

# میدان مدرن به عنوان گزینه جایگزین انواع تقاطعات متداول

محمود صفارزاده، دانشیار دانشکده عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران\*  
سید صابر ناصرعلوی، کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران\*\*  
تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۱۱۰۰۱، پست الکترونیکی: [saffar\\_m@modares.ac.ir](mailto:saffar_m@modares.ac.ir)  
تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۶۷۷۳۲، پست الکترونیکی: [ssna60@yahoo.com](mailto:ssna60@yahoo.com)

## ۱- مقدمه

میدانهای جدید یک نمونه از تقاطعهای گردشی هستند که در چند دهه اخیر با موفقیت در اروپا و استرالیا طراحی و پیاده سازی شده اند. در آمریکا اخیراً استفاده از میدان ها مورد استقبال قرار گرفته است. اگرچه بیش از ۵۰۰۰ میدان در کل دنیا ساخته شده است، ولی شاید کمتر از ۵۰ عدد آن با اصول صحیح طرح هندسی یک میدان مدرن، در کشور عزیزمان ایران وجود داشته باشد. با توجه به اینکه از یک طرف در کشورمان استفاده از میدان ها بسیار مورد توجه است و از طرف دیگر اکثر میادین اجرا شده در ایران عملکرد دایره ترافیکی را دارد تا میدان مدرن، ارزیابی میادین الزامی به نظر می رسد. برای ارزیابی میدان ها روش های گوناگونی توسط کشورهای مختلف ارائه شده است. در این مقاله پس از معرفی میدان مدرن، مروری بر تحقیقات انجام شده مرتبط و ذکر تفاوت های میدان با دایره های ترافیکی، مزایای میادین مدرن گفته می شود؛ اجزا طرح هندسی میدان مدرن مشخص می گردد؛ انواع روش های تحلیل ظرفیت میادین مدرن از نظر می گذرد؛ انواع تأخیر در میدانها بیان می شود؛ ایمنی میادین مدرن با تقاطع های چراغدار مقایسه می شود؛ روش های متفاوت مدلسازی و شبیه سازی میادین مدرن با معرفی انواع نرم افزارهای کامپیوتری متداول در کشورهای مختلف، بیان می شود و در آخر به عنوان جمع بندی، نتیجه گیری و پیشنهادهایی جهت توسعه میادین مدرن در ایران شده است.

کلید واژه : میدان مدرن، ظرفیت میدان، تأخیر میدان، تقاطعات متداول

## ۱- مقدمه

به طور کلی تقاطع جایی است که سه مسیر یا بیشتر، به همدیگر می رسند و مکانی را به وجود می آورند که وسایل نقلیه بتوانند تغییر مسیر بدهند. نتیجه جریان ترافیک در میان یک تقاطع، ظرفیت آن تقاطع می باشد که در این مورد کتاب راهنمای ظرفیت راه، می گوید: بیشترین نرخ ساعتی جریان که افراد یا وسایل نقلیه به طور معقول انتظار برود از نقطه ای یا مقطع یکنواختی از خط عبور مسیر تحت شرایط حاکم بر

مسیر، ترافیک و شرایط کنترلی گذر کنند، ظرفیت می‌باشد [۱]. بیشترین نرخ ساعتی جریان بستگی به اثر متقابل مابین وسایل نقلیه در تقاطع، طرح هندسی، شرایط کنترلی تقاطع و خصوصیات محیط زیستی مسیر دارد [۱ و ۲].

هدف اصلی از وسایل کنترل ترافیکی<sup>۱</sup> (TCD) در یک تقاطع، به‌وجود آوردن نظم و دادن اطلاعات هشداري و راهنمایی کننده، برای وسایل نقلیه ورودی می‌باشد [۳]. انواع سیستم‌های سنتی کنترل تقاطع عبارتند از: کنترل با احتیاط و مسیرهای کنترل شده با تابلوی ایست در دو جهت<sup>۲</sup> (TWSC)، مسیرهای کنترل شده با تابلوی ایست در همه جهات<sup>۳</sup> (AWSC) و کنترل با چراغ راهنمایی<sup>۴</sup> (TSC). از این موارد سنتی وسایل کنترل ترافیکی مذکور که بگذریم، یک نوع منحصر بفرد کنترل تقاطع یعنی میدان مدرن امروزه در سراسر دنیا یک گزینه پیشنهادی خوب برای کنترل تقاطع ترافیک به شمار می‌رود. میداین مدرن موفقیت بزرگی را در اروپا (به‌ویژه انگلستان) و استرالیا به دست آوردند به‌طوری‌که در خیلی از قسمت‌ها گزینه بهتری نسبت به انواع سنتی کنترل ترافیک تقاطع می‌باشند [۴].

تأخیر به عنوان یک معیار اندازه‌گیری برای ارزیابی عملکرد یک تقاطع به شمار می‌رود [۱]. خیلی از مطالعات، پیشنهادهاي گوناگون برای کنترل تقاطعات را با هم مقایسه می‌کنند که اکنون مقدمه‌ای برای میداین مدرن شده‌اند [۵]. یک مطالعه که با استفاده از نرم‌افزار SIDRA، مقایسه‌ای را مابین عملکرد انواع مختلف تقاطعات سنتی با میداین مدرن انجام داده بود، نتیجه گرفت که در بسیاری از شرایط فرم میدان مدرن بهتر از دیگر انواع تقاطعات می‌باشد [۶]. شرایط مختلف این تحقیق شامل تغییرات در سطوح حجم، حجم‌های گردش، تعداد خطوط عبور در هر رویکرد و عرض خط بود. در تقاطعات چراغدار نیز شامل یک طرح ساده دو فازی، گردش به‌چپ مجاز، گردش به‌راست در حالت قرمز و خطوط عبور مشترک بود. نتایج این مطالعه عبارتند از [۶]:

- ۱- AWSC در مقایسه با دیگر انواع تقاطعات و در تمام شرایط، تأخیر بیشتری را نتیجه می‌دهد.
- ۲- تحت شرایط تقاضای ترافیکی کم، TWSC و تقاطعات با تابلوهای احتیاط بهتر از سایر انواع تقاطعات عمل می‌کنند.
- ۳- پیشنهادهاي میداین و TSC، هر دو با رویکردهای تک خطه و ترافیک سنگین زمانی‌که تأثیر قسمت عریض‌شده<sup>۵</sup> حداکثر باشد، نسبتاً قابل قبول هستند.
- ۴- برای تقاطعات با دو خط عبور رویکردها و ترافیک سنگین، میداین نشان دادند که عملکرد بهتری نسبت به سایر انواع تقاطعات دارند.
- ۵- برای رویکردهای دارای سه خط، خصوصاً با حجم‌های ترافیک سنگین، میداین گزینه‌های خوبی نیستند و TSC بهتر از دیگر انواع عمل می‌کنند.
- ۶- برای تقاضای گردش به چپ بالا، عملکرد میداین فوق‌العاده است و در موارد ظرفیت و تأخیر بهتر از انواع دیگر کنترل تقاطع کارایی دارند.

