ارائه متد موثر انتخاب مدل ترافیکی جهت بهینه سازی کارکردهای آنالیزی

افشین عندلیبی[1]

[1] کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش راه و ترابری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند، بیرجند، ایران

afshinandalibi@gmail.com

چکیده

آنالیز ترافیک یک جزء ضروری و پیچیده سیستم های حمل‌ونقل است. برای انجام این تحلیل‌ها، ابزارهای آنالیز مختلفی وجود دارد که هر کدام بر اساس یک نیاز خاص طراحی شده‌اند. این ابزارها به طور کلی در محدودیت‌ها، قابلیت‌ها، متدلوژی، نیازهای ورودی و خروجی متفاوت هستند. هدف از متدلوژی انتخاب ابزارهای آنالیز ترافیک، کمک به مهندسان ترافیک، طراحان، و متخصصان عملیات ترافیکی در انتخاب نوع صحیح ابزار آنالیز ترافیک برای تسریع عملیات است. هدف دیگر، کمک به ایجاد ثبات و یکنواختی تحلیل‌ها در سراسر بخش‌های حمل‌ونقل دولتی و آژانس‌های حمل‌ونقل فدرالی/ منطقه‌ای / محلی می‌باشد. انتخاب ابزارهای مناسب آنالیز ترافیک برای یک پروژه، نیاز به قضاوت، بینش و دانش دارد که تنها از سال‌ها تجربه و برنامه‌های کاربردی بدست می‌آید. در حال حاضر یک سیستم خبره وجود دارد که کار را به طور قابل ملاحظه‌ای ساده‌تر می‌کند. با پاسخ دادن به چند سؤال در مورد ویژگی‌های کلیدی پروژه، سیستم خبره نوع ابزار تجزیه و تحلیل ترافیک را برای رسیدن به پاسخهای روشن ،کامل و سازگار که برای تصمیمات سرمایه گذاری حمل‌ونقل در جامعه ضروری است را پیشنهاد می دهد.

واژه‌های کلیدی

حمل و نقل، متدلوژی، تجزیه و تحلیل، ترافیک، سیستم خبره.

۱. مقدمه

آنالیز ترافیک به عنوان یک جزء ضروری و پیچیده در برنامه‌ریزی و ساخت‌وساز، یکی از عوامل زیرساخت سیستم حمل‌ونقل ما است. برای انجام این تحلیل‌ها، ابزارهای آنالیز مختلفی وجود دارد که هر کدام بر اساس یک نیاز خاص طراحی شده‌اند. برای استفاده درست، این ابزارها پاسخ‌هایی با جزئیات کافی و صریح را برای آگاهی دادن به تصمیم‌گیرندگان در مورد اثرات احتمالی مثبت و منفی و راه‌حل‌های جایگزین ارائه می‌کنند. ابزارهای تجزیه و تحلیل ترافیک به انتخاب ابزار مناسب برای هر شغل کمک می‌کنند. انتخاب ابزارهای مناسب آنالیز ترافیک برای یک پروژه، نیاز به قضاوت، بینش و دانش دارد که تنها از سال‌ها تجربه و برنامه‌های کاربردی بدست می‌آید.

این ابزارها تا به امروز مهم بوده به صورت پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته، در حال حاضر یک سیستم خبره نیز وجود دارد که کار را به طور قابل ملاحظه‌ای ساده‌تر می‌کند. با پاسخ دادن به چند سؤال در مورد ویژگی‌های کلیدی پروژه، سیستم خبره نوع ابزار تجزیه و تحلیل ترافیک را برای رسیدن به پاسخ‌های کامل و سازگار برای اجرای تصمیمات سرمایه گذاری در ایجاد حمل‌ونقل‌های سالم (بی عیب) در جامعه، تعیین می‌کند. به طور کلی، این مطالعات نشان می‌دهند که چگونه انواع ابزارهای مختلف به مشکلاتی گسترده‌ای که در برابر هر جامعه و سازمان وجود دارد به صورت قابل توجهی در حل مشکلات موثر واقع شده‌اند[۱].

با گذر زمان بدلیل توسعه شمار ناوگان‌های حمل‌ونقل کشور و عدم توسعه یافتگی سایر اجزای سیستم حمل و نقل، این رشد باعث افزایش ازدحام ترافیک شده است در نتیجه پتانسیل و شمار تصادفات و تاخیرات ترافیکی افزایش و کیفیت زندگی کاهش یافته است. بنابراین متخصصین برای رفع مشکلات به وجود آمده و افزایش بهره‌وری سیستم‌های حمل‌ونقل موجود باید با استفاده از ابزارهای آنالیز ترافیکی، سیستم موجود را تجزیه و تحلیل کنند تا بتوانند در خصوص اثربخشی بالقوه یک استراتژی خاص نظر دهند. متاسفانه برای استفاده از متدولوژی و ابزارهای موجود در خصوص تجزیه و تحلیل ترافیک در کشورمان، راهنمایی وجود ندارد و مطالعات انجام گرفته نیز در صورت وجود بسیار کم و خیلی کلی می‌باشند. این پایان نامه به بررسی نحوه‌ی شناخت روش‌های تحلیلی مناسب برای انتخاب مدل مؤثر ترافیکی جهت کارکردهای آنالیزی می‌پردازد.

با توجه به عدم توسعه یافتگی کامل علمی کشورمان در مباحث ترافیکی و وابستگی موجود به آیین نامه‌ها و نرم افزارهای خارجی، نیاز به بررسی روش‌های آنالیزی و نرم افزارهای ارائه شده در این آیین نامه‌ها در راستای ارائه یک روش مدون برای انتخاب روش آنالیزی مؤثر با توجه به شرایط موجود احساس می‌شود. این روش مدون می‌تواند پس از انجام مطالعه موردی در این پایان‌نامه مورد استفاده تمامی متخصصین و فعالان علمی ترافیک کشور قرار گیرد. تمام مدل‌های ترافیکی را می‌توان در هفت قالب کلی قرار داد. این مدلها عبارتند از: مدل‌های شبیه‌سازی میکروسکوپی، مدل‌های شبیه‌سازی مزوسکوپی، مدل‌های شبیه‌سازی ماکروسکوپیک، ابزارهای بهینه سازی علائم ترافیک، ابزارهای طرح و برنامه ریزی، مدل تقاضای سفر و ابزارهای تحلیلی و قطعی. در این پایان‌نامه قرار است مؤثرترین مدل در بین هفت مدل یاد شده براساس داده‌های ورودی برای اثرسنجی برنامه‌های ترافیکی موجود در شهر بیرجند می‌باشد.

۲. ادبیات موضوع

- **مدل‌های شبیه‌سازی**

بسیاری از ابزارهای شبیه‌سازی ترافیک به منظور مطالعه کارایی‌های زیست‌محیطی و عملکردی تسهیلات حمل‌ونقل توسعه یافته‌اند. معیارهای کارایی عملکردی مدل‌های شبیه‌سازی به منظور بررسی کارایی سامانه در واژه‌هایی مثل ظرفیت، زمان سفر و تأخیر به کار می‌روند. از معیارهای کارایی زیست‌محیطی نیز به منظور بررسی تأثیر ترافیک بر آلودگی هوا استفاده می‌شود. با استفاده از معیارهای کارایی زیست‌محیطی، می‌توان مدل‌های مربوط به کیفیت هوا و صدا را تولید کرد. مزیت استفاده از شبیه‌سازی در سیستم حمل ونقل به علت توانایی آن در آزمایش و ارزیابی سیستم بدون ایجاد اختلال در ترافیک موجود یا قرار دادن خدمه‌کاری در خطر، بسیار زیاد است. علاوه بر آن، استفاده از شبیه‌سازی برای تحلیل سیستم‌های ترافیک چندین مزیت دارد. نتایج بسیاری برای هر محدوده مورد مطالعه در طول مدت زمان نسبتاً کم از شبیه‌سازی بدست می‌آید. از شبیه‌سازی در روند برنامه‌ریزی و مراحل اولیه طراحی تسهیلات استفاده می‌شود. در میان نرم افزارهای ترافیک، برخی از آنها قابلیت اتصال به سیستم‌های کنترل ترافیک را دارند و با این قابلیت امکان پیش بینی وضعیت ترافیک در ساعت‌های بعد و اطلاع استفاده‌کنندگان و تصمیم‌گیران شبکه معابر فراهم می‌شود[۳].

در نرم‌افزار شبیه‌ساز تمامی متغیرها به صورت کمیت محور تعریف شده‌اند و تحلیل نتایج با در نظر گرفتن تمامی جنبه‌های طرح برعهده مدیر طرح است. نرم‌افزارهای شبیه‌ساز شامل ورودی‌ها (انواع وسائل، حجم‌ها و غیره)، اجزای شبکه (قطعات راه، تقاطع‌ها، رمپ‌ها، حمل و نقل همگانی و غیره) و کنترل‌ها (کنترل تقاطع‌های چراغ دار، کنترل رمپ‌های ورودی) می‌باشند[۲].

- **طبقه بندی مدل‌های شبیه سازی ترافیکی**

مدل‌های شبیه‌سازی ترافیکی براساس سطح جزئیات می‌توانند به سه کلاس مدل‌های ماکروسکپی، میکروسکوپی و مزوسکوپی طبقه‌بندی شوند؛ مدل‌های شبیه‌سازی ماکروسکپی از دینامیک سیالات استنباط شده‌اند. در این مدل‌ها، شبیه سازی جریان ترافیک بر روی یک قسمت از جاده انجام می‌گیرد و تعاملات تک‌تک کاربرهای جاده در نظر گرفته نمی‌شود. بنابراین، این مدل‌ها پارامترهایی مثل حجم ترافیک، سرعت متوسط و چگالی را ارائه می‌کنند. این پارامترها به عنوان متغیرهای پیوسته در زمان یا مکان تعریف می‌شوند. مدل‌های شبیه سازی ماکروسکوپی معمولاً برای تحلیل سطح سرویس، تقاضا و عرضه در طول برنامه‌ریزی منطقه‌ای یا در شبکه‌های حمل‌ونقلی سطح گسترده بکار می‌روند. برای مثال از مدل ترافیکی ماکروسکپی، مدلLWR پیشنهاد شده به وسیله لایت‌هیل و ویدام[۱] را می‌توان نام برد (می،۱۹۹۰). این مدل جریان ترافیک را به وسیله مجموعه ای از معادلات دیفرانسیل شرح می‌دهد و جریان ترافیک را به عنوان سیال توصیف می‌کند. لایت هیل و ویدام فرض کردند که روابط اساسی بین جریان، سرعت و چگالی در همه شرایط ترافیکی، یعنی هم در شرایط جریان آزاد و هم در شرایط جریان متراکم، برقرار است. شبیه‌سازی رایانه در این مدل موقعی که تحلیل تعاملات جریان ترافیک جاده‌ای بصورت مکانی و زمانی انجام شود، به کار گرفته می‌شود. گسسته‌سازی مدل LWR، که آن را معمولاً به عنوان مدل انتقال سلولی داگانزو می‌شناسند. DCTM[2] فرم دیگری از مدل ماکروسکوپی است (داگانزو،۱۹۹۴). DCTM بر اساس گسسته‌سازی مکانی جاده به قسمت‌هایی ریزتر (سلول‌ها) می‌باشد. مدل‌های شبیه سازی میکروسکوپی، رفتار تک‌تک خودروها در یک سامانه ترافیک را با استفاده از زیر مدل‌های تعقیب خودرو[۳]، تغییر خط[۴]، پذیرش گپ[۵] و انتخاب مسیر[۶]، شبیه‌سازی می‌کند. زیر مدل‌های تعقیب خودرو افزایش سرعت خودروها و تعامل آن‌ها با سایر کاربرهای جاده و همچنین با اشیای جاده مشخص می‌کند. زیر مدل‌های تغییر خط به راننده برای حرکت از یک خط عبور به بقیه خطوط عبور براساس شرایط ترافیکی حاکم و اهداف راننده کمک می‌کنند.

- **سادگی، منطقی و با لحاظ ویژگی‌های خاص**

ظاهر سادهٔ AIMSUN و وجود روش های مبتنی بر ادراک مستقیم جهت مدل‌سازی و همچنین وجود ابزارهای مؤثری در واسطهای گرافیکی کاربر، طراحی گرافیکی، معماری و غیره موجب تسهیل ساخت مدل در AIMSUN نسبت به سایر نرم‌افزارهای رقیب و مشابه گشته است. این ویژگی‌ها باعث افزایش سرعت پروژه خواهد شد. ابزاری مانند مشاهده جدول‌ها، جستجوی فیلتر شده، ویرایش اطلاعات بطور گروهی و بررسی میزان حجم کارهای تکراری و کسل کننده در شبکه را به حداقل می‌رساند. ویژگی‌هایی از قبیل copy/paste ، undo/redo وhyperlink بطور استاندارد وجود دارند. لیکن AIMSUN در واقع می‌تواند جزئیات ریز مدلهای ترافیکی زیر را لحاظ نماید:

تعریف چراغهای راهنمایی هوشمند با تمامی استانداردها

تعریف برنامه چراغها با رویکرد اولویت دادن به حمل و نقل عمومی

تعریف استراتژی‌های پیچیدهٔ مدیریت ترافیک با استفاده از trigger ها و رویدادها در شبکه مانند تصادفات، سد معبر، تغییر مسیر خودروها بر اساس حجم ترافیک پیش رو و یا پیام‌های ترافیکی از طریق رادیو، تابلوهای متغیر پیام خبری ، کنترل حجم خودروهای ورودی یا مترینگ رمپ و غیره

وارد نمودن و ویرایش اطلاعات OD

مدیریت سناریوها، تکرارها و اجرای مدلهای شبیه‌سازی

---

[1] Lighthill and Whitham
[2]- Daganzo Cell Transmission Model
[3]- Car-following
[4]- Lane-changing
[5]- Gap acceptance
[6]- Route-choice

تولید خروجی‌ها به صورت نمودار، انیمیشن، جدول و یا بانک اطلاعات در دسترس که می‌توانند از یک یا چند اجرای شبیه‌سازی بدست آمده باشد[۱۰].

- **مجموعه‌ای از رابط[۷]ها**

AIMSUN شما را مستقیماً به محیط پروژه می‌برد وامکان تبادل اطلاعات با اکثر نرم‌افزارها و ابزارهای معمول مانندCAD ، GIS، مدل‌های حمل و نقل، نرم‌افزارهای بهینه سازی برنامه چراغ‌ها و برنامه‌های تطبیقی را تسهیل می‌نماید.

CAD: پشتیبانی از فرمت‌هایDWG ، DXF وDGN

GIS: دریافت و ارسال فایل‌های تصویری و ایجاد شبکه بطور خودکار

نرم‌افزارهای مدل‌سازی حمل و نقل: Emme (Ver 2,3) ، Contram، Saturn، Cube، VissimVissum، PARAMICS

نرم‌افزارهای بهینه‌سازی چراغ‌ها: TRANSYT-7F ، TRANSYT 12وSYNCHRO

نرم‌افزارهای کنترل تطبیقی: VS-Plus، UTOPIA و SCATS

AIMSUN می‌تواند اطلاعات تاریخچه‌ای و یا گردآوری شده توسط دتکتورها در زمان واقعی را در فرمت ASCII تبادل نموده و حتی بطور مستقیم با استفاده از ODBC به پایگاه‌های اطلاعاتی متصل شود[۱۰].

