

معرفی فنی مجموعه نرم افزاری PTV VISION*

نویسنده: مهندس محمود رئوفی، مدرس تایید شده شرکت PTV

بهمن ۱۳۹۵

شرکت PTV مشاور بین المللی حمل و نقل و ترافیک و تولید کننده تخصصی سامانه های هوشمند حمل و نقل، نرم افزارهای مطالعات حمل و نقل و ترافیک و سامانه ها و نرم افزارهای برنامه ریزی حمل و نقل کالا است که در سال ۱۹۷۹ در کارلسروهه آلمان تاسیس شد. این شرکت اکنون مهمترین عرضه کننده محصولات یاد شده است به طوریکه بیش از ۲۸۰۰ سازمان و شرکت در ۱۲۰ کشور از محصولات آن استفاده می نمایند. در حال حاضر دفتر اصلی این مشاور در کارلسروهه و دفاتر مهندسی متعدد آن در اروپا، استرالیا، آمریکا و آسیا دایر هستند. محصولات ترافیکی این شرکت که مجموعه PTV VISION نام دارد، عبارتند از:

- سیستم برآورد، پیش بینی، مدیریت و گزارش ترافیک PTV OPTIMA
- سیستم هوشمند کنترل چراغها در سطح شبکه PTV BALANCE
- سیستم هوشمند کنترل چراغ در سطح محلی PTV EPICS
- نرم افزار مدل سازی و برنامه ریزی حمل و نقل PTV VISUM
- نرم افزار تحلیل و پیش بینی ایمنی PTV VISUM SAFETY
- نرم افزار جامع مطالعات ترافیک و طراحی چراغ PTV VISTRO
- نرم افزار شبیه سازی خرد ترافیک و پیاده روی PTV VISSIM
- نرم افزار شبیه سازی پیاده روی PTV VISWALK

سیستم برآورد، پیش بینی، مدیریت و گزارش ترافیک PTV OPTIMA: این سیستم که در مرکز کنترل ترافیک نصب می شود؛ هر ۵ دقیقه برای همه معابر شبکه، شاخصهای جریان، زمان سفر، سرعت، طول صف، سطح خدمت، تصادفات محتمل، آلودگی، زمان رسیدن خودروهای حمل و نقل همگانی و سایر موارد را با دقتی بالا برآورد می نماید و روی مدل نمایش می دهد (برآورد وضعیت شبکه).

آپتیما این محاسبه را با استفاده از احجام شمارش شده لحظه ای در کمتر از دو درصد کمانهای شبکه و هر داده برخط دیگر از قبیل سوانح و انسداد ناشی از آنها، سرعت جریان کمانها، اطلاعات خودروی شناور، داده های پارکینگ، داده های هوشمند

خودروهای حمل و نقل همگانی و همچنین مدل کلان حمل و نقل انجام می دهد. رویدادها و مراسمهایی که با برنامه ریزی انجام می شوند نیز از قبل به آپتیما معرفی می گردند.

این سیستم با بسط دادن برآورد وضعیت جاری؛ وضعیت شبکه تا یک ساعت آینده را که شامل همه شاخصهای بالا و زمان و محل شلوغیها است، برای بازه های زمانی ۵ دقیقه ای پیش بینی می کند (نتیجه سناریوی عدم انجام کار).

آپتیما در برآورد وضع موجود و پیش بینی سناریوی عدم انجام کار؛ مقدار شاخصهای ترافیکی برای هر یک از اجزای شبکه را با مقادیر مجاز آنها مقایسه می کند و در صورت گذشتن از حدود مجاز، به کاربر هشدار می دهد.

پس از پیش بینی نتیجه عدم انجام کار، سناریوهایی که از نظر کاربر احتمالاً بر بهبود وضعیت شبکه موثر خواهند بود؛ محاسبه، ارزیابی و مقایسه می گردند و سناریوی برتر به اجرا گذاشته می شود. این سناریوها می توانند شامل ترکیبی از تغییر زمانبندی چراغهای شبکه به طور زنده، انحراف مسیر خودروها در زمان حوادث و گزارش خودکار وضعیت شبکه به رانندگان، نمایش پیامهای مشخص روی هر یک از تابلوهای پیام نما، نمایش پیام در ایستگاههای حمل و نقل همگانی و یا گزینه های دیگر باشند.

این سیستم برآورد وضعیت شبکه تا یک ساعت آینده (طبق محاسبات تشریح شده)، بقیه طول روز (با توجه به محاسبات یاد شده و رویدادهای برنامه ریزی شده) و همچنین روزهای آینده (با توجه به رویدادهای برنامه ریزی شده) را برای استفاده کاربران راه و سامانه های مسیریابی و برنامه ریزی سفر گزارش می کند.

آپتیما از داده های شبکه و شاخصهای ترافیکی نظیر آنها بانک داده ای تشکیل می دهد و با استفاده از آن همواره مدل حمل و نقل شهر را تدقیق و به روز می نماید.

از آنجا که این سامانه از ترکیب روشهای بارگذاری شبکه، تخصیص دینامیک و انتشار جریان برای محاسبه استفاده می کند؛ ضمن در نظر گرفتن جزئیات شبکه و تقاضا و تغییرات آنها طی زمان، از سرعت بسیار بالایی برخوردار است.

برآورد وضعیت شبکه ای با هشتاد هزار کمان، دو هزار ناحیه و سه گروه مختلف تقاضا تا یک ساعت آینده با آپتیما؛ با یک رایانه خانگی معمولی می تواند در حدود ۴ دقیقه انجام شود. از آنجا که با امکان پردازش موازی این سامانه، هر یک از سناریوها می تواند روی یک رایانه محاسبه شود؛ زمان اجرای هر تعداد سناریو نیز در مجموع به همین میزان یعنی حدود ۴ دقیقه خواهد بود.

لازم به توضیح است که آپتیما با همکاری دانشگاه لا سالیپینسا (علوم) رم ساخته شده است.

سیستم هوشمند کنترل چراغها در سطح شبکه PTV BALANCE: این سیستم که در مرکز کنترل ترافیک نصب می شود، با استفاده از داده های شمارنده ها و سایر داده های شبکه از جمله مدل کلان حمل و نقل شهر، وضعیت ترافیک را به طور زنده به نمایش در می آورد و اطلاعات کاملی (شامل تاخیر، تعداد توقف و طول صفها) از آن ارائه می دهد.