<sup>۱</sup> - Traffic Control Device (TCD)

<sup>۲</sup> - Two-Way Stop Control (TWSC)

<sup>۳</sup> - All-Way Stop Control (AWSC)

<sup>۴</sup> - Traffic Signal Control (TSC)

<sup>۵</sup> - Flare

همچنین راهنمای طراحی میدان فلوریدا [۵]، میداین را با تقاطعات چراغدار مقایسه کرد و دریافت که عملکرد تقاطعات چراغدار تحت شرایط حجم‌های ورودی بالا در زمینه تأخیر، مناسبترین است؛ با این وجود یکسال بعد اکسلیک [۷] گزارش داد که مطالعات FDOT به‌دلیل اینکه اثر قسمت پهن شدگی را به‌درستی در نظر نگرفته است، مردود است.

راهنمای میدان FHWA [۸] بیان می‌کند که میداین زمانیکه ترافیک راه فرعی به آنها بیش از ۱۰٪ ورودیها باشد، عملکرد و ظرفیت بالاتری دارد. همچنین این راهنما تصریح می‌کند که زمانیکه گردش به چپها به اندازه کافی باشند، گزینه میدان نسبت به TWSC مناسبتر است و همچنین همواره و تحت هر شرایط ترافیکی فرضی، عملکرد میدان مدرن بهتر از AWSC می‌باشد و همچنین زمانیکه رویکرد خیابان اصلی غالب باشد، تأخیر میدان معمولاً کمتر از TSC است خصوصاً جائیکه نسبت بالایی گردش به چپ وجود داشته باشد [۸].

میداین مدرن نباید با دایره‌های ترافیکی و دایره‌های محلی کوچکی که به منظور آرام‌سازی ترافیکی به‌کار می‌روند، اشتباه گرفته شوند (شکل ۱). موارد زیر میداین مدرن را از دایره‌های ترافیکی متمایز می‌کنند [۹]:

۱- در میداین مدرن احتیاط برای وسایل نقلیه ورودی الزامی است. به این معنی که وسایل نقلیه‌ای که قصد ورود به جریان چرخشی میدان را دارند، باید قبل از ورود به میدان صبر کنند تا فاصله زمانی مناسب برای آنها حاصل شود؛ در حالیکه در دوایر ترافیکی وسایل نقلیه در حال گردش، حق حرکت وسایل نقلیه ورودی را می‌پذیرند.

۲- میداین به‌وسیله قطره‌های کم جزیره وسط و خم‌های مناسب ورودیها، سرعتهای وسایل نقلیه ورودی و گردش را کنترل می‌کنند؛ برعکس، دوایر ترافیکی با تأکید بر حرکت‌های ترافیکی با سرعت بالا، باعث می‌شود قطر جزیره وسط افزایش یابد و ورودیها معمولاً حالت منحنی شکل نداشته باشند و به‌صورت مستقیم باشند.

۳- در میداین مدرن امکان پارک در نواحی گردشی وجود ندارد.

۴- در میداین مدرن عابرین پیاده حق ورود به جزیره وسط را ندارند.

الف

ب

شکل ۱: الف: میدان مدرن در میشیگان؛ ب: دایرة محلي کوچک در واشنگتن؛ ج: دایرة بزرگ ترافيكي در پاریس.

فاكتورهاي زيادي را براي طراحي ميدان بايد در نظر گرفت. فاکتورهاي طرح هندسي که بر عملکرد ميدان تأثیر مي‌گذارد، عبارتند از: تعداد مسير ورودی به ميدان، قطر ميدان، شعاع ورودی، طول قسمت عريض‌شده، عرض ورودی، عرض قسمت نزديک شونده (عرض رویکرد)، زاویه ورودی، تعداد خط عبور، جزیره جدا کننده و طراحي آن. فاکتورهاي جريان ترافيک نیز عبارتند از: حجم جريان ورودی، حجم جريان گردش، سرعت طرح، ترکیب ترافيک و بالأخره ساير فاکتورهايي که بر طراحي ميدان تأثیر مي‌گذارند عبارتند از: محل ميدان (شهري، حومه شهري، بين شهري)، استانداردهاي طراحي، قوانين ترافيكي، روشنايي. ترکیبي از فاکتورهاي مذکور و ساير عوامل ديگر بر عملکرد ميدان تأثیر مي‌گذارند. به دليل تعداد فراوان ترکیبات موارد فوق، کشورهاي مختلف جهت طراحي ميادين خود، آيين‌نامه‌هايي را منتشر کرده‌اند [۹].

مزايای ميدان معمولاً شامل موارد: فاکتورهاي زیست محيطي، بهبود عملکرد تقاطع، کاهش تعداد و شدت تصادفات و هزینه‌هاي اجرايي و نگهداري کمتر، مي‌باشد [۵]. علاوه بر موارد مذکور، از نقطه نظر زيباسازي فضاي شهر، ميدانها مناسب به نظر مي‌رسند.

ميادين در موارد زیر مي‌تواند به کار روند [۵]:

- در تقاطعهاي دو طرف کنترل شده با تابلوي ايست (TWSC)، هنگامیکه تأخير براي جريان مسير فرعي تقاطع غير قابل قبول باشد؛
- در مواردی که حجم ترافيک به گونه‌اي است که با چراغدار کردن تقاطع، تأخير بيشتري داشته باشد ميدان مي‌تواند اين تأخير را کاهش دهد. در اين گونه موارد ظرفيت تقاطع ثابت است ولي تأخير و امنيت بهبود مي‌يابد؛
- در تقاطعهاي با حجم گردش به چپ بالا بخصوص آنهايي که دسترسي تك خطه دارند؛
- در تقاطعهاي با بيش از چهار دسترسي؛
- در تقاطعهاي جاده‌هاي حومه شهري و بين شهري که به دليل سرعت بالا تعداد تصادفات ناشي از حرکتهاي ضربدری و گردش به چپ بالا مي‌باشد؛
- در تقاطعهاي جاده‌هاي محلي که حق تقدم براي حرکتهاي تعريف نشده است و همه حرکتهاي اولويت حرکت يکساني دارند.

## ۲- اجزای طرح هندسی میدان

مبانی اصلی طراحی میدان، محدود کردن سرعت عملکردی در تقاطع می‌باشد که اینکار به وسیله خم-دار کردن مسیر وسایل نقلیه ورودی و گردش، حاصل می‌شود. ایمنی و فوائد افزایش ظرفیت تنها زمانی به طور کامل حاصل می‌شود که وسایل نقلیه از لحاظ فیزیکی نتوانند با سرعت بیش از تقریباً ۴۰ کیلومتر بر ساعت در محدوده میدان حرکت کنند [۹].

