

مدیریت زمان بندی چراغ های راهنمایی با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی-زمانی

غلامرضا فلاحي

استاديار آموزشكده نقشه برداري - سازمان نقشه برداري كشور
fallahi-gh@ncc.org.ir

(تاريخ دريافت خرداد ۱۳۹۳، تاريخ تصويب شهريور ۱۳۹۳)

چکیده

پدیده های موجود در جهان واقعی به دو دسته ایستا و پویا گروه بندی می شوند. پدیده های ایستا پدیده هایی هستند که در طول زمان ثابت می باشند ولی پدیده های پویا در طول زمان دچار تغییر می شوند که این تغییر ممکن است در مکان، هندسه، خصوصیات توصیفی و ... پدیده انجام گیرد. از آنجایی که خصوصیات ترافیک در طول زمان تغییر می یابد و نیز این خصوصیات به یک مکان تعلق می گیرد، یک پدیده مکانی-زمانی محسوب می گردد. امروزه پیشرفت فناوری باعث شده تا امکان مدیریت پدیده های مکانی-زمانی در سیستم های اطلاعات مکانی فراهم آید.

هدف این تحقیق بررسی امکان کنترل و هماهنگ سازی چراغ های راهنمایی با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی-زمانی می باشد. به همین منظور ابتدا مولفه ها و پارامترهای مربوط به تعیین شرایط ترافیکی و هماهنگ سازی چراغ ها جمع آوری شده و بر مبنای آن ساختار داده های ترافیکی زمانی (داده های پویا) برای ورود به پایگاه داده، تعیین می گردد. این ساختار به نحوی تعیین شده که متناسب با نوع رفتار ترافیکی موجود، شرایط ترافیکی لحظه ای بر مبنای اطلاعات دقیق کمی به سیستم معرفی می گردد.

در این تحقیق، ذخیره سازی و مدل سازی داده های پویا به همراه داده های مکانی مربوط به مسیر خیابان ها (داده های ایستا) بر اساس مدل رابطه ای اشیای مکانی دارای برجسب زمانی انجام گرفته که با ایجاد ارتباط بین این داده ها، تغییرات به وجود آمده در شرایط ترافیکی در هر لحظه تعیین می گردد. بر اساس این تغییرات، پارامترهای ترافیکی و مقدار وابستگی بین تقاطع ها محاسبه می شود و سپس بر اساس این اطلاعات، زمان بندی چراغ ها به صورت منفرد و شبکه انجام می پذیرد.

واژگان کلیدی: چراغ های راهنمایی، سیستم اطلاعات مکانی-زمانی، اشیای مکانی دارای برجسب زمانی

۱- مقدمه

چارچوب نظری یا تئوری تحقیق در باره مدیریت ترافیک و GIS زمانی توضیح داده شده است. بخش چهارم در مورد روش تحقیق شرح داده شده و بخش پنجم در مورد پیاده سازی شامل معرفی منطقه مورد مطالعه ، آماده سازی داده های مکانی طراحی و ایجاد پایگاه داده مکانی زمانی و تحلیل داده های مکانی است. در انتها این مقاله با خلاصه و نتیجه‌گیری به پایان می‌رسد.

۲- پیشینه تحقیق

نسل اولیه چراغ های راهنمایی و رانندگی که در شهر تهران نصب شدند مجهز به فانوس‌های لامپی کوچک بودند و کنترل آن‌ها به صورت غیر خودکار و توسط ماموران راهنمایی و رانندگی واقع در تقاطع و بر مبنای مشاهدات انجام می‌پذیرفت. تحولات دیگر در طول این دوران ، راه-اندازی چراغ‌های راهنمایی و رانندگی زمان ثابت بودند که در آن‌ها مدت زمان سبز و قرمز برای هر یک از مسیرهای منتهی به تقاطع از قبل تعیین می‌شد و این زمان‌بندی فارغ از تغییرات حجم ترافیک در ساعات مختلف شبانه روز به صورت یکسان اعمال می‌شد.

سیستم ترافیک هماهنگ کننده تطبیقی سیدنی^۴ در سال ۱۹۶۹ میلادی در شهر سیدنی استرالیا جهت کنترل مرکزی تقاطع های این شهر و پس از آن ، در بسیاری شهرها در سطح جهان از جمله شهرهای ایران نصب و راه اندازی شد [۳]. وجود رفتارهای خاص ترافیکی در شهرهای مختلف باعث شده است که این سیستم نتواند در همه شرایط ترافیکی به خوبی عمل کند

از آنجائیکه موضوع این تحقیق مطالعه و بررسی هماهنگ سازی چراغهای راهنمایی و رانندگی با استفاده از GIS زمانی است ، در این بخش کارهای تحقیقی مرور گردیده‌اند که از GIS و داده‌های مکانی و زمانی برای کنترل چراغهای راهنمایی استفاده کرده اند.

در مقاله‌ای تحت عنوان " مدل سازی پدیده های پویا در یک GIS زمانمند [۹]" علاوه بر بررسی اصول و مفاهیم پایه مکان-زمان به پیاده‌سازی برخی المان‌های مهم یک GIS زمانی جهت نمایش تغییرات شبیه‌سازی شده اطلاعات ترافیکی بر روی یک نقشه رقمی ۱:۵۰۰ کاداستر، با تکیه

گسترش شهرها و افزایش تراکم آن‌ها باعث به وجود آمدن معضلاتی در شهرها شده است که از جمله‌ی این معضلات می‌توان به افزایش تعداد خودروها اشاره نمود که پیامد آن افزایش ترافیک ، کاهش سرعت حرکت و بالا رفتن زمان سفر در خیابان‌ها می‌باشد. شهر تهران نیز از جمله شهرهایی می‌باشد که همه روزه خیابان‌های آن با مشکل ترافیک روبرو است. از طرف دیگر ، علم و تکنولوژی پیوسته در حال پیشرفت است و فن‌آوری سیستم اطلاعات مکانی از جمله پیشرفت‌هایی است که در عصر حاضر توانسته در اکثر زمینه ها از جمله مدیریت و برنامه ریزی شهری^۱ مورد استفاده قرار گیرد [۱].

عبور و مرور خودروها در خیابان‌ها و به ویژه تقاطع‌ها ، غیرقابل پیش‌بینی و در هر لحظه امکان تغییر حجم و جهت حرکت ترافیک وجود دارد ، بنابراین ترافیک را می‌توان یک پدیده مکانی-زمانی^۲ نامید. لذا برای مدیریت ترافیک ، به خصوص زمانبندی چراغ‌های راهنمایی که هدف اصلی این تحقیق است ، نیز باید به صورت زمانی-مکانی عمل نمود.

ایجاد یک GIS زمانی^۳ و استفاده از داده‌های ترافیکی لحظه‌ای می‌تواند زمینه را برای مدیریت چراغ‌های راهنمایی فراهم آورد. ولی نکته مهم ، مناسب بودن داده‌های ترافیکی لحظه‌ای می‌باشد که بتوان با انجام پردازش بر روی آن‌ها ، از شرایط واقعی ترافیک آگاه و زمانبندی چراغ‌ها را بر مبنای آن‌ها محاسبه نمود. در این تحقیق با تعریف یک ساختار برای داده‌های ترافیکی زمانی در محدوده ای از شهر تهران ، شرایط ترافیکی مدل سازی شده و بر مبنای مدل ، چراغ‌های راهنمایی کنترل می‌گردند.

این تحقیق مشتمل بر شش بخش می‌باشد. پس از مقدمه در بخش دوم جدیدترین تحقیقاتی که در این خصوص انجام گرفته مرور شده است. البته در این بخش به مرور تحقیقات در باره مدیریت و کنترل چراغهای راهنمایی و ترافیک با استفاده از GIS که موضوع این تحقیق می‌باشد ، پرداخته شده است. در بخش سوم

^۱ Urban planning & Management

^۲ Spatio-Temporal phenomena

^۳ Temporal Geospatial Information System

^۴ Sydney Coordinated Adaptive Traffic System (SCATS)

پارامترهای ترافیکی و مقدار وابستگی بین تقاطع‌ها محاسبه می‌شود و سپس بر اساس این اطلاعات، زمانبندی چراغ‌ها به صورت منفرد و شبکه انجام می‌پذیرد.

۳- تئوری تحقیق

۳-۱- ترافیک

ترافیک در لغت به معنای عبور و مرور می‌باشد و در بحث ترافیک شهری شامل عبور و مرور خودروها و عابرین می‌باشد، که در این تحقیق تنها عبور و مرور خودروها مد نظر می‌باشد.