بلیس در هر ۵ دقیقه در سطح شبکه (راهبردی)، برای ایجاد موج سبز و بهره برداری از حداکثر ظرفیت شبکه حمل و نقل، برنامه کلی چراغهای راهنمایی را متناسب با وضعیت ترافیک طراحی می نماید. تابع هدف این بهینه سازی شامل جمع وزنی شاخصهای تاخیر، تعداد توقف و طول صف است و خروجی آن مدت چرخه (مشترک بین چراغهای مجاور) و همچنین مدت سبز و انحراف زمانی آن (آفست) برای هر چراغ می باشد.

در فرایند یاد شده، مدت هر فاز در دو بازه ثابت و قابل تغییر تعیین می شود. وضعیت چراغ در بخش قابل تغییر هر فاز، می تواند توسط سطح محلی (عملیاتی) این سامانه که سیستم هوشمند کنترل چراغ در سطح محلی PTV EPICS یا اپیکس نام دارد، بازنگری و مجددا تعیین گردد.

اپیکس چراغ هر تقاطع را به طور منفرد با توجه به تغییرات کوتاه مدت (در هر ثانیه) ترافیک و اولویت دهی به حمل و نقل همگانی ضمن در نظر گرفتن خودروهای شخصی و عابران پیاده تنظیم می کند. تابع هدف این بهینه سازی شامل جمع وزنی تاخیر و تعداد توقف برای انواع تقاضا (حمل و نقل همگانی، عابران پیاده و خودروهای شخصی) و همچنین تفاوت با برنامه تعیین شده توسط بلنس در هر یک از دسترس‌یهای تقاطع است.

سیستم بلنس با آپتیما هماهنگی کاملی دارد. به طوریکه برآوردهای مربوط به وضعیت فعلی و پیش بینی های مربوط به وضعیت آینده که توسط آپتیما انجام می گیرند، می توانند به عنوان بخشی از ورودیهای بلنس به کار روند و آپتیما نیز در بررسی سناریوهای خود می تواند در هر سناریو به طور زنده زمانبندی بهینه را تعیین و ارزیابی نماید. همچنین سناریوی برتر انتخاب شده به وسیله آپتیما، می تواند برای هماهنگی و تطبیق برنامه ریزی چراغهای شبکه به سرعت به بلنس منتقل گردد. مجموعه بلنس و اپیکس پیش از بکارگیری میدانی، در ویزوم و ویسیم قابل شبیه سازی، اثرسنجی و تنظیم است. لازم به توضیح است که بلنس و اپیکس با همکاری دانشگاه فنی مونیخ ساخته شده اند.

نرم افزار مدلسازی و برنامه ریزی حمل و نقل PTV VISUM: این نرم افزار GIS مینا که اولین نسخه آن در اوایل دهه ۱۹۸۰ عرضه شده، برای مدلسازی و برنامه ریزی حمل و نقل خصوصی و همگانی مسافر و حمل و نقل کالا طراحی گردیده است و در دو سطح کلان نگر و میان نگر مدلسازی می نماید. با استفاده از ویزوم می توان احداث تسهیلات حمل و نقل و بکارگیری روشهای مختلف مدیریت ترافیک و عوارض گذاری و همچنین طراحیهای مختلف حمل و نقل همگانی را مطالعه و برآورد اقتصادی کرد و عوارض زیست محیطی این پروژه ها شامل آلودگی های هوا و صدا را طبق استانداردهای معتبر پیش بینی نمود. با این ابزار می توان مدلسازی تقاضای حمل و نقل را به روشهای چهار مرحله ای و لوجیت آشیانه ای (قابل استفاده برای مسافر و کالا) و تور مبنای مسافر و تور مبنای مخصوص کالا انجام داد.

در روش چهار مرحله ای برای ورود مدلهای ایجاد، توزیع و انتخاب وسیله به ویزوم؛ می توان از ساختارهای آماده آن (رگرسیون برای مدلهای تولید و جذب؛ جاذبه با انواع مختلف تابع مقاومت برای مدل توزیع؛ لوجیت چند جمله ای و لوجیت آشیانه ای برای مدل انتخاب وسیله) استفاده نمود. این نرم افزار به فرایند کالیبراسیون ضرایب مدل توزیع جاذبه ای نیز مجهز است. در روش تقاضای لوجیت آشیانه ای (مرسوم در انگلستان)؛ سه فرایند توزیع، انتخاب وسیله و تعیین زمان عزیمت دلخواه در یک ساختار لوجیت آشیانه ای به طور ترکیبی محاسبه می شوند.

برای استفاده از روش تور مبنای مسافر نیز ساختارهای لازم برای مدل ایجاد سفر و مدل ترکیبی توزیع و انتخاب وسیله (چند جمله ای و آشیانه ای) از پیش آماده شده اند و در نرم افزار موجودند. همچنین روش تور مبنای کالا دارای ساختارهای آماده برای مدل ایجاد سفر و مدل ترکیبی ایجاد و توزیع سفر است. با کدنویسی مدلهای دلخواه دیگر را نیز میتوان به ویزوم متصل کرد.

برای مدل‌سازی واقع‌گرایانه تقاضای پارک و سوار (Park and Ride) در ویزوم فرایندی اضافه شده است که انتخاب پارکینگ را با توجه به سختی راه و ظرفیت پارکینگ انجام می‌دهد. پارک و سوار گروهی از مسافران است که قسمتی از مسیر خود را از مبدا تا یک پارکینگ با خودروی شخصی می‌پیماید و از آنجا با حمل و نقل همگانی به سمت مقصد ادامه سفر می‌دهد (یا عکس این حالت).

ویزوم برای تخصیص حمل و نقل خصوصی، روشهای استاتیک و دینامیک چند کلاسه مختلفی دارد و در صورت نیاز با کدنویسی میتوان روشهای دیگری را نیز با آن اجرا کرد.