اجزای اصلی میدان که در شکل ۲ نشان داده شده است، به صورت زیر تعریف می‌شوند [۹].

- دایره محاطی: قطر دایره محاطی ممکن است بین ۱۵ متر تا ۱۰۰ متر باشد. برای سیستم راه ایالتی کمترین مقدار قطر برابر ۳۷ متر می‌باشد؛ به دلیل اینکه دواير کوچکتر به شایستگی نمی‌توانند حرکتهای کامیونها را پوشش دهند. با این حال، مزیت‌های ایمنی میدان ممکن است با زیاد شدن قطر دایره محاطی به بیش از ۷۵ متر، کاهش یابد.
- مسیر گردش: عرض مسیر گردش بستگی به تعداد خطوط عبوری ورودیها و شعاع مسیرهای وسایل نقلیه دارد. حداقل عرض مسیر گردش باید به اندازه بیشترین عرض ورودی باشد. خط کشیهای خطوط عبور در این محوطه، نباید ترسیم شود. روسازی ممکن است یا به دو طرف شیب داشته باشد و یا اینکه فقط به یک طرف شیب‌دار باشد؛ که این موارد بستگی به ملاحظات زهکشی دارد.
- جزیره مرکزی: جزیره مرکزی عموماً به وسیله جدول بالا آمده، طرح و اجرا می‌شود و اندازه آن بستگی به عرض مسیر گردش و قطر دایره محاطی دارد.
- محوطه نگهداری کامیون: در میادین کوچکتر، محوطه نگهداری کامیون ممکن است مستلزم جا دادن مسیر چرخهای وسایل نقلیه بزرگ باشد. یک محوطه نگهداری معمولاً به صورت قسمت قابل صعود جزیره مرکزی، طراحی می‌شود.
- جزیره تفکیک کننده: این جزیره به منظور جدا سازی ترافیک ورودی و خروجی در ابتدای یک رویکرد به‌کار می‌رود. طراحی جزیره تفکیک کننده به صورت جدول بالا آمده و با در نظر گرفتن خم مناسب ترافیک ورودی و به وجود آوردن پناهگاهی برای عابرین پیاده عبوری از خیابان، انجام می‌شود.
- خط عبور مسیر کنار گذر (مسیر فرعی): این خط عبور معمولاً چاره‌ای برای حجم‌های سنگین گردش به-راست می‌باشد.
- عرض مسیر نزدیک شونده به میدان (عرض رویکرد): این عرض معمولاً نصف عرض مسیری است که به میدان منتهی می‌شود.
- عرض مسیر دور شونده از میدان: این عرض معمولاً نصف عرض مسیری است که از میدان خارج می-شود.
- عرض ورودی: این عرض برابر فاصله بین خط جدول سمت راست ورودی تقاطع تا خط لبه سمت چپ دایره محاطی می‌باشد.
- عرض خروجی: این عرض برابر فاصله بین خط جدول سمت راست خروجی تقاطع تا خط لبه سمت چپ دایره محاطی می‌باشد.

- قسمت تعریف شده: قسمت تعریف شده عبارت از ایجاد خطوط اضافی در نزدیکی رویکردهای ورودی به میدان به منظور افزایش ظرفیت، می باشد. از آنجا که قسمت تعریف شده احتمال تصادفات را افزایش می دهد، تنها زمانی باید آن را به کار برد که حجمهای ترافیکی زیاد باشند.
- زاویه ورودی: جهت ایجاد خم مناسب برای وسایل نقلیه ورودی به کار می رود. این زاویه معمولاً برابر با ۳۰ درجه است. زوایای کوچکتر کاهش دید سمت چپ رانندگان را در پی دارد؛ در حالیکه زوایای بزرگتر سبب ترمزگیری بیش از اندازه ترافیک ورودی می شود که نهایتاً کاهش ظرفیت را نتیجه می دهد.
- شعاع ورودی: یک شعاع ورودی، کمترین شعاع منحنی اندازه گیری شده در طول جدول سمت راست ورودی است. شعاع ورودی عملی در حدود ۲۰ متر است. شعاع کمتر سبب کاهش ظرفیت و شعاع بزرگتر سبب خم نامناسب جریان ورودی می شود.
- شعاع ورودی: یک شعاع خروجی، کمترین شعاع منحنی اندازه گیری شده در طول جدول سمت راست خروجی است. شعاع خروجی مناسب و مطلوب تقریباً ۴۰ متر است.

## شکل ۲: اجزای طراحی میدان

### ۳- عملیات ترافیکی

#### ۳-۱- ظرفیت

ظرفیت میدان به صورت جمع ظرفیتهای تمامی رویکردهای ورودی تعریف می شود. ظرفیت هر رویکرد، بیشترین تعداد وسایل نقلیه ورودی به میدان از آن رویکرد و در طول یک ساعت، می باشد. این تعاریف مشابه مفاهیم روش تحلیلی فصل هفدهم کتاب راهنمای ظرفیت راه (تقاطعهای بدون چراغ) می باشد که در آنجا ظرفیت جریان ترافیکی کوچکتر، که بستگی به فاصله زمانی بحرانی و حجم جریان ترافیک داخلی دارد، به صورت جداگانه تعریف می شود. روابط رگرسیون خطی به منظور تشریح رابطه بین حجم رویکرد ورودی و حجم ترافیک گردش، تهیه شدند. شکل ۳ این پارامترها را نشان می دهد [۹].

### شکل ۳: پارامترهای ظرفیت ورودی و جریان گردش

عموماً دو روش کلی جهت محاسبه ظرفیت میادین وجود دارد. روش انگلیسی که بر اساس فرمولهای تجربی است و روش استرالیا که روشی تحلیلی است و بر پایه پذیرش فاصله زمانی می باشد. در چاپ سال ۲۰۰۰ کتاب HCM، روشی برای تعیین ظرفیت میادین با یک خط عبور بر مبنای پذیرش فاصله زمانی ارائه شده است و همچنین برای میادین چند خطه پیشنهاد شده که از برنامه های نرم افزاری استفاده شود؛ اما هیچ برنامه ای در آنجا ذکر نشد. یکی از مزایای اصلی روشهای تجربی، گسترش روابط میان خصوصیات طرح هندسی و عملکرد میدان می باشد. این روابط عموماً از طریق رگرسیون به دست می آیند. در مدل های تحلیلی بر مبنای خصوصیات رفتاری راننده ها، روابطی تحلیلی که بیان کننده ارتباط بین این خصوصیات و معیارهای عملکرد (ظرفیت و تأخیر) است؛ ارائه می شود. روشهای تحلیلی، به دلیل وابسته بودن به روابط ریاضی، قابلیت استفاده در شرایط مختلف را دارد. اگرچه در حال حاضر هر دوی روشهای تحلیلی و تجربی قابل قبولند، اما تفاوت های میان این روشها بعضی اوقات عملکرد متفاوتی را نتیجه می دهد. این دو روش در ادامه تشریح می گردد [۹].