در جدول۱ خلاصه‌ای از نتایج تحقیقات در آنالیز مقایسه‌ای برخی از نرم افزارهای شبیه ساز ترافیک داده شده است[۶].

جدول (۱): انواع مطالعات مقایسه‌ای نرم‌افزارهای شبیه‌ساز ترافیک

یافته ها	نام نرم‌افزار مورد مطالعه
براساس مطالعه Barrios و همکاران نرم‌افزارهای شبیه‌ساز ترافیکی مذکور براساس قدرت نمایش گرافیکی به ویژه نمایش عملکرد حمل ونقل عمومی ارزیابی شده‌اند. براساس نتایج و قدرت تصویرسازی، نرم افزار Vissim به علت قابلیت نمایش سه بعدی بر سایر نرم افزارهای شبیه ساز مورد مطالعه ارجحیت دارد[۱۲].	CORSIM PARAMICS VISSIM SIM Traffic
براساس مطالعه، دو نرم افزار Bloomberg و Dale براساس قدرت شبیه سازی آنها در راه‌های ازدحام شریانی مقایسه شده‌اند، که هر دو دارای قابلیت یکسانی در این زمینه می‌باشند[۱۳].	CORSIM VISSIM
براساس مطالعه Trueblood که بر پایه ویژگی استفاده آسان برای کاربر و توانایی مدل در شبیه سازی دقیق تقاطعات غیرهمسطح بوده است، دو نرم افزار تفاوت‌های اندکی در شبیه سازی ترافیک کم تا متوسط راه‌های شریانی از خود نشان داده‌اند[۱۴].	CORSIM SIM Traffic
براساس مطالعه Choa و همکاران، Corsim توانایی بالایی در محاسبه و کنترل تاخیر برای رویکردهای مستقل، بهتر از سایر نرم افزارهای مذکور عمل کرده است، همچنین Paramics و Vissim به علت توانایی نمایش سه بعدی،شرایط واقعی را بهتر نمایش می‌دهند[۱۵].	CORSIM PARAMICS VISSIM
براساس مطالعه Tian و همکاران، راه‌های دارای تقاطعات چراغدار مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از نرم افزارها با تغییر پارامترهایی از قبیل طول راه، سرعت و میزان حجم خروجی‌های متفاوتی دارند[۱۶].	CORSIM VISSIM SIM Traffic

[7] interface

SIM Traffic AIMSUN CORSIM	براساس مطالعه Jones چنین نتیجه گیری شد که Aimsun در مقایسه با دو نرم‌افزار دیگر در شبیه‌سازی شبکه راه‌های درون شهری بهتر عمل می‌کند[۱۷].
PARAMICS VISSIM AIMSUN	در مطالعه Panwai و Dia تئوری تعقیب خودرو در نرم افزارهای مذکور مورد مطالعه قرار گرفت که در این میان Aimsun دارای خطای کمتری نسبت به دو نرم افزار دیگر می‌باشد[۱۸]
VISSIM AIMSUN	براساس نتایج مطالعه Xiao و همکاران هر دو نرم افزار قابلیت شبیه سازی ویژگی‌های جریان ترافیک را دارا هستند و میزان دقت مشابهی دارند[۱۹].
HCS SYNCHRO	افندی زاده و ذبیحی در سال ۱۳۹۰نتایج تحلیلی نرم افزارهای Hcs و Synchro را در تقاطعات چراغ دار شهری مقایسه کردند نتایج بدست آمده نشان دادکه در تقاطع های T شکل(سه راه) در شرایط زیر اشباع نرم افزار Hcs ارزیابی مناسبی بهمراه دارد. در چهارراه های ۲ زمانه تعداد حرکات موجود در آن کامل نیست(۹ حرکت و کمتر)Hcs تحلیل مناسب تری دارد. ولی در تقاطع های ۳ زمانه و ۴ زمانه هیچ کدام از این دو نرم افزار تحلیل مناسبی ارائه نمی کنند[۸].

۳. روش تحقیق

ابزارهای آنالیز ترافیک برای کمک به متخصصان حمل‌ونقل جهت ارزیابی استراتژی‌هایی که نشان دهنده بیشترین نیازهای حمل‌ونقل حوزه قلمرو خود می‌باشد، طراحی شده‌اند. به طور خاص، ابزارهای تجزیه و تحلیل ترافیک به کارورزان در موارد زیر می‌توانند کمک کنند[۲۰]:

بهبود فرآیند تصمیم گیری: ابزارهای آنالیز ترافیک به کارورزان در رسیدن به تصمیمات بهتر برنامه‌ریزی/ مهندسی برای مشکلات حمل‌ونقل پیچیده کمک می‌کنند. این ابزارها برای تخمین تأثیر به کارگیری مدیریت ترافیک و استراتژی‌های دیگر و همچنین برای کمک به تعیین اولویت‌ها در میان پروژه‌ها استفاده می‌شوند. علاوه بر این، آن‌ها می‌توانند یک رویکرد منسجمی برای مقایسه‌پیشرفت‌های بالقوه یا جایگزین ارائه کنند.

پتانسیل پروژه‌های ترافیکی آینده: از ابزارهای آنالیز ترافیک می‌توان برای آنالیز شرایط ترافیکی پروژه آینده استفاده قرار داد. این امر به ویژه برای بهبود برنامه‌ریزی بلند مدت و ارزیابی تأثیر آینده آن، مفید است.

ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌های عملیاتی/ برنامه‌ریزی: به طور معمول شامل مقایسه شرایط « عدم ساخت » باگزینه ها(پیشنهاد ها)، که شامل انواع مختلفی از پیشرفت‌های بالقوه است. اثرات به عنوان اندازه‌گیری عملکرد گزارش شده و به عنوان تفاوت بین عدم ساخت و سناریوی گزینه‌ها (پیشنهاد)ها تعریف شده است.

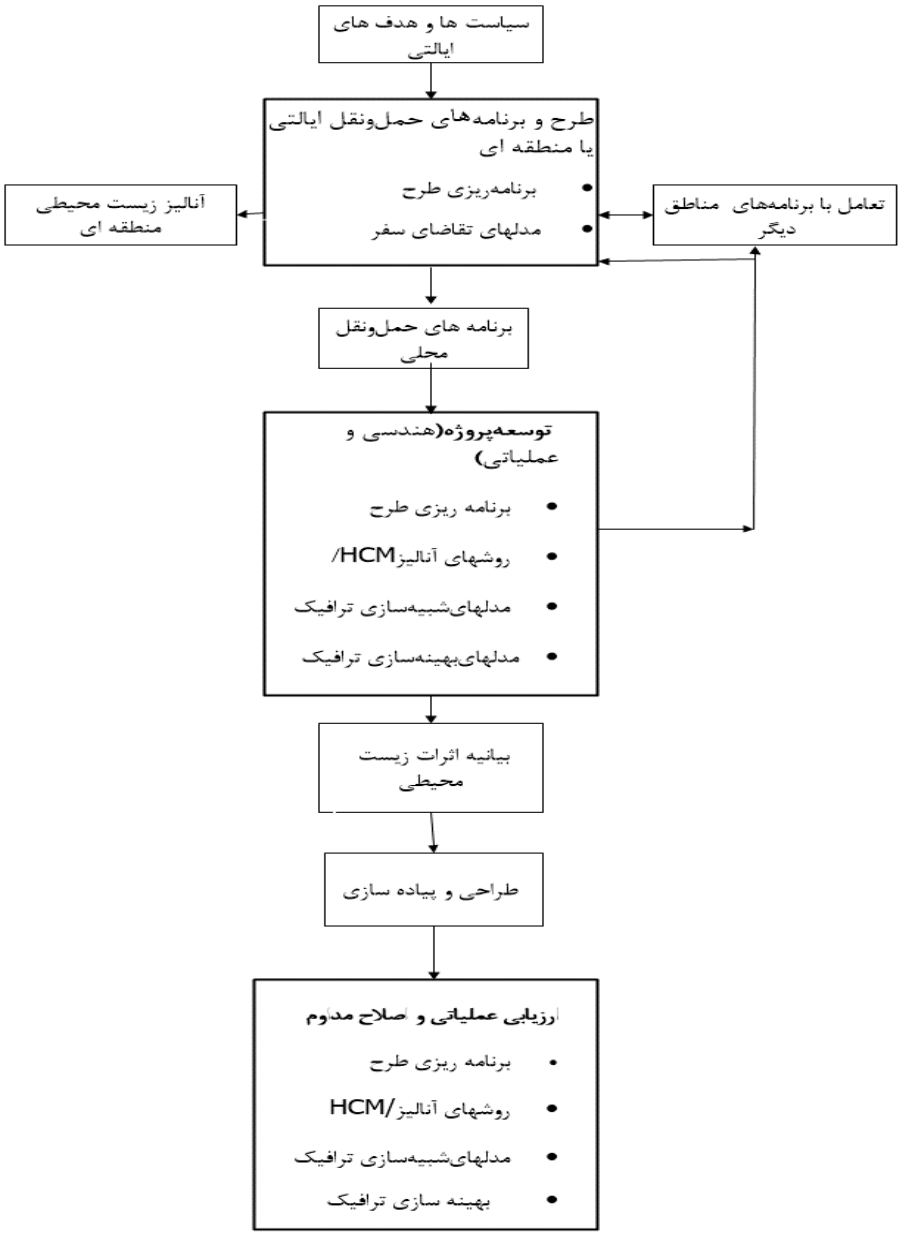
نتایج می‌تواند جهت انتخاب بهترین گزینه یا بهبود اولویت‌بندی، افزایش احتمال داشتن یک آرایش موفق مورد استفاده قرار گیرد.

بهبود طراحی و ارزیابی زمان و هزینه‌ها: ابزارهای تجزیه و تحلیل ترافیک در مقایسه با مطالعات آزمایشی، آزمایشات میدانی و یا هزینه اجرای کامل پروژه، نسبتاً کم هزینه هستند. علاوه براین، ابزارهای تحلیلی می‌توانند برای ارزیابی ترکیب آرایش چندگانه و یا سایر سناریوهای پیچیده در یک مدت زمان نسبتاً کوتاه مورد استفاده قرار گیرند.

کاهش اختلالات ترافیک: مدیریت ترافیک و استراتژی‌های کنترل درشکل‌ها و گزینه‌های مختلفی آمده است. ابزارهای تحلیلی، روشی برای برآورد ارزان اثرات آرایش کامل استراتژهای مدیریت ارائه نموده است. این ابزارها ممکن است برای تست اولیه مفاهیم سیستم‌های مدیریت حمل ونقل جدید بدون نیاز به یک آزمایش میدانی مورد استفاده قرار گیرند.

مدیریت ظرفیت موجود جاده‌ها: برخی ابزارها توانایی بهینه‌سازی و معرفی بهترین طراحی و یا کنترل سناریوها جهت به حداکثر رساندن عملکرد تسهیلات حمل‌ونقل را فراهم می‌کنند.

نظارت بر عملکرد: ابزارهای تحلیلی همچنین می‌توانند برای بررسی و نظارت بر عملکرد تسهیلات حمل‌ونقل موجود مورد استفاده قرار گیرند. در آینده، امید است که سیستم‌های نظارت بتواند در یک فرایند تحلیلی به طور مستقیم و در زمان واقعی با ابزارهای تحلیلی ارتباط داشته باشند.



شکل (۱): بررسی اجمالی روند آنالیز حمل‌ونقل [۲۰]

- **مدل‌های شبیه سازی میکروسکوپی**

مدل‌های شبیه سازی میکروسکوپیک حرکت وسایل نقلیه شخصی را براساس تئوری‌های تعقیب خودرو و تغییر خط شبیه سازی می‌کنند. به طور معمول، وسایل نقلیه با استفاده از توزیع آماری بدست آمده(فرایند تصادفی) وارد شبکه حمل‌ونقل می‌شوند و از طریق همان شبکه در طول فواصل زمان کوتاه ردیابی می‌شوند (به عنوان مثال، 1ثانیه یا کمتر از۱ثانیه). معمولاً، بمحض ورود، به هر وسیله نقلیه یک مقصد، یک نوع خودرو، و یک نوع راننده تخصیص داده می‌شود. در بسیاری از مدل‌های شبیه سازی میکروسکوپی، خصوصیات عملیات ترافیکی هر خودرو بوسیله درجه عمودی، انحنای افقی، و درجه بلندی بر اساس روابط توسعه یافته در تحقیقات قبلی تحت تأثیر

قرارگرفته‌اند. مهم‌ترین ابزار کالیبراسیون و اعتبار سنجی مدل شبیه‌سازی میکروسکوپی از طریق تنظیم عوامل حساسیت راننده بدست می‌آید. برای مدل‌های میکروسکوپی زمان کامپیوتر و نیازهای ذخیره سازی (فضای لازم برای ذخیره سازی) مهم هستند و معمولاً از طریق محدود کردن اندازه شبکه و تعداد اجراهای شبیه سازی می‌تواند پوشش داده شوند.

جدول (۱): مزایا و چالش‌های ابزارهای آنالیز عملیاتی[۲۱]

ابزار / مواد و روش‌ها	مزایای استفاده	چالش‌ها
ابزارهای برنامه‌ریزی طرح	• هزینه پایین • زمان‌های آنالیز سریع • نیاز به اطلاعات محدود • نمایش «تصویر بزرگ»	- در دامنه، قدرت تحلیلی و قابلیت‌های ارائه محدودیت دارد
مدل پیش بینی تقاضای سفر	• مدل‌های معتبر قابل دسترس برای بیشتر مناطق مترو • ارزیابی اثرات منطقه ای •سازگار با شیوه‌های برنامه ریزی رایج (متداول)	- توانایی محدود در آنالیز استراتژی‌های عملیاتی - معمولاً تأخیر غیر دوره ای را شامل نمی شود
مدل‌های قطعی	• پیشگوئی سریع اثرات برای یک منطقه ایزوله شده • به طور گسترده پذیرفته شده	- توانایی محدود در آنالیز اثرات شبکه گسترده - محدودیت در اندازه‌گیری عملکردها
ابزارهای بهینه سازی علائم ترافیکی	• ابزار مؤثر برای تست برنامه‌های قبلی جهت پیاده سازی میدانی • مزایای عملیاتی اثبات شده (آزمایش شده)	- فرآیند کالیبراسیون می‌تواند وقت گیر باشد
شبیه سازی	• نتایج دقیق، به خصوص در شبیه سازی میکرو • آنالیز دینامیکی حوادث و زمان واقعی الگوهای انحراف • فرصت ارائه بصری(امکان نمایش بصری)	- نیازمند داده برای محاسبات، به خصوص در شبیه سازی میکرو - منابع مورد نیاز ممکن است با اندازه شبکه و تعداد حالات آنالیز محدود باشد

- **مقایسه *HCM* و شبیه سازی**

هدف از این بخش ارائه یک نمای کلی از نقاط قوت و محدودیت‌های HCM و ابزارهای شبیه سازی ترافیک و ارائه راهنمایی‌های بیشتر در مورد ارزیابی شبیه سازی ترافیکی می‌باشد که ممکن است نسبت به روش‌ها یا ابزارهای مبتنی بر HCM مناسب‌تر باشد.

