

تحلیل ظرفیت و تأخیر در میادین و مقایسه آن با تقاطع‌های چراغدار

منصور حاجی حسینلو^{۱*} و آرش عباسی^۲

(/ / / / / /)

HiCAP

HCM2000

: میدان مدرن - تقاطع - ظرفیت - تأخیر

احتیاط کنترل می شوند که تقدم را به وسایل نقلیه رویکرد سمت راست می دهند. علاوه بر دادن حق تقدم به وسایل نقلیه داخل محیط چرخشی، میدانها وسایل نقلیه ورودی را با علامت‌های احتیاط کنترل می کنند و با علامت‌های توقف یا چراغهای ترافیکی مانع حرکتی ایجاد نمی کنند.

• تعریض رویکرد

اغلب، تعریض رویکردهای میدان در محل اتصال ورودی‌ها به میدان می باشد و این موضوع باعث میشود که عده بیشتری از وسایل نقلیه در محیط چرخشی با یک زاویه باز شرکت کنند. این موضوع باعث افزایش ظرفیت می گردد و به وسایل نقلیه ورودی اجازه می دهد با سرعتی برابر با سرعت محیط چرخشی وارد شوند. اندازه و زاویه تعریض عموماً به وسیله جزیره‌های جداکننده برجسته که ترافیک ورودی و خروجی را در یک رویکرد جدا می کنند کنترل می شود. این جزیره همچنین برای عبور عابری از رویکرد یک مکان امن خواهد بود.

• انحنا

این مشخصه هندسی میدان باعث کاهش سرعت وسایل نقلیه در عبور آنها از میدان می شود. اندازه جزیره مرکزی و زاویه رویکرد تعیین کننده انحنا، سرعت های ورودی و سرعت‌های وسایل چرخنده می باشد. برخی دواير

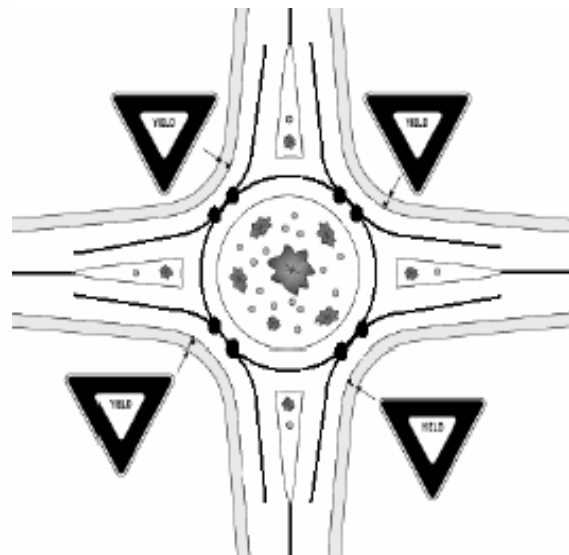
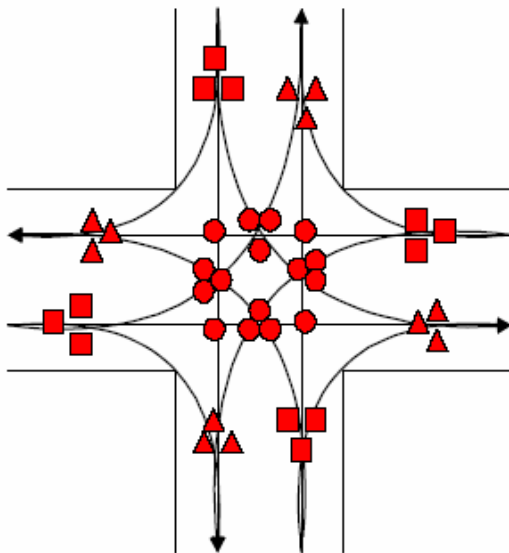
اولین تقاطع دایروی در کشور آمریکا در سال ۱۹۰۵ در شهر نیویورک به نام دایره کلوبوس ساخته شد [۱]. در فاصله سالهای ۱۹۲۵ تا ۱۹۲۶ در لندن میدانهای ترافیکی ایجاد شدند که از مهمترین آنها میدان ترافالگر، قوس ماربل و میدانهای هایدپارک، پارلیامنت و آلدویچ بودند [۲]. در سال ۱۹۶۶ قانون حق تقدم اجباری در انگلستان اتخاذ شد که در آن وسایل نقلیه ورودی حق تقدم را به وسایل نقلیه چرخشی می دادند. میدان یا میدان مدرن به طور کلی در این تحقیق حالت توسعه یافته دایره ترافیکی است [۳]. منظور از آنچه در این تحقیق به عنوان میدان نام برده میشود همان میدان مدرن است و سه مشخصه اصلی در مقایسه با دواير ترافیکی یا میدان‌های قدیمی دارا می باشند که عبارتند از رعایت حق تقدم در ورود، تعریض رویکرد و انحنا. علاوه بر این سه نیاز اولیه، نشانه‌های عمومی دیگری نیز برای میدانها وجود دارد که توضیحات مفصل آن در مرجع [۱۳] می باشد، اما توضیح مختصری راجع به سه مشخصه اصلی در ذیل داده می شود.