#### ۳-۱-۱- روش تجربی (انگلیسی)

در این روش فرمول ظرفیت بر اساس رابطه بین ظرفیت ورودی و پارامترهای مختلف طرح هندسی می باشد. برای مثال، ظرفیت هر رویکرد ورودی به میدان به طور خطی با افزایش زاویه ورودی، کاهش پیدا می کند. پارامترهای دیگر شامل موارد: عرض خط، عرض مسیر نزدیک شونده به میدان، شعاع ورودی و قطر دایره محاطی می باشد. مدل تجربی رگرسیونی غالباً در مواردی که درک کاملی از خصوصیات رفتاری راننده ها وجود ندارد، به کار می رود [۹]. ARCADY (ارزیاب ظرفیت و تأخیر میدان<sup>۱</sup>) و RODEL (تأخیر میدان<sup>۲</sup>) دو تا از بسته های نرم افزاری متداول جهت محاسبه ظرفیت و طول صف و تأخیر با استفاده از فرمولهای انگلیسی (تجربی) می باشند. در همه مشاهدات میدانی مستقیم، آزمایشهای آماری صحت پارامترهای طرح هندسی به کار رفته در هر دو نرم افزارها را جهت پیش بینی ظرفیت میدان، تأیید کرده است [۹].

<sup>۱</sup> - Assessment of Roundabout Capacity and Delay

<sup>۲</sup> - Roundabout DELay

### ۳-۱-۲- روش تحلیلی (استرالیایی)

در این روش، ظرفیت میدان با استفاده از رویکرد سنتی پذیرش فاصله زمانی، محاسبه می‌شود. این کار مشابه فرآیند تشریح شده در HCM برای تحلیل تقاطعات TWSC، می‌باشد. در این مدل فرض بر این است که رانندگان برای ورود به میدان باید فاصله زمانی گپ بحرانی میان جریان گردش را، یافت کنند. هر گاه این فاصله زمانی گپ بیشتر شود، آنگاه ممکن است بیش از یک وسیله نقلیه بتواند با فاصله عبور زمانی متوالی، که به آن زمان تعقیب می‌گویند، وارد محوطه گردش میدان بشود. بر اساس فرمول، ظرفیت هر رویکرد تابعی از جریان گردش، فاصله زمانی بحرانی و زمان تعقیب محاسبه می‌شود [۹]. از آنجا که این مدل خصوصیات رفتاری راننده‌ها را مستقیماً در نظر می‌گیرد، می‌توان با انتخاب مقادیر مناسب محل، آن را برای شرایط خاص اختصاصی نمود [۱۰]. بسته نرم‌افزاری SIDRA (وسیله کمک به طراحی و تحقیق در مورد تقاطعات چراغدار و بدون چراغ<sup>۱</sup>)، برای پیش‌بینی عملکرد میدانی با بکارگیری اصول روش پذیرش فاصله زمانی، مرسوم می‌باشد [۹].

### ۳-۲- مدل‌های ارزیابی عملکرد میدانی

در اینجا، روشهای کتاب راهنمای ظرفیت راه (HCM) و کشور استرالیا، جهت تحلیل عملکرد میدانی مدرن بیان می‌شود:

#### ۳-۲-۱- روش HCM

در روش HCM، عملکرد میدانهایی برای دو نوع میدان تک خطه و چند خطه به تفکیک بررسی شده است. میدان تک خطه به میدانی گفته می‌شود که حداکثر یک خط برای حرکت‌های چرخشی آن در نظر گرفته شده است. میدان چند خطه بیش از یک خط برای مسیر گردش و حداقل در یکی از ورودی‌هایش دارد [۱۰]. تعیین سرفاصله مکانی و زمانی برای سیستم‌های چند خطه پیچیده‌تر از سیستم‌های تک خطه است. اگر میدانی به‌درستی به صورت چند خطه عمل کند، سرفاصله زمانی و مکانی توسط راننده‌های در حال ورود برای خط‌های درونی و بیرونی با هم دیده می‌شود. راننده‌ای که قصد ورود به میدان را دارد، باید احتیاط کند. این امر به‌دلیل عدم اطمینان رانندگان در حال گردش برای انتخاب خط عبور درونی یا بیرونی برای گردش است. به‌دلیل عدم اطمینان در انتخاب خط مسیر گردش، بررسی رفتار پذیرش سرفاصله زمانی از طریق مدل ساده گپ قابل قبول مشکل و ناقص است و این امر استفاده از مدل‌های رگرسیونی را توجیه می‌کند. باید توجه داشت روابط ارائه شده برای میدان‌های چند خطه در HCM، تنها برای حالت‌هایی که تعداد خطوط گردش دو تا باشد، قابل استفاده است [۱۰].

#### ۳-۲-۱- مفهوم ظرفیت میدان

<sup>1</sup> - Signalized & unsignalized Intersection Design and Research Aid



ظرفیت هر ورودی به میدان ماکزیم نرخ ترددی است که به طور معقولانه انتظار می رود وسایل نقلیه تحت شرایط ترافیکی و هندسی معمول، در طول دوره های زمانی مشخص وارد میدان شوند. ظرفیت هر ورودی به صورت تابعی از ترافیک مسیر گردش و خصوصیات هندسی میدان بیان می شود [۸].

جهت محاسبه ظرفیت هر رویکرد میدان مراحل زیر وجود دارد [۱۰]:

- ۱- تبدیل جریان ترافیکی اندازه گیری شده به معادل سواری ساعت اوج.
- ۲- تعیین جریان های ورودی و تداخلی برای هر دسترسی. ( برای دسترسی های چند خطه با ارزیابی جریان، خط بحرانی دسترسی را مشخص می کنیم.)
- ۳- محاسبه بیشترین حجم ترافیک ورودی با استفاده از مدل مناسب. ( برای میداین دو خطه، برای خط بحرانی محاسبه می گردد.)
- ۴- محاسبه معیارهای عملکردی برای هر خط ورودی.

### ۳-۲-۱-۲- آنالیز عملکرد

به طور عمده سه عامل برای بررسی عملکرد میدان های طراحی شده به کار می رود: درجه اشباع، تأخیر و طول صف. هر کدام از این عوامل به تنهایی عملکرد و کیفیت میدان را مورد ارزیابی قرار می دهد. بنابراین تخمین عوامل فوق در مرحله طراحی میدان ها اهمیت بسزایی دارد. در تمامی موارد بالا تخمین و برآورد ظرفیت باید قبل از محاسبات عملکرد میدان انجام شود [۸].