روشهای تخصیص استاتیک آن عبارتند از: روش جز به جز (قابل تبدیل به همه یا هیچ) و روش تصادفی (در این روش اطلاعات کاربران از مسیرهای شبکه کامل نیست)؛ روشهای تعادلی کاربر UE (مسیر مبنا)، لوسه Lohse (کمان مبنا، دارای قدرت زیاد در یافتن مسیر و بهبود یافته روش فرانک ولف) و هزینه خطی کاربر لوجه LUCE (مبدا مبنا، سریع و دارای قدرت زیاد در یافتن مسیر)؛ ترکیب دو روش تعادلی UE و Lohse با روش تریبیو TRIBUT (این روش به منظور مطالعه بهتر اثر عوارض گذاری، انواع عوارض و ارزش زمان برای مسافران را دقیقتر از روشهای متداول در تابع مقاومت تخصیص وارد می‌کند)؛ ترکیب سه روش تعادلی UE، Lohse و LUCE با تحلیل ظرفیت تقاطع ICA (در این روش تاخیر در گردشهای گره‌ها بر اساس روشهای استاندارد تحلیل ترافیک از جمله HCM 6th edition، HCM2010 و HCM2000 با در نظر گرفتن اطلاعات دقیق هندسی، نوع کنترل و زمانبندی چراغ محاسبه می‌شود. به رغم استاتیک بودن این تخصیص، محدودیت فیزیکی ظرفیت کمانها و گردشهای گره‌ها در نظر گرفته و در نتیجه اثر صف و پس زدن آن به کمانها و گره‌های بالادست دیده می‌شود و در انتخاب مسیر مسافران تاثیر می‌گذارد. البته لازم به توضیح است که ویزوم می‌تواند در انتهای هر تخصیص استاتیک اثر صفها و پس زدن آنها به تسهیلات بالادست را برآورد نماید، اما این امکان در تخصیص ICA واقعی تر است).

در روشهای تخصیص دینامیک ویزوم اثر تغییرات عرضه و تقاضا در طی روز قابل مطالعه است. با بکارگیری این روشها خروجی های تخصیص، برای هر زمان از روز به طور جداگانه به دست خواهند آمد. این روشها عبارتند از: روش تصادفی؛ دو روش تعادلی کاربر دوئه DUE و DTA (با سطح مطالعه خردنگرتر نسبت به روش دوئه)؛ روش بارگذاری شبکه دینامیک DNL (روشی سریع برای بارگذاری دینامیک شبکه بر اساس نتایج یک تخصیص از پیش انجام شده) و ترکیب دو روش DTA و DNL (برای شبیه سازی اثر سوانح و تغییر مسیرهای ناشی از آنها). تخصیص دینامیک دیگری با عنوان شبیه سازی مبنا SBA نیز در ویزوم وجود دارد که بر خلاف روشهای قبلی بر مبنای شبیه سازی جریان ترافیک و تداخلات آن در سطح میان نگر کار می‌کند. این روش در شبیه ساز ویسیم نیز وجود دارد و بنابراین انتقال مدلی که با این روش تخصیص یافته از ویزوم به ویسیم بهتر انجام خواهد شد.

در همه روشهای یاد شده (به جز روش تصادفی) محدودیت فیزیکی ظرفیت شبکه و اثر صفها و پس زدن آنها به تسهیلات بالادست در نظر گرفته می‌شود. برای وارد کردن زمان عزیمت دلخواه مسافران در طی روز می‌توان از مقادیر اندازه گیری شده و یا از ساختار مدل انتخاب زمان عزیمت استفاده نمود. امکان تغییر زمان عزیمت نسبت به زمان عزیمت دلخواه مسافران، در روشهای تخصیص دینامیک ویزوم (به جز SBA) دیده می‌شود.

در روشهای تخصیص تصادفی استاتیک و دینامیک که در تخصیص تقاضای دوچرخه و کالا پر کاربرد هستند، امکان اضافه کردن جملاتی به تابع مقاومت وجود دارد که این دو تخصیص را هر چه بیشتر برای این دو بخش تقاضا مناسب نماید.

تخصیصهای حمل و نقل همگانی ویزوم عبارتند از: بر مبنای جدول زمانبندی (زمان اعزامها و در نتیجه زمان تبادلهای، کاملاً دقیق به مدل وارد می شود و در انتخاب مسیرها مد نظر قرار می گیرد. امکان تغییر زمان عزیمت نسبت به زمان عزیمت دلخواه مسافران، در این روش دیده می شود. در راستای مدل کردن واقع گرایانه تر وسایل حمل و نقل اشتراکی مانند دوچرخه های اشتراکی، ویزوم قابلیت Mobility Sharing را به عنوان یک امکان اضافه برای این نوع تخصیص در اختیار کاربر قرار داده است.)؛ بر مبنای سرفاصله (عرضه حمل و نقل همگانی بر اساس سرفاصله خطوط در نظر گرفته می شود و در عین حال امکان تعریف کردن تبادلهای برنامه ریزی شده در ایستگاهها و نیز هماهنگ بودن اعزام خطوط گذرنده از یک قطعه مسیر مشترک وجود دارد. محاسبات این روش بسیار سریعتر از روش اول است.) و بر مبنای سیستم حمل و نقل (ماتریس تقاضا بدون در نظر گرفتن خطوط حمل و نقل همگانی و زمانبندی آنها به شبکه حمل و نقل تخصیص داده می شود و بدین ترتیب شبکه خطوط حمل و نقل همگانی دلخواه از نظر مسافران مشخص خواهد شد). در دو روش اول، می توان محدودیت فیزیکی ظرفیت خودروهای مورد استفاده در هر اعزام را نیز در انتخاب مسیر مسافران وارد کرد.

به دلیل آنکه همه تخصیص های خصوصی و همگانی ویزوم اطلاعات مسیرها را ذخیره می نمایند، این نرم افزار بعد از انجام تخصیص نه تنها احجام جریان هر معبر، بلکه سهم هر مسیر از سفرهای بین هر مبدا و مقصد و سهم هر مسیر از جریان هر معبر را به دست می دهد.

این نرم افزار برای اجرای تخصیص سناریوهای تقریباً مشابه، امکان می دهد با قرار دادن تخصیص انجام شده به عنوان نقطه شروع تخصیص جدید، زمان رسیدن به همگرایی تا حد زیادی کاهش یابد.

ویزوم می تواند با استفاده از اطلاعات جدید تقاضای تولید و جذب زونها، حجم جریان کمانها، جریان عبوری از خطوط برش، حجم گردشهای تقاطعها، جریان خصوصی گروه خطهای تقاطعها، تعداد مسافران خطوط همگانی و سکویهای ایستگاهها و شکل توزیع سفرهای خصوصی یا همگانی (از نظر طول، زمان و ...) و در نظر گرفتن خطای احتمالی برای هر یک از برداشتهای انجام شده جدید، ماتریس تقاضای حمل و نقل خصوصی و یا همگانی را اصلاح کند. این امکان می تواند جهت بر طرف کردن خطاهای احتمالی در محاسبه ماتریسهای تقاضا و یا به روز رسانی آنها پس از گذشت مدتی از انجام آماربرداری مبدا و مقصد استفاده شود.