• رعایت حق تقدم در ورود

در سیستم‌های راستگرد وسایل نقلیه در میدانها میتوانند به سمت راست گردش کنند. این متفاوت از تقاطعات چندخطه است که با علامت توقف یا علامت

های کنترل شده است. تعداد نقاط حادثه خیز در یک چهارراه ۳۲ نقطه است. در صورتیکه تعداد این نقاط در میدانی به ۸ نقطه کاهش می‌یابد. از نکات مهم در میدانی ایمنی بیشتر و توقف نکردن اجباری وسایل نقلیه است که بسیار قابل توجه است. علی‌رغم اهمیت میدانی در کشور می‌توان گفت که روش‌های موجود در تحلیل میدانی هنوز روش‌های قدیمی‌اند و میدانی به صورت تداخلی تحلیل می‌شوند. علاوه بر این شناخت کافی از میدانی مدرن و دواير ترافیکی و قوانین حاکم بر آن‌ها وجود ندارد. در کشور نیاز است که روش‌های مدرن تحلیل میدانی مورد بررسی قرار گیرند و میدان به عنوان یک روش کنترل تقاطع با دیگر روش‌های کنترل تقاطع مقایسه شود و مزایا و معایب آن در مقایسه با دیگر روش‌ها مورد توجه قرار گیرند. هدف اصلی این تحقیق مقایسه ظرفیت و تأخیر در میدانی و تقاطع‌ها است و همانطور که در متن اصلی تحقیق اشاره خواهد شد تنها گزینه‌های قابل مقایسه با میدانی تقاطع‌های چراغدار هستند، بنابراین تمرکز اصلی این تحقیق بر مقایسه تقاطع‌های چراغدار و میدانی قرار دارد. در این مقایسه در مورد برتری کارایی هر روش کنترل در برابر دیگری بحث خواهد شد.

ترافیکی دارای انحنای مناسب برای کنترل سرعت نیستند چون قطر جزیره مرکزی کوچک می‌باشد. لازم به ذکر است که در اوایل دهه ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ تعاریف و مدل‌های جدیدی برای میدانی تعریف شد که اغلب اصول آن به کلی با میدانی قدیمی متفاوت بود. همانطور که در متن اصلی هم اشاره می‌شود تحلیل ظرفیت این میدانی نیز متفاوت با دیگر دواير ترافیکی و میدانی قدیمی می‌باشد. به طور کلی میدانی به منظور حل مشکل دواير ترافیکی موجود معرفی شدند و با به کار بردن این اصل که حق تقدم با ترافیک چرخشی است و نه ترافیک ورودی، میدانها ثابت کرده‌اند که تقاطعات مؤثرتری از دیگر چند راهها و در برخی از حالات بهتر از تقاطعات زمان بندی شده‌اند [۳]. برخلاف تقاطعات کنترل شده با چراغ یا علامت توقف، ورود به میدان با توقف الزامی صورت نگرفته و تنها وجود فاصله عبور مناسب برای ورود کافی است. این موضوع حجم ترافیکی زیادی را ایجاد می‌کند. نقطه قوت مهم میدانی، ایمنی بیشتر آنها از تقاطعات است. دلیل این ایمنی کاهش الزامی سرعت در میدانی در دامنه ۲۵ تا ۵۰ کیلومتر در ساعت و نیز حذف تعدادی از نقاط برخورد که به دلیل تنها حرکت گردش به راست میدانی در مقایسه با تقاطع-



شکل ۱: موقعیت‌های احتمالی برخورد در تقاطع و میدان.

ثانیه بعد از وسیله نقلیه قبلی وارد تقاطع شود [۶]. پس از آن وسایل نقلیه مسیر فرعی زمانی وارد می‌شوند که فاصله قابل دسترسی بزرگتر از T ثانیه موجود باشد. اگر فاصله انتخابی به اندازه کافی بزرگ باشد چندین وسیله از مسیر فرعی یکدیگر را در تقاطع با مدت زمان‌های T₀ ثانیه‌ای دنبال می‌کنند. بنابر این معادله تانر مطابق رابطه (۱) است [۴].