داده‌های ترافیکی زمانی، شامل تعداد ورود (En)، خروج (Ex) خودروها و سرعت حرکت آن‌ها (Speed) می‌باشند. تعداد خودروها در هر مسیر با استفاده از روابط زیر تعیین شده و سپس با اضافه شدن داده ترافیکی بعدی، دوباره تعداد خودروها محاسبه گردیده و مقدار آن به تعداد خودروهای محاسبه شده در مرحله قبل اضافه می‌شود. سرعت حرکت ترافیک نیز با میانگین‌گیری از سرعت‌های ثبت شده محاسبه می‌گردد.

$$\left\{ \begin{array}{l} d_1 = En_1 - Ex_1 \\ Car_Number_1 = d_1 \\ Speed_1 = \frac{V_1 + \dots + V_j}{j} \\ \dots \\ \dots \\ d_i = En_i - Ex_i \quad (1) \\ Car_Number_i = Car_Number_{i-1} + d_i \quad (2) \\ Speed_i = \frac{V_1 + \dots + V_j}{j} \quad (3) \end{array} \right.$$

در داده ترافیکی جدید، اگر ورود و خروجی رخ ندهد و یا تعداد ورودها و خروج‌ها برابر باشند، تعداد خودروها تغییر نمی‌کند، بنابراین نیازی به بروزرسانی مقدار آن در مسیر مورد نظر نمی‌باشد.

پارامترهای ترافیکی مربوط به هر مسیر که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند بصورت زیر محاسبه می‌شوند [۱۱] [۱۲]:

ظرفیت که نشان دهنده تعداد خودروهایی است که در هر مسیر می‌توانند قرار گیرند و مقدار آن از رابطه زیر بر اساس تعداد خطوط (Lane_Number) و طول آن (Shape_Length) محاسبه می‌شود.

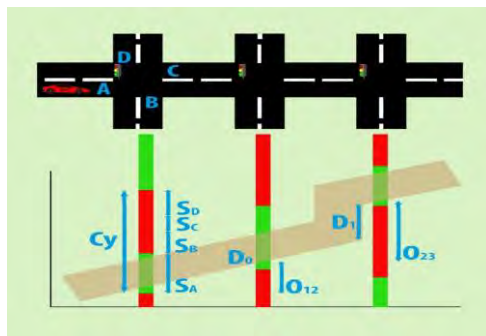
بر معرفی روش‌های مختلف مدلسازی زمانی در GIS، پرداخته شده است. در این تحقیق نمایش تغییرات بصورت انیمیشن مورد توجه قرار گرفته و ساختاری برای ذخیره داده‌های مکانی-زمانی در پایگاه داده ارائه نشده است.

در تحقیقی با عنوان " برنامه استراتژی کنترل ترافیک بر مبنای GIS در تقاطع‌های شهری [۵]"، دیدگاهی طراحی شده که در آن درجه اهمیت هر تقاطع اندازه‌گیری شده و نسبت تاثیر تقاطع‌های مجاور با استفاده از توانایی‌های GIS، مدل ترافیک پویا و تئوری Space Syntax مورد بررسی قرار گرفته است. مدل ترافیک پویا برای محاسبه زمان عبور در تقاطع‌ها و اتصال بین آن‌ها و تئوری Space Syntax برای محاسبه درجه اهمیت هر تقاطع مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق نیز ساختار ذخیره‌سازی داده‌های مکانی-زمانی ترافیک در پایگاه داده مکانی-زمانی که موضوع تحقیق حاضر است ارائه نشده است.

در تحقیق دیگر با عنوان " مدل GIS زمان‌مند یک-پارچه برای سیستم‌های ترافیکی [۴]" طراحی یک سیستم اطلاعات مکانی زمانی برای مدیریت یک پارچه سیستم‌های ترافیکی انجام گرفته است. در این سیستم مدل پایگاه داده یک پارچه برای شبیه سازی ترافیک در دو سطح میکروسکوپی و مایکروسکوپی ارائه شده است. دیدگاه آن متکی بر آنالیز داده‌های ترافیک از دو جنبه ایستا و پویا می‌باشد. طرح پایگاه داده برای انجام فرآیند پردازش بر مبنای مدل رابطه‌ای و نمایش شبیه سازی بر مبنای زبان شی گرا می‌باشد.

در " تکنولوژی تعیین موقعیت جهت سیستم حمل و نقل هوشمند در ایران و طراحی یک GIS زمانی بر اساس آن [۱۰]" روش‌های تعیین موقعیت متحرک ارزیابی شده است و از این میان تعدادی که قابلیت اجرایی در کشور را داشته، مورد بحث قرار گرفته‌اند. سپس بر اساس مناسب-ترین روش تعیین موقعیت سیستم اطلاعات مکانی زمانی نمونه طراحی و اجرا شده است.

در تحقیق حاضر ذخیره‌سازی و مدلسازی داده‌های پویا به همراه داده‌های مکانی مربوط به مسیر خیابان‌ها (داده‌های ایستا) بر اساس مدل رابطه‌ای اشیای مکانی دارای برچسب زمانی انجام گرفته که با ایجاد ارتباط بین این داده‌ها، تغییرات به وجود آمده در شرایط ترافیکی در هر لحظه تعیین می‌گردد. بر اساس این تغییرات،



شکل ۱- مفهوم offset

همانطوری که نمودار پایین شکل ۱ نشان می‌دهد خودروی قرمز رنگ، تقاطع اول و دوم را بدون هیچ تاخیری طی می‌کند ولی در تقاطع سوم با چراغ قرمز مواجه و به مدت D_1 در زمان تاخیر قرار می‌گیرد. طول سیکل برای تقاطع اول Cy و S_A ، S_B ، S_C و S_D به ترتیب مقادیر شکاف مرحله^۲ برای مسیرهای A، B، C، D در طول سیکل Cy و مقادیر D_0 و D_1 مدت زمان تاخیر خودروی قرمز رنگ در مسیر مستقیم، در تقاطع‌های دوم و سوم است که مقدار D_0 صفر و مقادیر O_{12} و O_{23} ، به ترتیب مقدار Offset بین تقاطع اول با دوم و دوم با سوم می‌باشد.

۳-۲- سیستم اطلاعات مکانی زمانی^۳

زمان یکی از اجزای اصلی یک GIS زمانی می‌باشد و برای درک خصوصیات آن دیدگاه‌های مختلفی بیان شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به زمان خطی^۴، زمان دوره‌ای^۵ و زمان شاخه‌ای^۶ اشاره نمود [۲].

داده‌های ترافیکی زمانی در این تحقیق شامل تعداد ورودها و خروج‌ها و سرعت حرکت خودروها می‌باشد که در هر لحظه و در طول ساعت‌های روز ثبت می‌شوند. این داده‌ها بر اساس دیدگاه زمان خطی و به صورت متوالی شکل گرفته است.

در دیدگاه زمان خطی، زمان به صورت یک المان متوالی و پشت سر هم می‌باشد که می‌تواند به صورت مداوم و یا به صورت مقطعی امتداد داشته باشد. در حالت اول، زمان به صورت مداوم می‌تواند در فواصل زمانی شبیه

$$[Capacity] = \frac{[Lane_Number] \times [Shape_Length]}{4} \quad (۴)$$

حجم ترافیک مسیر که عبارت است از نسبت بین تعداد خودروهای موجود در مسیر به ظرفیت ترافیکی آن و از رابطه زیر بر اساس تعداد خودرو (Car_Number) و ظرفیت (Capacity) محاسبه می‌شود:

$$[Per_Volume_Traffic] = \frac{[Car_Number]}{[Capacity]} \times 100 \quad (۵)$$

زمان سفر در مسیرها که عبارت است از مدت زمانی است برای جابه‌جایی بین دو نقطه در مسیر، که باید سپری شود و از رابطه زیر بر اساس طول مسیر (Shape_Length) و سرعت (Speed) محاسبه می‌شود:

$$[Time_Travel] = \frac{[Shape_Length]}{[Speed]} \text{ (sec)} \quad (۶)$$

در مسیرهای یکطرفه تنها سه پارامتر بالا محاسبه می‌شود ولی در مسیرهای دوطرفه سه پارامتر بالا در دو جهت محاسبه می‌شود که پارامترهای Capacity_F، Per_Valume_Traffic_F و Time_Travel_F برای خلاف جهت مسیر از همان روابط فوق محاسبه می‌شوند.

تعیین پارامترهای زمان بندی چراغ‌های راهنمایی خارج از موضوع تحقیق می‌باشد و از پرداختن به جزئیات و نحوه محاسبه آن‌ها صرف نظر می‌کنیم. فقط بخشی از پارامترهای زمان بندی که در این تحقیق از مفهوم آن‌ها استفاده شده به شرح زیر بیان می‌شوند:

- طول سیکل: مدت زمانی است که چراغ یک محور مجدداً سبز می‌شود.
- طول فاز: درصدی از طول سیکل است که به زمان سبز برای هر محور اختصاص داده می‌شود.
- Offset: فاصله زمانی است که یک خودرو از یک تقاطع به تقاطع بعدی می‌رسد.
- تاخیر در تقاطع^۱: مدت زمانی است که خودرو برای عبور از تقاطع باید منتظر بماند.
- موج سبز: فرآیندی برای ایجاد هماهنگی بین چراغ‌ها برای ایجاد فاز سبز در جهت موج حرکت ترافیک می‌باشد.