ویزوم امکانات بسیاری برای طراحی و تحلیل حمل و نقل همگانی دارد که می تواند مورد استفاده مسئولان بهره برداری سامانه های همگانی قرار گیرد. در این نرم افزار خطوط و ایستگاهها با تمام جزئیات (شامل زمان دقیق اعزامها، نوع وسیله نقلیه هر اعزام و ظرفیت آن، زمان حرکت بین هر دو ایستگاه و زمان توقف در هر کدام، اثرگذاری حمل و نقل خصوصی بر حرکت وسایل نقلیه همگانی، زمان حرکت پیاده مسافران در ابتدا و انتهای سفر و حتی بین سکویهای ایستگاههای تبادلی، زمان انتظار آنها برای هر تبادل و ...) مدل می گردند. این نرم افزار امکان مدلسازی و تحلیل گونه های مختلف کرایه خطوط (از قبیل ناحیه مبدا، مسافت مبدا و یا ترکیب آنها) را نیز به دست می دهد.

ویزوم می تواند به کمک ویرایشگر گرافیکی برنامه زمانبندی و بر اساس مدل دقیق ساخته شده و تخصیص های حمل و نقل همگانی که پیشتر توضیح داده شد، برای بهینه سازی زمانبندی خطوط و هماهنگسازی آنها به کار رود. این نرم افزار بر اساس موارد یاد شده، هزینه های اولیه و عملیاتی و نیز درآمدهای گردانندگان سامانه های همگانی را محاسبه می نماید و می تواند بر اساس برنامه به دست آمده، تعداد، نوع و برنامه کاری ناوگان را با هدف کاهش هزینه های گرداننده همراه با حفظ کیفیت خدمات به مسافران بهینه کند.

از ویزوم حتی می توان برای جانمایی ایستگاهها و بهینه سازی طراحی خطوط حمل و نقل همگانی بهره برد. ویزوم همچنین می تواند فرایند تکمیل اطلاعات پرسش شده از مسافران حمل و نقل همگانی را انجام دهد. این نرم افزار همینطور برای کمک به برنامه ریزان حمل و نقل همگانی می تواند نمودار تار عنکبوتی خطوط و تبادلهای آنها را ترسیم نماید.

همانطور که پیشتر در توضیح تخصیص ICA گفته شد ویزوم می تواند تاخیر گردشهای گره ها را بر اساس روشهای استاندارد تحلیل ترافیک از جمله HCM 6th edition، HCM2010 و HCM2000 پیش بینی نماید. در نتیجه ویزوم با استفاده از این مقادیر می تواند زمانبندی چراغهای شبکه را بهینه و با در نظر گرفتن اثر شکل گیری و از بین رفتن پلاتون بین چراغها آنها را هماهنگ کند.

از ویزوم همینطور می توان برای فرایند کردن اطلاعات حاصل از سامانه های هوشمند تشخیص پلاک و مکانیابی بهینه شمارنده های تردد بر اساس جریان و زوجهای مبدا و مقصد استفاده نمود.

ماژول Safety ویزوم که نرم افزار تحلیل و پیش بینی ایمنی PTV VISUM SAFETY هم خوانده می شود، امکان ثبت و تحلیل دقیق داده های تصادفات شبکه را مهیا می سازد و با استفاده از آن می توان نقاط حادثه خیز را برای اصلاح اولویت بندی نمود و با توجه به نوع تصادفات هر نقطه، راهکار اصلاحی مناسب را برای آن تعیین کرد. با این ابزار همچنین می توان وضعیت ایمنی تسهیلات ترافیک در آینده را پیش بینی کرد.

ویزوم دارای رابط کاربر گرافیکی پیشرفته، سریع و آسان است که برای تسریع ساخت مدل، از منابع متنوعی (از جمله بانکهای داده، OpenStreetMap، .shp، فایلها، EMME/2، TransCAD، CUBE، Google Transit، GPX، ویسیم و ویسترو) اطلاعات ورودی شبکه و داده های مربوط به آن را می پذیرد. با این رابط می توان خروجیهای متنوع گرافیکی (دو بعدی و سه بعدی)، جدولی و عددی ایجاد نمود. به کمک امکان مدیریت سناریوی بسیار پیشرفته ویزوم می توان به راحتی مدل و همه سناریوهای آن را در یک فایل مدیریت کرد. ویزوم برای تسریع در برخی اقدامات و مطالعات خاص، امکان برقراری ارتباط با برنامه های دیگر را از طریق زبانهای برنامه نویسی Basic، VBA (زبان ماکروهای اکسل و اکسس)، C، ++C و Python دارد. لازم به توضیح است که با ویزوم می توان به آسانی قسمتی از شبکه حمل و نقل کل شهر را جدا نمود و همراه ماتریسهای آن به طور جداگانه مورد تحلیل قرار داد و یا برای انجام تحلیلهای دیگر به نرم افزارهای ویسترو و ویسیم وارد کرد.

نرم افزار تحلیل و پیش بینی ایمنی PTV VISUM SAFETY: این نرم افزار GIS مبنای سال ۲۰۰۲ با نام EUSKA قلب سامانه ثبت و تحلیل تصادفات پلیس آلمان است و طی این زمان با استفاده از تجارب متخصصان و افسران آن کشور توسعه

یافته است. این ابزار ارزشمند از سال ۲۰۱۲ با نام SAFETY برای استفاده متخصصان و مسئولان ایمنی ترافیک در مراکز تحلیل تصادفات و از سال ۲۰۱۴ با نام VISTAD برای بکارگیری در سامانه ثبت تصادفات سایر کشورها عرضه شده است. نرم افزار SAFETY امکان ثبت، نگهداری و تحلیل داده های تصادفات شبکه را مهیا می سازد. به دلیل انعطاف پذیری بالا برای دریافت داده ها، به سادگی میتوان هر بانک داده تصادفات را به آن منتقل کرد. بخاطر برخورداری از ساختاری نظاممند و نیز داشتن مبنای GIS می توان تصادفات را بر اساس اشتراک فاکتورهای گوناگون آنها (مانند تصادفات عابرپایاده یا سرعت غیرمجاز) و یا از نظر جغرافیایی (مانند تصادفات رخ داده در یک منطقه، معبر یا تقاطع) دسته بندی و به طور جداگانه تحلیل نمود. با این ابزار، تحلیل داده های تصادفات به کمک نقشه های حرارتی، گزارشهای آماری جامع از پیش طراحی شده و یا جداول همکنشی میسر است. با استفاده از ابزارهای یاد شده، می توان بر پایه شاخص های مختلف (مانند تعداد تصادفات فوتی و جرحی یا هزینه آنها) نقاط حادثه خیز را مشخص و برای اصلاح اولویت بندی نمود و با توجه به نوع تصادفات هر نقطه، راهکار اصلاحی مناسب را برای آن تعیین کرد.