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

q_e = ظرفیت ورودی (وسیله نقلیه بر ثانیه)، q_c = جریان چرخشی (وسیله نقلیه بر ثانیه) T = فاصله بحرانی (ثانیه)، T₀ = زمان تعقیب (ثانیه) و D = می‌نیم سر فاصله (ثانیه). ترتیب در فاصله سال‌های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۱ بیان داشت که فرضیات تانر مبنی بر ثابت بودن T و T₀ و اینکه توزیع سر فاصله جریان اصلی اتفاقی است واقع بینانه نبوده است [۱۰].

$$Q_e = \frac{3600(1 - \theta)q_c e^{-\lambda(T - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda T_0}} \quad (2)$$

Q_e، ظرفیت ورودی (وسیله نقلیه بر ساعت)، q_c، جریان چرخشی (وسیله نقلیه بر ساعت)، θ نسبت وسایل نقلیه به هم چسبیده، Δ می‌نیم سرفاصله در جریان چرخشی که ۱ ثانیه برای میادین چند خطه و ۲ ثانیه برای میادین تک خطه فرض می‌شود، T فاصله بحرانی، T₀ زمان تعقیب و λ پارامتر کاهش مطابقت رابطه (۳) است.

$$\lambda = \frac{(1 - \theta)q_c}{1 - \Delta q_c} \quad (3)$$

مطالعات ترتیبک همچنین باعث به وجود آمدن مفاهیم جریانهای غالب و تابع شد. جریان غالب به جریانی اطلاق می‌شود که دارای بیشترین جریان ورودی است، مابقی جریانها، جریان تابع خواهند بود. این معادلات در راهنمای طراحی راههای استرالیا به کار می‌رود [۶]. زمان تعقیب در جریان غالب، از رابطه (۴) به دست می‌آید.

$$T_{0dom} = 3.37 - 0.000394 Q_c - 0.0208 D_i \quad (4)$$

به علت اینکه میادین مدرن در اوایل دهه ۱۹۶۰ برای اولین بار معرفی شدند روابط ریاضی زیادی به منظور تعیین ظرفیت و تأخیر میدان بسط داده شده‌اند. این مدل‌ها ابتدا به وسیله کشورهای اروپایی و استرالیا شکل گرفته و سپس در سایر کشورها توسعه یافته است [۳].

دو نظریه مشخص وجود دارد که معادلات تأخیر-ظرفیت بر مبنای آنها به دست آمده‌اند. این نظریه‌ها بر مبنای روش تحلیلی (فاصله قابل قبول) و روش تجربی که بر مبنای هندسه و رگرسیون استوارند. از بین این دو روش، روش فاصله قابل قبول کشور استرالیا به علت دلایل زیر انتخاب شد:

۱- طبق بیان کیمبر در سال ۱۹۸۹ در اغلب شرایط پاسخ راننده به خط رعایت حق تقدم با فرضیات فاصله قابل قبول مطابقت دارد [۱۲].

۲- به علت رفتار راننده و تغییرات هندسی انتقال ثوری-های روش رگرسیون از یک کشور به کشور دیگر ممکن نیست.

۳- طبق بیان فیسک در سال ۱۹۹۱ مدل‌های رگرسیون نباید از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر مابین میادین با شکل‌های هندسی متفاوت انتقال پیدا کنند، او همچنین بیان داشت که به علت اینکه مدل‌های رگرسیون نیاز به اطلاعات زیادی برای کالیبره شدن دارند ممکن است در یک شرایط خاص خوب جواب بدهند ولی نمی‌توان آنها را به موارد کلی تعمیم داد.

۴- روش استرالیا بر مبنای مدل‌های تحلیلی است در صورتی که روش‌های دیگر همانند روش انگلستان تمایل به روش تجربی در ماهیت خود دارند. به طور کلی، مدل‌های تحلیلی بیشتر قابل جابجایی بین ملل هستند زیرا آنها بیشتر بر مبنای روابط ریاضی قرار داشته و کمتر بر مبنای مشاهده رفتار راننده استوارند.

۵- روش‌های کشور استرالیا قابل مقایسه‌ترین روشها باروش‌های HCM هستند [۵].

رابطه ظرفیت استرالیا

تانر در سال ۱۹۶۲ تأخیر را در تقاطعی بررسی کرد که در آن تقاطع جریان اصلی حق تقدم داشت. او فرض کرد که هر دو جریان اصلی و فرعی به طور اتفاقی به تقاطع می‌رسند اما وسیله نقلیه مسیر اصلی نمی‌تواند زودتر از T

ساعت به جای وسیله نقلیه در ساعت به کار رود [3]. با استفاده از رابطه ۷ و جدول (۲) می توان حجم های وسایل نقلیه را به علت وجود وسایل نقلیه سنگین تعدیل کرد.

$$VOL' = VOL \times P_t \times 2 + VOL \times P_r \times 1.5$$

$$VOL \times P_r \times 1.5 + VOL \times (1 - (P_t + P_r))$$

(۷)

در این رابطه:

VOL = حجم حرکات گردش (وسيله نقلیه بر ساعت)، P_t = درصد کامیون های تریلردار، P_r = درصد وسایل نقلیه تفریحی، اتوبوس و کامیون های ساده، VOL' = حجم حرکات گردش تعدیل شده (وسيله نقلیه هم ارز بر ساعت) را تعریف می کنند.