^۲ Stage split

^۳ Temporal Geospatial Information System

^۴ Linear Time

^۵ Cyclic Time

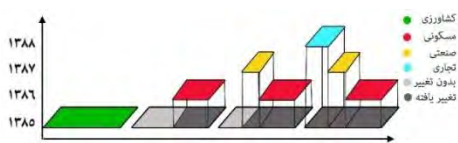
^۶ Branching Time

^۱ Delay

تغییر وجود دارد ولی تغییرات آن‌ها نسبت به هم بیان نمی‌شود. در این حالت با مشکل افزونگی داده‌ها و نیز احتمال عدم سازگاری مواجه هستیم.

در مدل توصیفات دارای برچسب زمانی^۹ یا مدل ترکیب زمان فضا^{۱۰} مجموعه‌ای از اشیا از نظر زمان و مکان در یک فضای دوبعدی و در یک لایه مدل می‌شوند و با همپوشانی لایه های تصویر لحظه‌ای، تغییرات مکانی در طول زمان و بر مبنای تغییرات هندسی و توپولوژی بین آن‌ها، نشان داده می‌شود. در این مدل به دلیل اینکه روابط هندسی و توپولوژی بین واحدها تغییر می‌کند، لذا باید کل پایگاه داده مجدداً ساختاردهی شود، که این فرآیند ممکن است زمان‌بر باشد.

در مدل اشیای مکانی دارای برچسب زمانی^{۱۱} یا مدل شی مکانی-زمانی^{۱۲}، جهان به صورت یک مجموعه اشیای مکانی-زمانی و با ترکیب بعد زمان به صورت قائم به فضای دو بعدی آن همان‌طوری که در شکل ۲ نشان داده شده، ارائه می‌گردد و قادر به ذخیره سازی تغییرات در هر دو بعد زمان و مکان با هم یا به صورت مجزا می‌باشد. این مدل همانند دو مدل قبلی، قادر به نمایش تغییرات ناگهانی در یک ساختار زمانی خطی می‌باشد.



شکل ۲ - مدل شی مکانی-زمانی

در این روش‌ها مدل‌سازی بصورت رابطه‌ای می‌باشد [۶] [۷].

در مدل‌سازی داده مکانی-زمانی بر اساس رویداد^{۱۳}، برای نمایش داده‌های زمانی، از یک سری لایه دارای برچسب زمان در طول یک بازه زمانی استفاده می‌شود و تنها تغییرات به وجود آمده نسبت به حالت‌های قبلی را ذخیره سازی می‌کند. یعنی هنگامی که یک رویداد اتفاق می‌افتد و یا یک تغییر ایجاد می‌شود، انگاه پایگاه داده به روز می‌شود. این مدل به علت ساختار شبکه‌ای دارای پیچیدگی می‌باشد که فرایند پردازش را زمان‌بر می‌نماید.

به هم و یا به صورت یک دوره طولانی با مشخص بودن نقطه شروع (مانند مراحل تاریخی یا طول مدت یک پروژه) امتداد داشته باشد (مانند روزها و یا سال‌ها).

مفهوم توالی در آن بدین معنی است که این داده‌ها همه روزه و در تمام لحظه های یک روز به صورت متوالی ثبت و ذخیره می‌شوند.

در این تحقیق زمان به صورت توصیف به سیستم معرفی می‌شود. داده‌های زمانی که در هر لحظه ذخیره می‌شوند، شامل جداول توصیفی می‌باشند که در فیلدهای آن، تعداد ورودها و خروجها و سرعت حرکت خودروها و همچنین زمان ثبت این مقادیر در آن ذخیره شده است و بیان کننده آن است که در هر لحظه چه تعداد خودرو در یک مسیر وارد و یا خارج می‌شوند و سرعت حرکت خودروها چه مقدار می‌باشد.

۳-۲-۱- مدل سازی GIS زمانی^۱

منظور از مدل‌سازی، ارائه بخشی از جهان واقعی می‌باشد که در آن توانایی بررسی و مطالعه جهان واقعی وجود دارد. پایگاه داده مکانی مدلی از جهان واقعی می‌باشد که مجموعه‌ای از داده‌های دنیای واقعی در آن ذخیره شده و با استفاده از توابع مختلف بین داده‌ها ارتباط برقرار می‌گردد [۳]. مدل‌سازی داده در پایگاه داده مکانی به طور کلی در دو حالت ایستا^۲ و پویا^۳ انجام می‌شود.

با پیشرفت روش‌های مدل‌سازی در علوم کامپیوتری، مدل‌سازی در GIS نیز توسعه پیدا کرد. این توسعه در GIS ایستا از مدل‌سازی رابطه‌ای^۴ به سمت مدل‌سازی شی‌گرا^۵ و در GIS زمانی و پویا نیز از مدل‌سازی لایه ای دارای برچسب زمانی^۶ به سمت مدل‌سازی فرایندی یا رویدادی دارای برچسب زمانی^۷ می‌باشد [۷].

در مدل لایه‌ای دارای برچسب زمانی یا مدل تصویر لحظه‌ای^۸ در هر واحد زمان جدید، لایه جدیدی ساخته می‌شود که در آن هم اطلاعات تغییر یافته و هم بدون

^۱ Temporal Geospatial Information System

^۲ Static

^۳ Dynamic

^۴ Relational

^۵ Object-Oriented

^۶ Time Stamped Layer

^۷ Time Stamping Event or Process

^۸ Snapshot

^۹ Time stamping attributes

^{۱۰} Space time composite

^{۱۱} Time stamping spatial objects

^{۱۲} Spatio-temporal object model

^{۱۳} Event base spatio-temporal data modeling (ESTDM)

در مدل‌سازی دامنه‌گرا^۱ اشیاء با استفاده از سه دامنه مکانی، زمانی و مفهومی مورد تجزیه و تحلیل مکانی-زمانی قرار می‌گیرند. لذا در این مدل، زمان به جای آنکه به عنوان داده توصیفی به مجموعه معرفی شود، به عنوان یک مفهوم مستقل در حوزه زمان در مدل‌سازی شرکت می‌کند. مدل‌سازی در این روش‌ها بر اساس مدل‌سازی شی‌گرا می‌باشد [۶]، [۸].

در این تحقیق به دلیل سروکار داشتن با جداول توصیفی و انجام پردازش‌ها و تهیه خروجی‌ها بر اساس ایجاد ارتباط بین جداول از مدل رابطه‌ای استفاده کرده‌ایم. همچنین به دلیل نیاز به مدلی برای تعیین تغییرات به وجود آمده بین داده‌های زمانی در طول زمان، از مدل اشیای مکانی دارای برچسب زمانی استفاده کرده‌ایم.

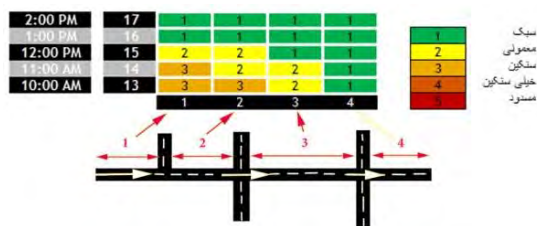
۴- روش تحقیق

در ابتدا با استفاده از تجهیزات، داده‌های ترافیکی (شامل تعداد خودروهای ورودی و خروجی در هر مسیر، سرعت حرکت خودروها) که بیان‌کننده شرایط ترافیکی موجود در مسیرها می‌باشند به صورت لحظه‌ای جمع‌آوری می‌شوند و به عنوان داده‌های دینامیک یا همان داده‌های زمانی در پایگاه داده ذخیره می‌شوند.

با انجام پردازش‌ها بر روی این داده‌ها، تعداد خودروهای موجود در مسیرها و سرعت حرکت ترافیکی بر اساس روابط (۱)، (۲) و (۳) در هر لحظه تعیین می‌شوند. با استفاده از این داده‌ها و داده‌های استاتیک (که شامل مشخصات هندسی مسیرها می‌باشد)، پارامترهای ترافیکی شامل ظرفیت، حجم ترافیک و زمان سفر در هر مسیر با استفاده از روابط (۴)، (۵)، (۶) تعیین می‌شوند.

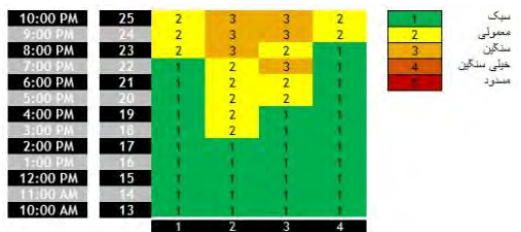
با ذخیره‌سازی پارامترها و شرایط ترافیکی هر روز و هر لحظه، تاریخچه ترافیک به وجود می‌آید. با پردازش تاریخچه ترافیک رفتار ترافیکی میانگین و اطلاعاتی از قبیل ساعت‌های اوج ترافیک، مسیرها و تقاطع‌های پرتراffic و درجه اهمیت آن‌ها و نیز جهت جریان‌ها و موج‌های حرکت ترافیک در ساعت‌های مختلف روز حاصل شده و بر مبنای آن برنامه زمان‌بندی پیش‌فرضی برای چراغ‌ها تنظیم می‌شود.