یکپارچه بودن این نرم افزار با نرم افزار برنامه ریزی حمل و نقل VISUM به کارشناسان این امکان را می دهد تا در کوتاهترین زمان با ابزارهای هوشمند GIS آن نرم افزار، تصادفات را به عناصر شبکه حمل و نقل (کمانها و تقاطعها) اختصاص دهند و با داشتن حجم جریان هر یک از عناصر، مطالعه و برنامه ریزی عملکرد ترافیکی و ایمنی شبکه را به طور یکپارچه و با در نظر گرفتن هر دو جنبه انجام دهند. برای مثال به این صورت میتوان با توجه به حجم تردد، نرخ تصادفات فوتی و جرحی یک کمان را که ناشی از سبقت غیر مجاز بوده اند محاسبه نمود و پیش از تبدیل شدن آن به یک کمان حادثه خیز، تنها با در نظر گرفتن نرخ تصادفات (به جای تعداد یا هزینه تصادفات)، راهکار اصلاحی مناسبی را پیشنهاد نمود. نمونه این تحلیل در کنار بازرسی ایمنی راه، می تواند در مورد راههای فرعی که قرار است به طور موقت به عنوان راه انحرافی معابر اصلی استفاده شوند انجام گردد.

نرم افزار SAFETY از این نیز فراتر می رود و امکان پیش بینی تصادفات را نیز با استفاده از مدل پیش بینی تصادفات فعلی کشور سوئیس مهیا می سازد. در این مدل نوع تسهیل ترافیکی و نرخ تصادفات نظیر آن نوع، جریان عبوری و طول آن تعیین کننده تصادفات آینده تسهیل ترافیکی هستند. لازم به توضیح است که نرخهای تصادفات انواع تسهیلات می تواند بر اساس وضع موجود تصادفات شبکه به آسانی برآورد شود و رابطه پیش بینی نیز می تواند از حالت خطی به هر حالت دلخواه تغییر یابد و به این صورت مدل پیش بینی پیاده سازی شده در نرم افزار، با حفظ ساختار می تواند برای شرایط هر منطقه کالیبره شود. از این پیش بینی می توان در مطالعه فایده به هزینه تسهیلات ترافیکی استفاده نمود.

نرم افزار جامع مطالعات ترافیک، عارضه سنجی ترافیکی و طراحی چراغ PTV VISTRO: این نرم افزار در سال ۲۰۱۲ پس از ۶ سال همکاری با شرکت مشاوران دالینگ اسوشیتس ایالات متحده، به منظور تحلیل ترافیکی شبکه معابر، عارضه سنجی کاربریها و طراحی و هماهنگسازی چراغهای راهنمایی عرضه شد. این محصول دارای رابط کاربر گرافیکی سریع و آسان است و روشهای استاندارد تحلیل ترافیک از جمله HCM 6th edition، HCM2010 و HCM2000 و روشهای قدرتمند بهینه سازی برای طراحی و هماهنگسازی چراغ را بکار می گیرد..

پس از رسم شبکه در محیط ویسترو، برای تحلیل تقاطعها بار ترافیکی گردشها و سایر پارامترهای مورد نیاز روش تحلیل (معمولا شامل جزئیات هندسه، ترکیب ترافیک، حمل و نقل همگانی، پارک حاشیه ای، دوچرخه سوار و عابر پیاده) وارد و همزمان تحلیلها و نتایج (شامل تاخیر، سطح خدمت تقاطعها و طول صفها) مشاهده می شود.

پس از این مرحله می توان تاثیر افزایش تقاضای ترافیک ناشی از ساخت کاربریهای جدید (یا کاهش ناشی از تخریب کاربریهای فعلی)، بر عملکرد تقاطع ها را با این نرم افزار برآورد نمود (عارضه سنجی کاربریها). برای این کار، ابتدا محل اتصال کاربری به شبکه ترسیم و تقاضای ترافیک آن (مثبت برای افزایش و منفی برای کاهش) تعیین و بین مقاصد مختلف توزیع می شود. سپس سهم هر مسیر، از تقاضای بین هر مبدا و مقصد، تعیین و در نتیجه افزایش (یا کاهش) جریان هر کمان و تقاطع مشخص می گردد. تحلیلها و نتایج ناشی از این تغییرها به طور همزمان مشاهده می شود. به خاطر ساده تر و سریعتر بودن کار با این نرم افزار نسبت به شبیه سازی ترافیک، در عین تولید همه نتایج لازم در عارضه سنجی و همچنین ارائه امکان اصلاح زمانبندی چراغها با توجه به نتایج عارضه سنجی، استفاده از آن در این گونه مطالعات ترافیکی به جای شبیه سازیها توصیه می گردد.

ویسترو امکان بهینه سازی زمانبندی چراغ ثابت و یا هوشمند تقاطعها در سطح انفرادی را با دو تابع هدف مختلف (موازنه نسبت بار به گنجایش و یا کمینه کردن تاخیر حرکت بحرانی) ارائه می دهد. در این فرایند، مدت چرخه چراغ می تواند ثابت باشد و یا مقادیر یا محدوده مشخصی از آن مورد جست و جو قرار گیرد.

این نرم افزار امکان بهینه سازی زمانبندی چراغها و اختلاف زمانی آنها در سطح شبکه (در گروههای جداگانه دلخواه) را نیز ارائه می دهد (طراحی و هماهنگسازی چراغها) و برای اینکار از روشهای بهینه سازی قدرتمندی (الگوریتم ژنتیک و هیل کلایمینگ) استفاده می کند. تابع هدف این مسئله بهینه سازی، جمع وزنی شاخص تاخیر (بر حسب خودرو ساعت) و شاخص تعداد توقف است. در این فرایند، مدت چرخه چراغ می تواند ثابت باشد و یا محدوده مشخصی از آن مورد جست و جو قرار گیرد. برای بهینه سازی چراغها در سطح شبکه، امکان ارجح کردن مسیرهای دلخواه با تخصیص وزن بیشتر از یک به آنها وجود دارد. در بهینه سازی چراغها در سطح شبکه، اندرکنش تقاطعهای چراغدار و تشکیل و از بین رفتن پلاتون خودروها لحاظ می گردد.