ضریب وسیله نقلیه هم ارز		
اتومبیل شخصی	وسایل نقلیه تفریحی، اتوبوس و کامیون های ساده	کامیون های تریلردار
1.0	1.5	2.0

رابطه تأخیر استرالیا

تأخیر در میادین شامل تأخیر هندسی و تأخیر مربوط به صف است که برای اهداف این مقاله تنها تأخیر ناشی از صف تعریف می شود. طبق معادله اکیلیک و تراتیک تأخیر مطابق رابطه (۸) است.

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

(۸)

در رابطه فوق D_{\min} مینیمم تأخیر خط حق تقدم و برابر $\frac{T_0}{2} (1 - \frac{q_c T_0}{6})$ است، T_f دوره آنالیز (hr)، z پارامتر عملکرد برای میانگین صف در حالت اشباع و برابر $1 - x$ است، k پارامتر تأخیر و برابر $\frac{D_{\min} Q_e}{3600}$ است و x درجه اشباع و برابر نسبت جریان ورودی به ظرفیت ورودی است [۷].

تئوری تحلیل ظرفیت و تأخیر در تقاطع

ظرفیت در تقاطع های چراغدار بر پایه مفهوم کلی شدت جریان اشباع محاسبه می شود. نسبت جریان برای یک گروه خط عبارت است از نسبت مقدار تقاضای واقعی

$$+ 0.000889 D_i^2 - 0.395 n_e + 0.388 n_e$$

که در آن:

Q_c جریان چرخشی (veh/h)، D_i قطر دایره محاطی (m)، n_e تعداد خطوط ورودی، n_c تعداد خطوط چرخشی هستند. زمان تعقیب در جریان تابع، مطابق رابطه (۵) است.

$$T_{0sub} = 2.149 + 0.5135 T_{0dom} \frac{Q_{dom}}{Q_{sub}} - 0.8735 \frac{Q_{dom}}{Q_{sub}}$$

(۹)

$$\frac{T}{T_0} = 3.6135 - 0.0003137 Q_c$$

فوق Q_{dom} جریان ورودی غالب و Q_{sub} جریان ورودی تابع را نمایش می دهند. نسبت فاصله بحرانی T به زمان تعقیب T_0 برابر است با (e_e میانگین عرض خط ورودی):

$$- 0.3390 e_e - 0.2775 n_c$$

(۱۰)

راهنمای استرالیا جدولی را برای مقادیر فوق ارائه می دهد. پارامتر θ را می توان از جدول (۱) به دست آورد.

: () (1989).

بیش از	1	عده خطوط چرخشی
1	2	$D(s)$ = میانگین سر فاصله بین وسایل نقلیه به هم چسبیده
0.250	0.250	جریان چرخشی (veh/h)
0.313	0.375	0
0.375	0.500	300
0.438	0.625	600
0.500	0.750	900
0.563	0.875	1200
0.625	1.000	1500
0.667		1800
0.708		2000
0.750		2200
0.792		2400
		2600

تعدیل برای وسایل نقلیه سنگین

اکیلیک توصیه کرده است که وسیله نقلیه هم ارز در

تأخیر ناشی از سیستم کنترل برای هر وسیله نقلیه، d_1 تأخیر یکنواخت برای هر وسیله نقلیه با فرض تقاضای یکنواخت (ورودی یکنواخت) (s/veh) ، pf ضریب تعدیل پیشروی مربوط به تأخیر یکنواخت، به منظور در نظر گرفتن چگونگی پیشروی وسایل نقلیه در تقاطع را نمایش می‌دهند.

d_2 تأخیر افزایشی ناشی از تغییرات در نرخ جریان ورودی (ورودی‌های اتفاقی) و به منظور تأخیر اضافی ناشی از نبود امکان تخلیه تمامی جریان ورودی در دوره مربوطه به علت جریان بیش از ظرفیت محاسبه می‌شود و در این قسمت فرض می‌شود که صف اولیه برای گروه خط مورد نظر در شروع دوره تجزیه و تحلیل وجود ندارد. (s/veh)

d_3 تأخیر ناشی از صف اولیه است، که به منظور تأخیر اعمال شده بر کلیه وسایل نقلیه در دوره تجزیه و تحلیل به علت وجود صف اولیه در شروع دوره تجزیه و تحلیل محاسبه می‌شود. (s/veh)

نحوه تحلیل

مقایسه ظرفیت در دو تقاطع شهر اصفهان انجام شده است، این دو تقاطع، تقاطع‌های شریعتی-حکیم نظامی و بلوار-شیخ صدوق هستند. بر روی هر یک از تقاطع‌ها طرح میدانی قرار گرفته، به طوری که میدان و تقاطع از لحاظ فضای مورد نظر یکسان باشند. تحلیل تقاطع‌ها بر اساس نرم افزار HiCAP صورت گرفت که بر اساس مبانی نظری HCM2000 کار می‌کند و تحلیل میدان نیز به وسیله رابطه‌های ارائه شده در بخش ۲ انجام شد.