موج حرکت ترافیک نشان‌دهنده حرکت یک شرایط خاص ترافیکی در طول یک مسیر و در فاصله زمانی مشخص می‌باشد. نمودار موج ترافیک، نموداری است که محور عمودی آن (از پایین به بالا)، سپری شدن زمان و محور افقی آن مسیری را نشان می‌دهد که به بخش‌های مختلف تقسیم شده است. تقسیم‌بندیها از محل تلاقی مسیر مورد نظر با مسیرهای دیگر حاصل می‌گردد و جهت آن از چپ به راست، هم جهت با جهت حرکت در مسیر است (شکل ۳ را ببینید). فواصل تقسیم بندی در محور عمودی وابسته به مدت به‌روزرسانی اطلاعات ترافیکی (یا انتخاب کاربر) دارد. نمودار با ساختار رستری^۲ ارائه و نمایش داده می‌شود. برای مثال، با گذشت یک واحد زمانی، یک سطر از پیکسل‌ها، به تعداد بخش‌های مسیر، در نمودار کنار هم چیده می‌شوند و به هر پیکسل بسته به شرایط ترافیکی که حجم ترافیک در آن بخش به خود اختصاص می‌دهد مقداری تعلق می‌گیرد که با رنگ خاصی نمایش داده می‌شود و با سپری شدن زمان، سطرهای دیگر روی سطر قبل قرار می‌گیرند.



شکل ۳ - نمودار هماهنگ‌سازی تقاطع‌ها

با قرارگیری اطلاعات ترافیکی در این نمودار، شکل‌های مختلفی از قبیل موج ترافیک انتقالی، پخش شونده، متمرکز شونده و تحمیلی به وجود می‌آید که هر کدام مفهوم خاص خود را بیان می‌کند. مثلاً شکل ۴ نشان‌دهنده موج ترافیک تحمیلی است که برخی عوامل مثل شکل ساختاری مسیرها، وجود موانع و غیره باعث به وجود آمدن آن می‌شود.

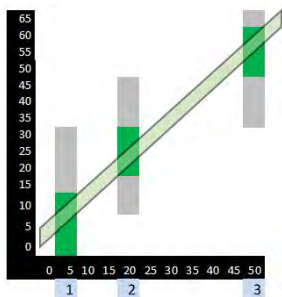


شکل ۴ - موج ترافیک تحمیلی



شکل ۶- هماهنگ سازی تقاطع‌ها

اگر در طول سیکل تقاطع ۱، فاز سبز در زمان ۰ برای مسیر A شروع گردد، فاز سبز در طول سیکل تقاطع ۲ باید پس از گذشت ۲۰ ثانیه و در زمان ۲۰، شروع شود، تا خودرو بدون تاخیر از تقاطع ۲ نیز عبور کند. فاز سبز تقاطع ۳ نیز بر همین اساس باید بعد از ۳۰ ثانیه دیگر و در زمان ۵۰ شروع شود تا در تمامی مسیر تاخیر به حداقل برسد، که در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷- نمودار هماهنگ‌سازی تقاطع‌ها

در این شکل، ستون‌های خاکستری طول سیکل و ستون‌های سبز طول فاز سبز برای مسیر مورد نظر در هر تقاطع می‌باشد.

میزان اهمیت هر تقاطع و مسیر نیز بر اساس درجه اهمیت آن سنجیده می‌شود. یعنی اگر تقاطع‌های A، B و C در مجاور هم باشند و درجه اهمیت A از B و C بیشتر باشد، به منظور هماهنگ‌سازی و زمان‌بندی آن‌ها طول سیکل و فاز B و C بیشتر باید به سمت A میل کنند تا برعکس، که در این حالت جابه‌جایی‌ها و تغییرات در طول سیکل و فاز B و C بیشتر از A می‌باشد. لازم بذکر است تعداد خودروهای موجود در مسیرهای پر ترافیک در زمان‌بندی از اهمیت بالایی برخوردار هستند.

۵- پیاده سازی

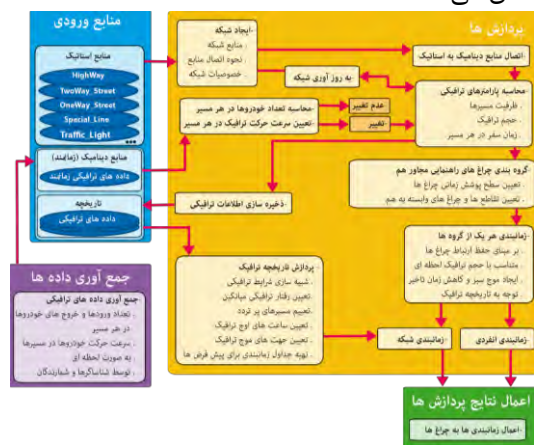
۵-۱- منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق، توجه به بعد زمان باعث شده منطقه مورد مطالعاتی علاوه بر محدوده مکانی، دارای محدوده زمانی نیز باشد که به شرح زیر می‌باشند:

همچنین بر اساس پارامترهای ترافیکی به دست آمده در هر لحظه، وابستگی بین تقاطع‌ها، در فواصل زمانی مختلف تعیین می‌شود که نتیجه آن تشکیل گروه‌هایی از تقاطع‌ها می‌باشد که به یکدیگر وابسته هستند. با تشکیل این گروه‌ها، چراغ‌های موجود در آن‌ها با استفاده از پارامترهای ترافیکی و همچنین با توجه به تاریخچه ترافیکی، زمان‌بندی می‌شوند که این زمان‌بندی به نحوی انجام می‌گیرد که خودروها در طی مسیر خود، حداقل تاخیر را داشته باشند.

شکل ۵، مراحل ذکر شده را در قالب یک دیاگرام

نشان می‌دهد:



شکل ۵- مراحل تحقیق

در گروه‌بندی ممکن است تقاطعی به علت فاصله زمانی زیادی که با دیگر تقاطع‌ها دارد فاقد تاثیر بر تقاطع‌های مجاورش باشد، لذا به صورت منفرد در نظر گرفته می‌شود.

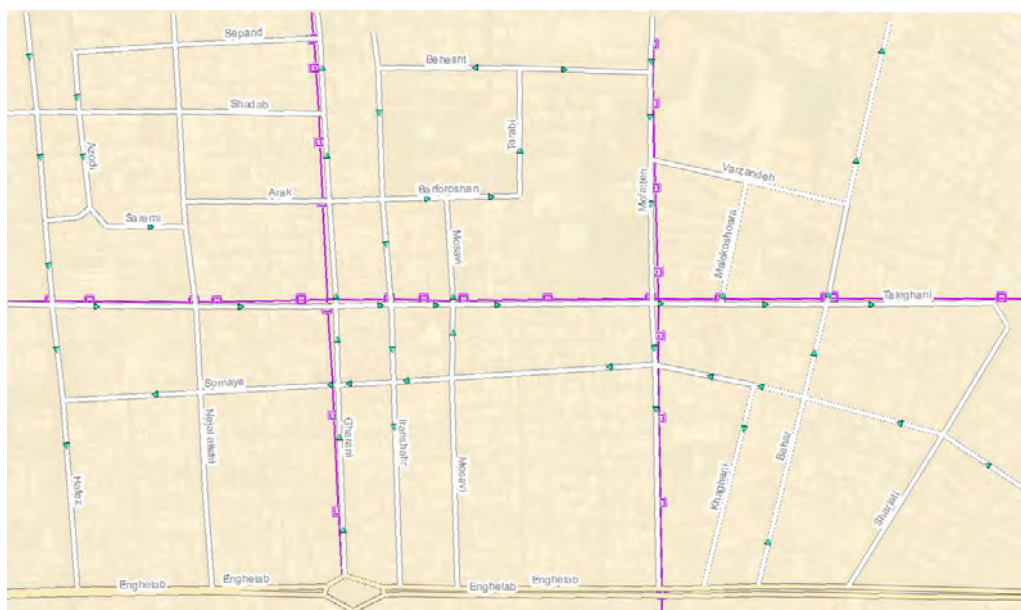
زمان‌بندی چراغ‌ها و تعیین طول سیکل و فاز برای یک تقاطع که فاصله زمانی آن با تقاطع‌های مجاورش زیاد بوده و بر آن‌ها تاثیری ندارد، متناسب با حجم ترافیک موجود در مسیرهای منتهی به تقاطع می‌باشد.