- **بررسی اجمالی روش HCM**

HCM تلفیقی از روش‌های بررسی شده برای محاسبه ظرفیت وعملکرد عملیاتی تسهیلات حمل‌ونقل مختلف است. HCM برای اولین بار در ۱۹۵۰ منتشر شد و بعد از آن بارها تحت بازبینی قرار گرفت. نسخه فعلی HCM در سال 2000 منتشر شد. روش‌های HCM فرم بسته، ماکروسکوپی، قطعی و روش‌های تحلیل استاتیکی هستند که ظرفیت و عملکرد اقدامات برای تعیین سطح خدمات را تخمین می‌زنند (به عنوان مثال، چگالی، سرعت، و تأخیر). آن‌ها بسته به شکل هستند زیرا آن‌ها تکراری نیستند. کارورزان داده‌ها و پارامترها را وارد می‌کنند و پس از توالی مراحل تحلیلی، روش HCM یک جواب واحد ارائه می‌کنند.به طور کلی، روش HCM دارای ویژگی‌های زیر است:

ماکروسکوپیک: مقدار ورودی و خروجی HCM با عملکرد متوسط در طول یک دوره تحلیلی 15 دقیقه یا 1ساعت.

قطعی: هر مجموعه ورودی داده شده، همواره به همان جواب منجر خواهد شد.

استاتیک: روشهای HCM متوسط شرایط عملیاتی بیش از یک دوره زمانی ثابت را پیش بینی می‌کنند و با تغییر در عملیات‌ها از یک سیستم به حالت دیگرکاری ندارد.

- **نقاط قوت و محدودیت‌های *HCM***

برای بسیاری از برنامه‌های کاربردی، HCM به طور گسترده استفاده می‌شود و بعنوان روش آنالیز ترافیک در ایالات متحده استفاده می‌شود. روش‌های HCM برای آنالیز عملکرد تسهیلات مجزای دارای مشکلات تراکم نسبتاً متوسط، خوب هستند. این روش‌ها سریع و قابل اعتماد برای پیش بینی اینکه آیا تسهیلات اختصاص داده شده بیشتر یا کمتر از ظرفیت خواهد بود، از طریق اعتبارسنجی تلاش‌های میدانی کارا تست می‌شوند.

به هرحال، به طور کلی توانایی روش‌های HCM برای ارزیابی اثرات سیستم‌ها، دارای محدودیت هستند. دربسیاری از روش‌ها و مدل‌های HCM فرض می‌کنیم که این عملیات از یک تقاطع و یا بخش جاده با شرایط جاده مجاور تحت تاثیرنامطلوبی قرار نگرفته است. صف‌های طولانی در یک محل که با محل دیگر تداخل داشته باشد این فرض را نقض خواهد کرد. روش‌های HCM در آنالیزکردن صف‌ها و اثرات صف‌ها دارای محدودیت هستند. همچنین در روش‌های HCM شکاف‌های متعددی وجود دارد. HCM همواره در حال تحول و گسترش دادن مجموعه‌ای ابزارهای تحلیلی می‌باشد. در نتیجه، هنوز هم موقعیت‌های بسیاری در دنیای واقعی وجود دارد که HCM هنوز برای آن‌ها روش تحلیلی توصیه نکرده است. لیست زیر برخی از این شکاف‌های (خلاءهای) شناسائی شده را نشان می‌دهد[۲۰]:

۱. راه‌های روستایی دو بانده و یا چند بانده که در آن علائم راهنمایی و رانندگی و یا علائم توقف به طور قابل توجهی ظرفیت و یا عملیات‌ها را تحت تأثیر قرار داده است. (بر روی ظرفیت و یا عملیات‌ها تأثیر گذاشته است.)
۲. خطوط برای بالا رفتن کامیون‌ها (خطوط در سربالائی‌ها که مخصوص کامیون‌هاست) خطوط کندرو در سربالائیها.
۳. خط میانبر اضافه شده و یا حذف شده در یک سیگنال
۴. خطوط گردش به چپ دو طرفه.
۵. میادین بیش از یک لاین واحد.
۶. تبادلات نیمه شبدری تنگ

- **نقاط قوت و محدودیت‌های شبیه سازی**

ابزارهای شبیه‌سازی در ارزیابی تکامل پویای مشکلات تراکم ترافیک در سیستم‌های حمل و نقل مؤثر است. با تقسیم دوره تحلیلی به بازه‌های زمانی، مدل شبیه سازی می‌تواند تجمع، اتلاف و مدت زمان تراکم ترافیک را مورد ارزیابی قرار دهد. بوسیله ارزیابی تسهیلات سیستم، مدل‌شبیه سازی می‌تواند تداخلی که بواسطه تراکم ایجاد می‌شود را ارزیابی کند و بر ظرفیت مناطق دیگر تأثیر بگذارد. همچنین، شبیه سازی ترافیک می‌تواند تنوع در ویژگی‌های راننده / خودرو را مدلسازی کند. با این حال، ابزارهای شبیه سازی به مجموعه‌ای از داده‌های ورودی، کنترل خطای قابل توجه داده‌ها و دستکاری مقدار زیادی از پارامترهای کالیبراسیون بالقوه نیاز دارند[۲۰].

مدل‌های شبیه سازی نمی‌تواند در یک تسهیلات خاص بدون کالیبراسیون پارامترهای آن نسبت به شرایط واقعی در یک منطقه استفاده شود. کالیبراسیون می‌تواند یک فرایند پیچیده و وقت‌گیر باشد. الگوریتم‌های مدل‌های شبیه سازی اغلب به طور مستقل توسعه یافته‌اند و در معرض بررسی دقیق و پذیرش در جامعه حرفه‌ای نیستند. هیچ اتفاق نظر ملی در مورد مناسب بودن یک رویکرد شبیه سازی وجود ندارد. مدل‌های شبیه سازی، با تمام پیچیدگی‌هایشان، دارای محدودیت هایی هستند[۲۰].

- **اقدامات و عملکرد ترافیک(تفاوت بین شبیه ساز و *HCM*)**

متدلوژی‌ها و روش‌های ابزار HCM، یک رویکرد استاتیک در پیش بینی عملکرد ترافیک دارند. مدل‌های شبیه سازی یک رویکرد پویا دارند. HCM، متوسط چگالی، سرعت و یا تأخیر رادر هر پیک ۱۵ دقیقه ازساعت تخمین می‌زند، در حالی که مدل‌های شبیه سازی، چگالی، سرعت و تأخیر برای هر قسمت از زمان را در دوره تحلیلی تخمین می‌زند (که می‌تواند طولانی تر از یک ساعت باشد). نه تنها تفاوت در روش وجود دارد بلکه تفاوت در تعاریف اقدامات انجام شده بوسیله مدل‌های شبیه سازی و ابزار HCM تولید شده، وجود دارد. قابل توجه ترین تفاوت عبارت‌اند از[۲۰]:

۱. مدل‌های شبیه سازی، تراکم وسیله نقلیه واقعی را گزارش می‌کنند در حالی که HCM تراکم در شرایط اتومبیل‌های مسافری معادل را گزارش می‌کند (کامیون‌ها و سایر وسایل نقلیه سنگین بیش از یک بار در محاسبه چگالی محاسبه می‌شوند).

۲. مدل‌های شبیه سازی، جریان را در شرایط وسیله نقلیه واقعی گزارش می‌کنند در حالی که HCM ظرفیت را برای بزرگراه‌ها و راه‌ها در شرایط اتومبیل‌های مسافری معادل گزارش می‌کند.

۳. مدل‌های شبیه سازی تنها تأخیر در بخش خیابانی که در آن وسائل نقلیه آهسته حرکت می‌کند را گزارش می‌کند در حالی که HCM همه تأخیرات ناشی از تنگنا (صرفنظر از مکان فیزیکی واقعی وسایل نقلیه) را گزارش می‌کند

۴. مدل‌های شبیه‌سازی تنها صف در بخش خیابانی که در آن وسائل نقلیه واقعاً در صف هستند را گزارش می‌کند در حالی که HCM تمام وسایل نقلیه در صف واقع شده حاصل از تنگنا معلوم را گزارش می‌کند (صرفنظر از مکان فیزیکی واقعی وسایل نقلیه).

۵. مدل‌های شبیه سازی لزوماً کنترل تأخیر در تقاطع‌های چراغدار را گزارش نمی‌کنند.

- **استراتژی برای غلبه بر محدودیت‌های *HCM***

هنگامی که یک شخص حرفه ای حمل و نقل تشخیص دهد که روش‌های HCM نیازهای تجزیه و تحلیل را برآورده نمی‌کنند، گام بعدی تعیین می‌کند که آیا شبیه سازی میکروسکوپی، مزوسکوپی و یا ماکروسکوپی مورد نیاز است یا نه؟

چندین برنامه‌های شبیه سازی مختلف در دسترس برای ارزیابی انواع بهبود حمل‌ونقل، تسهیلات، حالت‌های سفر، پاسخ مسافر،و اقدامات عملکرد وجود دارد. این ابزار تحلیلی در داده‌های موردنیاز خود، قابلیت‌ها، روش‌ها و خروجی، متفاوت هستند علاوه بر این، ممکن است اقدامات عملکرد برای مدل‌های شبیه سازی و روش HCM در تعریف و یا روش‌ها متفاوت باشد. (به عنوان مثال، تعدادی از توقف‌ها ممکن است برای یکی کمتر از ۸ کیلومتر در ساعت تخمین زده شده باشد اما برای دیگری ۰ کیلومتر / ساعت). اگر ردیابی میکروسکوپی حرکت وسیله نقلیه فردی ضروری نباشد، تحلیلگر می‌تواند از مزایای اطلاعات ورودی ساده تر و ویژگی‌های کنترل بهینه سازی های موجود در بسیاری از مدل‌های شبیه سازی ماکروسکوپی استفاده کند. با این حال، مدل‌های ماکروسکوپی اغلب توانایی اعمال فرضیات خاص و منسجم به روابط رفتار وسیله نقلیه ماکروسکوپی دارند. اگر این فرض‌ها برای وضعیت مورد مطالعه قرار گرفته معتبر نباشد، تحلیلگر باید به شبیه سازی میکروسکوپی یا مزوسکوپی متوسل شود. مدل‌های شبیه سازی به مقدار قابل توجهی از اطلاعات دقیق برای ورودی، کالیبراسیون و اعتبار نیازمند هستند. به طور کلی، مدل‌های شبیه سازی میکروسکوپی نیازمند اطلاعات مورد نیاز بیشتر نسبت به مدلهای مزوسکوپی و ماکروسکوپی دارند. مدل‌های شبیه سازی همچنین پیچیده تر هستند و نیاز به مقدار قابل توجهی تلاش برای به دست آوردن درک درستی از مفروضات، پارامترها و روش‌ها در آنالیز دارند. عدم درک درست از این ابزارها اغلب باعث کمبود اعتبار و عملکرد گذشته (استفاده / محبوبیت) شده و به عنوان یک عامل اصلی در انتخاب یک ابزار شبیه سازی خاص می‌باشد[۲۰].

- **معیارهای انتخاب ابزار مناسب جهت آنالیز ترافیک**

این بخش، معیارهای که می‌تواند در انتخاب یک ابزار مناسب آنالیزترافیک در نظر گرفته شود را شناسایی می‌کند و به شناسایی شرایطی که یک ابزار خاص باید مورد استفاده قرار گیرد کمک می‌کند. فصل بعدی شامل راهنمایی در مورد چگونگی استفاده از این اطلاعات برای انتخاب ابزار مناسب است.

بخش‌های ۳-۵-۱ و ۳-۵-۲ معیارهای را که یک کاربر باید در هنگام انتخاب یک نوع ابزار تجزیه و تحلیل ترافیک در نظر بگیرند ارائه می‌کنند. گام اول شناسایی چهار چوب تحلیلی برای فعالیت است که عبارت‌اند از برنامه ریزی، طراحی و یا عملیات ساخت و ساز.

هفت معیار دیگر برای کمک به شناسایی ابزارهای تحلیلی که برای یک پروژه خاص خیلی مناسب می‌باشند، لازم هستند. بسته به نوع چهار چوب تحلیلی و اهداف پروژه، ارتباط هر معیار ممکن است متفاوت باشد. معیارها عبارت‌اند از[۲۰]:

۱. توانایی تجزیه و تحلیل مناسب از محدوده‌های جغرافیایی و یا منطقه مورد مطالعه برای تجزیه و تحلیل، شامل تقاطع جدا شده، جاده‌های یکطرفه، کریدور، و یا شبکه.

۲. قابلیت مدل‌سازی انواع تسهیلات مختلف، مانند آزادراه‌ها، خطوط وسیله نقلیه بیشتر اشغال‌کننده (با سرنشین زیاد)، رمپ، شریانی‌ها، میادین عوارض و غیره

۳. توانایی آنالیز حالت‌های مختلف سفر، مثل وسیله نقلیه تک سرنشین ، وسیله نقلیه پرسرنشین ، اتوبوس، قطار، کامیون، دوچرخه و ترافیک عابران پیاده.

۴. توانایی تجزیه و تحلیل استراتژی‌های مختلف مدیریت ترافیک و برنامه‌های کاربردی، مانند اندازه گیری رمپ، هماهنگی سیگنال، مدیریت حادثه و غیره

۵. قابلیت تخمین واکنش‌های مسافر به استراتژی‌های مدیریت ترافیک، از جمله انحراف مسیر، انتخاب زمان حرکت، تغییر حالت، انتخاب مقصد و تقاضای قبلی.

۶. امکان تولید و اندازه‌گیری عملکرد خروجی به طور مستقیم، مانند اقدامات ایمنی (تصادفات، مرگ و میر)، بهره‌وری (توان عملیاتی، حجم، وسیله نقلیه - مایل سفر (VMT)، تحرک (زمان سفر، سرعت، وسیله نقلیه - ساعت سفر (VHT))، قابلیت تولید (صرفه جویی در هزینه) و اقدامات زیست محیطی (انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف سوخت و سروصدا).

۷. تأثیر بخشی هزینه / ابزار برای کار، به طور کلی یک مدیریت یا چشم انداز عملیاتی است. پارامترهایی که تأثیربخشی هزینه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، شامل هزینه ابزار برای سرمایه گذاری، سطح تلاش‌های مورد نیاز، سهولت استفاده، سخت افزار مورد نیاز، اطلاعات مورد نیاز، انیمیشن و غیره.

هردسته ابزارهای تحلیلی در برابر هر معیار برای شناسایی اینکه آیا دسته ابزار تحلیلی برای استفاده مناسب است یا نه مورد بررسی قرار گرفته. این ارزیابی به صورت ماتریس ارائه شده است. در هر یک از سلول‌های ماتریس، یک مقدار به هر یک از دسته ابزار تحلیلی اختصاص داده شده است. دایره توپر (●) نشان می‌دهد که دسته ابزار تحلیلی خاص به اندازه کافی معیار را مشخص می‌کند. دایره توخالی (○)نشان می‌دهد که دسته ابزار تجزیه و تحلیل ترافیک بطور ناچیز معیار خاص را مشخص می‌کند. نماد تهی (Ø) نشان می‌دهد که برخی از ابزار موجود در دسته ابزارهای تحلیلی ممکن است معیار را نشان دهند و بعضی ممکن است نشان ندهند.