### ۳-۲-۱-۳- معادل سازی جریان ترافیکی

معادل سازی جریان ترافیک به حجم معادل سواری، بر طبق جدول ۱ است [۸].

جدول ۱ : ضرایب معادل سواری

معادل اتومبیل سواری	نوع وسیله
۱	اتومبیل سواری
۱/۵	اتوبوس یا کامیون منفرد
۲	کامیون با تریلر
۰/۵	دوچرخه یا موتورسیکلت

### ۳-۲-۱-۴- محاسبه جریان های ورودی و تداخلی

حجم ورودی به آسانی از طریق جمع احجام گردش به چپ، مستقیم و گردش به راست هر باند ورودی به دست می آید. حجم تداخلی برای هر ورودی، مجموع وسایل نقلیه ای است که از مسیرهای مختلف از مقابل آن ورودی می گذرند. معادلات بیان شده در شکل ۴، برای محاسبه حجم تداخلی بکار می رود [۸].

**شکل ۴:** معادلات محاسبه جریان تداخلی هر دسترسي

### ۳-۲-۱-۵- ظرفیت خط بحرانی برای میادین چند خطه

رابطه زیر مقدار ظرفیت بحرانی را برحسب جریان تداخلی نشان می‌دهد.

(۱) رابطه

$$C_{Critical} = 1230 \times e^{-0.0009v_c}$$

که در آن  $C_{Critical}$ ، مقدار ظرفیت خط بحرانی در يك دسترسي بر حسب وسیله نقلیه بر ساعت است.  $v_c$  جریان تداخلی مربوط به همان خط ورودی بحرانی می‌باشد. شکل ۵ رابطه بین جریان ورودی و تداخلی را برای میادین تک خطه و دو خطه نشان می‌دهد [۱۰].

**شکل ۵:** معادلات محاسبه جریان تداخلی هر دسترسي

مدل ارائه شده برای ظرفیت در میادین چند خطه، رابطه‌ای رگرسیونی است که ضرایب ثابت آن را می‌توان کالیبره کرد [۱۰].

ظرفیت بقیه خطوط غیر بحرانی، مشابه ظرفیت خط بحرانی در نظر گرفته می‌شود. این فرض برای میادین با خطوط گردش عریض محافظه کارانه است یعنی وسایل نقلیه موجود در خطوط بیرونی راحت‌تر به وسایل نقلیه در خطوط داخلی که تداخلی با آن ندارند، نزدیک می‌شوند [۱۰].

### ۳-۲-۱-۶- درجه اشباع (V/C)

درجه اشباع نسبت تقاضا براي ورود به ميدان به ميزان ظرفيت ورودی ميدان می باشد. این میزان به نحوه طراحی میدان ارتباط دارد. باید توجه داشت که برای میدان چند خطه درجه اشباع برای خط بحرانی هر ورودی محاسبه گردد [۱۰].

### ۳-۲-۱-۷- تأخیر

تأخیر پارامتر استاندارد است که برای اندازه گیری عملکرد تقاطع ها مورد استفاده قرار می گیرد. در HCM از پارامتر تأخیر به عنوان اصلی ترین پارامتر و معیار اندازه گیری برای تقاطعات چراغدار و بدون چراغ و میداين استفاده شده است و با توجه به آن، میزان سطح سرویس تقاطعات تعیین می شود. تأخیر محاسبه شده در HCM شامل تأخیر کنترل نیز می شود. تأخیر کنترل مدت زمانی است که راننده در صف ایستاده و منتظر می ماند تا گپ قابل قبول را پیدا کرده و وارد چرخه میدان شود. فرمول زیر برای محاسبه تأخیر در میدانها کاربرد دارد [۸ و ۱۰].

$$d = \frac{3600}{c} + 900T \left[ \frac{v}{c} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v}{c} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)\frac{v}{c}}{450T}} \right] \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن،  $d$ : تأخیر (sec/veh)؛  $v$ : نرخ جریان در خط مورد نظر (veh/h)؛  $c$ : ظرفیت (veh/h) و  $T$ : دوره تحلیل بر حسب ساعت. رابطه فوق برای حالت هایی که تقاضای ترافیکی از ظرفیت میدان کمتر است، قابل استفاده می باشد. در صورتی که میزان درجه اشباع از ۰/۹ بیشتر شود، میانگین تأخیر به شدت تحت تاثیر طول دوره تحلیل خواهد بود [۱۰].

### ۳-۲-۱-۸- طول صف

در HCM طول صف برای هر خط در هر دسترسی از رابطه زیر بدست می آید :

$$Q_{95} = 900T \left[ \frac{v}{c} - 1 + \sqrt{\left(1 - \frac{v}{c}\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)}{150T}} \right] \left(\frac{c}{3600}\right) \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن،  $Q_{95}$ : میزان صف با ۹۵ درصد اطمینان veh؛  $v$ : نرخ جریان خط عبور مورد نظر (veh/hr)؛  $c$ : ظرفیت خط عبور مورد نظر (veh/hr) و  $T$ : دوره تحلیل (بر حسب ساعت) می باشد.

### ۳-۲-۱-۹- سطح سرویس

سطح سرویس برای میداين با محاسبه تأخیر برای هر خط ورودی به دست می آید. جدول ۲ رابطه بین میزان تأخیر و سطح سرویس هر خط دسترسی را بیان می کند [۲]. در حقیقت سطح سرویس برای کل میدان تعریف نمی شود.

**جدول ۲: رابطه سطح سرویس و میزان تأخیر در میدان ها**

تأخیر کنترلی متوسط	سطح سرویس
۱۰-۰	A
۱۰-۱۰	B
۱۵-۲۵	C
۲۵-۳۵	D
۳۵-۵۰	E
۵۰-۰	F

### ۲-۲-۳- روش کشور استرالیا

در روش استرالیایی از تئوری فاصله زمانی قابل قبول برای تعیین ظرفیت میدان استفاده می‌شود [۴]. از مزایای استفاده از این روش اینست که اولاً به‌سادگی می‌توان پارامترهای مورد استفاده را تعریف کرد و ثانیاً بر اساس منطق، ظرفیت ارزیابی می‌شود.