ویسترو دارای رابط کاربر گرافیکی سریع و آسان است که به وسیله آن به راحتی می توان شبکه حمل و نقل و تقاضای ترافیک را مدل کرد. به کمک امکان مدیریت سناریوی این رابط؛ می توان در یک فایل، تقاضای متفاوت صبح و عصر و اثر گزینه های مختلف اصلاح هندسی یا تغییر زمانبندی چراغها برای بهبود سطح خدمت تسهیلات ترافیک را برآورد و با یکدیگر مقایسه کرد. ویسترو نتیجه تحلیلها را به صورت جدول، نمودار، نقشه های دارای نمودار و گزارش رسمی آماده چاپ ارائه می دهد. لازم به توضیح است که مدلهای ساخته شده در نرم افزارهای سینکرو و ویزوم را می توان همراه با همه اطلاعات آنها به ویسترو وارد کرد و همچنین مدلهای ساخته شده در ویسترو را می توان برای تحلیلهای دیگر به ویزوم و ویسیم وارد نمود.

نرم افزار شبیه سازی خرد ترافیک و پیاده روی PTV VISSIM: این نرم افزار که اولین نسخه آن در سال ۱۹۹۴ با پشتوانه ۲۰ سال پژوهش و با همکاری دانشگاه فنی کارلسروهه عرضه شد؛ برای شبیه سازی عملکرد تسهیلات ترافیک منفرد و یا

اثرگذار بر یکدیگر، در وضعیتهای زیر اشباع و بالای اشباع استفاده می گردد. این شبیه سازی می تواند در سطوح خردنگر، میان نگر و ترکیب این دو انجام شود.

آزادراهها، خیابانهای با امکان پارک حاشیه ای، خیابانهای دو طرفه با امکان سبقت از طرف مقابل، میدانها و تقاطعهای بدون چراغ و یا دارای چراغ ثابت یا هر نوع چراغ هوشمند، خطوط و ایستگاههای اتوبوس و قطار و همچنین محدوده ها، معابر و یا خطوط ویژه عوارض گذاری شده نمونه هایی از تسهیلات قابل شبیه سازی با ویسیم هستند. به خاطر برخورداری از تخصیص دینامیک، این ابزار امکان شبیه سازی و تحلیل شبکه های معابر، اثر سامانه های هوشمند از جمله سامانه های مدیریت زنده شبکه حمل و نقل و گزارش وضعیت شبکه به رانندگان، تابلوهای پیام متغیر و محدودیت سرعت متغیر را دارد.

این نرم افزار علاوه بر تحلیل عملکرد تسهیلات ترافیک، برای برآورد آلودگی ناشی از آنها طبق استانداردهای معتبر، بهینه سازی زمانبندی چراغهای شبکه و همچنین برآورد ایمنی تسهیلات ترافیک (بر اساس تعداد و نوع تصادفات محتمل که با استفاده از خط سیر خودروها در شبیه سازی محاسبه می گردد) نیز استفاده می شود. ویسیم با اتصال به مرکز کنترل ترافیک، می تواند برای شبیه سازی زنده تسهیلات حمل و نقل بر اساس احجام شمارش شده و ابعاد سوانح روی داده لحظه ای نیز بکار رود. با ویسیم هر خط حمل و نقل همگانی و ایستگاههای آن با جزئیات کامل (از جمله ویژگی های فنی و ابعادی ناوگان، شیوه پرداخت کرایه، زمانبندی اعزام، تعداد مسافران سوار و پیاده شونده در هر ایستگاه، توزیع حجم ورود و خروج مسافران از درها در طول خودرو، اولویت دهی در تقاطعها) مدل و تحلیل می شود.

یکی از ویژگی های این ابزار، امکان شبیه سازی عابران پیاده به طور همزمان با شبیه سازی خودروهاست. به همین خاطر ویسیم می تواند برای ارزیابی تاثیر عابران بر تقاطعها و سایر تسهیلات ترافیک و همچنین تحلیل دقیق عملکرد ایستگاهها، پایانه ها و خطوط حمل و نقل همگانی به کار رود.

ویسیم در سطح خردنگر از مدلهای اثبات شده رفتار رانندگی (مدلهای تعقیب خودروی ویدمان ۱۹۷۴ برای خیابانها و ویدمان ۱۹۹۹ برای آزادراهها، مدل تغییر خط ویلمان و اسپارمان) و رفتار پیاده روی (مدل نیروی اجتماعی هلبینگ) برای شبیه سازی خودروها، عابران پیاده و برهمکنش آنها استفاده می کند. مدل رفتار جانبی ویسیم، شبیه سازی حرکت چند وسیله نقلیه (خودرو، موتور و غیره) در یک خط عبوری را امکانپذیر می نماید. این نرم افزار به منظور مدلسازی شرایط خاص و یا انجام امور تحقیقاتی، امکان پیاده سازی و بکارگیری هر مدل رفتار رانندگی و رفتار پیاده روی دلخواه را به کاربر می دهد.

همانطور که اشاره شد، یکی از کاربردهای اصلی ویسیم شبیه سازی خردنگر است. این نرم افزار با بکارگیری مدلهای اثبات شده رفتار رانندگی و پیاده روی، استفاده از جزئیات شبکه حمل و نقل و استفاده کنندگان آن و انعطاف پذیری بسیار بالا؛ به معنای واقعی امکان این نوع مطالعه ترافیکی را فراهم می آورد. در عین حال ویسیم دارای امکان شبیه سازی میان نگر بر اساس مدلهای رفتار رانندگی ساده سازی شده است که سرعت شبیه سازی را بین ۳۰ تا ۶۰ برابر افزایش می دهد. در شبیه سازی ترکیبی می توان شبیه سازی خرد را در قسمتهای مهمتر شبکه به کار گرفت و برای بقیه قسمتها از شبیه سازی میان نگر استفاده نمود و به این ترتیب تعادلی بین دقت و سرعت محاسبات را ایجاد نمود.