برای زمان‌بندی و هماهنگ‌سازی چراغ‌های موجود در یک گروه، موارد دیگری را نیز باید مد نظر قرار داد. تعیین طول سیکل و فازهای تقاطع‌های مجاور باید بدین صورت باشد که خودروها در طول طی مسیر با حداقل تاخیر (فاز قرمز) مواجه شوند. برای مثال در شکل ۶ مقدار فاصله زمانی بین تقاطع‌های ۱ و ۲، ۲۰ ثانیه و تقاطع‌های ۲ و ۳، ۳۰ ثانیه می‌باشد.

۵-۱-۱- محدوده مکانی

تهران و در منطقه (۶) واقع شده است که از شمال به خیابان آذر شهر و از شرق به خیابان دکتر شریعتی و از غرب به خیابان حافظ و از جنوب به خیابان انقلاب منتهی می‌شود (به شکل ۸ رجوع شود). علت اصلی برای انتخاب این محدوده، وجود تقاطع‌های متعدد و فواصل کوتاه بین آن‌ها می‌باشد زیرا در صورتی که تقاطع‌ها دارای فواصل زیاد از هم باشند، میزان تاثیر چراغ‌ها در تقاطع‌های مجاور بسیار کم و یا حتی بی تاثیر می‌شود.

محدوده مکانی در برگیرنده خیابان‌های اصلی و بزرگراه‌های شهر تهران می‌باشند که مجهز به دوربین‌های کنترل ترافیک هستند (یعنی در صورتی که بزرگراهی مجهز به دوربین نباشد در محدوده لحاظ نمی‌گردد) و تنها برای بررسی ساده موج ترافیک در شهر تهران مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای جلوگیری از به وجود آمدن پیچیدگی زیاد، محدوده مکانی مورد استفاده در این تحقیق در مرکز شهر



شکل ۸- محدوده مکانی تحقیق

های زمانی ساعت ۷ تا ۷:۰۵، نماینده زمانی که حجم ترافیک در منطقه سبک می‌باشد، ساعت ۸:۴۰ تا ۸:۴۵، نماینده زمانی که حجم ترافیک در منطقه معمولی می‌باشد، ساعت ۸:۲۰ تا ۸:۲۵، نماینده زمانی که حجم ترافیک در منطقه سنگین می‌باشد و ساعت ۸ تا ۸:۰۵، نماینده زمانی که حجم ترافیک در منطقه خیلی سنگین می‌باشد در طول بازه زمانی ۲ ساعت انجام شده است.

۵-۲- آماده سازی داده‌ها

ابتدا شبکه خیابان‌ها در منطقه مورد مطالعه ایجاد گردید. فرآیند ایجاد شبکه تنها یکبار در پایگاه داده انجام می‌گیرد ولی از آنجایی که توصیف‌ها و پارامترهای شبکه بر اساس داده‌های ترافیکی زمانی محاسبه می‌گردند، لذا

۵-۱-۲- محدوده زمانی

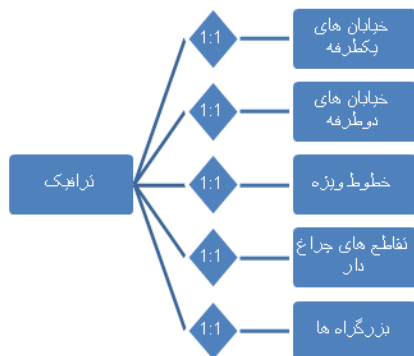
برای بررسی کلی موج ترافیک وضعیت ترافیکی در بازه زمانی یک هفته از ۲۰ تا ۲۶ آبان ۱۳۹۱، با طول زمان به روزرسانی^۱ یک ساعت به یک ساعت، مورد استفاده قرار گرفته است.

برای بررسی جزئی و دقیق‌تر موج ترافیک و همچنین دستیابی به اهداف تحقیق، وضعیت ترافیکی در بازه زمانی (۲) ساعت در یک روز، بین ساعت ۷ الی ۹ صبح، با زمان به روزرسانی ۵ دقیقه، مورد استفاده قرار گرفته است.

به دلیل اینکه طول زمان سفر متاثر از شرایط ترافیک موجود در مسیرها می‌باشد، بنابر این تحلیل‌ها در بازه

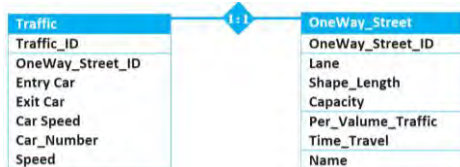
^۱ Update

ارتباط یک به یک^۱ بین عوارض استاتیک و داده‌های ترافیکی زمانی بوسیله شناسه مشترک و منحصر به فرد برقرار می‌گردد (شکل ۱۰ را ببینید).



شکل ۱۰- نمونه ای از مدل مفهومی ارتباط بین داده های استاتیک و پویا

ارتباط بین داده‌های استاتیک و پویا در یک پایگاه داده رابطه‌ای ایجاد گردیده که نمونه‌ای از مدل منطقی آن در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱- نمونه ای از مدل منطقی ارتباط بین داده های استاتیک و پویا

جداول داده‌های ترافیکی زمانی، شامل تعداد خودروها و سرعت حرکت ترافیکی در هر مسیر با میانگین‌گیری از سرعت‌های ثبت شده در هر لایه دارای برچسب زمانی با استفاده از روابط (۱)، (۲) و (۳) محاسبه گردیده و به صورت مداوم در طول روز به پایگاه داده وارد می‌شوند. شکل ۱۲ بخشی از این پایگاه داده را نشان می‌دهد.

OBJECTID*	Street_ID	Car_Number	Car_Number_F	Speed	Speed_F	Traffic_Condition	Traffic_Condition_F
1	101	10	6	51	50	1	1
2	102	14	9	51	49	1	1
3	103	14	9	54	49	1	1
OBJECTID*	Street_ID	Start_Time	End_Time				
4	1	13910820070000	13910820070500				
5	1	13910820070500	13910820071000				
6	2	13910820071000	13910820071500				
7	3	13910820071500	13910820072000				
8	4	13910820072000	13910820072500				
9	4	13910820072500	13910820073000				
10	1	13910821010000	13910821010500				
11	1	13910821010500	13910821011000				
12	280	13910821011000	13910821011500				
13	437	13910821011500	13910821012000				
14	745	13910821012000	13910821012500				
15	893	13910821012500	13910821013000				
16	1241	13910821013000	13910821013500				
17	1489	13910821013500	13910821014000				
18	1737	13910821014000	13910821014500				
19	1985	13910821014500	13910821015000				

شکل ۱۲- جداول و داده های توصیفی ترافیک

سپس پارامترهای ترافیکی مربوط به هر مسیر بر اساس داده‌های ترافیکی و با استفاده از روابط (۴)، (۵) و (۶) محاسبه می‌شوند.

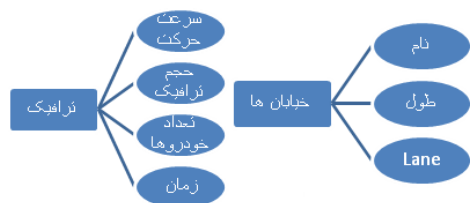
با تغییر داده‌های ترافیکی لازم است که توصیف ها و پارامترهای آن نیز به روز رسانی شوند.

داده‌های ترافیکی شامل تعداد خودروها و سرعت حرکت آن‌ها می‌باشند، که تعداد خودروها بر اساس خصوصیات هندسی مسیرها، به صورتی مقداردهی شده‌اند که متناسب با حجم ترافیک مورد نظر باشد. سرعت حرکت ترافیک نیز بر اساس سرعت‌های ثبت شده در سایت شرکت کنترل ترافیک تهران در حجم‌های مختلف ترافیک مقداردهی شده‌اند. همچنین زمان‌های شکل‌گیری شرایط مختلف ترافیکی نیز بر مبنای اطلاعات ثبت شده توسط دوربین‌های کنترل ترافیک انجام گرفته است.

لازم به ذکر است که در زمان انجام این تحقیق امکان دسترسی به داده‌های ترافیکی دقیق و واقعی در شهر تهران وجود نداشت، بنابراین داده‌ها بر اساس برخی اطلاعات ترافیکی شبیه‌سازی شدند و از آنجایی که ایجاد این داده‌ها بدین روش بسیار زمان‌بر می‌باشند، بازه زمانی به دو ساعت محدود شده است و علت استفاده از بازه زمانی بین ۷ الی ۹ صبح، به وجود آمدن شرایط ترافیکی مختلف در این بازه زمانی می‌باشد.

۵-۳- طراحی و ساخت پایگاه داده مکانی-زمانی

در این تحقیق مدل‌های خارجی، مفهومی، منطقی و فیزیکی برای طراحی پایگاه داده مکانی-زمانی ایجاد گردید. در مدل خارجی (شکل ۹ را ببینید)، جداول و ستونهای مورد نیاز برای داده های استاتیک و داینامیک شناسایی گردیدند.