(n/a) قابل اجرا نیست و نشان می‌دهد که دسته بندی ابزار خاص کلاً معیار مربوطه را نشان نمی‌دهد و نباید برای آنالیز مورد استفاده قرار گیرد.

معیارهای که ممکن است برای انتخاب یک دسته ابزار در نظر گرفته شوند در شکل ۲ خلاصه شده است.

مراحل انتخاب انواع ابزار تحلیلی مناسب عبارت‌اند از:

۱. گام اول، کاربران باید چارچوب آنالیزی پروژه را شناسایی کنند. (در بخش ۳-۵-۱ بحث شده).
۲. گام بعدی، کاربران باید معیار 1تا ۶ را فیلتر کنند تا دسته ابزارهای مناسب را به یک یا دو گزینه محدود کنند (همانطور که در بخش ۱-۲-۵-۳ الی ۳-۵-۲-۶ بررسی شده است).

۳. در نهایت، معیار ۷ (اثربخشی هزینه یا ابزار) باید مورد استفاده قرار گیرد تا دسته ابزار نهایی را (که در بخش ۳-۵-۲-۷ ارائه شده) بر اساس پارامترهای خارج از چهار چوب فنی آنالیز، مانند هزینه‌های ابزار، آموزش، سخت افزار مورد نیاز و غیره انتخاب کنند.

- **زمینه تحلیلی**

اولین گام در انتخاب نوع مناسب ابزار آنالیزترافیک شناسایی زمینه تحلیلی پروژه است. جدول ۲ به طور معمول فرایند آنالیز حمل‌ونقل را نشان می‌دهد، که شامل چند مرحله تحلیلی است عبارت‌اند از[۲۰]:

برنامه‌ریزی: این مرحله مطالعاتی کوتاه یا بلند مدت یا به عبارتی دیگر، منطقه ای و یا برنامه‌های حمل‌ونقل محلی را شامل می‌شود (به عنوان مثال، طرح‌های جامع، برنامه‌های مدیریت تراکم، طرح‌های استراتژیک ITS و غیره).

طراحی: در این مرحله پروژه‌ها تصویب شده و اختصاص بودجه از طریق آنالیزهای جایگزین (پیشنهادی) یا طراحی اولیه برای تعیین بهترین گزینه برای پیاده سازی را شامل می‌شود. این مرحله همچنین آنالیزهای مورد نیاز ویژگی‌های جاده‌ها را شامل می‌شود تا در یک سطح سرویس مورد نظر به کار گیرند. طراحی کامل پروژه‌ها (به عنوان مثال، ترازهای افقی / عمودی، طراحی روسازی، و غیره) در این دسته بندی گنجانده نشده است.

عملیات/ ساخت و ساز: این پروژه‌ها دارای ویژگی‌های مشابه زیادی با پروژه‌های طراحی دارند، اما برای تعیین بهترین رویکرد برای بهینه سازی یا ارزیابی سیستم‌های موجود انجام شده‌اند.

جدول (۲). معیار های انتخاب دسته ابزار آنالیز ترافیک[۲۰]

چارچوب آنالیز: برنامه ریزی، طراحی، یا ساخت سازهای عملیاتی						
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
محدوده جغرافیایی	نوع تسهیلات	مدل سفر	استراتژی مدیریت	پاسخ گویی مسافر	اندازه گیری عملیاتی	اثر بخشی ابزار یا هزینه
محدوده مورد مطالعه کجاست؟	کدام یک از انواع تسهیلات را می‌خواهید؟	کدام یک از حالت‌های سفر را می‌خواهید؟	کدام‌استراتژی‌های مدیریت باید تحلیل شود؟	کدام واکنش‌های مسافری بایدآنالیز شوند؟	کدام اندازه گیری‌های عملکردی مورد نیاز است؟	کدام‌ویژگی‌های عملیاتی‌ضروری است؟
محل جدا شده (مجزا)	تقاطع‌جدا شده (مجزا)	SOV	مدیریت آزادراه	تغییر مسیر قبل از سفر-در حین سفر	سطح خدمت	هزینه ابزار برای سرمایه گذاری
بخش	میدان	HOV(2+2,3,3)	تقاطع شریانی	تغییر حالت	سرعت	سطح(هزینه/-آموزش)
کریدور/ شبکه کوچک	شریانی	اتوبوس	مدیریت شریانی	انتخاب زمان خروج	زمان سفر	سهولت استفاده
منطقه	بزرگراه	ریل	مدیریت حادثه	تغییر مقصد	حجم	محبوب/قابل اعتماد
منطقه	آزادراه	کامیون	مدیریت اضطراری	تقاضا ی از قبل پیش بینی شده	فاصله سفر	سخت افزار مورد نیاز

جدول (۳). معیار های انتخاب دسته ابزار آنالیز ترافیک

HOVخط	موتورسیکلت	محل کار	مسافران	اطلاعات مورد نیاز
خطبای پس HOV	دوچرخه	رویدادهای ویژه	متوسط اشغال خودرو	زمان اجرای کامپیوتر
رمپ	عابر پیاده	سیستم پیشرفته حمل‌ونقل عمومی	نسبت حجم به ظرفیت	پس پردازش
خط کمکی		سیستم پیشرفته اطلاعات مسافر	چگالی	مستندات
خطبرگشت پذیر		پرداخت الکترونیکی	VMT/PMT	پشتیبانی کاربر

خط کامیون		نظارت بر تقاطع‌های بزرگ ریلی	VHT/PHT	پارامترهای کلیدی که توسط کاربرتعریف شده
خط اتوبوس		عملیات‌وسیله نقلیه تجاری	تأخیر	مقادیر پیش فرض
میدان عوارض		کنترل و سیستم ایمنی وسیله نقلیه پیشرفته	طول صف	یکپارچه سازی
خط راه آهن سبک		مدیریت‌پیش بینی هوا	ها توقف	نمایش / ارائه
		مدل تقاضای سفر	مدت زمان حادثه	
			قابلیت اطمینان زمان سفر	
			انتشار / مصرف سوخت	
			سر و صدا	
			تقسیم حالت	
			سودمندی / هزینه	

جدول ۴ ارتباط کلی ابزارهای تحلیلی دسته بندی شده را برای هر زمینه تحلیلی، از جمله برنامه ریزی، طراحی و عملیات/ ساخت و ساز ارائه می‌کند.

جدول (۴). ارتباط ابزار تجزیه و تحلیل ترافیک دسته بندی شده نسبت به زمینه تحلیلی[۲۰]

متدلوژی ابزارهای تحلیلی							
چارچوب آنالیزی	برنامه ریزی طرح	مدل های تقاضای سفر	ابزارهای تحلیلی و قطعی(مبتنی برHCM)	بهینه سازی ترافیک	شبیه ساز ماکروسکوپیک	شبیه ساز مزوسکوپیک	شبیه ساز میکروسکوپیک
برنامه ریزی	●	●	Ø	○	Ø	Ø	○
طراحی	N / A	Ø	●	●	●	●	●
ساخت وساز/ عملیات	Ø	○	●	●	●	●	●

●زمینه تحلیلی خاص، به طور کلی بوسیله ابزارها یا روش‌های تحلیلی متناظر مشخص شده است.

○ ابزارها یا روش‌های تحلیلی بطور کلی زمینه خاصی را مشخص نکرده است.

Ø برخی روش یا ابزار تحلیلی زمینه خاص را مشخص کرده و برخی مشخص نکرده است.

N / A روش مناسبی برای استفاده و آدرس دهی کردن زمینه‌های خاص نمی‌باشد.

- **معیار انتخاب ابزار تحلیلی و ارزیابی توانمندی ابزارها**

معیار ۱ تا ۷ از جدول ۳-۲ در بخش‌های زیر مورد بحث قرار گرفته‌اند، شش معیار اول بر روی جنبه‌های فنی آنالیز مختلف تمرکز دارند (به عنوان مثال، نوع تسهیلات، حالت سفر، استراتژی مدیریت و غیره)، در حالی که معیار ۷ به شناسایی بهترین دسته ابزار از یک دیدگاه مدیریتی یا عملیاتی کمک می‌کند[۲۲].

منطقه مورد مطالعه یا حوزه جغرافیایی

ابزارهای تجزیه و تحلیل ترافیک درجات مختلفی از توانایی‌ها با توجه به محیط زیست و حوزه جغرافیایی پروژه تحلیلی دارند. جدول ۳-۴ ارتباط کلی هر دسته ابزار را براساس منطقه مورد مطالعه یا حوزه جغرافیایی مناسب برای این کار خلاصه کرده است. چهار نوع از مناطق مورد مطالعه عبارت بودند از[۲۲]:

محل جدا شده (مجزا): مطالعه کردن منطقه محدود، مانند یک تقاطع یا تبادل.

بخش: شبکه راه بصورت خطی یا گریدهای کوچک.

کریدور/ شبکه کوچک: مطالعه منطقه گسترده که به طور معمول شامل یک کریدور بزرگ با یک یا دو شریانی موازی و متصل به خیابان‌های عرضی، به طور معمول کمتر از 520کیلومتر مربع (km^2)(200مایل مربع (mi^2)).

منطقه: منطقه مورد مطالعه شهر گسترده و یا شهرستان گسترده ای که شامل تمام کریدورهای آزاد راه‌ها و شریانی‌های اصلی است، به طور معمول 520 km^2 (200 mi^2) و یا بزرگ‌تر.

منطقه مورد مطالعه یا حوزه جغرافیایی تنها معیار است که ارتباط متفاوت نسبت به چهار چوب تحلیلی دارد. کاربر باید هم چارچوب تحلیلی وهم نوع منطقه مورد مطالعه را برای این ماتریس مشخص کند.

برای دسته ابزارهای شبیه سازی ترافیک (شبیه سازی ماکروسکوپی، مزوسکوپی، و میکروسکوپی)، فاکتورهای منطقه جغرافیایی مشابه هستند، زیرا به طور کلی، ویژگی ابزارهای شبیه سازی مناطق جغرافیایی یکسان هستند (به عنوان مثال، بخش، کریدور، و غیره)، اما سطوح جزئیات متفاوت دارند.

جدول (۵). ارتباط ابزارهای آنالیز ترافیک دسته بندی شده نسبت به محدوده جغرافیایی یا منطقه مورد مطالعه[۲۲]

چارچوب‌آنالیزی/ محدوده جغرافیایی	متدلوژی/ ابزارهای تحلیلی						
	برنامه‌ریزی طرح	مدل-تقاضای‌سفر	ابزارهای‌تحلیلی و قطعی(براساس HCM)	بهینه‌سازی-ترافیک	شبیه‌سازی ماکروسکوپیک	شبیه‌سازی مزوسکوپی	شبیه‌سازی میکروسکوپی
برنامه ریزی							
محل مجزا(تقاطع یا تبادل)	○	○	●	Ø	○	○	○
بخش	●	●	●	○	Ø	Ø	Ø
کریدور/شبکه کوچک	Ø	●	○	○	Ø	Ø	Ø
منطقه	Ø	●	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
طراحی							
محل مجزا(تقاطع یا تبادل)	N/A	N/A	●	●	●	Ø	●
کریدور/شبکه کوچک	N/A	Ø	○	○	●	●	●
منطقه	N/A	Ø	N/A	N/A	○	○	Ø
بخش	N/A	○	●	Ø	●	●	●
ساخت و ساز							
محل مجزا(تقاطع یا تبادل)	N/A	N/A	●	●	●	Ø	●
بخش	Ø	○	●	●	●	●	●
کریدور/شبکه کوچک	N/A	Ø	○	Ø	●	●	●
منطقه	N/A	Ø	N/A	N/A	Ø	○	Ø

(●) : نشان می‌دهد که دسته ابزار تحلیلی خاص به اندازه کافی معیار را معرفی می‌کند یا چارچوب خاص به اندازه کافی بوسیله روش/ دسته ابزار آنالیز ی متناظر مشخص شده است.

دایره توخالی (○) نشان می‌دهد که رده ابزار تجزیه و تحلیل ترافیک بطور ناچیز معیار خاص را مشخص می‌کند. نماد تهی (Ø) نشان می‌دهد که برخی از ابزار موجود در دسته ابزارهای تحلیلی ممکن است معیار را نشان دهند و بعضی ممکن است نشان ندهند.

(N/A) قابل اجرا نیست و نشان می‌دهد که دسته بندی ابزار خاص کلاً معیار مربوطه را نشان نمی‌دهد و نباید برای آنالیز مورد استفاده قرار گیرد.

- **انواع تسهیلات**

این بخش در مورد توانایی ابزارها برای آنالیز انواع تسهیلات مختلف بحث می‌کند. تعاریف برای انواع تسهیلات براساس HCM 2000 ارائه شده است. ارتباط دسته‌های ابزار تحلیلی نسبت به نوع تسهیلات در جدول ۳-۵ ارائه شده است. انواع تسهیلات عبارت‌اند از[۲۲]:

تقاطع جدا شده: تنها محل تقاطع بین دو یا بیشتر تسهیلات سواره‌رو.

میدان: تقاطع بدون چراغ با یک سواره‌روی گردشی در اطراف جزیره مرکزی برای ورود همه وسایل نقلیه جهت روان شدن جریان ترافیک است.

جدول(۶): ارتباط دسته ابزار تجزیه و تحلیل ترافیک نسبت به انواع تسهیلات[۲۲]

متدلوژی ابزارهای تحلیلی								
شبیه ساز میکروسکوپیک	شبیه ساز مزوسکوپیک	شبیه ساز ماکروسکوپیک	بهینه سازی ترافیک	ابزارهای تحلیلی و قطعی(مبتنی بر HCM)	مدل های تقاضای سفر	برنامه ریزی طرح	نوع تسهیلات
●	●	●	●	●	Ø	○	تقاطع جدا شده
Ø	○	Ø	○	●	○	○	میدان
●	●	●	●	●	●	●	اصلی
●	●	●	Ø	●	●	●	بزرگراه
●	●	●	Ø	●	●	Ø	آزاد راه
●	●	●	○	Ø	●	Ø	خط HOV
●	Ø	Ø	Ø	○	●	○	خط کنارگذر HOV
●	●	●	●	●	●	Ø	**رمپ**

جدول(۷): ارتباط دسته ابزار تجزیه و تحلیل ترافیک نسبت به انواع تسهیلات

خط کمکی	○	○	Ø	Ø	●	●	●
خط برگشتی	○	Ø	○	○	○	○	
خط کامیون	○	●	Ø	Ø	Ø	○	●
خط اتوبوس	○	●	○	○	Ø	○	●
میدان عوارض	○	Ø	Ø	○	○	○	●
خط ریلی سبک	○	●	○	○	○	○	●

(●) : نشان می‌دهد که دسته ابزار تحلیلی خاص به اندازه کافی معیار را معرفی می‌کند یا چارچوب خاص به اندازه کافی بوسیله روش/ دسته ابزار آنالیز ی متناظر مشخص شده است.