در ویسیم تفاوت رفتار رانندگان انواع خودرو در یک معبر و همچنین تفاوت رفتار رانندگان یک نوع خودرو در معابر مختلف قابل مدلسازی است. علاوه بر این، ویسیم به طور خودکار با بکارگیری یک توزیع نرمال برای پارامترهای رفتاری به جای یک مقدار ثابت، وجود تفاوت بین رفتارهای رانندگان یک نوع خودرو در یک معبر را نیز در نظر می گیرد. در این نرم افزار سرعت دلخواه رانندگان در هر معبر، با یک یا چند توزیع دلخواه برای هر نوع خودرو تعریف می شود.

جزئیات فنی خودروها (مانند بیشینه شتابهای افزاینده و کاهنده خودرو بر حسب سرعت، مجهز بودن به سیستم اطلاعات مسیر) و ابعاد آنها (از قبیل محل محورها، محل درهای خودروهای همگانی، محل مفاصل خودروهای چند تکه، عرض خودروها در حرکت مستقیم و محل گوشه های آنها در گردش) و همچنین جزئیات معابر (از جمله اثر عرض خطوط بر رفتار جانبی و مدت تغییر خط، اثر شیب مثبت و منفی بر شتاب های بیشینه خودروهای سبک و خودروهای سنگین با توجه به نسبت توان به جرم آنها، توزیع سرعت آزاد، اثر قوس بر توزیع سرعت آزاد) در شبیه سازی ویسیم دخیل هستند.

در ویسیم محل برخورد کمانها (تقاطعها، ورودی و خروجی میدانها، دسترسی معابر و غیره) با استفاده از کمانهای پیوند (به جای گره مرسوم در سایر شبیه سازها) مدل می شود و در نتیجه این نرم افزار می تواند پیچیده ترین هندسه ها را به دقت شبیه سازی کند.

این نرم افزار برای مدلسازی رفتار رانندگان در محل برخورد کمانها ابزاری بسیار هوشمند به نام سطح برخورد دارد. این ابزار به طور خودکار محل برخورد یا همپوشانی همه کمانها با یکدیگر را مشخص می کند و سپس کاربر، اصلی یا فرعی بودن جریانها و مقادیر فاصله زمانی و مکانی قابل قبول برای عبور را تعیین می نماید. مقادیر فاصله یاد شده می تواند برای هر نوع خودرو متفاوت باشد. مدلسازی خطوط ویژه عوارض گذاری شده در ویسیم، بعد از مشخص کردن مسیر ویژه و عادی روی مدل شبکه، دو مرحله اصلی دارد: مرحله اول تعیین عوارض هر زمان از روز (بر حسب تعداد سرنشین خودرو به صورت مقدار ثابت یا تابعی از سرعت متوسط مسیر مشمول عوارض و میزان صرفه جویی آن در زمان سفر نسبت به مسیر عادی) و مرحله بعد تعیین ضرایب مدل لوجیت برای تصمیم گیری در مورد استفاده از مسیر عوارض گذاری شده که می تواند برای هر نوع خودرو متفاوت باشد. این میزان از انعطاف پذیری به ویسیم امکان می دهد تا هر نوع مسیر ویژه را شبیه سازی نماید.

در خصوص تخصیص دینامیک، ویسیم برای هر نوع خودرو از یک مدل لوجیت برای انتخاب پارکینگ در ناحیه مقصد بر مبنای مطلوبیت پارکینگهای مقصد استفاده می نماید. برای انتخاب مسیر برای هر نوع خودرو، دو نوع تخصیص دینامیک وجود دارد. در تخصیص Stochastic (Kirchhoff) انتخاب مسیر بر اساس گونه ای از مدل لوجیت انجام میشود و پس از رسیدن به همگرایی، مسیرهای بین یک جفت مبدا و مقصد می توانند هزینه های نابرابر داشته باشند. در تخصیص تعادلی Equilibrium پس از رسیدن به همگرایی، همه مسیرهای بین یک جفت مبدا و مقصد هزینه برابر خواهند داشت و این وضعیت با مدل های کلان نگر مطابقت بیشتری دارد. برای تخصیص دینامیک شرایط همگرایی عملیاتی و انعطاف پذیری در نرم افزار وجود دارد که نبود تفاوت محسوس بین نتایج دو تکرار متوالی شبیه سازی را بررسی می نماید. برای کمک به همگرایی تخصیص دینامیک، امکاناتی اختیاری در ویسیم وجود دارد که می تواند همگرایی را بسیار سریعتر از حالت عادی میسر کند.

برای شبیه سازی اثر سامانه های هوشمند، انتخاب پارکینگ و انتخاب مسیر انجام شده در ابتدای سفر می تواند در محل مشخصی از مسیر (برای شبیه سازی اثر تابلوهای پیام نما) و یا در زمانهای مشخصی از شبیه سازی (برای شبیه سازی اثر سامانه گزارش وضعیت شبکه) مجدداً انجام شوند.

رابط کاربر تحول یافته ویسیم بسیار پیشرفته، آسان و سریع است و امکاناتی شامل فرمانهای Rotate, Paste, Copy, Redo, Undo, Move و یکپارچه کردن شبکه های ساخته شده در فایل های جداگانه را داراست. این رابط عکس هوایی مقیاس شده از طریق اینترنت را دریافت و به عنوان تصویر زمینه استفاده می نماید. با این رابط بر خلاف نسخه های قبلی برای انتخاب، جابجایی و اعمال تغییر در اشیاء، نیازی به انتخاب آنها از منوی اشیاء شبکه نیست.

در حال حاضر قابلیت تعریف شاخص های دلخواه کاربر (User defined attributes) و فرمول دهی به آنها برای همه اشیاء موجود در ویسیم نیز وجود دارد که امکانات بسیاری را در اختیار کاربر قرار می دهد. همچنین ویسیم امکان ساخت و نگهداری ماتریسهای تقاضا و انجام عملیات ماتریسی در داخل نرم افزار را داراست.

با ابزارهای رابط کاربر ویسیم و با توجه به وجود اشیاء سه بعدی زیاد در آن و پذیرش اشیاء سه بعدی موجود در محیطهای GoogleEarth و 3DMax، تولید انیمیشن سه بعدی با کیفیت به وسیله ویسیم بسیار آسان است.