شکل ۹- نمونه ای از مدل خارجی داده های استاتیک و پویا

برای محاسبه پارامترهای ترافیکی نیاز به خصوصیات هندسی مسیرها می‌باشد. با توجه به اینکه در هر لحظه تنها یک مجموعه از مقادیر (تعداد خودروها و سرعت حرکت) به هر مسیر اختصاص می‌یابد، بنابراین یک

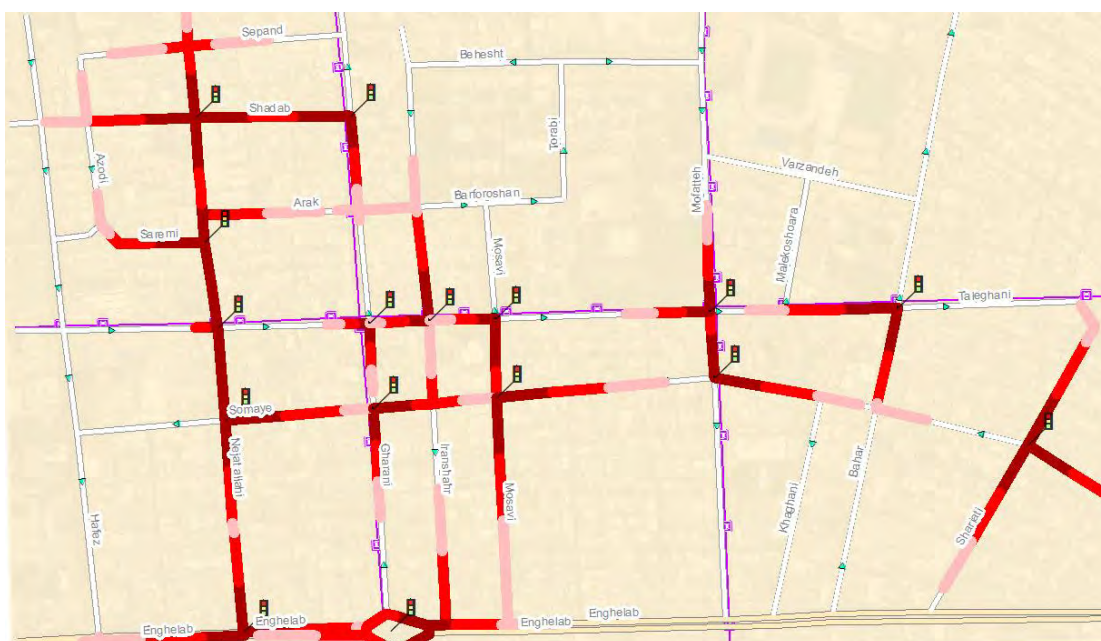
^۱ One to One

۵-۴- تحلیل های مکانی

به دلیل تاثیر طول زمان سفر از شرایط ترافیک موجود در مسیرها ، تحلیل ها در چهار زمان و چهار شرایط ترافیکی مختلف در طول بازه زمانی ۲ ساعت به شرح ذکر شده در بخش ۵-۱-۲ انجام شده است.

در هر یک از چهار بازه زمانی نماینده ترافیک‌های سبک، معمولی، سنگین و خیلی سنگین ، مسافت زمانی ۱۰ ، ۲۰ و ۳۰ ثانیه برای قبل و بعد از چراغ‌ها مورد تحلیل قرار گرفته است. شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نشان‌دهنده نتایج انجام این پردازش در حالت حجم ترافیک سنگین می‌باشند.

در این تحقیق برای گروه بندی چراغ‌های راهنمایی از تحلیل منطقه خدمات‌دهی^۱ استفاده گردیده است. با استفاده از این تحلیل و طول زمان سفر در هر مسیر ، پوشش زمانی قبل از چراغ‌ها (طولی از مسیر در پشت چراغ قرمز واقع در تقاطع که در صورت سبز بودن چراغ ، خودروها می‌توانند از پشت چراغ خارج شوند) و بعد از چراغ‌ها (طولی از مسیر بعد از چراغ واقع در تقاطع که خودروها در طول فاز سبز می‌توانند از چراغ دور شوند) در مسیرهای منتهی به آن‌ها بدست آمده است.



شکل ۱۳- پوشش زمانی قبل از چراغ ، در ۱۰ (قرمز تیره) ، ۲۰ (قرمز) و ۳۰ (قرمز روشن) ثانیه در شرایط ترافیک (۴) (خیلی سنگین)

سطح پوشش چراغ‌ها ، این مطلب را بیان می‌کند که هر چه حجم ترافیک افزایش یابد ، زمان سفر بین تقاطع‌های مجاور نیز افزایش می‌یابد. بنابراین برای ایجاد هماهنگی بین تقاطع‌های همجوار نیاز به طول فاز بیشتر و به دنبال آن طول سیکل بیشتری می‌باشد.

^۱ Service Area



شکل ۱۴- پوشش زمانی بعد از چراغ، در ۱۰ (قرمز تیره)، ۲۰ (قرمز) و ۳۰ (قرمز روشن) ثانیه در شرایط ترافیک (۴) (خیلی سنگین)

زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانیه و مسیر نارنجی، دایره‌های زرد نشان‌دهنده چراغ‌های گروه (C) با فاصله زمانی ۲۰ تا ۳۰ ثانیه و مسیر زرد و دایره‌های سبز نشان‌دهنده چراغ‌های گروه (D) با فاصله زمانی بیشتر از ۳۰ ثانیه می‌باشند. نتایج این مرحله نشان داد که در فاصله زمانی کمتر از ۳۰ ثانیه چراغ‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ در دسته (۱)، چراغ‌های ۱۳، ۱۴ و ۱۵ در دسته (۲) و چراغ ۱۶ در دسته (۳) قرار می‌گیرند.

۵-۵- هماهنگ‌سازی و زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی

کنترل و زمان‌بندی چراغ‌ها به صورت انفرادی و یا شبکه انجام می‌گیرد، که روش هر کدام به طور مختصر به شرح زیر می‌باشد:

۵-۵-۱- انفرادی

حالت انفرادی برای تقاطع‌هایی انجام می‌گیرد که دارای فاصله زیاد از دیگر تقاطع‌ها می‌باشد. برای مثال در این تحقیق، تقاطع ۱۶ به علت فاصله زیاد با تقاطع‌های مجاور خود، به صورت انفرادی زمان‌بندی می‌شود. مقدار فاصله ای که باعث می‌شود یک تقاطع از تقاطع‌های دیگر مستقل شود، بر مبنای سیستم و قوانین موجود ۳۰۰ تا ۴۰۰ متر (و یا ۳۰ تا ۴۰ ثانیه تعیین شده است. در این

در این تحقیق چراغ‌ها بر اساس مقدار فاصله زمانی بین آن‌ها در چهار گروه A در بازه زمانی ۱ تا ۱۰ ثانیه، B در بازه زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانیه، C در بازه زمانی ۲۰ تا ۳۰ ثانیه و D در بازه زمانی بیشتر از ۳۰ ثانیه قرار می‌گیرند. برای انجام این کار ابتدا با انجام تحلیل نزدیک‌ترین خدمت^۱ بر روی شبکه ایجاد شده و بر مبنای پارامترهای ترافیکی، مسیرهای بین تقاطع‌ها بر اساس فاصله زمانی آن‌ها مشخص گردید. سپس فواصل زمانی مربوط به هر گروه با استفاده از عبارت زیر انتخاب شدند:

- “Total_Time_Travel” > 1 AND
- “Total_Time_Travel” <= 10 A Group
- “Total_Time_Travel” > 10 AND
- “Total_Time_Travel” <= 20 B Group
- “Total_Time_Travel” > 20 AND
- “Total_Time_Travel” <= 30 C Group
- “Total_Time_Travel” > 30 D Group

در ادامه تقاطع‌ها و چراغ‌های حاصل از مرحله قبل، انتخاب شده و در آخر نیز چراغ‌های انتخاب شده در هر گروه و مسیرهای بین آن‌ها با استفاده از تحلیل حریم^۲ مشخص گردیدند که خروجی حاصل از این مرحله در شکل ۱۵ نشان‌داده شده است. در این شکل دایره‌های قرمز نشان‌دهنده چراغ‌های گروه (A) با مسیر قرمز، دایره‌های نارنجی نشان‌دهنده چراغ‌های گروه (B) با فاصله