متدولوژی HCM برای تحلیل تقاطع چراغدار و بدون چراغ تنها به تأخیر ناشی از صف بستگی دارد بنابراین این تأخیر میدانی که تأخیر هندسی را مستثنی می‌کند بسیار مناسب‌تر برای مقایسه با تقاطع است. مدل‌های میدان و تقاطعات با علامت توقف تأخیرهای خود را به صورت تأخیر نهایی بر وسیله نقلیه می‌دهند درحالی‌که مدل تقاطع چراغدار HCM تأخیر خود را به صورت تأخیر مربوط به توقف بر وسیله نقلیه بیان می‌کند. تأخیر توقف که به طور مستقیم از تحلیل تقاطع چراغدار HCM به دست می‌آید، در ضریب $1/3$ ضرب می‌شود تا یک تقریب از تأخیر نهایی بدهد و قابل مقایسه با میدان شود [۵]. یکی از پارامترهای خاص، ظرفیت عملی میدان است. اکلیک ظرفیت عملی میدان را مقدار 0.85 ٪ ظرفیت نظری توصیه

گروه خط به شدت جریان اشباع. ظرفیت یک گروه خط، مطابق رابطه (۹) است.

$$C_i = S_i \frac{g_i}{C} \quad (9)$$

به طوریکه C_i ظرفیت گروه خط i (veh/h) ، S_i درجه اشباع برای گروه خط i (veh/h) و g_i/C نسبت زمان سبز مؤثر برای گروه خط i است.

محاسبه جریان حالت اشباع

جریان اشباع برای هر گروه خط از طریق رابطه (۱۰) تعیین می‌شود. مقدار جریان حالت اشباع عبارت است از جریانی به صورت تعداد وسایل نقلیه در ساعت، که یک گروه خط قادر است با فرض وجود یک زمان سبز دائم از خود عبور دهد [۹].

$$S = S_0 N F_W F_{HV} F_g F_p F_{bb} F_a F_{lu} F_{Li} F_{Rt} F_{lpb} f_{Rpb} \quad (10)$$

S حجم جریان حالت اشباع برای گروه خط مورد نظر است که بیانگر مجموع جریان حالت اشباع برای کلیه خطوط موجود در گروه خط است (وسیله نقلیه در ساعت)، S_0 حجم جریان اشباع ایده آل برای هر خط، N تعداد خطوط در گروه خط مورد نظر و ضرایب F به ترتیب ضرایب تعدیل برای عرض خط، وسایل نقلیه سنگین، شیب رویکرد، وجود خط مربوط به پارک و عملیات پارک در آن خط در مجاورت با گروه خط مورد نظر، بسته شدن راه در اثر توقف اتوبوس‌های محلی در محدوده تقاطع، نوع منطقه، کاربری خط، گردش به چپ‌ها در گروه خط، گردش به راست‌ها در گروه خط، عبور عابر پیاده برای حرکات گردش به چپ و عبور عابر پیاده-دوچرخه برای حرکات گردش به راست است.

تأخیر

میانگین تأخیر ناشی از سیستم کنترل، وارد بر هر وسیله نقلیه گروه خط مشخص، با استفاده از رابطه (۱۱) به دست می‌آید.

$$d = d_1(pf) + d_2 + d_3 \quad (11)$$

که در آن:

می‌کند (V/C=0.85). او خاطر نشان می‌کند که عملکرد میدان در سطوح نزدیک به ظرفیت از عملکرد چراغها کمتر قابل پیش‌بینی است. عملکرد تقاطع‌های AWSC و TWSC هرگز و در هیچ حجمی بهتر از یک میدان نیست پس از تحلیل آن‌ها صرف‌نظر می‌کنیم [۵].

حجم‌هایی که از مرکز کنترل ترافیک برای تقاطع شریعتی-حکیم‌نظامی اخذ شده‌اند به صورت جدول ۳ آورده شده‌اند. از این حجم‌ها سهم هر حرکت در جریان کل ورودی مطابق جدول (۴) به دست می‌آید.

حجم‌های تقاطع (وسیله نقلیه بر ساعت)				
	N	S	E	W
L	312	360	240	228
T	1236	1260	1140	1720
R	320	400	390	755

جدول ۴: سهم هر حرکت در جریان کل ورودی در تقاطع شریعتی-حکیم‌نظامی.

سهم هر حرکت در جریان کل ورودی				
	N	S	E	W
L	0.037	0.043	0.029	0.027
T	0.148	0.151	0.136	0.206
R	0.038	0.048	0.047	0.090

برای تحلیل ظرفیت تقاطع از نرم‌افزار HiCAP استفاده شده است. نمونه‌ای از خروجی این نرم افزار در شکل (۲) آورده شده است. لازم به ذکر است که حرکت-های گردش به راست به علت خطوط گردش به راست مجزا در تحلیل HiCAP در نظر گرفته نمی‌شوند ولی حجم‌های آن‌ها با حجم‌های تقاطع جمع می‌شود.