دایره توخالی (○) نشان می‌دهد که دسته ابزار تجزیه و تحلیل ترافیک بطور ناچیز معیار خاص را مشخص می‌کند.

نماد تهی (Ø) نشان می‌دهد که برخی از ابزار موجود در دسته ابزارهای تحلیلی ممکن است معیار را نشان دهند و بعضی ممکن است نشان ندهند.

(N/A) قابل اجرا نیست و نشان می‌دهد که دسته بندی ابزار خاص کلاً معیار مربوطه را نشان نمی‌دهد و نباید برای آنالیز مورد استفاده قرار گیرد.

شریانی: خیابان چراغداری که اصولاً در درجه اول به ترافیک سرویس می‌دهد و در درجه دوم دسترسی به خواص مجاور را فراهم می‌کند. (فاصله سیگنال 3.2کیلومتر (2 مایل یا کمتر)

بزرگراه: جاده ای که در آن سرعت بالاست و اتصال دهنده مناطق اصلی یا شریانی است، دارای میزان کم و یا بدون قطع سیگنال ترافیک است (به عنوان مثال، بزرگراه‌های دو خطه، اتوبان‌ها).

آزاد راه: راه چند خطی، راه تقسیم شده با حداقل دو خط برای استفاده اختصاصی از ترافیک در هر جهت و کنترل کامل دسترسی بدون وقفه ترافیک. بنابر تعاریف بین المللی آزاد راه عبارت است از راهی با استانداردهای خاص که خطوط رفت و برگشت آن از یکدیگر جدا بوده و هیچگونه تقاطع همسطحی ندارد و ورود و خروج از آن محدود بوده و غالباً با پرداخت عوارض همراه است آزاد راه‌ها معمولاً برای اتصال دو یا چند نقطعه مهم و استراتژیک به لحاظ اقتصادی، سیاسی، و اجتماعی احداث می‌گردد[22].

خط HOV: راه اختصاصی یا خط خیابان برای خودروهای که تعداد سرنشینان آن بیش از یک نفر تعریف شده، از جمله اتوبوس، تاکسی، یا ون (ممکن است توسط ترافیک‌های دیگر تحت شرایط خاصی مثلاً در طول ساعت‌های خارج از اوج، برای ایجاد چرخش به سمت چپ یا راست و یا با موتور سیکلت، بسته به قوانین ترافیک حوزه قلمرو مورد استفاده قرار گیرد).

خط فرعی HOV[8]: خطوط اختصاصی در روی رمپ برای خودروهای با حداقل تعداد سرنشینان (بیش از یک نفر)، مثل اتوبوس، تاکسی، ون، که برای مدت زمان مشخص تعریف شده.

رمپ: بخش کوتاهی از سواره رو که اتصال دهنده دو تسهیلات جاده است.

خط کمکی: خط اضافی در آزادراه جهت اتصال به رمپ و خروج از رمپ است.

خط برگشت پذیر: خطوط خیابان که جهت‌ها را در طول ساعات مختلف روز تغییر می‌دهد (خطوط برگشت پذیر به طور معمول برای کمک به کاهش تراکم با انطباق مسیر اوج ترافیک استفاده می‌شود).

خط کامیون: خط تعیین شده برای وسایل نقلیه تجاری، ولی شامل وسایل نقلیه حمل‌ونقل عمومی نیست.

خط اتوبوس: خط راه یا خیابان که در درجه اول برای اتوبوس‌ها در طول دوره‌های تعیین شده رزرو شده است (ممکن است تحت شرایط خاصی برای ترافیک‌های دیگر استفاده شده باشد مثلاً برای ایجاد چرخش به سمت راست یا چپ، یا با تاکسی، موتور سیکلت یا ون که با الزامات قوانین ترافیک حوزه قضایی مواجه می‌شود).

میدان عوارض راهداری: جایی که در آن امکان داد و ستد پول بخاطر استفاده از سواره رو به طول می‌انجامد (ممکن است در بالادست یا پایین دست جاده ساختمان عوارض واقع شده باشد).

خط ریلی-سبک: سیستم‌های ریلی الکتریکی بصورت ماشین‌ها و یا قطارهای کوچک در انواع مختلفی از مسیر که برای کنترل درست جاده عمل می‌کنند.

- **مد سفر**

جدول ۳-۶ ارتباط ابزارهای تحلیلی دسته بندی شده را نسبت به حالت‌های مختلف سفر ارائه می‌کند. تعاریف مدهای سفر بر اساس روش HCM۲۰۰۰ عبارتند از[۲۲]:

SOV: وسیله نقلیه با راننده به عنوان تنها سرنشین.

HOV: وسیله نقلیه که تعداد سرنشینان آن بیش از یک نفر است، از جمله اتوبوس‌ها، تاکسی‌ها

[8]HOV Bypass Lane

اتوبوس: خودرو، وسیله نقلیه دارای تایر لاستیکی در روی جاده که برای حمل تعداد قابل توجهی مسافر طراحی شده و به طور معمول در خیابان‌ها و بزرگراه‌ها اداره می‌شوند.

جدول(۸): ارتباط ابزار تجزیه وتحلیل ترافیک نسبت به مد سفر[۲۲]

متدلوژی ابزارهای تحلیلی							
شبیه ساز میکروسکوپیک	شبیه ساز مزوسکوپیک	شبیه ساز ماکروسکوپیک	بهینه سازی ترافیک	ابزارهای تحلیلی و قطعی(مبتنی بر HCM)	مدل های تقاضای سفر	برنامه ریزی طرح	مد سفر
●	●	●	●	●	●	●	SOV
●	●	Ø	Ø	Ø	●	○	HOV
●	●	Ø	Ø	Ø	●	Ø	اتوبوس
Ø	Ø	○	○	○	●	Ø	ریل
Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	کامیون
○	○	○	○	○	Ø	○	موتور سیکلت
Ø	○	○	○	Ø	Ø	Ø	دوچرخه
Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	○	Ø	پیاده

(●) : نشان می‌دهد که دسته ابزار تحلیلی خاص به اندازه کافی معیار را معرفی می‌کند یا چارچوب خاص به اندازه کافی بوسیله روش/ دسته ابزار آنالیز ی متناظر مشخص شده است.

دایره توخالی (○) نشان می‌دهد که رده ابزار تجزیه و تحلیل ترافیک بطور ناچیز معیار خاص را مشخص می‌کند.

نماد تهی (Ø) نشان می‌دهد که برخی از ابزار موجود در دسته ابزارهای تحلیلی ممکن است معیار را نشان دهند و بعضی ممکن است نشان ندهند.

(N/A) قابل اجرا نیست و نشان می‌دهد که دسته بندی ابزار خاص کلاً معیار مربوطه را نشان نمی‌دهد و نباید برای آنالیز مورد استفاده قرار گیرد.

راه آهن: سیستم حمل‌ونقل با استفاده از قطارها با حقوق انحصاری یا اشتراکی از راه (شامل سیستم‌های راه آهن اعم از سبک و سنگین).

کامیون: وسیله نقلیه سنگین عمدتاً جهت حمل‌ونقل کالا و مصالح و یا در ارائه خدمات دیگری از حمل‌ونقل عمومی بکار گرفته می‌شوند.

موتورسیکلت: وسیله نقلیه خودرو با دو چرخ در پشت سرهم که می‌تواند حداکثر دو نفر را سواری دهد.

دوچرخه: وسیله نقلیه با دو چرخ پشت سرهم که توسط نیروی انسانی به جلو رانده شده و معمولاً یک نفر سوار می‌شود.

پیاده روی: فرد با پای پیاده سفر می‌کند.

استراتژی مدیریت و برنامه‌های کاربردی

مهم‌ترین طبقه بندی استراتژی‌های مدیریت حمل‌ونقل به شرح ذیل است[۲۲]:

مدیریت آزادراه: کنترل، راهنمایی و هشدارهای ترافیکی به منظور بهبود جریان مردم و کالاها در دسترسی به تسهیلات محدود. نمونه‌هایی از مدیریت آزادراه عبارتند از: یکپارچگی اطلاعات نظارتی بر اساس هندسه جاده در آزادراه، کنترل وسیله نقلیه، اندازه‌گیری رمپ، تابلوهای پیام پویا (DMS) و مشاوره‌ای بی‌سیم راه (HAR).

تقاطع‌های شریانی: عملیات تقاطع‌ها یا شریانی‌ها، شامل بهبود (اصلاح) هندسه جاده، تنظیمات پارکینگ، و زمان بندی سیگنال برای تقاطع‌های منحصر بفرد می‌باشد. این بهبودها به طور معمول شامل آنالیز ظرفیت، آنالیز سطح سرویس و مطالعات تقاطع چراغدار و بدون چراغ خواهد شد.

مدیریت شریانی: اعمال برنامه‌ریزی ایالتی و محلی و تنظیم و مدیریت ابزارها به منظور ارتقاء / و یا حفظ عملکرد حمل و نقل جاده شریانی از طریق استفاده از دستگاه‌های نظارتی، الگوریتم‌های پیشرفته سیگنال، و هماهنگی.

مدیریت حادثه: حوادث غیر منتظره را اداره می‌کند تا میزان برخورد در شبکه حمل‌ونقل و ناامنی مسافر به حداقل برسد و این شامل توانایی‌های تشخیص (کشف) حادثه از طریق دستگاه‌های نظارتی جاده و پاسخگویی به حوادث از طریق هماهنگی با گشت‌های سرویس آزادراه و آژانس‌های پاسخگو به شرایط اضطراری می‌باشد.

مدیریت وضعیت‌های اورژانسی: نشان دهنده امنیت عمومی و دیگر سیستم‌های آژانس که واکنش اضطراری هماهنگ را پشتیبانی می‌کنند از جمله پلیس، آتش نشانی، خدمات پزشکی اورژانس، تیم‌های پاسخگو به مواد خطرناک (HazMat)، مهیاکنندگان خدمات پیام اضطراری و خدمات ایمنی/ نظارت که امنیت مسافر در فضاهای عمومی را بهبود می‌بخشد.

محدوده کار: ابزارهای کنترل ترافیک (تابلوها، دستگاه‌های هدایت، موانع و غیره) و اطلاعات مسافر جهت افزایش قابلیت دسترسی به جاده‌ها در هنگام ساخت و ساز و یا نگهداری، بکار گرفته می‌شود. تا میزان برخورد در سفرعموم مسافرین و کارگران بزرگراه به حداقل برسد.

رویدادهای ویژه: وقایع برنامه ریزی شده را اداره می‌کند به طوری که برخورد در شبکه حمل‌ونقل و ایمنی مسافر از طریق هماهنگی با مدیریت ترافیک، مدیریت تعمیر و نگهداری و ساخت و ساز و مراکز مدیریت شرایط اضطراری، به حداقل برسد.

روش انتخاب ابزار آنالیز ترافیک

هدف از این بخش ارائه راهنمایی به کاربران در مورد نحوه استفاده از معیارهای ارائه شده است تا مناسب‌ترین دسته ابزار تحلیلی را انتخاب کنند. کاربرگ ها در این بخش برای کمک به کار کاربران از طریق فرایند انتخاب ابزار مناسب برای آدرس دهی به اهداف و مقاصد پروژه ارائه شده است. علاوه بر این، یک ابزار اتوماتیکی برای پیاده سازی این مراحل تدوین شده است. این ابزارها را می‌توان در وب سایت ابزار آنالیز ترافیکFHWA یافت[10]:

۳-۶-۱ مراحل انتخاب دسته ابزار مناسب

دراین بخش جزئیات مراحل انتخاب دسته ابزار مناسب برای کار ارائه شده است. با توجه به پروژه، ممکن است بیش از یک ابزار تحلیلی، توانایی آنالیز و تولید خروجی مورد نظر را داشته باشند. همچنین باید بدانیم که یک ابزار خاص ممکن است قادر به معرفی تمام نیازهای پروژه نباشد. ممکن است ابزارهای متعدد برای انجام یک مطالعه خاص مطلوب باشند و این ابزارها ممکن است از همان دسته ابزار باشند و یا نباشند[۲۲].

1. **تعریف زمینه پروژه[9] ودادن وزن‌های مرتبط به زمینه (ستون ۲)**[۲۲]: در اغلب موارد، مناسب‌ترین دسته ابزار یا ابزارها به نوع پروژه و سطح جزئیات مورد نیاز بوسیله هر یک از چارچوب (زمینه) پروژه بستگی دارد. بنابراین، اولین قدم این است که به دقت در مورد زمینه پروژه (که آیا آن برنامه ریزی، طراحی و یا عملیات/ ساخت و ساز است) و اهداف، مقاصد، مسائل، و نیازهای پروژه فکر کنیم. در گام بعدی، وزن‌های مرتبط با زمینه تحلیلی در ستون ۲، بسته به نوع مطالعه وارد می‌کنیم. مقادیر وارد شده در ستون ۲ از ۰ (بی ارتباط) تا ۵ (بیشتر مرتبط) متغیر است. به عنوان مثال، اگر یک پروژه برنامه بلند مدت دارد، وزن مرتبط زمینه برای « برنامه ریزی » ۵ و برای « طراحی » و « عملیات / ساخت و ساز » ۰ باید باشد.

[9]context of the project

جدول (۹): گام اول، انتخاب دسته ابزار مناسب[۲۲]

1		2
معیار(ضوابط)		ارتباط چهار چوب
چارچوب آنالیزی (0 = بی ارتباط ، 5 = بیشتر مرتبط)		
	برنامه ریزی	5
	طراحی	0
	عملیات / ساخت و ساز	0

گام- 1 تعیین کردن چارچوب پروژه (برنامه ریزی، طراحی، و یا عملیات / ساخت و ساز) وتعریف کردن اهداف، مقصودها، مسائل، و نیازهای پروژه. وارد کردن چارچوب وزن ها در ستون 2. مقادیر وارد شده در ستون 2 از 0 (بی ارتباط) تا 5 (بیشتر مرتبط) متغیر است.

۲. اختصاص دادن وزن‌های مرتبط به زیرمجموعه معیارها (ستون ۲)[۲۲]: در این مرحله، کاربر وزن‌های زیر مجموعه معیارها را مشخص می‌کند. زیر معیارهای(معیارهای فرعی) که به عنوان بخشی از پروژه مهم هستند باید وزن‌های بالاترداده شود. محدوده مقادیر وارد شده در ستون ۲، باید از ۰ تا ۵ باشد. وزن‌های هر زیر معیار و همچنین آن‌هایی که به یکدیگر و نیازهای پروژه ارتباط دارند، در ستون ۲ وارد می‌شود.

نحوه تخصیص دادن وزن‌های زیر معیارهای هر نوع معیار با مثال در زیر توضیح داده شده است:

آ. محدوده جغرافیایی: اگر منطقه مورد مطالعه شامل یک بخش آزاد راه به طول ۸ کیلومتر (۵ مایل) با دو شریانی موازی در هر طرف، به علاوه تمام خیابان‌ها به آن متصل باشد، وزن ۵ باید به "کریدور/ شبکه کوچک و وزن ۰ به مابقی زیر معیارهای دیگر داده شود.