### ۱-۲-۲-۳- ظرفیت

تانر در سال ۱۹۶۲ تأخیر را در تقاطع آنالیز کرد و فرض کرد رسیدن جریان اصلی و فرعی به تقاطع به صورت تصادفی است. فرمول تانر به صورت زیر است [۵]:

(۴) رابطه

$$q_e = \frac{q_c(1 - \Delta q_c)e^{q_c(T - \Delta)}}{1 - e^{-q_c T_0}}$$

که در آن،  $q_e$ : ظرفیت ورودی veh/sec؛  $q_c$ : جریان چرخشی veh/sec؛  $T$ : سرفاصله زمانی بحرانی (ثانیه)؛  $T_0$ : زمان تعقیب (ثانیه) و  $\Delta$ : مینیمم سرفاصله زمانی (ثانیه)، می‌باشد. همچنین تانر فرض کرد  $T$ ،  $T_0$  ثابت هستند و توزیع سرفاصله زمانی برای جریان غالب، تصادفی است و در نهایت فرمول ظرفیت را به صورت زیر ارائه کرد [۵]:

(۵) رابطه

$$Q_e = \frac{3600(1 - \theta)q_c e^{-\lambda(T - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda T_0}}$$

که در آن،  $Q_e$ : ظرفیت ورودی veh/h؛  $q_c$ : جریان چرخشی veh/sec؛  $\Delta$ : مینیمم سرفاصله زمانی برای مسیرگردشی چند خطه ۱ ثانیه و برای تک خطه ۲ ثانیه است؛  $T$ : سرفاصله زمانی بحرانی؛  $T_0$ : زمان تعقیب،  $\lambda = \frac{(1 - \theta)q_c}{1 - \Delta q_c}$  و  $\theta$ : درصد وسایل نقلیه‌ای که به صورت گروهی حرکت می‌کنند.

تراتیک معادلات جدیدی را برای محاسبه سرفاصله زمانی بحرانی و زمان تعقیب ارائه داد [۴]. فرمول زمان تعقیب در جریان بحرانی به‌صورت زیر است:

(۶) رابطه

$$T_{0dom} = 3.37 - 0.000394Q_c - 0.0208D_i + 0.0000889D_i^2 - 0.395n_e + 0.388n_c$$

که در آن،  $Q_c$ : جریان چرخشی veh/h؛  $D_i$ : قطر دایره محاطی یا بزرگترین قطری که از داخل میدان کشیده می‌شود (m)؛  $n_e$ : تعداد خطوط ورودی و  $n_c$ : تعداد خطوط چرخشی می‌باشد. فرمول زمان تعقیب در جریان غیر بحرانی نیز به صورت زیر است:

$$T_{0sub} = 2.149 + 0.5135T_{0dom} \frac{Q_{dom}}{Q_{sub}} - 0.8735 \frac{Q_{dom}}{Q_{sub}} \quad (\text{رابطه ۷})$$

که در آن،  $Q_{dom}$ : جریان ورودی بحرانی و  $Q_{sub}$ : جریان ورودی غیر بحرانی می‌باشد.

فرمول سر فاصله زمانی بحرانی:

$$\frac{T}{T_0} = 3.6135 - 0.0003137Q_c - 0.3390e_e - 0.2775n_c \quad (\text{رابطه ۸})$$

که در آن،  $e_e$ : متوسط عرض خط ورودی می‌باشد. جداول ۳ و ۴ مقادیر محاسبه شده در روش استرالیا برای جریان بحرانی و غیر بحرانی، داده است.

[۴].

جدول ۳: متوسط سر فاصله زمانی

جریان مسیر چرخشی	عرض مسیر چرخشی			
	کوچکتر از ۱۰ متر		بزرگتر یا مساوی ۱۰ متر	
	تعداد خط عبور مؤثر	فاصله عبور زمانی (ثانیه)	تعداد خط عبور مؤثر	فاصله عبور زمانی (ثانیه)
$1000 >$ veh/h	۱	۲	۲	۱
$1000 <$ veh/h	۱ (یا ۲)	۲ (یا ۱)	۲	۱

جدول ۴: نسبت وسایل نقلیه‌ای که با هم حرکت می‌کنند

تعداد خط عبور مؤثر در مسیر چرخشی	یک	بیشتر از یک
متوسط فاصله عبور زمانی میان وسایل نقلیه گروهی (ثانیه)	۲/۰	۱/۰
جریان مسیر چرخشی (veh/h)	۰/۲۵۰	۰/۲۵۰

۳۰۰	۰/۳۷۵	۰/۳۱۳
۶۰۰	۰/۵۰۰	۰/۳۷۵
۹۰۰	۰/۶۲۵	۰/۴۳۸
۱۲۰۰	۰/۷۵۰	۰/۵۰۰
۱۵۰۰	۰/۸۷۵	۰/۵۶۳
۱۸۰۰	۱/۰۰۰	۰/۶۲۵
۲۰۰۰		۰/۶۶۷
۲۲۰۰		۰/۷۰۸
۲۴۰۰		۰/۷۵۰
۲۶۰۰		۰/۷۹۲

### ۲-۲-۲-۳-تأخیر

دو نوع تأخیر در میدان وجود دارد، یکی تأخیر صف و دیگری تأخیر هندسی؛ دو فرمولی که برای محاسبه تأخیرها در روش انگلیسی و استرالیایی استفاده می‌شود، در زیر آمده است [۴]:  
پایه فرمول تأخیر صف در روش استرالیا، براساس معادله تأخیر تانر است که توسط اکسلیک و تراتبک، اصلاح شد:

(۹)  
(رابطه)  

$$D = D_{\min} + 900 \left[ Z + \sqrt{Z^2 + \frac{8kx}{Q_e H}} \right]$$

(۱۰)  
(رابطه)  

$$D_{\min} = e^{Q_c(T-\Delta)} - T - \frac{1}{Q_c} - \frac{\Delta^2 Q_c}{2}$$

که در آن،  $k$ : پارامتر تأخیر  $\frac{D_{\min} Q_e}{3600}$ ؛  $x$ : (ظرفیت ورودی/جریان ورودی)؛  $Q_e$ : ظرفیت خط ورودی  
(veh/hr)؛  $H$ : پریود جریان در ساعت و  $Z = x - 1$  می‌باشد.  
تعاریف لازم برای تعیین تأخیر هندسی در شکل ۶ نشان داده شده است.

**شکل ۶:** پارامتر هاي مؤثر در تأخير هندسي

متوسط تأخير هندسي از رابطه زیر محاسبه مي‌شود :  
(رابطه)

$$D_G = P_s D_s + (1 - P_s) D_u$$

که در آن،  $P_s$  = نسبت وسایل نقلیه متوقف؛  $D_s$  = تأخير هندسي ناشي از وسایل نقلیه متوقف و  $D_u$  = تأخير هندسي ناشي از وسایل نقلیه‌اي که نیاز به توقف ندارند.  
 $P_s$  با شبیه‌سازي سر فاصله زماني قابل قبول به‌دست مي‌آید (در نمودارهاي شکل ۷ آمده است).

**شکل ۷:** نسبت وسایل نقلیه متوقف براي میدان هاي تك خطه و چندخطه

### ۳-۳-۳ ایمني

اولین نتیجه کاهش سرعت تحميل شده به‌واسطه میادین، افزایش ایمني است. کاهش تعداد نقاط برخورد، فاکتور ممتاز کننده دیگری در مقایسه با تقاطعات متداول، می‌باشد (شکل ۸).

