعیت مناسبی نسبت به بقیه تقاطع‌ها، قرار ندارد و از این منظر به هیچ وجه گزینه مناسبی به نظر نمی‌رسد ولی نوع نیمه‌شبدری با اختلاف معناداری از سه مدل دیگر بهتر است.



شکل (۷) رتبه‌بندی تقاطعات بر اساس هزینه ناشی از تصادفات

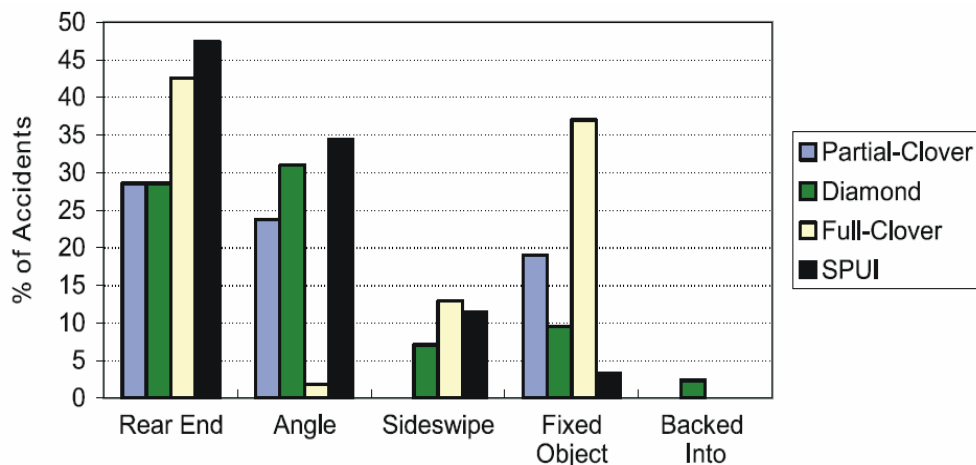
پس از تقاطع نیمه‌شبدری به ترتیب تقاطع لوزی و تک نقطه‌ای در رده‌های بعدی هستند که با توجه به اهمیت ویژه بحث ایمنی در هنگام انتخاب نوع تقاطع باید مورد عنایت خاص قرار گرفته شوند.

• توزیع تصادفات بر حسب نوع تصادف

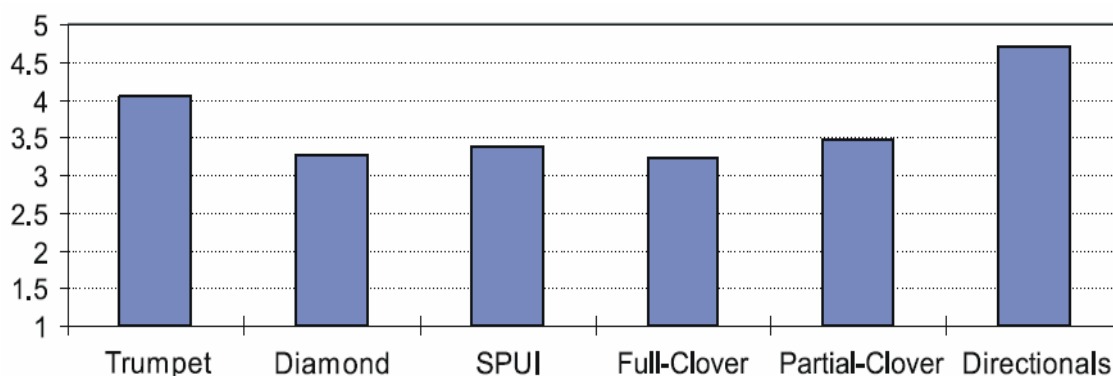
نوع تصادفات مورد بررسی عبارتند از جلو به عقب (Rear-end)، زاویه دار (Angle)، بغل به بغل (Sideswipe)، برخورد با مانع ثابت کنار راه (Fixed object) و دنده عقب (Backed-into). نتایج بررسی تقاطع‌های گوناگون از این نظر مطابق شکل (۸) خواهد بود.

۷- جمع بندی و نتیجه گیری

با توجه به مطالب ذکر شده در یک نتیجه گیری کلی اولویت بندی انواع تقاطع‌های غیرهمسطح به لحاظ وضعیت ایمنی بصورت شکل (۹) بیان می‌شود. در نهایت بهترین تقاطع غیرهمسطح از نظر ایمنی، تقاطع غیرهمسطح هدایت‌کننده می‌باشد و تقاطع شیپوری، تقاطع نیمه‌شبدری، تقاطع تک نقطه‌ای، تقاطع لوزی و تقاطع شبدری کامل با اختلاف ناچیزی در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.



شکل (۸) رتبه بندی تقاطعات بر اساس نوع تصادفات [۲]



شکل (۹) رتبه بندی تقاطعات غیرهمسطح بر اساس ایمنی

۶- مراجع

۱- آیتی، اسماعیل، "هزینه تصادفات ترافیکی ایران"، مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی، ۱۳۸۱.

۲- Nicholas J. Garber, Michael D. Fontaine, "Guidelines For Preliminary Selection Of The Optimum Interchange Type For A Specific Location", In Cooperation with the U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Charlottesville, Virginia, January ۱۹۹۹.

۳- نریمانی، گرشاسب، "طرح هندسی راه"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۱۳۸۱.

۴- بهبهانی، حمید، "راهسازی و طرح هندسی راه"، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ نهم، ۱۳۷۸

۵- American Association of State Highway and Transportation Officials. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington, D.C. ۱۹۹۰.