ب. نوع تسهیلات: اگر انواع تسهیلات در منطقه مورد مطالعه، یک آزادراه، شریانی‌ها به موازات آن، رمپ‌ها و خیابان‌ها متصل به آن هستند و همچنین خطوط کمکی و خطوط HOV نیز وجود دارد و برخورد در روی آن‌ها خیلی مهم نیست، وزن ۵ باید به «آزادراه»، «شریانی» و «رمپ‌ها» داده شود در حالی که وزن ۳ ممکن است به « خط HOV » و «خط کمکی» داده شود. وزن ۰ به زیر معیارهای دیگر انواع تسهیلات داده خواهد شد.

ج. حالت سفر: این پروژه شامل اندازه گیری رمپ است و اطلاعات مربوط بهHOV، SOV، و حالت‌های کامیون در دسترس هستند. با این حال، پروژه به حالت SOV تمرکز بیشتردارد. وزن ۵ به SOV، وزن ۲ به HOV و وزن ۱ به کامیون داده خواهد شد. و وزن ۰ به حالت‌های دیگر داده می‌شود.

د. کاربرد یا استراتژی مدیریت: پروژه تنها شامل اندازه گیری رمپ است. وزن ۵ به «مدیریت آزادراه» و به دیگر زیر معیارها وزن ۰ داده خواهد شد.

ه. واکنش مسافر: پیش بینی می‌شود که اندازه گیری رمپ منجر به برخی تغییر مسیرها خواهد شد، بنابراین باید به انحراف مسیر وزن بیشتر داده شود. ممکن است برخی تغییر حالت و یا انتخاب زمان حرکت هم وجود داشته باشد؛ با این حال، آن‌ها تقریباً برای آنالیز مناسب نیستند. به انحراف مسیر باید وزن ۵، به هرکدام از تغییر حالت و انتخاب زمان حرکت باید ۲ و به واکنش‌های مسافری دیگر باید وزن ۰ داده شود.

و. اندازه گیری عملکرد: در مترینگ رمپ بیشترین توجه به سرعت سفر، حجم و تغییرات زمان سفر پیش بینی شده است. همچنین مقایسه سود یا هزینه برای تعیین اینکه آیا پروژه برای پیاده سازی ارزشمند است یا نه مد نظر است. اقدامات ضروری در نظر گرفته شده برای مقایسه سود یا هزینه عبارتند از: تحرک (تأخیر)، قابلیت اطمینان زمان سفر، ایمنی (سقوط)، انتشار و مصرف سوخت است. وزن ۵ به «سرعت»، «حجم»، «زمان سفر »، «تأخیر»، « قابلیت اطمینان زمان سفر »، «تصادفات، انتشار»، «مصرف سوخت» و «سود / هزینه» داده می‌شود. بیشتر اندازه گیری‌ها براساس VMT و VHT یا PHT است. بنابراین، اگر برخی از اقدامات مورد نظر در دسترس نیست، به اقدامات VMT یا PHT و VHT یا PHT هر دو وزن ۴ داده می‌شود. از آنجا که این یک پروژه اندازه گیری رمپ است، بهتر است طول صف هم شناخته شود، اما آن مورد نیاز نیست، به طوری که وزن ۲ به «طول صف» داده خواهد شد. به سایر زیر معیارهای دیگر اندازه گیری عملکرد وزن ۰ داده می‌شود.

اثربخشی ابزار یا هزینه: بودجه کافی برای پرداختن به تمام جنبه‌های پروژه، شامل هزینه‌های

دست‌یابی به ابزار، آموزش کارکنان، نیازهای سخت افزاری، واجراهای تحلیلی وجود دارد. اولویت‌های بالا در این پروژه شامل اعتماد به نفس در نتایج، توانایی ابزار برای تنظیم شدن با شرایط محلی، راحتی تولید و ارائه نتایج برای دست اندرکاران می‌باشد. در این مورد، وزن ۵ به زیرمعیارهای محبوب/قابل اعتماد، نیازمندی‌های پس از پردازش، پارامترهای کلیدی تعریف شده توسط کاربر و انیمیشن با کیفیت ارائه داده خواهد شد. وزن ۳ به استفاده آسان، داده‌های موردنیاز و مقادیر پیش فرض ارائه شده، داده خواهد شد. وزن ۲ به ابزارهای کم هزینه ، سطح تلاش یا آموزش، مستندات و حمایت کاربر، داده خواهد شد. علاوه بر این، وزن ۱ به نیازمندی‌های سخت افزاری داده خواهد شد. زیر معیار یکپارچه سازی با نرم افزارهای دیگر هم غیرمرتبط است و وزن ۰ داده خواهد شد.

جدول (۱۰): گام دوم، انتخاب دسته ابزار مناسب[۲۲]

۱		۲
معیار		ارتباط زیر معیار
۱	محدوده جغرافیایی(۰= بی ربط، ۵= خیلی مرتبط)	
	محل جداشده	0
	بخش	5
	کریدور یا شبکه کوچک	0
	ناحیه	0

گام ۲- وارد کردن زیر معیار مرتبط برای هر معیار در ستون ۲. مقادیرشان از ۰ (بی ربط) تا ۵ (بیشترمرتبط)متغیراست

3. اختصاص مقادیر مرتبط با ابزار (ستون ۳)[۲۲]: بیشتر این مقادیر به عنوان بخشی از کاربرگ بر اساس ارزیابی ارائه شده در جدول ۳-۳ تا ۳-۱۰ ارائه شده است. تنها زیرمعیارهای محدوده‌ی جغرافیایی نیاز دارند تا کاربر مقادیر مرتبط با ابزارهای تحلیلی را در ستون ۳ وارد کند. با استفاده از زمینه تحلیلی مناسب و فاکتورهای ابزار مرتبط ارائه شده در جدول ۱۱ مقادیر مرتبط با ابزار محدوده‌ی جغرافیایی درستون ۳ وارد می‌شود:

- برای هر دایره توپر (●)، مقدار ۱۰ اختصاص داده شده.
- برای هر نماد تهی (Ø)، مقدار ۵ اختصاص داده شده.
- برای هر دایره خالی (○)، مقدار ۰ اختصاص داده شده.
- برای هر غیراجرایی(N / A) ، مقدار ۹۹- اختصاص داده شده.

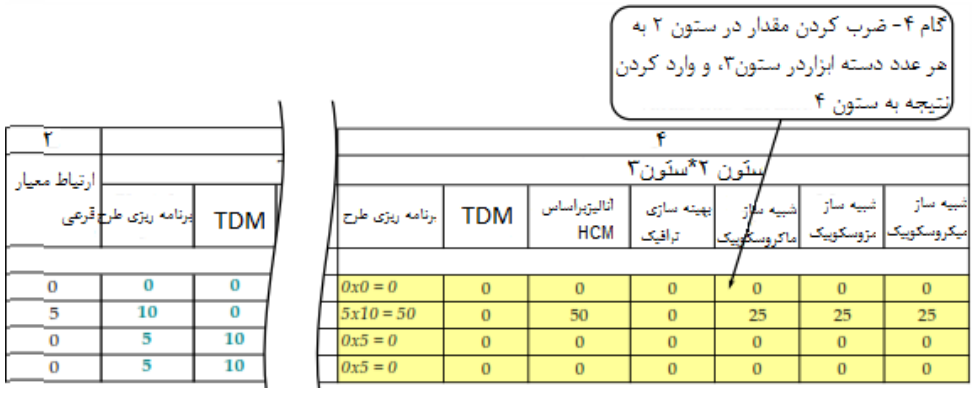
جدول (۱۱): گام سوم، انتخاب دسته ابزار مناسب[۲۲]

گام ۳-ازجدول۲. ورود فاکتورهای مرتبط برای معیار محدوده جغرافیایی به ستون ۳ استفاده کردن از چارچوب آنالیزی مناسب مقادیر بشرح زیر استفاده میشود: (●)=اختصاص۱۰، (Ø)= اختصاص ۵، (○) = اختصاص ۰ (N / A) = اختصاص ۹۹ -.

۱			۲							
معیار		ارتباط زیر معیار	ارتباط دسته ابزار							
			برنامه ریزی طرح	TDM	آنالیز براساس HCM	بهینه سازی ترافیک	شبیه سازی ماکروسکوپی	شبیه سازی مزوسکوپی	شبیه سازی میکروسکوپی
۱	محدوده جغرافیایی(۰= بی ربط، ۵= خیلی مرتبط)								
	محل جداشده	۰	۰	۰	۱۰	۵	۰	۰	۰
	بخش	۵	۱۰	۰	۱۰	۰	۵	۵	۵
	کریدور یا شبکه کوچک	۰	۵	۱۰	۰	۰	۵	۵	۵
	ناحیه	۰	۵	۱۰	-۹۹	-۹۹	-۹۹	-۹۹	-۹۹

۴. ضرب ستون ۲ و ۳ (ستون ۴)[۲۲]: برای زمینه تحلیلی و معیار فرعی، اعداد ثبت شده در ستون ۲، با اعداد ثبت شده برای هر معیار فرعی در ستون ۳، به یکدیگر ضرب می‌شوند و نتایج در سلول‌های ستون ۴ نوشته می‌شود.

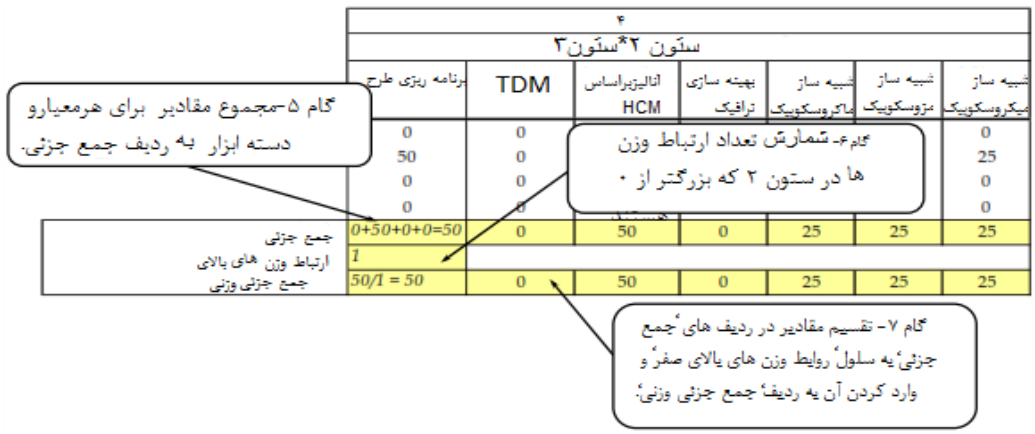
جدول (۱۲): گام چهارم، انتخاب دسته ابزار مناسب[۲۲]



۵. مجموع مقادیر ستون ۴[۲۲]: برای زمینه تحلیلی و هر یک از معیارها، مجموع مقادیر هر یک از دسته ابزارها در ستون ۴ به ردیف جمع جزئی(مجموع جزئ ها) اضافه می‌شود.

۶. شمارش تعداد معیار فرعی مرتبط که وزن‌های بزرگ‌تر از ۰ دارند[۲۲]: برای زمینه تحلیلی و هرکدام از معیارها، تعداد وزنهای مرتبط در ستون ۲ که بزرگ‌تر از ۰ هستند، شمرده می‌شوند و مقدار در ردیف مرتبط با وزن‌های بزرگ‌تر از ۰ وارد می‌شود.

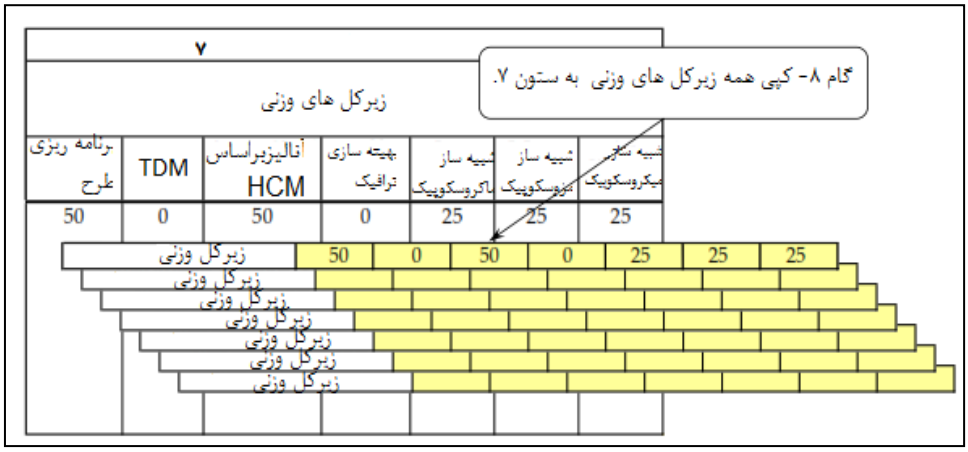
جدول (۱۳): گام پنجم تا هفتم، انتخاب دسته ابزار مناسب[۲۲]



۷. محاسبه امتیازهای معیارها[۲۲]: مقادیر ردیف« جمع جزئی» را به تعداد سلول « وزن‌های مرتبط بالای ۰» تقسیم کنید و مقدار را به ردیف «جمع جزئی وزنی» به منظور نرمال کردن امتیازات وارد کنید. این فرایند برای هر معیار تکرارمی‌شود.

۸. گروه بندی زیرکل‌های وزنی (ستون ۷)[۲۲]: زیرکل های وزنی برای زمینه تحلیلی و هفت معیار از ردیف‌های مربوطه‌شان درستون ۷ در پایین کاربرگ کپی می‌شود.

جدول (۱۴): گام هشتم، انتخاب دسته ابزار مناسب[۲۲]



۹. بررسی و ارزیابی مجدد زیر کل‌های وزنی[۲۲]: مقادیر ستون ۷ برای هر معیار و دسته ابزار، با تمرکز خاص برروی مقادیر منفی تجدیدنظر می‌شود. برای هر مقدار معیار منفی، منبع مقدار منفی (ستون ۴) شناسایی می‌شود و با معیار فرعی مرتبط در ستون ۲ مقایسه می‌شود. اعمال تغییرات ضروری است تا مقادیر معیار فرعی مرتبط بر اساس اهداف، مقاصد، اولویت‌ها، نیازها، و مسائل پروژه درست شود.