^۱ Closest Facility
^۲ Buffer

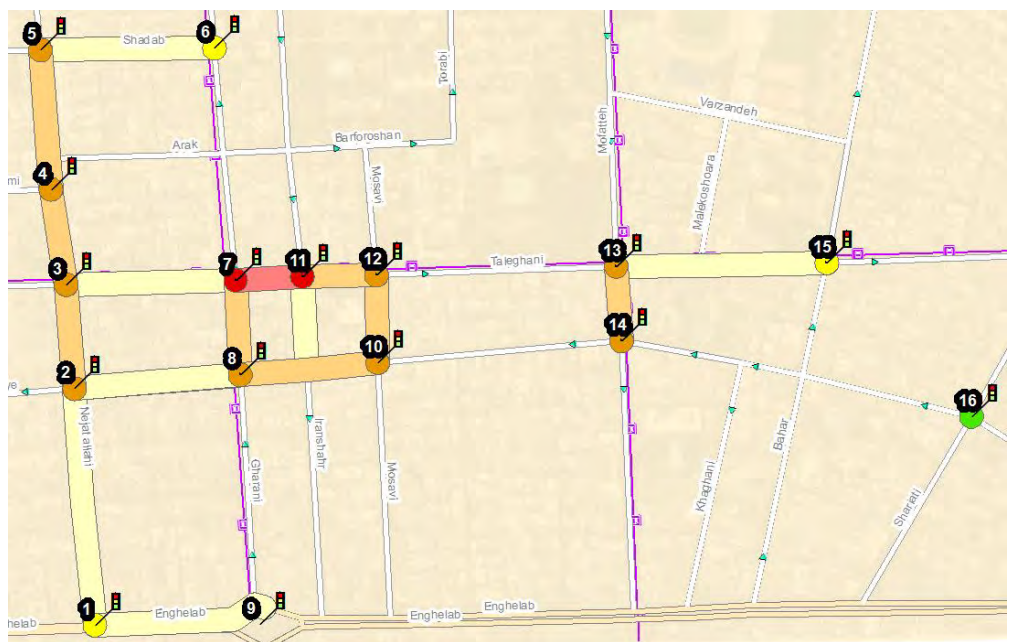
حالت زمان بندی چراغ های موجود در تقاطع منفرد و تعیین طول سیکل و فاز آن ها ، بر اساس حجم ترافیک موجود در مسیرهای منتهی به تقاطع محاسبه می شود. یعنی مسیری که دارای حجم ترافیک بیشتری است ، درصد بیشتری از طول سیکل را به خود اختصاص می دهد و برعکس. البته این نکته نیز وجود دارد که طول سیکل نباید از حدی بیشتر گردد که حداکثر مقدار طول سیکل در سیستم و قوانین تجربی موجود ، ۱۵۰ ثانیه می باشد که علت آن به طور کلی ، افزایش تاخیر در مسیرهای دیگر می باشد.

۵-۵-۲- شبکه

کنترل و زمان بندی چراغ های تقاطع های هم جوار به صورت شبکه ، بدین منظور انجام می گیرد تا فاز های سبز در تقاطع ها به نحوی نسبت به همدیگر چیدمان شوند تا

موج ترافیک با حداقل تاخیر ، از مسیرها عبور کند. از آنجا که تعیین موج ترافیک به صورت لحظه ای امکان پذیر نمی باشد ، لذا با استفاده از تاریخچه ترافیک و پردازش آن ، رفتار و شرایط ترافیکی میانگین برای هر مسیر در ساعت های مختلف روز تعیین می شود.

در این تحقیق پردازش تاریخچه ترافیک در دو حالت کلی و جزئی مورد بررسی قرار گرفته است. در حالت کلی ، شرایط ترافیکی بزرگراه ها و خیابان های اصلی به صورت جدول داده های ترافیکی زمانی از سایت کنترل ترافیک تهران ، در بازه زمانی یک هفته و به صورت ۲۴ ساعت ، به عنوان تاریخچه ترافیک تهیه شده و با میانگین گیری از آن ها ، رفتار و شرایط ترافیکی میانگین در ساعت های مختلف روز تعیین شده و در پایگاه داده ذخیره شده اند.



شکل ۱۵- نتایج گروه بندی چراغ ها

تاریخچه ترافیک با مسیرها ، از ارتباط یک به چند^۱ استفاده شده است (شکل ۱۶ را ببینید).



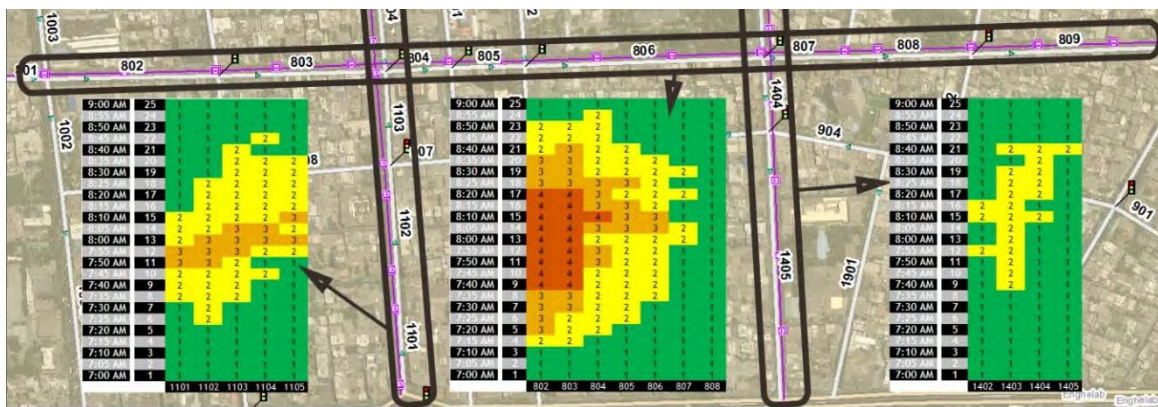
شکل ۱۶- ارتباط یک به چند بین جدول تاریخچه ترافیک و مسیرها

شرایط ترافیکی (در پنج کلاس (۱) سبک به رنگ سبز ، (۲) معمولی به رنگ زرد ، (۳) سنگین به رنگ نارنجی ، (۴) خیلی سنگین به رنگ قرمز و (۵) مسدود به رنگ قرمز تیره) ، بازه زمانی رویداد و شناسه مسیر در پایگاه داده ذخیره شده اند. برای ایجاد ارتباط بین جدول

^۱ Many to One

نمودار موج ترافیک خیابان آیت الله طالقانی نشان می دهد که موج ترافیکی از ساعت ۷:۱۵ الی ۸:۵۰ در این مسیر شکل می گیرد که زمان اوج آن بین ۷:۴۰ الی ۸:۲۰ می باشد و نوع آن (به صورت غالب) از نوع پخش شونده می باشد. این موج در تقاطع های بین بخش ۸۰۳ و ۸۰۴ (تقاطع طالقانی و قرنی) و بخش ۸۰۶ و ۸۰۷ (تقاطع طالقانی و مفتاح) در مسیر های مختلف پخش می شود. نمودار موج ترافیک خیابان شهید قرنی نشان می دهد که موج ترافیکی از ساعت ۷:۳۵ الی ۸:۳۵ در این مسیر شکل می گیرد که زمان اوج آن ۷:۵۰ الی ۸:۰۵ می باشد و نوع آن (به صورت غالب) از نوع انتقالی می باشد.

سپس با استفاده از نمودار موج ترافیک ، موج های ترافیک و ساعت های به وجود آمدن آن بر اساس رفتار ترافیکی میانگین مشخص می گردد. در این تحقیق ، پس از ایجاد ارتباط بین تاریخچه ترافیک با مسیرهای موجود در محدوده مکانی مورد مطالعه و استفاده از نمودار موج ترافیک برای خیابان های آیت الله طالقانی (حد فاصل خیابان حافظ تا بهار) ، شهید قرنی (حد فاصل میدان فردوسی تا خیابان شاداب) و شهید مفتاح (حد فاصل خیابان بهشت تا خیابان انقلاب) ، نتایج زیر در بازه زمانی ۲ ساعت ، حاصل گردید. موج های ترافیک در بخشی از منطقه مورد مطالعه در شکل ۱۷ نشان داده شده اند.



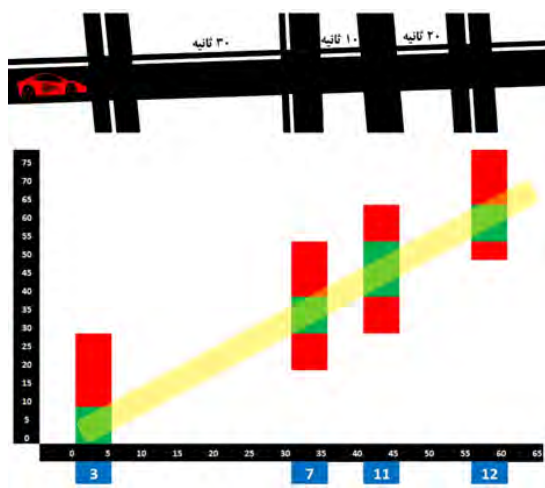
شکل ۱۷- نمودارهای موج ترافیک خیابان های شهید قرنی ، آیت الله طالقانی و شهید مفتاح (از بالا به پایین)

است ، لذا فاز سبز در تقاطع (۷) برای مسیر مورد نظر باید بعد از گذشت ۳۰ ثانیه دیگر ، یعنی در زمان ۳۰ شروع گردد تا خودرو بدون تاخیر از تقاطع (۷) عبور کند و بر همین مبنا فازهای سبز تقاطع های (۱۱) و (۱۲) نیز در زمان های ۴۰ و ۶۰ شروع گردند تا در مجموع خودروی فرضی با حداقل تاخیر در مسیر حرکت کند.