این نرم افزار برای ساخت زمانبندی چراغهای ثابت (با امکان داشتن زمانبندیهای متفاوت طی روز)، رابط کاربر گرافیکی ساده و در عین حال انعطاف پذیری دارد. همینطور در مورد چراغهای هوشمند علاوه بر مجهز بودن به رابط کاربر پیش ساخته برای همه منطقهای تجاری شناخته شده (از جمله RBC و SCATS)، امکان ساخت هر منطق دلخواه در قالب فلوچارت و نیز فراخوانی هر برنامه کدنویسی شده مجزا را به کاربر می دهد.

با رابط کاربر ویسیم، در حین اجرای شبیه سازی و یا بعد از آن، می توان اطلاعات (شاخص های جریان، چگالی، سرعت، زمان سفر، تاخیر، طول صف، مسافت سفر، مصرف سوخت، آلودگی، شاخصها و حرکتهای خودرو) مربوط به هر بازه زمانی دلخواه را در سطح کل شبکه و یا عناصر آن (محدوده ها و یا تقاطعهای مشخص چراغدار یا بدون چراغ، معابر خاص یا قطعاتی از آنها، مسیرهای مشخص بین مبادی و مقاصد، خطوط عادی، ویژه و عوارض گذاری شده معابر، خودروهای عبور کننده از یک نقطه، نوع خاصی از خودروها، خودروهای با شماره مشخص، خطوط، ایستگاهها و ناوگان حمل و نقل همگانی و همچنین مسافران آنها) در قالبهای گوناگون (قالب نمودار ستونی و خطی شکسته، گرافیکی دو بعدی به صورت رنگ آمیزی و یا Link Bar و یا رنگ آمیزی خودروها بر اساس شاخصها و یا وضعیتهای مختلف و همچنین در قالبهای فایل متنی و جدول با قابلیت انتقال سریع به اکسل و بانک های داده) استخراج کرد. این رابط علاوه بر نتایج تکرارهای یک شبیه سازی، میانگین و انحراف معیار آنها را نیز به دست می دهد. با ویسیم می توان شبیه سازی را با فرمت انیمیشن نگهداری و در محیط ویسیم مجدداً نمایش داد و به سرعت به هر زمان و مکان دلخواه آن رفت و عملکرد مدل را مشاهده نمود.

لازم به توضیح است که ویسیم دارای امکان مدیریت سناریو به دو روش ساده و پیشرفته است و بدین ترتیب تقاضا و عرضه سالهای گوناگون و سناریوهای بهبود آنها همگی می توانند صرفاً در یک فایل ویسیم نگهداری شوند و مورد مطالعه، شبیه سازی و مقایسه قرار گیرند.

ویسیم برای تسریع در برخی اقدامات و مطالعات خاص، امکان برقراری ارتباط با برنامه های دیگر را از طریق زبانهای برنامه نویسی Basic، VBA (زبان ماکروهای اکسل و اکسس)، C، C++ و Python دارد. لازم به توضیح است که مدل های ساخته شده در ویزوم، ویسترو و سینکرو را می توان همراه با همه اطلاعات آنها، برای تحلیل های دقیق تر به ویسیم وارد کرد. همچنین به منظور بهره برداری از روشهای تخصیص موجود در ویزوم (به عنوان جواب اولیه و یا جواب نهایی)، می توان مدل های ساخته شده در ویسیم را به ویزوم منتقل نمود و پس از انجام تخصیص در آن نرم افزار مجدداً (همراه با نتایج تخصیص) به ویسیم بازگرداند. بخش شبیه ساز عابر پیاده شبیه ساز ویسیم، به صورت مجزا نیز برای مطالعات و طراحی های معماری ارائه می گردد که توضیحات آن در ادامه آمده است.

نرم افزار شبیه سازی پیاده روی PTV VISWALK: این نرم افزار که برای مطالعات و طراحی های معماری عرضه شده است، رفتار پیاده روی عابران در سطح را بر پایه مدل اثبات شده علمی نیروی اجتماعی هلبینگ شبیه سازی می نماید. ویسواک در طراحی معماری ایستگاههای مترو و راه آهن، ترمینالهای اتوبوس، سالنهای فرودگاه، برجها، ورزشگاهها و سالنهای همایش و همینطور پیاده رواها، پهنه های پیاده، راه پله ها و آسانسورها؛ برای تحلیل خرد حرکت جمعیت در شرایط عادی، برگزاری مراسم و تخلیه اضطراری استفاده می گردد. در این نرم افزار تفاوت توان عملکرد و ابعاد افراد و همچنین تفاوت رفتارهای پیاده روی قابل مدلسازی است.

رابط کاربر این نرم افزار، کاملاً مشابه رابط ویسیم است و همه امکانات و خروجی های آن را نیز در اختیار قرار می دهد. علاوه بر این امکان مشاهده تصاویر سه بعدی که در آنها تسهیلات پیاده روی بر اساس شاخصها رنگ آمیزی شده است نیز وجود دارد. این نرم افزار برای تسریع ساخت مدل، منابعی مثل فایل های CAD و BIM را به عنوان ورودی می خواند. این رابط شاخص هایی از جمله زمانهای سفر، صف و انتظار و همچنین چگالی و سطح خدمت معبر و نیز چگالی و سطح خدمت تجربه شده توسط عابران را برآورد می نماید.

نسخه آزمایشی سی روزه قابل تمدید (برای مشاهده مثالهای موجود در نرم افزار)، نسخه دانشجویی (دائمی با ابعاد کوچک برای تمرین و یادگیری) و نسخه پایان نامه (کامل، یک ساله و رایگان اما صرفاً برای انجام پایان نامه های کارشناسی ارشد و دکتری با تایید دانشگاه و همکاران شرکت PTV در ایران) از نرم افزارهای یاد شده در سایت شرکت PTV به آدرس <http://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/> در قسمت محصولات موجود است. لازم به توضیح است که کلاس های

معتبر آموزشی نرم افزارهای معرفی شده، توسط مدرس تایید شده آن شرکت برگزار و مدرک بین المللی صادر می شود. برای دریافت اطلاعات بیشتر علاوه بر مراجعه به سایت شرکت PTV به آدرس بالا، می توانید با ایمیل raoufi_mahmoud@harkatepaydar.com و یا با شماره ۰۹۱۲۶۱۷۸۲۱۳ مهندس محمود رؤفی، مهندسین مشاور طرح هفتم و مهندسان مشاور حرکت پایدار تماس حاصل فرمایید.