## شکل ۸: نقاط تداخل بالقوه در میدان و تقاطع سنتی

مدلهای تصادفات در میدان به صورت تابعی از پارامترهای: ترافیک ورودی، ترافیک گردش و خصوصیات هندسی مثل منحنی مسیر ورودی، عرض مسیر ورودی، عرض مسیر گردش و قطر مرکزی، تهیه شده‌اند. این مدلها، بر مبنای انواع تصادفات در رویکردهای ورودی فرضی، طبقه‌بندی می‌شوند. بارد در سال ۱۹۹۷ مدل تصادف زیر را برای میادین ارائه کرد [۹]:

$$A = kQ^a \text{ (or } Q_e^\alpha Q_c^\beta) \exp(\sum b_i X_i) \quad \text{(رابطه ۱۲)}$$

که در آن،  $A$ : تعداد تصادفات (منجر به مرگ و منجر به جرح) در هر شاخه ورودی به میدان؛  $k$ : ضریب تخمینی که به وسیله تحلیل رگرسیون تعیین می‌شود؛  $\alpha, \beta$ : ضریب تخمینی که برابر با جریانهایی ترافیکی است؛  $Q$ :  $ADT$  ورودیها \*  $ADT$  گردشها؛  $Q_e$ :  $ADT$  ورودیها؛  $Q_c$ :  $ADT$  گردشها و  $b_i X_i$ : متغیرهای هندسی ( $X_i$ ) و ضرایب تخمینی آنها ( $b_i$ ).

شکل ۹، یک مثال را برای مدل‌های تصادف نشان می‌دهد. این شکل صحت ایمنی بیشتر میادین را نسبت تقاطعات چراغدار تأیید می‌کند. بیشترین اجزای طرح هندسی که ایمنی میادین نسبت به آنها حساس است، عرض ورودی و عرض گردش، می‌باشد. هر گاه قسمت ورودی و گردش عریض‌تر شود، از یک طرف سبب افزایش ظرفیت می‌شود و از طرف دیگر افزایش احتمال تصادفات را در پی خواهد داشت. به خاطر داشته باشیم که معمولاً ظرفیت با ایمنی در تضاد هستند.

## شکل ۹: مثالهایی برای مدل‌های تصادف در میدان و تقاطع چراغدار



#### ۴- برنامه‌های کامپیوتری [۹]

از آنجا که طراحی میدان مدرن نسبتاً جدید است، برنامه‌های کامپیوتری بسیار کمی جهت تحلیل میدانها وجود دارد. بعضی از محبوبترین این برنامه‌ها عبارتند از: SIDRA، ARCADY، RODEL، KREISEL، GIRABASE و HCM. از بین این برنامه‌ها SIDRA متداولتر از بقیه می‌باشد.

#### ۴-۱- SIDRA

بسته نرم‌افزاری SIDRA توسط بخش تحقیقات حمل و نقل ARRB در استرالیا تهیه شده است و هدف از ارائه آن، کمک به طراحی و ارزیابی انواع تقاطعات چراغدار، میدانها، تقاطعات با ایست کنترل شده در دو جهت، تقاطعات با ایست کنترل شده در همه جهات و تقاطعات با تابلوی احتیاط کنترل شده، می‌باشد. تحقیقات اخیر استرالیایی‌ها نشان می‌دهد که اگر بیش از یک خط عبور در ورودی باشد، آنگاه جریان ترافیک بین خطوط متفاوت است. خط عبوری که بیشترین جریان را دارد به جریان غالب و سایر خطوط عبور به جریانهای زیر غالب معروفند.

پارامترهای پذیرش فاصله عبور جهت موارد زیر محاسبه می‌شوند:

- ۱- زمان تعقیب در جریان غالب تابعی از جریان گردش و قطر دایره می‌باشد.
- ۲- زمان تعقیب در جریان زیر غالب تابعی از نسبت جریانهای بین خطوط عبور و زمان تعقیب در جریان غالب در نظر گرفته شده است.
- ۳- فاصله زمانی بحرانی تابعی از زمان تعقیب، جریان اصلی، تعداد خطوط عبور گردش و عرض خطوط عبور ورودی، می‌باشد.

تمام تخمینهای مربوط به ظرفیت، بر اساس مدل پذیرش فاصله زمانی مناسب می‌باشد. SIDRA ظرفیت هر رویکرد را به طور جداگانه محاسبه می‌کند. این روش ظرفیت از دست رفته ناشی از خط عبور تحت کاربری و اختصاص بیشترین درجه اشباع را در هر حرکت خط عبور، اجازه می‌دهد. SIDRA به یک سری اطلاعات میدانی نیاز دارد از جمله: تعداد ورودیها، تعداد خطوط عبوری در ناحیه گردش، قطر جزیره مرکزی و عرض راه گردش. در هر مورد هم مقادیر پیش فرض، پیشنهاد شده است.

یک پارامتر که اهمیت ویژه‌ای دارد، نسبت ظرفیت میدانی است. مقدار پیش فرض، ۸۵٪ ظرفیت می‌باشد (یعنی  $v/c = 0.85$ ). SIDRA با مدرک نشان می‌دهد که میدانی که عملکرد آنها نزدیک به ظرفیت است، نسبت به تقاطع با چراغ کمتر قابل پیش بینی هستند؛ دلیل آن اینست که کنترلهای با چراغ راهنمایی بیشتر حالت قطعی دارند و کمتر به رفتار راننده‌ها بستگی پیدا می‌کنند. بنابراین تحلیل میدانی با نسبت ظرفیت بالاتر، دقت بیشتری را می‌طلبد.

مفهوم تأخیر هندسی به تأخیر صف اضافه شده است. تأخیر هندسی، تأخیری است که راننده با کمتر کردن سرعتش نسبت به سرعت رویکرد در زمان ورود به میدان، آنرا تجربه می‌کند. SIDRA گزینه‌ای را برای لحاظ یا عدم لحاظ تأخیر هندسی در محاسبات، در نظر گرفته است. مطابق اصول فنی، یک تأخیر که شامل تأخیر هندسی باشد، ارزیابی واقعی بهتری از عملکرد میدان می‌دهد.