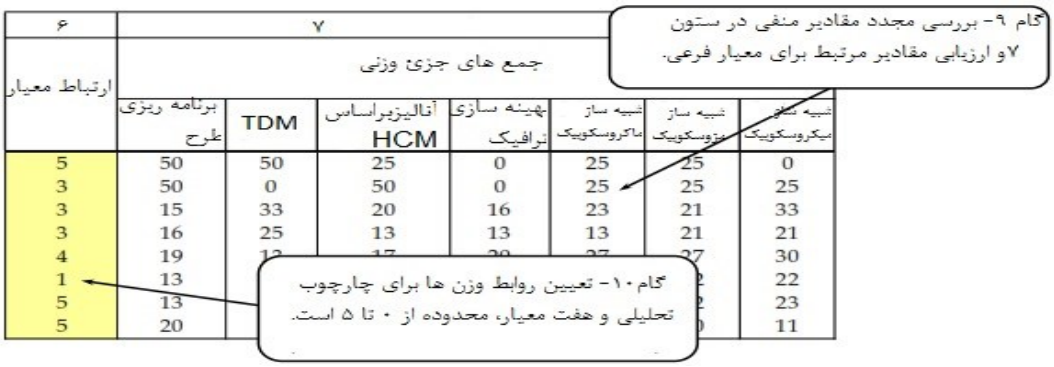
۱۰. اختصاص دادن وزن به معیارهای مربوطه (ستون ۶)[۲۲]: در طرح توزین(وزن دهی) پیشین (ستون ۲) معیار فرعی در داخل هر دسته معیار اصلی بکاربرده شده. (نمرات زیر معیارها در داخل معیاراصلی داده شد). این مرحله شامل توزین کردن دسته معیار اصلی در برابر یکدیگراست. در این مرحله به معیارهای اصلی در مقایسه با یکدیگرنمره داده می‌شود. این وزن دهی باید بر اساس اهداف، مقاصد، اولویت‌ها، نیازها و مسائل پروژه باشد. برای زمینه تحلیلی و هرکدام از هفت معیار، وزن مناسب، محدوده‌ی از ۰ (غیر مرتبط) تا ۵ (مناسب‌ترین) تعیین شده. اگر یک کاربر بخواهد هر یک از معیارها و چارچوب تحلیلی را به طور مساوی توزین کند، وزن ۵ می‌تواند برای همه بکاربرده شود. اگر تفاوت بین معیارها خیلی ضروری باشد ممکن است طرح توزین مختلف مورد استفاده قرار گیرد کاربر باید هنگام انتخاب وزن معیارها اولویت‌ها، نیازها و محدودیت‌های پروژه را با دقت در نظر بگیرد.

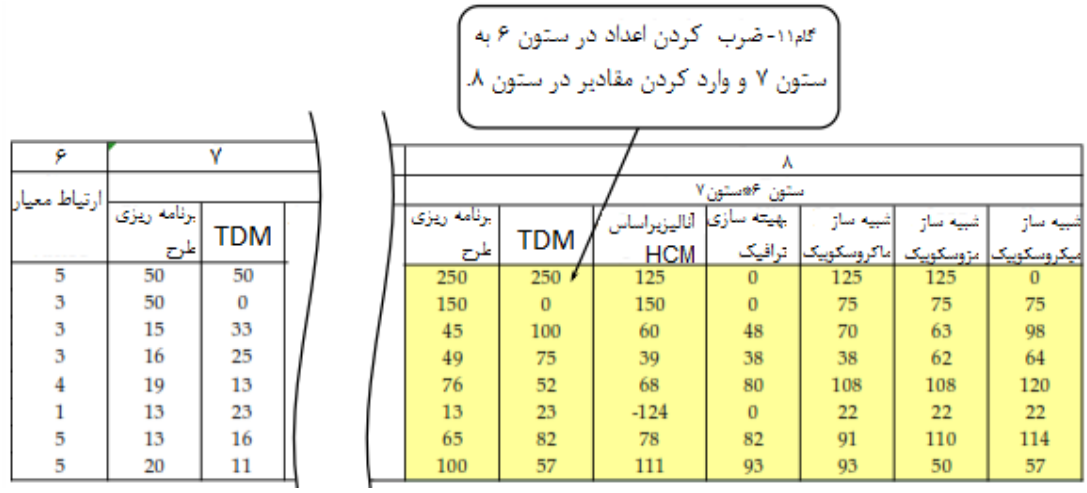
جدول (15): گام نهم و دهم، انتخاب دسته ابزار مناسب[۲۲]

۱۱. ضرب ستون ۶ و ۷ (ستون ۸)[۲۲]: برای هر زمینه / معیار، اعداد ستون ۶ به هر یک از زیر ستون‌ها در ستون ۷ ضرب می‌شود و نتیجه در سلول‌های ستون ۸ نوشته می‌شود.

۱۲. تعیین بهترین دسته ابزار[۲۲]: مجموع نتایج ضرب هر دسته ابزار در ستون ۸ جمع می‌شود و مقادیر در ردیف «مجموع وزنی» در پایین برگه نوشته می‌شود. دسته ابزارهای که بالاترین مجموع را داشته باشند بر اساس فرایند ریاضی مناسب‌ترین ابزار برای پروژه موردنظر است.

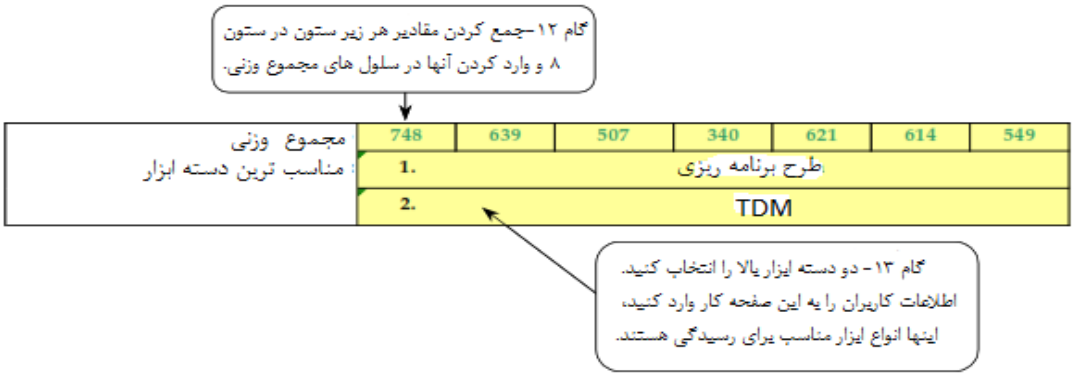
جدول (۱۵): گام نهم تا یازدهم، انتخاب دسته ابزار مناسب[۲۲]





۶	۷		۸						
			ستون ۶*ستون ۷						
ارتباط معیار	برنامه ریزی طرح	TDM	برنامه ریزی طرح	TDM	آنالیزبراساس HCM	بهینه سازی ترافیک	شبیه ساز ماکروسکوپیک	شبیه ساز مزوسکوپیک	شبیه ساز میکروسکوپیک
5	50	50	250	250	125	0	125	125	0
3	50	0	150	0	150	0	75	75	75
3	15	33	45	100	60	48	70	63	98
3	16	25	49	75	39	38	38	62	64
4	19	13	76	52	68	80	108	108	120
1	13	23	13	23	-124	0	22	22	22
5	13	16	65	82	78	82	91	110	114
5	20	11	100	57	111	93	93	50	57

جدول (۱۶): گام دوازدهم و سیزدهم، انتخاب دسته ابزار مناسب[۲۲]



۱۳. انتخاب دو دسته ابزار برای بررسی بیشتر[۲۲]: توصیه می‌شود که کاربر از ابزارهای موجود برای انتخاب مناسب‌ترین دسته ابزارها (دو دسته ابزار) استفاده کند، به خصوص اگر مقدار امتیازات کل بهم نزدیک باشند. نباید دسته ابزارهای با نمرات نهایی کمتر از ۰ در نظر گرفته شوند. باید تشخیص داده شود که یک ابزار خاص ممکن است قادر به رفع تمام نیازهای پروژه نباشد. ابزارهای متعدد برای انجام یک مطالعه خاص ممکن است لازم باشد و این ابزار ممکن است از همان رده ابزار باشد و یا نباشد. هر یک ازمعیارهای فرعی براساس فاکتورهای مربوطه بالا و نمرات پایین در ستون ۴ ارزیابی می‌شوند. برای تعیین اینکه آیا آن دسته خاص نقطه ضعف ابزار را می‌تواند از طریق روش‌های دیگر رفع کند.(به عنوان مثال نیاز به شبیه سازی میکروسکوپیک وجود دارد، با این حال، منابع کامپیوتر برای آماده کردن نیازهای تحلیلی کافی نیستند).

۴. بحث . نتیجه گیری

براساس آنالیز انجام شده، امتیاز نهایی دسته ابزارهای شبیه سازی(میکروسکوپی، ماکروسکوپی، مزوسکوپی)، بهینه سازی علائم ترافیک، مدل تقاضای سفر و برنامه‌ریزی طرح مثبت هستند و تنها یک امتیاز نهایی کمتر از صفر وجود دارد که نباید برای آنالیز از آن استفاده کرد. پس باید مناسب‌ترین گزینه‌ها در داخل ۶ دسته ابزاری که نمرات آنها مثبت بوده و قابل استفاده هستند، انتخاب نمود. با توجه به نتایج آنالیز نمرات نهایی ۵ دسته ابزار (میکروسکوپی، ماکروسکوپی، مزوسکوپی، مدل تقاضای سفر و برنامه ریزی طرح) بالای ۶۰۰ و خیلی بهم نزدیک هستند که توصیه می شود اگر نمرات بهم نزدیک باشند از ابزارهای موجود برای انتخاب گزینه‌ی بهتر استفاده شود. با این حال، مناسب‌ترین دسته ابزار برای مطالعه‌ی محدوده طرح ترافیکی بیرجند، استفاده از ابزار طرح و برنامه و مدل تقاضای سفر است.

این امر نشانگر این است که ابتدا باید مسائل کلان شهری مثل طرح جامع شهرسازی شهر، طرح تفضیلی شهر و طرح جامع حمل ونقل ترافیک بررسی گردد.

بررسی‌های مختلف در مورد طرحهای توسعهٔ شهری به خصوص طرح‌های جامع نشان می‌دهد، اگرچه در تمامی شهرها اجزایی از طرح‌ها به خصوص شبکهٔ معابر پیشنهادی به اجرا در آمده‌اند ولی به لحاظ عدم اتخاذ سیاست‌های اجرایی مشخص و نبود دستگاه هماهنگ‌کننده و سازمان‌یافته، تحقق برنامه‌ریزی‌های دقیق و طرح ریزی از پیش اندیشیده با موفقیت لازم همراه نبوده است. یکی از نواقص و کمبودهای اساسی طرح‌های توسعهٔ شهری، جدایی میان روند تهیهٔ طرح‌ها و روند اجرایی آنها است به نحوی‌که به طور معمول مسؤولیت تهیهٔ طرح‌ها و مسؤولیت اجرای آن به عهدهٔ دو نهاد متفاوت و جدا از هم واگذار می‌شود. طبق مقررات جاری، تهیه و تصویب طرح‌های جامع، به عهدهٔ وزارت راه وشهرسازی و شورای‌عالی شهرسازی و معماری است. اما مسؤولیت اجرایی آنها بر عهدهٔ مدیریت شهری (شهرداری‌ها و شورای اسلامی‌شهرها) و سازمان‌های مؤثر در توسعهٔ شهر واگذار شده است. این وضعیت یکی از عوامل مؤثر در ناکامی و عدم تحقق طرح‌های توسعهٔ شهری محسوب می‌شود. همچنین موارد زیر را نیز می توان از مشکلات شهرسازی بیرجند دانست که عبارتند از تک هسته‌ای بودن نسبی شهر، تمرکز بالای کاربری‌های تجاری و خدماتی در محدوده، عرض معابر منتهی به محدوده و وجود مراکز متعدد آموزشی و غیره .

در زمینه طرح جامع حمل و نقل و ترافیک بیرجند بهتر است موضوع حمل و نقل انسان محور بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته و توجه خاصی به اصلاح شبکه معابر، تغییر در نوع نگاه به حمل و نقل عمومی و پارکینگ و پارکینگ سازی شود. هر معبری که تمایل مردم برای تردد در آن بیشتر باشد و نیازمند به حمل و نقل عمومی تشخیص داده شود، توسعه سیستم های نقلیه عمومی در این معابر در دستور کار قرار گیرد.

مراکز خرید نیز باید به عنوان هدفی برای پیاده روی در طرح جامع مد نظر قرار گیرد. به استناد تجربیات موفق در کلانشرهای دنیا، با برنامه‌ریزی و ساخت تسهیلات و محوری قرار دادن حمل و نقل عمومی به همراه مدیریت تقاضای سفر می توان به این مهم دست یافت.

افزایش مالکیت خودرو و افزایش رفاه نسبی، افزایش نرخ سفر، منشاء بسیاری از مشکلات دیگر شهر می‌باشد بطوریکه مصرف بنزین توسط خودروها افزایش یافته که این امر خود باعث آلودگی محیط زیست و در نتیجه کاهش ضریب ایمنی و سلامتی شهروندان می‌گردد. ضمن اینکه افزایش حجم تردد خودروها خود باعث افزایش تصادفات و خسارات مادی و جانی ناشی از آن نیز می شود.

سیستم‌های اتوبوسرانی وتاکسی‌رانی شهر روزانه تعداد زیادی مسافر جابجا می کنند که این ارقام نیز در حال افزایش هستند و این موضوع نشان از گستردگی مسائل و مشکلات کلان شهر در بخش حمل و نقل دارد که نیازمند بهبود اهداف ذیل است:

- کاهش تقاضای سفر سواره
- توسعه حمل و نقل عمومی مثل بهبود سیستم دریافت کرایه، ارائه تسهیلات پارک سوار، توسعه حمل ونقل عمومی و هوشمند، خدمات رسانی در مواقع خاص و خدمات سرویس‌های خطی، ایجاد سیستم اطلاعات سفر و ایجاد هماهنگی بین شیوه‌های گوناگون حمل ونقل عمومی.
- توسعه حمل ونقل غیر موتوری مانند بهبود پیاده روها و مسیرهای دوچرخه با توجه به سازگاری آنها با محیط زیست، پیوستگی مناسب راه‌های پیاده و معابر، توسعه کاربری زمین پیاده محور، افزایش پارکینگ‌های دوچرخه و غیره.
- توسعه بهبود تاکسی‌رانی مثل کاهش کرایه، ایجاد ایستگاه‌های تاکسی و ارائه خدمات تلفنی و یکپارچگی حمل و نقل عمومی و دوچرخه سواری

- خطوط ویژه وسایل پر سرنشین
- قیمت گذاری معابر
- دریافت عوارض بر مبنای مسافت طی شده
- افزایش مالیات سوخت، شهرسازی مدرن با محوریت حمل ونقل عمومی و آرام سازی ترافیک و مدیریت حمل ونقل بار

در مرحله آخر باید مسایل مربوط به محدوده‌ی شهری را از دیدگاه ماکروسکوپیک و مزوسکوپیک بررسی کرد.