۵-۵-۳- هماهنگ سازی سیکل ها و فازها

هماهنگ سازی هر دسته از چراغ های راهنمایی با هدف ایجاد موج های سبز هم راستا با موج های ترافیک انجام می گیرد تا جریان ترافیک با حداقل تاخیر از مسیرهای بین آنها عبور کند.

در این تحقیق ، در خیابان آیت الله طالقانی تعداد ۶ چراغ راهنمایی وجود دارد که چراغ های (۳) ، (۷) ، (۱۱) و (۱۲) در یک دسته و چراغ های (۱۳) و (۱۵) به علت فاصله زیادی که دارند ، در دسته دیگر قرار گرفته اند. برای هماهنگ سازی چراغ ها در دسته اول ، فرض می کنیم که خودرویی در خیابان آیت الله طالقانی می خواهد مسیر مستقیم بین تقاطع (۳) تا تقاطع (۱۲) را از غرب به شرق طی کند. همان گونه که شکل ۱۸ نشان می دهد ، اگر فاز سبز برای خودروی مورد نظر در تقاطع (۳) در زمان صفر شروع گردد و خودرو از تقاطع (۳) عبور کند ، به دلیل اینکه فاصله زمانی بین تقاطع (۳) و (۷) مقدار ۳۰ ثانیه



شکل ۱۸- هماهنگ سازی سیکل ها و فازها در دسته اول

پردازش شده و تغییرات به وجود آمده در هر لحظه جدید ثبت گردد.

تاریخچه ترافیک که برای شناخت رفتار و شرایط ترافیکی به منظور کنترل چراغ های راهنمایی استفاده می گردد، از ذخیره سازی داده های ترافیکی زمانی روزهای گذشته در پایگاه داده مکانی-زمانی بدست می آید.

بر مبنای اطلاعات بدست آمده از این تحقیق، ساعت-های شکل گیری، جهت های موج های ترافیک و مسیرهای پر تردد بر اساس رفتار ترافیک میانگین تعیین می گردد. سپس بر مبنای آن چراغ ها در تقاطع های مجاور به نحوی هماهنگ گردیده که بیشترین فاز سبز به مسیرهای پر تردد و دارای موج ترافیک اختصاص یابد تا این جریان-های ترافیکی با حداقل تاخیر از مسیرها عبور کنند.

برای ارزیابی، نتایج زمان بندی چراغ های راهنمایی واقع در تقاطع های خیابان آیت الله طالقانی که نتایج آن در بخش ۵-۳ ذکر گردیده باید به این چراغها اعمال می شدند و اثر آن بر روی موج سبز ترافیک منطقه مورد بررسی قرار می گرفت و با نتایج پیش بینی شده در این تحقیق مقایسه می گردید. اما امکان اعمال زمان بندی بر روی این چراغها در منطقه مورد مطالعه فراهم نشد.

۶-۲- پیشنهاد برای تحقیق های آتی

برای ارائه موضوعات تحقیقات آتی در راستای این تحقیق، می توان موارد زیر را پیشنهاد کرد:

- مدلسازی داده های ترافیکی زمانی بر اساس مدل های شی گرا
- با توجه به اینکه مدلسازی این تحقیق به صورت مدل رابطه ای می باشد، بررسی روش ارائه شده در این تحقیق می تواند در مدل های شی گرا نیز انجام گیرد.
- تعیین طول فاز و سیکل بر مبنای داده های ترافیکی زمانی

در این تحقیق از پرداختن به محاسبه طول فاز و سیکل صرف نظر شده است، لذا محاسبه این پارامترها بر اساس اطلاعات خروجی این تحقیق می تواند موضوع پیشنهادی برای ادامه تحقیق محسوب گردد.

از آنجایی که طول سیکل ها و فازها و نیز فاصله زمانی بین تقاطع ها دارای مقادیر مختلفی می باشند، لذا رعایت موارد بالا در تمامی مسیرها به علت تداخل هایی که به وجود می آید، امکان پذیر نمی باشد. بنابراین، حالت میانگین را برای آن ها در نظر می گیریم تا در مجموع مقدار تاخیرها کاهش یابد ولی به دلیل آنکه در این تقاطع ها، مسیرهایی وجود دارند که از حجم ترافیک و درجه اهمیت بیشتری برخوردار هستند لذا حالت میانگین را باید به آن ها نزدیکتر در نظر گرفت.

در محدوده مورد مطالعه، به دلیل اینکه موج های ترافیکی در خیابان های آیت الله طالقانی و شهید قریبی به ترتیب از غرب به شرق و جنوب به شمال در جریان هستند لذا حالت میانگین برای تقاطع های موجود در این دسته، باید به نحوی تعیین گردد که در آن بیشتر توجه مربوط به چراغ هایی باشد که ترافیک را از غرب به شرق (برای خیابان آیت الله طالقانی) و جنوب به شمال (برای خیابان شهید قریبی) هدایت می کنند.

۶-۳ خلاصه و نتیجه گیری

همانطوری که در بخش های قبل این تحقیق توضیح داده شد پدیده های ترافیکی دارای خصوصیت مکانی-زمانی می باشند. لذا این خصوصیت باعث گردید که در این تحقیق از یک GIS زمانی برای دستیابی به اهداف استفاده نمائیم.

پایگاه داده مکانی-زمانی با ایجاد مدل های خارجی، مفهومی، منطقی و فیزیکی طراحی و پیاده سازی شد و داده های ترافیکی زمانی شامل خودروهای خروجی، خودروهای ورودی و نیز سرعت حرکت آن ها نیز ثبت گردید. با استفاده از این داده ها پارامترهای ترافیکی مربوط به هر مسیر محاسبه و در پایگاه داده مکانی-زمانی بصورت پویا ذخیره گردید.

۶-۱-۱ نتایج تحقیق

اسکیمایی برای پایگاه داده مکانی-زمانی مورد استفاده در این تحقیق طراحی و پیاده سازی گردید. داده های ترافیکی لحظه ای می تواند به این پایگاه داده وارد شده،

- [1] Carmelle J.Terborgh, (2005) Advances in the Application of Geographic Information System, Ph.D ESRI Federal/Global Affairs, 3-7 Page.
- [2] Ott,T., Swiaczny, F., (2001) Time-Integrative Geographic Information Systems, Management and Analysis of Spatio-Temporal Data, ISBN 3-540-41016-3 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- [3] Tinn News (Visited Dec. 2011) <http://www.tinn.ir/vdcae0n0.49ne615kk4.html>
- [4] Etches A., et. al. (1998) An Integrated Temporal GIS Model for Traffic System,. University of Edinburgh, UK, GIS Research UK VI National Conference.
- [5] Khalesian M., et. al. (2009) A GIS-Base Traffic Control Strategy Planning at Urban Intersections, IJCSNC Journal of Computer Science and Network Security, Vol. 9, No. 1.
- [6] Yuan N., (2003) Temporal GIS and Spatio-Temporal Modeling of Dynamic Phenomena in GIS, Scan GIS proceeding, pp 2015-2025.
- [7] Hogeweg M., (2000) Spatio-Temporal Visualization and Analysis, MSc Thesis. University of Salford.
- [8] Reuquet D., and Qian L., (1996) An Integrated DataBase design for Temporal GIS, proceeding of the 7th international symposium on spatial data handling, Vol. 1, pp 2.1-2.11.
- [۹] دلاور، م.ر.، نادى، س.، ۱۳۸۲، مدل سازی پدیده‌های پویا در یک GIS زمان‌مند، مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک ۸۲.
- [۱۰] وفایی نژاد، ع.، آل شیخ، ع.ا.، هلالی، ح.، همراه، م.، ۱۳۸۸، مناسب‌ترین تکنولوژی تعیین موقعیت جهت سیستم حمل و نقل هوشمند در ایران و طراحی یک GIS مکانمند – زمانمند بر اساس آن،
- [۱۱] منصور امراللهی زرنندی. ۱۳۸۹. "توسعه روشی جهت کاهش تاخیر و بهبود سطح سرویس تقاطع‌های چراغدار پیش زمانبندی شده با استفاده از آنالیز حساسیت". فصلنامه علمی-ترویجی راهور، سال هشتم، شماره ۱۳، صفحه ۲۱ تا ۳۸
- [۱۲] هدایت ذکایی آشتیانی، احسان مظلومی. بهار ۱۳۸۵. "تابع زمان تاخیر برای تقاطع‌های با چراغ راهنمایی". فصل نامه علمی- پژوهشی شریف، شماره ۳۳، صفحه ۳۱-۳۶