#### RODEL - ۲-۴

**RODEL** یک برنامه محاوره‌ای است که به منظور ارزیابی و طراحی میداین در انگلستان تهیه شده است. **RODEL** بر مبنای مدل تجربی کیمبر پایه‌گذاری شده است که این مدل در آزمایشگاه تحقیقات راه و حمل و نقل انگلستان به دست آمد. مدل‌های تجربی ظرفیت معمولاً به پارامترهای هندسی مربوط می‌شود. در برنامه **RODEL**، داده‌های ورودی و خروجی‌ها، به‌طور همزمان در یک صفحه نمایش داده می‌شوند. در این برنامه، دو فاز اصلی عملکردی وجود دارد. در فاز اول کاربر یک پارامتر هدف را برای موارد تأخیر متوسط، بیشترین تأخیر، بیشترین صف و بیشترین نسبت  $v/c$  تعیین می‌کند. سپس **RODEL** چندین مجموعه از ورودی‌های هندسی برای هر رویکرد بر مبنای داده‌های معلوم، تولید می‌کند. در فاز دوم، با استفاده از مقادیر مشخص شده طرح هندسی و ویژگی‌های ترافیکی، به ارزیابی عملکرد میدان پرداخته می‌شود.

#### ARCADY - ۳-۴

**ARCADY** یک برنامه تحلیل میداین تهیه شده در انگلستان است که زمینه تئوری آن مشابه **RODEL** می‌باشد. این برنامه نیز بر طبق مدل کیمبر می‌باشد. مدل کیمبر بر اساس قانون حق تقدم برای وسایل نقلیه در حال گردش است؛ کیمبر از این ایده استفاده کرده است که طرح هندسی ورودی بر ظرفیت تأثیر می‌گذارد و با معادلات چندین پارامتر مشخص میدانی، رابطه دارد. همچنین کیمبر در مدل خود فرض کرده است که بین جریان گردش و بیشترین جریان ورودی رابطه خطی وجود دارد. از آنجا که نرم‌افزارهای **ARCADY** و **RODEL**، مطابق یک اصول فنی عمل می‌کنند، هر دوی آنها به یک سری اطلاعات ورودی مشابه، نیاز دارند که عبارتند از: عرض ورودی، قطر جزیره مرکزی، طول قسمت پهن شدگی، عرض راه نزدیک شونده به میدان، شعاع ورودی و زاویه ورودی. همچنین مشابه **RODEL**، **ARCADY** نیز بر مبنای مفهوم سطح اطمینان کار می‌کند؛ ولی فرق اصلی آنها اینست که سطح اطمینان برای **RODEL** به وسیله کاربر تعیین می‌شود در حالیکه در مدل **ARCADY**، مقدار ۵۰٪ برای آن در نظر گرفته شده است.

#### KREISEL - ۴-۴

این برنامه در آلمان تهیه شده است و در آن بسیاری گزینه وجود دارد که باید توسط کاربر تعیین شوند تا برنامه بتواند تمامی طرح‌های ممکن در استرالیا و اروپا را پوشش دهد. **KREISEL** از روش‌های مختلف، میانگین ظرفیت را ارائه می‌دهد و همچنین با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان روش‌های مختلف را با هم مقایسه نمود.

#### GIRABASE-۵-۴

این برنامه بر اساس روش فرانسه می‌باشد. در این برنامه پیش‌بینی ظرفیت، تأخیر و صف بر اساس رگرسیون می‌باشد. این برنامه نسبت به پارامترهای هندسی حساس است و نهایتاً میانگین مقادیر را ارائه می‌دهد.

#### HCS (HCM SOFTWARE)-۶-۴

این برنامه تنها ظرفیت را که بر مبنای احجام گردشی است، تخمین می‌زند. انتخاب اختیاری پارامتر فاصله زمانی قابل قبول جهت تخمین ظرفیت، این امکان را فراهم می‌کند که هم به دلخواه و هم در صورت نیاز یک برآورد محافظه‌کارانه داشته باشیم.

## ۵- جمع‌بندی

تحقیقات نشان داده است که بسیاری از مزایای میادین مدرن به سبب مسائل ایمنی و کاهش تأخیر، حاصل می‌شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود که میادین به عنوان یک گزینه جایگزین برای تقاطعاتی که نرخ تصادف بالایی دارند و یا تأخیر در آنها زیاد است، در نظر گرفته شود. به منظور ارزیابی گزینه‌های مختلف طراحی با فاکتورهای مختلف ترافیکی و نهایتاً پیشنهاد طرح‌های مؤثر و به موقع، ضروری است که تحلیلگر و طراح از ابزارهای مفید و مؤثر استفاده بکند. زمانیکه اثر متقابل بین اجزای طراحی خیلی پیچیده باشد، مثل طراحی یک میدان، یکی از مؤثرترین شیوه‌ها استفاده از مهارت‌های شبیه‌سازی می‌باشد؛ لذا پیشنهاد می‌شود که ابزار شبیه‌سازی جهت ارزیابی عملکرد میادین موجود و یا مقایسه میادین مدرن با سایر تقاطعات سنتی، تهیه شود. برنامه‌های شبیه‌سازی باید رفتار راننده را در نظر بگیرد تا فرآیند پذیرش فاصله زمانی قابل قبول توسط راننده را پوشش دهد. پیشتر گفته شد که دو روش کلی جهت تحلیل ظرفیت میادین، یکی روش تجربی و دیگری روش تحلیلی است؛ یکی از مزایای اصلی روش‌های تجربی، گسترش روابط میان خصوصیات طرح هندسی و عملکرد میدان می‌باشد. این روابط عموماً از طریق رگرسیون به دست می‌آیند. بر اساس روش تجربی و با آمارگیری‌های فراوان می‌توان روش مناسبی برای ارزیابی میادین در ایران ارائه کرد؛ لیکن در حال حاضر، با توجه به کمبود اطلاعات میدانی در ایران، پیشنهاد می‌شود که از روش‌های تحلیلی استفاده کنیم؛ روش‌های تحلیلی به دلیل مبنای ریاضی قابلیت استفاده در مکان‌های مختلف را دارند.

## ۶- مراجع

- [1] National Research Council, Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, Washington, D.C., 2000.
- [2] American Association of State Highway and Transportation Officials, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Washington, D.C. 2001.
- [3] US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Traffic Control Devices Handbook, 1983.
- [4] AUSTROADS Guide to Traffic Engineering Practice – part 6: Roundabouts, Australia, 1993.
- [5] Florida Department of Transportation, Florida Roundabout Guide, 1996
- [6] Sisipiku P. Virginia and Heung-Un oh Evaluation of Roundabout Performance Using SIDRA, Journal of Transportation Engineering, March/April 2001.

- [7] Akcelik, R., Lane-by-lane modeling of unequal lane use and flares at roundabouts and signalized intersections: The SIDRA solution, Traffic Engrg & Control, London, 38(7/8), 1997.
- [8] Federal Highway Administration, Roundabout: An Information Guide, Report RD-00-067, June 2000.
- [9] Mohamed A., Roundabouts Design Modeling and simulation, Department of Civil & Environmental Engineering University of Central Florida, March 2001.
- [10] National Research Council, Transportation Research Board, Highway Capacity Manual. Special Report 209, Washington, DC, July 2005 (draft).