در راستای بهبود نتایج اخذ شده و همچنین ادامه کار در این مسیر، موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱- انتخاب مناسب‌ترین ابزار آنالیزی در پایانه‌های کلان‌شهرها
۲- مطالعه رمپ ورودی آزادراه‌ها با استفاده از متدلوژی ابزارهای آنالیز ترافیکی
۳- بهترین ابزار آنالیز ترافیکی برای توسعه شهر بیرجند با استفاده از متدلوژی مدلهای موثر ترافیکی

Project Name: _____ Analyst: _____ Date: _____

Press This Button to START **Recalculate**

1	2	3							4						
		Tool Category Relevance							Column 2 x Column 3						
Analysis Context	Context Relevance	Sketch Plan	TDM	Analytical (HCM)	Traffic Opt	Macro Sim	Meso Sim	Micro Sim	Sketch Plan	TDM	Analytical (HCM)	Traffic Opt	Macro Sim	Meso Sim	Micro Sim
Please select only ONE analysis context. Enter a '5' on the selected category.															
Planning	5	10	10	5	0	5	5	0	50	50	25	0	25	25	0
Design	0	-99	5	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Operations/Construction	0	5	0	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0
								Subtotal	50	50	25	0	25	25	0
								Relevance Weights Above 0	1						
								WEIGHTED SUBTOTAL	50	50	25	0	25	25	0

1	2	3							4						
		Tool Category Relevance							Column 2 x Column 3						
Criteria	Sub-Criteria Relevance	Sketch Plan	TDM	Analytical (HCM)	Traffic Opt	Macro Sim	Meso Sim	Micro Sim	Sketch Plan	TDM	Analytical (HCM)	Traffic Opt	Macro Sim	Meso Sim	Micro Sim
1 Geographic Scope (0 = not relevant, 5 = most relevant)															
Isolated Location	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Segment	5	10	0	10	0	5	5	5	50	0	50	0	25	25	25
Corridor/Small Network	0	5	10	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
Region	0	5	10	-99	-99	-99	-99	-99	0	0	0	0	0	0	0
								Subtotal	50	0	50	0	25	25	25
								Relevance Weights Above 0	1						
								WEIGHTED SUBTOTAL	50	0	50	0	25	25	25
2 Facility Type (0 = not relevant, 5 = most relevant)															
Isolated Intersection	0	0	5	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Roundabout	3	0	0	10	0	5	0	5	0	0	30	0	15	0	15
Arterial	4	10	10	10	10	10	10	10	40	40	40	40	40	40	40
Highway	0	10	10	10	5	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Freeway	0	5	10	10	5	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0
HOV Lane	4	5	10	5	0	10	10	10	20	40	20	0	40	40	40
HOV Bypass Lane	0	0	10	0	5	5	5	10	0	0	0	0	0	0	0
Ramp	0	5	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Auxiliary Lane	0	0	0	5	5	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Reversible Lane	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Truck Lane	0	0	10	5	5	5	5	10	0	0	0	0	0	0	0
Bus Lane	5	0	10	0	0	5	5	10	0	50	0	0	25	25	50
Toll Plaza	0	0	5	5	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
Light Rail Line	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
								Subtotal	60	130	90	40	120	105	145
								Relevance Weights Above 0	4						
								WEIGHTED SUBTOTAL	15	33	23	10	30	26	36

3	**Travel Mode (0 = not relevant, 5 = most relevant)**															
	SOV	0	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0
	HOV	5	5	10	5	5	5	10	10	25	50	25	25	25	50	50
	Bus	5	5	10	5	5	5	10	10	25	50	25	25	25	50	50
	Rail	0	5	10	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0
	Truck	0	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
	Motorcycle	2	0	5	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
	Bicycle	2	5	5	5	0	0	0	5	10	10	10	0	0	0	10
	Pedestrian	4	5	0	5	5	5	5	5	20	0	20	20	20	20	20
									Subtotal	80	120	80	70	70	120	130
									Relevance Weights Above 0	5						
									WEIGHTED SUBTOTAL	16	24	16	14	14	24	26
4	**Management Strategy/Application (0 = not relevant, 5 = most relevant)**															
	Freeway Management	0	10	5	5	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0
	Arterial Intersections	4	0	0	10	10	10	10	10	0	0	40	40	40	40	40
	Arterial Management	3	5	5	5	10	10	10	10	15	15	15	30	30	30	30
	Incident Management	0	5	0	5	0	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0
	Emergency Management	1	5	0	5	0	5	5	5	5	0	5	0	5	5	5
	Work Zone	3	5	0	10	0	10	10	10	15	0	30	0	30	30	30
	Special Event	0	5	0	10	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
	Advanced Public Transportation System	3	5	0	0	0	0	0	5	15	0	0	0	0	0	15
	Advanced Traveler Information System	4	5	0	0	0	5	5	5	20	0	0	0	20	20	20
	Electronic Payment System	2	5	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	20
	Rail Grade Crossing Monitor	0	5	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
	Commercial Vehicle Operation	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
	Advanced Vehicle Control & Safety System	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
	Weather Management	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
	Travel Demand Management	5	10	10	5	0	5	5	5	50	50	25	0	25	25	25
									Subtotal	130	65	115	70	150	150	185
									Relevance Weights Above 0	8						
									WEIGHTED SUBTOTAL	16	8	14	9	19	19	23
5	**Traveler Response (0 = not relevant, 5 = most relevant)**															
	Pre-Trip Route Diversion	5	5	10	-99	0	10	10	10	25	50	-495	0	50	50	50
	En-Route Route Diversion	4	5	10	-99	0	10	10	10	20	40	-396	0	40	40	40
	Mode Shift	3	5	10	-99	0	5	5	5	15	30	-297	0	15	15	15
	Departure Time Choice	1	5	0	-99	0	5	5	5	5	0	-99	0	5	5	5
	Destination Change	0	-99	5	-99	-99	-99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Induced/Foregone Demand	0	5	5	-99	-99	-99	-99	5	0	0	0	0	0	0	0
									Subtotal	65	120	-1287	0	110	110	110
									Relevance Weights Above 0	4						
									WEIGHTED SUBTOTAL	16	30	-322	0	28	28	28

6	**Performance Measures (0 = not relevant, 5 = most relevant)**															
	LOS	5	0	5	10	10	5	5	5	0	25	50	50	25	25	25
	Speed	4	10	10	10	10	10	10	10	40	40	40	40	40	40	40
	Travel Time	5	5	5	10	10	10	10	10	25	25	50	50	50	50	50
	Volume	4	10	10	10	10	10	10	10	40	40	40	40	40	40	40
	Travel Distance	2	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	20	20
	Ridership	2	0	5	0	0	0	5	5	0	10	0	0	0	10	10
	Average Vehicle Occupancy (AVO)	3	0	5	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0
	V/C Ratio	4	0	10	10	5	5	5	5	0	40	40	20	20	20	20
	Density	4	0	0	10	10	10	10	10	0	0	40	40	40	40	40
	VMT/PMT	4	5	10	5	5	10	10	10	20	40	20	20	40	40	40
	VHT/PHT	4	5	10	5	5	10	10	10	20	40	20	20	40	40	40
	Delay	5	5	10	10	10	10	10	10	25	50	50	50	50	50	50
	Queue Length	4	0	0	10	10	10	10	10	0	0	40	40	40	40	40
	Number of Stops	2	5	0	0	0	0	5	10	10	0	0	0	0	10	20
	Crashes/ Accidents	1	5	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	5	5
	Incident Duration	1	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	5	5
	Travel Time Reliability	4	5	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
	Emissions	5	5	0	0	0	0	5	5	25	0	0	0	0	25	25
	Fuel Consumption	4	5	0	0	0	5	5	5	20	0	0	0	20	20	20
	Noise	3	5	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
	Mode Split	4	0	10	0	5	5	5	5	0	40	0	20	20	20	20
	Benefit/Cost	4	5	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
									Subtotal	285	365	390	390	425	500	510
									Relevance Weights Above 0	22						
									WEIGHTED SUBTOTAL	13	17	18	18	19	23	23
7	**Tool/Cost Effectiveness (0 = not relevant, 5 = most relevant)**															
	Tool capital cost	4	10	0	10	10	5	0	0	40	0	40	40	20	0	0
	Level of effort/training	4	10	0	10	5	5	0	0	40	0	40	20	20	0	0
	Easy to use	4	10	0	10	5	5	0	0	40	0	40	20	20	0	0
	Popular/well-trusted	5	5	5	10	10	5	0	5	25	25	50	50	25	0	25
	Hardware requirements	4	10	5	10	10	10	0	0	40	20	40	40	40	0	0
	Data requirements	3	10	0	10	10	0	0	0	30	0	30	30	0	0	0
	Computer run time	5	10	5	10	10	10	0	0	50	25	50	50	50	0	0
	Post-processing requirements	3	5	0	5	5	5	10	10	15	0	15	15	15	30	30
	Availability of Documentation	4	5	5	10	5	5	5	5	20	20	40	20	20	20	20
	User support	4	5	10	0	0	5	5	5	20	40	0	0	20	20	20
	Key parameters can be user-defined	2	5	10	5	5	10	10	10	10	20	10	10	20	20	20
	Default values are provided	2	10	0	10	10	10	10	10	20	0	20	20	20	20	20
	Integration with other software	3	0	5	5	5	5	5	5	0	15	15	15	15	15	15
	Animation/presentation features	3	0	5	0	0	5	10	10	0	15	0	0	15	30	30
									Subtotal	350	180	390	330	300	155	180
									Relevance Weights Above 0	14						
									WEIGHTED SUBTOTAL	25	13	28	24	21	11	13

Criteria Weights

5		6	7							8						
Context/Criteria (0 = not relevant, 5 = most relevant)		Criteria Relevance	Weighted Subtotals							Column 6 x Column 7						
			Sketch Plan	TDM	Analytical (HCM)	Traffic Opt	Macro Sim	Meso Sim	Micro Sim	Sketch Plan	TDM	Analytical (HCM)	Traffic Opt	Macro Sim	Meso Sim	Micro Sim
0	Analysis Context	4	50	50	25	0	25	25	0	200	200	100	0	100	100	0
1	Geographic Scope	2	50	0	50	0	25	25	25	100	0	100	0	50	50	50
2	Facility Type	4	15	33	23	10	30	26	36	60	130	90	40	120	105	145
3	Travel Mode	5	16	24	16	14	14	24	26	80	120	80	70	70	120	130
4	Management Strategy/ Applications	4	16	8	14	9	19	19	23	65	33	58	35	75	75	93
5	Traveler Response	3	16	30	-322	0	28	28	28	49	90	-965	0	83	83	83
6	Performance Measures	5	13	17	18	18	19	23	23	65	83	89	89	97	114	116
7	Tool/Cost Effectiveness	5	25	13	28	24	21	11	13	125	64	139	118	107	55	64
									WEIGHTED TOTALS	744	720	-310	351	701	701	680
									Most Appropriate Tool Categories:	1. Sketch Plan						
										2. TDM						

Tool Categories:

- Sketch Plan = Sketch-planning methodologies and tools
- TDM = Travel demand models
- Analytical (HCM) = Analytical/deterministic tools (HCM-based)
- Traffic Opt = Traffic optimization tools
- Macro Sim = Macroscopic simulation models
- Meso Sim = Mesoscopic simulation models
- Micro Sim = Microscopic simulation models

Please see the 'Tool Definitions' worksheet for more details

Recalculate

منابع

[۱] W. Kittelson, P. Koonce, S. Hennum, S. Onta, and T. Luttrell, "Traffic Analysis Toolbox Volume V: Traffic Analysis Tools Case Studies-Benefits and Applications," ۲۰۰٤.

[۲] غ. شفابخش، ع. نژاد،مصلی، م. س. ریاستیان، "اصلاح طرح هندسی تقاطع نمازی شیراز به کمک نرم افزار شبیه ساز ایمسان," راهور، ۲۰۱۴.

[۳] س. ناصرعلوی، م. صفارزاده، ا. ممدوحی، ن. ندیمی، " شبیه سازی و کاربرد آن در مطالعات ترافیک؛ مدل تعقیب خودرو،" ۱۳۹۰.

[۴] س. هیما ت. م. رضا، "طبقه بندی انواع مدل های ترافیکی و مقایسه نرم افزارهای شبیه ساز " همایش ملی مهندسی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین.

[۵] W. R. McShane and R. P. Roess, Traffic engineering, ۱۹۹۰.

[۶] س. هیما ت. م. رضا، "طبقه بندی انواع مدلهای ترافیکی و مقایسه نرم افزارهای شبیه ساز،" همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین.

[۷] ح. ح. منصور، ش. میثم، ح. ف. امیر، "عنوان مقاله: بهبود جریان ترافیک با استفاده از نرم افزار شبیه سازی Corsim (کنگره)،" ۱۳۸۷.

[۸] ا. ز. شهریار ذ. سالار، " در تحلیل تقاطعات شهری HCS و Synchro بررسی و ارزیابی کاربرد نرم افزارهای."

[۹] خ. مرتضی، خ. حسن، خ. علیرضا، " AIMSUN NG ساماندهی ترافیک شهرها با استفاده از نرم افزار شبیه‌ساز ".

[10] www.aimsun.com

[11] A.-N. TSS, "Version ٥,٠," User's Manual, November, ۲۰۰٥.

[12] E. Barrios, M. Ridgway, and F. Choa, "The Best Simulation Tool for Bus Operations," in Improving Transportation Systems Safety and Performance. ۲۰۰۱Spring Conference and Exhibit, ۲۰۰۱.

[13] L. Bloomberg and J. Dale, "A comparison of the VISSIM and CORSIM traffic simulation models," in Institute of Transportation Engineers Annual Meeting, ۲۰۰۰.

[14] M. Trueblood, "CORSIM, SIMTRAFFIC, WHAT'S THE DIFFERENCE?," PC Trans, ۲۰۰۱.

[15] F. Choa, R. T. Milam, and D. Stanek, "Corsim, paramics, and vissim: What the manuals never told you," in Ninth TRB Conference on the Application of Transportation Planning Methods, ۲۰۰٤.

[16] Z. Z. Tian, T. Urbanik, R. Engelbrecht, and K. Balke, "Variations in capacity and delay estimates from microscopic traffic simulation models," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. ۱۸۰۲, pp. ۳۱-۲۳, ۲۰۰۲.

[17] S. L. Jones, A. J. Sullivan, N. Cheekoti, M. D. Anderson, and D. Malave, Traffic simulation software comparison study vol. ۲۲۱۷: University Transportation Center for Alabama, ۲۰۰٤.

[18] S. Panwai and H. Dia, "Comparative evaluation of microscopic car-following behavior," Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, vol. ٦, pp. ۳۲٥-۳۱٤, ۲۰۰٥.

[19] H. Xiao, R. Ambadipudi, J. Hourdakis, and P. Michalopoulos, "Methodology for selecting microscopic simulators: Comparative evaluation of AIMSUN and VISSIM," ۲۰۰٥.

[20] V. Alexiadis, K. Jeannotte, and A. Chandra, "Traffic Analysis Toolbox Volume I: Traffic Analysis Tools Primer," ۲۰۰٤.

[21] K. Jeannotte, D. Sallman, R. A. Margiotta, and M. Howard, "Applying Analysis Tools in Planning for Operations," in ITE ۲۰۱۰Technical Conference and Exhibit, ۲۰۱۰.

[22] K. Jeannotte, A. Chandra, V. Alexiadis, and A. Skabardonis, "Traffic analysis toolbox Volume II: Decision support methodology for selecting traffic analysis tools," ۲۰۰٤.

[۲۳] ر. حبیب ع. ح. رضا، "کنترل مکانیزه محدوده طرح ترافیک " هفتمین کنفرانس مهندسی حمل ونقل و ترافیک ایران، ۱۳۸۵.