برای تحلیل میدان از رابطه‌های بخش ۲ استفاده شده است که در زیر نمونه‌ای از محاسبات مربوط به آن برای رویکرد شمالی ارائه می‌شود. در این رویکرد $P_r=0.02$ و $P_r=0$ است. در ابتدا فرض می‌شود که ۱۰۰۰ وسیله نقلیه

وارد میدان شوند و سهم هر حرکت از این مقدار مشخص می‌گردد به عنوان مثال سهم گردش به چپ رویکرد شمالی به طور دقیق برابر است با:

$$0.0369 \times 1000 = 36.9$$

که مقدار ۰/۳۶۹ از جدول (۴) گرفته شده که در این جدول این مقدار به صورت گرد شده ۰/۰۳۷ آمده است. در ادامه حجم میدان به تدریج زیاد می‌شود تا به حد اشباع برسد که نمودار آن در قسمت‌های بعدی می‌آید.

بنابراین در این رویکرد داریم:

گردش به چپ

$$VOL' = 36.9 \times 0.02 \times 1.5 + 36.9 \times (1 - 0.02) = 37.3$$

مستقیم

$$VOL' = 1463 \times 0.02 \times 1.5 + 1463 \times (1 - 0.02) = 1478$$

گردش به راست

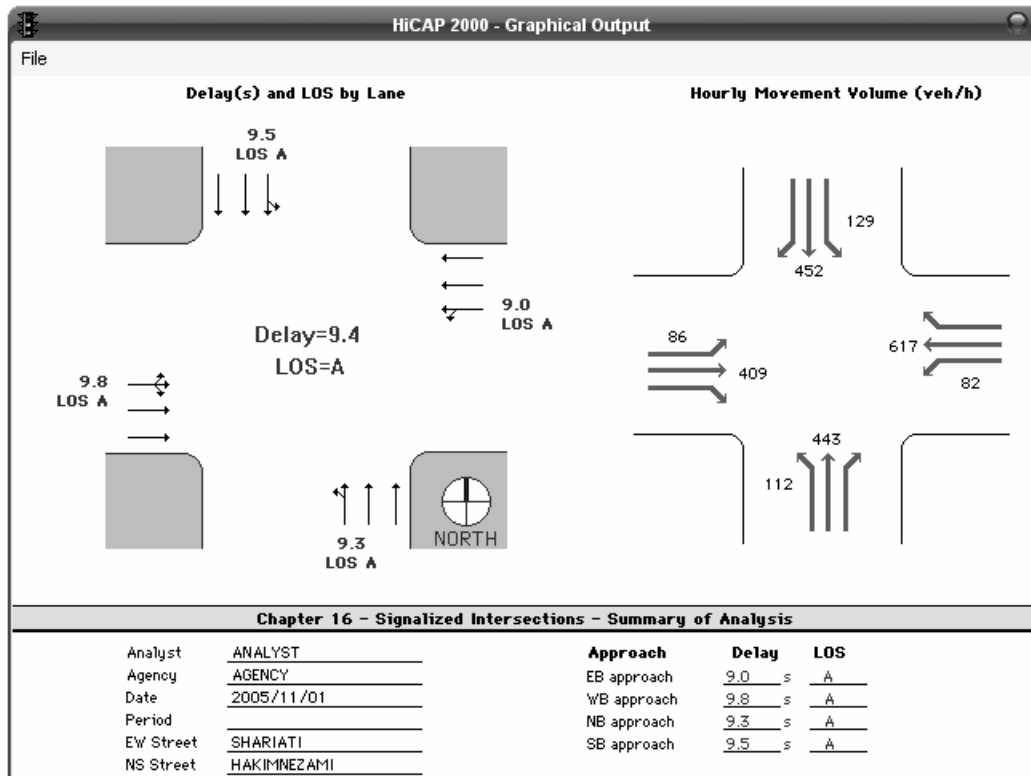
$$VOL' = 37.8 \times 0.02 \times 1.5 + 37.8 \times (1 - 0.02) = 382.5$$

جریان چرخشی برای هر رویکرد شامل جریان‌های رویکردهای دیگر خواهد بود که از کنار رویکرد مورد نظر در محیط چرخشی می‌گذرند. به طور نمونه، وسایل نقلیه‌ای که از کنار باند شمالی (به سمت شمال) می‌گذرند شامل حرکات گردش به چپ باند جنوبی، گردش به چپ باند شرقی، مستقیم باند شرقی خواهد بود، مقدار جریان چرخشی برای این رویکرد برابر ۲۰۸ (۴۳+۲۹+۱۳۶) وسیله نقلیه بر ساعت یا ۰/۵۷۷۷۷۷ وسیله نقلیه بر ثانیه خواهد بود. داده‌های ورودی دیگر عبارت خواهند بود از: تعداد خطوط ورودی=۳، تعداد خطوط چرخشی=۲ (با توجه به فضای تقاطع امکان ایجاد میدان با دو خط چرخشی وجود دارد)، عرض مؤثر خط ورودی=۴/۰۴، میزان جریان غالب=۳۲۳ وسیله نقلیه بر ساعت، میزان جریان تابع=۲۲۳ وسیله نقلیه بر ساعت (۳۷+۱۴۸+۳۸)، میزان جریان چرخشی جریان غالب (جریان غرب)=۰/۰۵۹۳ وسیله نقلیه بر ثانیه، قطر دایره محاطی=۵۵ متر (در محل تقاطع این میدان تصویر شده است)، بنابراین با استفاده از فرمول (۴) و (۵) و معین بودن تمامی متغیرها داریم:

$$T_{0dom} = 3.37 - 0.000394 \times 0.0593 \times 3600 - 0.0208 + 55 + 0.0000889 \times 55^2 - 0.395 \times 3 + 0.388 \times 2 = 2$$

$$\frac{323}{223} = 2.37$$

$$T_{0sub} = 2.149 + 0.5135 \times 2 \times \frac{323}{223} - 0.8735 \times (Q_{dom} = 27 + 206 + 90 = 323)$$



و میداین پرداخته شد. آنچه که از نتایج مطالعات بخش‌های قبلی به دست آمد این بود که تقاطعات AWSC و TWSC در هیچ حجمی بهتر از یک میدان عمل نمی‌کنند و همواره انتخاب میدان یک گزینه برتر و مناسب‌تر از این دو نوع تقاطع است. بنابراین تنها گزینه‌ای که می‌تواند با میدان سنجیده شود تقاطع چراغدار است. برای هر یک از این روش‌های کنترلی یک روش تحلیلی در نظر گرفته شد. برای تحلیل تقاطع از نرم افزار HiCAP استفاده شد. که این نرم‌افزار طبق فرضیات HCM2000 عمل می‌کند. اگر مطابق نظر اکلیلیک ظرفیت عملی میداین را ۸۵٪ ظرفیت نظری میداین بدانیم مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که:

۱- تا رسیدن به ظرفیت عملی که ۳۱۷۴ وسیله نقلیه در ساعت برای تقاطع بلوار-شیخ صدوق و ۳۴۱۲ وسیله نقلیه در ساعت برای تقاطع شریعتی-حکیم نظامی می‌باشد تأخیر در میداین به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از تقاطع‌های هم ارز است.

۲- مطلوبیت واضح میداین به تقاطع‌ها در مطالعات میدانی تا ۹۰٪ ظرفیت نظری میداین به دست آمده است.

از جدول (۱) با دانستن جریان چرخشی برای برابر ۲۰۸ وسیله نقلیه بر ساعت و عده خطوط چرخشی بیش از یک مقدار θ برابر ۰/۲۹۳۷ خواهد بود. همچنین با دانستن Δ برابر ۱ ثانیه برای میداین چند خطه:

$$\lambda = \frac{(1-0.2937) \times 0.05777}{1-1 \times 0.05777} = 0.043307$$

$$T_{sub} = 2.37(3.6135 - 0.0003137 \times 0.05777 \times$$

$$Q_e = \frac{3600(1 - .2937) \times .0577 \times e^{-0.043307(3.85-1)}}{1 - e^{-0.043307 \times 2.37}}$$

$$= 1329.651$$

در نهایت با محاسبات مشابه، نمودارهای ۳ و ۴ به دست آمده است.

$$3600 - 0.339 \times 4.04 - 0.2775 \times 2 = 3.85$$

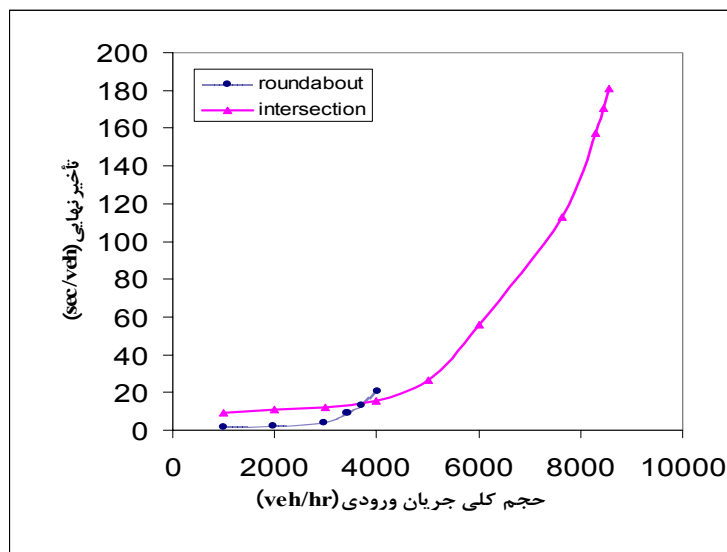
تحقیق آنچنانکه شرح داده شد به مقایسه ظرفیت تقاطع‌ها

را دارد اما تأخیرهای این تقاطع‌ها به ترتیب ۲۰۴ و ۱۸۱ ثانیه بر وسیله نقلیه است. برای ارزیابی این مقایسه لازم است توجه شود که منافع مهم میدان از ظرفیت زیاد میدان منتج نمیشود بلکه از جادادن وسایل نقلیه در شرایط غیراشباع با تأخیر بسیار کمتر حاصل می شود.

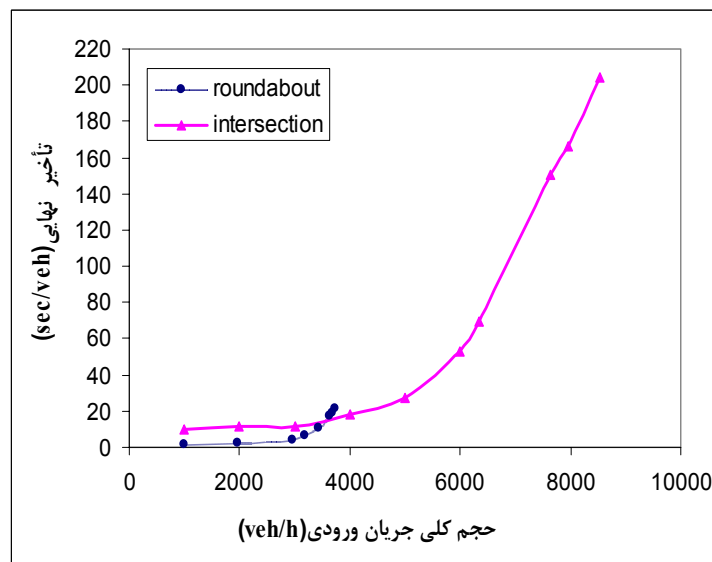
۵- علاوه بر مطالب فوق در میدان شاهد ایمنی بیشتر، عملکرد بهتر ترافیکی، زیبایی و کاهش تعداد و شدت تصادفات خواهیم بود [۱۱].

۳- در نزدیکی ظرفیت نظری میدان، که ۳۷۳۴ وسیله نقلیه در ساعت برای تقاطع بلوار-شیخ صدوق و ۴۰۱۴ وسیله نقلیه در ساعت برای تقاطع شریعتی-حکیم نظامی است، تأخیر در آن‌ها به شدت افزایش یافته و از مطلوبیت میدان کاسته می شود، حتی در چنین شرایطی تأخیر در تقاطع‌های هم‌ارز و میدان نزدیک به هم است.

۴- هر چند تقاطع چراغدار ظرفیت ۸۵۲۰ وسیله نقلیه در ساعت برای تقاطع بلوار-شیخ صدوق و ۸۵۴۶ وسیله نقلیه در ساعت برای تقاطع شریعتی-حکیم نظامی



شکل ۳: مقایسه عملکرد تقاطع و میدان در تقاطع بلوار-شیخ صدوق.



شکل ۴: مقایسه عملکرد تقاطع و میدان در تقاطع شریعتی-حکیم نظامی.

- 1 - Henard, Eugene. (1988). "Etudes sur les transformations de paris." Fascicule 2, 1903: 5. Todd, K. A history of round bouts in the United States and France .Transportation Quarterly, Vol. 42, No.4, PP.599-623.
- 2 - Watson, H. (1933). *Street Traffic Flow*, Ch. 8, Chapman and Hall.

-
- 3 - Erik Lawrence Seiberlich, (2001). *A Formulation to evaluate capacity and delay of multilane roundabouts in the united states for implementation into a travel forecasting model*. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science In Engineeringat The University of Wisconsin-Milwaukee.
 - 4 - Tanner, J. C. (1962). *Atheoretical analysis of delays at an uncontrolled intersection*, Biometrika, Vol. 49.
 - 5 - Florida Department of Transportation, (1996). *Florida Roundabout Guide*.
 - 6 - Taekratok, T. (1998). *Modern Roundabouts for Oregon*. Report No. OR-RD-98-17. Oregon Department of Transportation, Research Unit, Salem, OR, USA.
 - 7 - Brown, M. (1995). *The Design of Roundabouts*. Transport Research Laboratory.
 - 8 - Troutbeck, R. T. (1993). "Capacity and design of traffic circle and design of traffic circles in australia." *Transportation Research Record 1398*, PP. 68-74.
 - 9 - Transportation Research Board. (2000). *Highway Capacity Manual*, Washington, D.C .: National Research Council. HCM2000, metric units
 - 10 - Troutbeck, R. J. (1989). *Evaluating the Performance of a Roundabout*, Australian Road Research Report SR 45.
 - 11 - Mark, T. and Johnson, P. E. "Modern roundabout intersections: When To Use Them." *A Comparison With Signalized Intersections*, Wisconsin DOT; William A. Hange, P.E. City of Loveland.
 - 12 - Kimber, R. M. (1989). "Gap-acceptance and empiricism in capacity prediction." *Transportation Science*, Vol. 23, No. 2.
 - 13 - Abbasi, A. (2006). *Comparing the capacity of roundabout and intersections*. Master course thesis, Univesity of K. N. Toosi of Technology, Tehran, Iran.
-